Tables des matières

Introduction générale…….1
Méthodologies et les outils du travail…….……..2

Chapitre 1 : Etude les caractéristiques de la région de deux sous bassin Maasser et Guigou….3

I. Situation de la zone d'étude.....3
1) Situation géographique.....3
2) Situation administrative.....4
3) Situation géologique.....5
4) La topographie.....6
a) Pente.....6
b) Exposition.....8
c) Altitude.....9
II. Etude du milieu physique et humaine.....10
1) Pédologique.....10
2) Lithologie.....12
3) Occupation du sol.....14
4) Réseau hydrographique.....16
5) Facteurs climatiques.....17
6) Couvet végétale.....20
7) Facteurs socio-économique.....21

Chapitre 2 : Estimation de l'état érosif de la zone d'étude par la méthode PAP/CAR.....23

I. Présentation et application du PAP/CAR aux sous bassin.....23
1) Approche prédictive.....23
a) Carte d'érodibilité.....24
b) Carte de protection des sols.....26
c) Carte des états érosifs.....28
2) Approche descriptive.....29
a) Erosion dans les interfluves.....30
a-1. Erosion en nappe.....30
a-2. Erosion linéaire.....30
3) Approche d'intégration.....30

Chapitre 3 : Aménagements et interventions préconisé.....31

I. Les aménagements concernant la SAU.....31
II. Les aménagements en forêt.....31
III. Aménagements du réseau hydrographique.....31
IV. Les actions de développement de la population.....32

Conclusion.....33
Références.....34
Annexes.....35

Liste des figures

Figure 1 : Carte de la situation géographique des sous bassins Maasser et Guigou.....3
Figure 2 : Graphique de répartition des provinces dans les deux sous bassins.....5
Figure 3 : Carte géologique.....5
Figure 4 : Graphique de répartition des strates géologiques.....6
Figure 5 : Carte des pentes.....7
Figure 6 : Graphique de répartition des pentes.....8
Figure 7 : Carte d'exposition.....8
Figure 8 : Carte des classes altitudinales.....9
Figure 9 : Graphique des résultats d'altitudes.....9
Figure 10 : Carte pédologique des deux sous bassins.....10
Figure 11 : importance des classes pédologiques.....11
Figure 12 : la carte des facies lithologiques.....13
Figure 13 : Graphique des classes lithologique.....14
Figure 14 : Carte d'occupation du sol.....15
Figure 15 : Graphique de répartition d'occupation du sol.....15
Figure 16 : Carte du réseau hydrographique.....16
Figure 17 : Carte des précipitations.....18
Figure 18 : Climagramme d'Emberger.....19
Figure 19 : Carte de répartition du recouvrement.....20
Figure 20 : Graphique de répartition du recouvrement végétal.....21
Figure 21 : Schéma de l'approche prédictive.....23
Figure 22 : Carte d'érodibilité.....25
Figure 23 : Graphique de répartition des classes d'érodibilité.....25
Figure 24 : Carte de protection des sols du sous bassin.....27
Figure 25 : Graphique de répartition des classes de protection des sols.....27
Figure 26 : Carte d'érosion potentielle du sous bassin.....28
Figure 27 : Graphique de répartition des états érosifs.....29
Figure 28 : Carte des Aménagements.....32

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition de la superficie des bassins versants selon les entités administratives.....4
Tableau 2 : Données de la carte géologique.....6
Tableau 3 : Données de la carte des pentes.....7
Tableau 4 : Données de la carte altitudes.....9
Tableau 5 : Données de la carte pédologique.....11
Tableau 6 : Données de la carte lithologique.....13
Tableau 7 : Données de la carte d'occupation du sol.....15
Tableau 8 : Données des stations météorologiques.....17
Tableau 9 : Données du quotient pluviométrique d'Emberger.....19
Tableau 10 : Répartition du recouvrement végétal.....20
Tableau 11 : distribution de population dans les cercles selon l'activité.....21
Tableau 12 : Répartition de la S.A.U par province.....22
Tableau 13: Effectif du cheptel par province.....22
Tableau 14 : La superposition des cartes de pente et lithologique.....24
Tableau 15 : Classes d'érodibilité.....24
Tableau 16 : Données de la carte d'érodibilité.....25
Tableau 17 : Table de superposition des cartes d'occupation et du recouvrement végétal.....26
Tableau 18 : Classes de protection des sols.....26
Tableau 19: Données de la carte de protection des sols.....27
Tableau 20 : Données de superposition des cartes d'érodibilité et de protection des sols.....28
Tableau 21 : Classes d'érosion.....28
Tableau 22 : Données de la carte d'érosion.....29

L'érosion hydrique est un phénomène complexe qui menace particulièrement les potentialités en eau et en sol, résulte par divers processus (détachement, transport et dépôt) causés par l'action combinée de la pluie et du ruissellement, dont l'expression varie en fonction des plusieurs facteurs naturels (le climat, la végétation, la lithologie, la topographie, l'érodibilité des sols…) et anthropiques (cultures sur des pentes fortes, construction de route …) qui semblent être les mêmes partout dans le monde.

Au Maroc, en terme de superficie, les terres affectées sont de l'ordre de 40% : environ de 2 à 59 t/Ha/an, l'érosion et la dégradation des sols au niveau des bassins versants engendre des dégâts importants à l'économie marocaine en termes de réduction de la productivité des terres et des conséquences à l'aval qui se manifestent par l'envasement des barrages et des lacs collinaires, puis cette phénomène provoque des autres problèmes : de vue écologique, on assiste à la dégradation des milieux qui s'exprime par la diminution de la diversité biologique et de la productivité forestière, Du côté humain la situation dans le monde rural est catastrophique et très dangereuse. On assiste à un appauvrissement persistant des populations, ce qui provoque leur migration vers les villes ou vers l'étranger.

Nous avons effectué ce stage au sein de la direction régional des eaux et forêts et la Lutte contre la Désertification, Fès Boulemane, dans le Service des Etudes d'Aménagements et de Planification (SEAP) car notre étude est consacrée à l'évaluation qualitative de l'érosion hydrique dans les deux sous bassins (Maasser et Guigou) à partir de la superposition des cartes thématiques par le système d'information géographique (SIG) : Arcgis10.2, ceci nous a permis de mettre en évidence les zones prioritaires pour protéger et proposer des actions de lutte contre l'érosion.

Les objectifs visés par la présente étude :

- Etude des caractéristiques de la région de la zone d'étude.
- Exploitation des outils de SIG (approche PAP/CAR) pour établir les différentes cartes.
- Discussion des problématiques et propositions d'aménagements.

L'approche méthodologique :

L'évaluation de risque d'érosion des sols dans les deux sous bassin Maasser et Guigou, nécessite la cartographie et l'analyse de plusieurs facteurs intervenant dans la dynamique érosif.

La mise en place et analyse de ces données géographique repose sur l'utilisation de :

- **SIG : (logiciel ArcGis10.2)** développé par la société américaine Esri, spécifique pour la conception et l'architecture des bases de données cartographiques, le géo traitement de l'information géo spatiale, la modélisation tel que la superposition et l'intersection des cartes thématiques et l'analyse de l'information cartographique obtenu. Cet outil est considéré par les opérateurs SIG comme un support d'aide à la prise de décision.

- **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. Les données de télédétection utilisées dans ce travail sont :

    - ✓ Les modèles numériques de terrain (MNT) résolution 30m téléchargés gratuitement du site Astergdem (www.astergdem.com).

Chapitre 1 : Etude les caractéristiques de la région de deux sous bassin Maasser et Guigou

Au sien de ce chapitre, nous présentons les trains généraux de la nature physique et humaine de la région de bassins versants Maasser et Guigou, notamment la situation géographique de la vallée, le climat local, la géologie, pédologie, topographique, le réseau hydrographique et enfin l'occupation de sols, ces paramètres qui joue un rôle fondamental avec l'intervention de l'homme dans l'accélération ou la diminution de la dynamique érosive sur les versants.

I. Situation de la zone d'étude :

1) <u>Situation géographique :</u>

Géographiquement les deux sous bassins Maasser et Guigou d'une superficie totale (A) 331521.22 Ha et d'un périmètre (P) de 374.9507, fait partie du grand bassin versant d'Allal El Fassi situé dans la zone1 (Nord Maroc Merchich) entièrement dans le domaine Moyen Atlasique, elles se localisent entre les méridiens 509531.4m et 623268.6m, et entre les parallèles 34145.2 m et 270579.6.

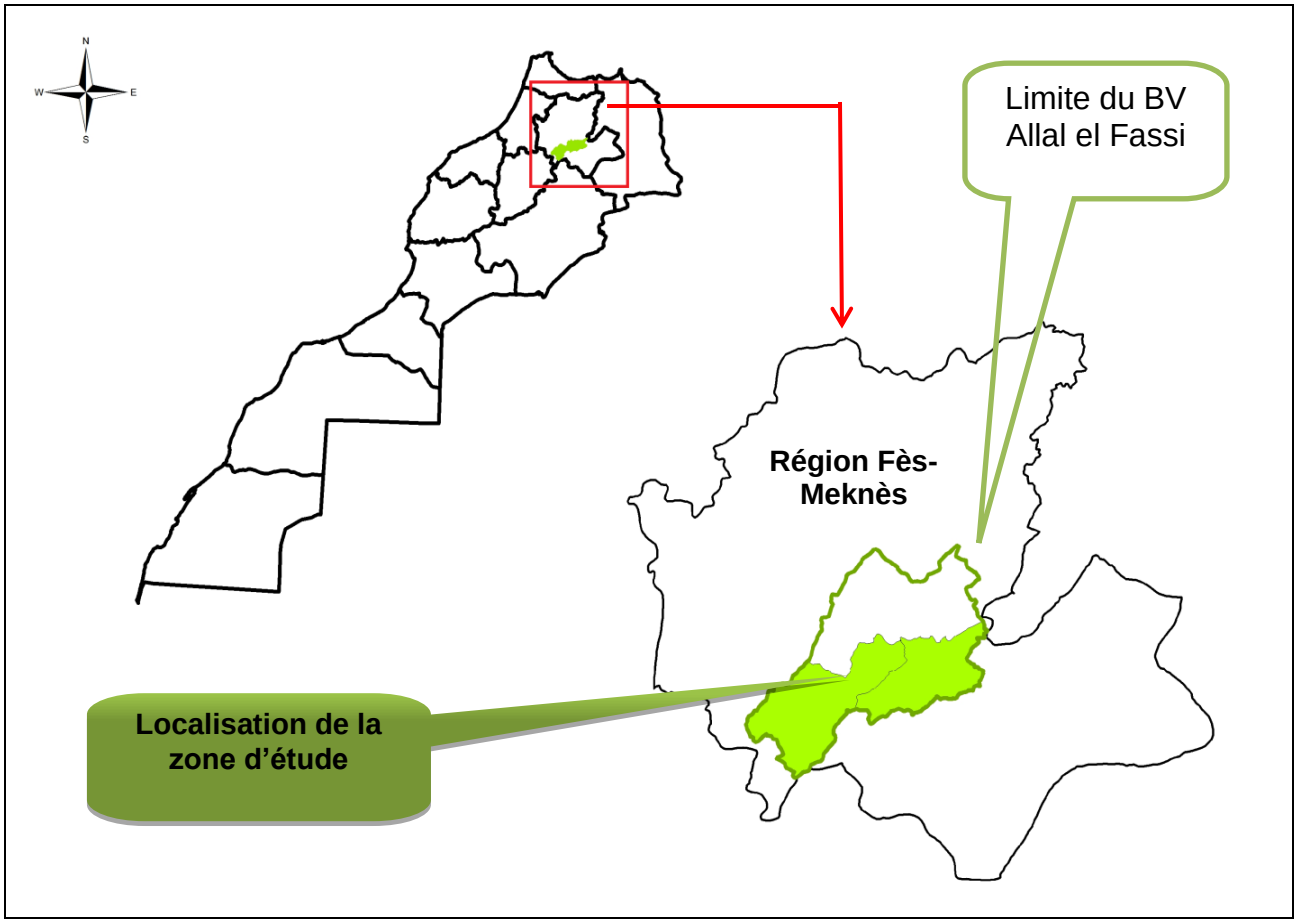


Figure 1 : Carte de la situation géographique des sous bassins Maasser et Guigou.

– **Tailles des deux sous bassins**

Pour détermine la forme du bassin étudié nous avons calculé l'indice de compacité K_C ou ce qu'on appelle indice de Graveleuse K_G, qui définit comme le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface ; par la relation suivante :

$$K_C = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} = 0,28 \times \frac{374,9507}{\sqrt{3325,21}} = 1,86$$

Les résultats obtenus montrent que notre bassin est allongé ($K_C > 1.6$), cela renseigne sur un faible débit de pointe de crue et un ralentissement de rassemblement des eaux et un faible drainage ce qui va diminuer les charges transportées par l'eau et minimiser les cours d'eaux dangereux. Mais cela peut aussi être en faveur de l'érosion car cette forme montre une faible largeur donc le temps d'arrivée des sédiments arrachés des sous bassins versants plus courts.

2) Situation administrative :

Administrativement, les deux sous bassin Maasser et Guigou dépendent de la région de Fès-Meknès, s'étalent sur les provinces de Boulemane, Séfrou et Ifrane et concernent 4 cercles (Séfrou, El Menzel, Boulemane, Ifrane) et 19 communes rurales. La répartition de la superficie des bassins versants selon ces unités administrative est donnée par le tableau (**Tableau.1**).

Tableau 1 : Répartition de la superficie des bassins versants selon les entités administratives

Province	Cercle	Commune rurale	Superficies (Ha)	Pourcentage (%)
Séfrou	Séfrou	tazouta	1685.86	4.09%
		laanouceur	1217.54	
	El Menzel	adrej	4004.34	
		tafajight	6658.19	
Boulemane	Boulemane	Guigou	71374.52	61.69%
		Boulemane	940.03	
		Serghine	13328.69	
		El Mers	33606.17	
		Skoura M'daz	25648.71	
		Ait Bazza	17165.40	
		Talzemt	19629.96	
		enjil	3652.02	
		Ait el mane	19315.86	
Ifrane	Ifrane	Tigrigra	674.13	34.22%
		Ain Leuh	8221.14	
		Dayet Aoua	5147.84	
		Sidi El Makhfi	16391.47	
		Oued Ifrane	1888.77	
		Timahdite	80462.17	
Total			**331521.22**	**100%**

Rapport-Gratuit.com

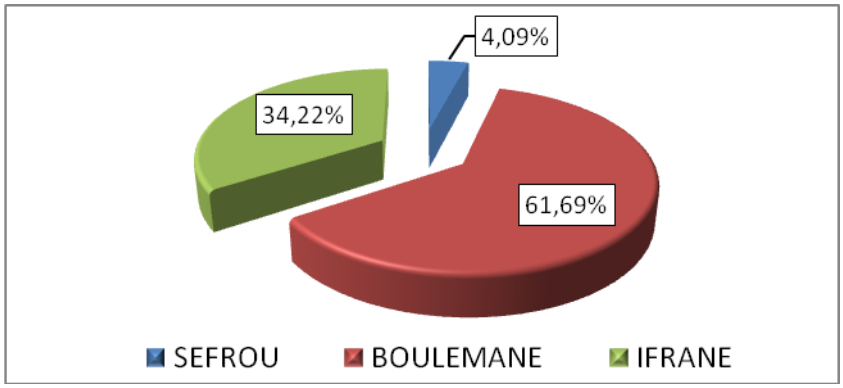


Figure 2 : Graphique de répartition des provinces dans les deux sous bassins.

Le tableau 1 et le graphe 2 ci-dessus indiquent que la quasi-totalité de la superficie des deux bassins versants, soit environ 61.69%, relève de la province de Boulemane avec une superficie de 204661.3958 Ha, puis la province d'Ifrane qui couvre 34.22% d'une superficie 113543.6472 Ha, et le reste 4.09% relève de la province de Séfrou de la superficie 13565.94958 Ha.

3) <u>Situation géologique :</u>

De point de vue géologique, les deux sous bassins-versants se situent dans le domaine du Moyen Atlas tabulaire et plissé du Jurassique. Les affleurements géologiques rencontrés sont d'âge cénozoïque, crétacé sénonien, crétacé cénomanien-turonien, crétacé inferieur, holocène fluviatile, jurassique moyenne et inferieur, pléistocène continental et le Trias représentés sur la carte ci-dessous (**Fig.3**)

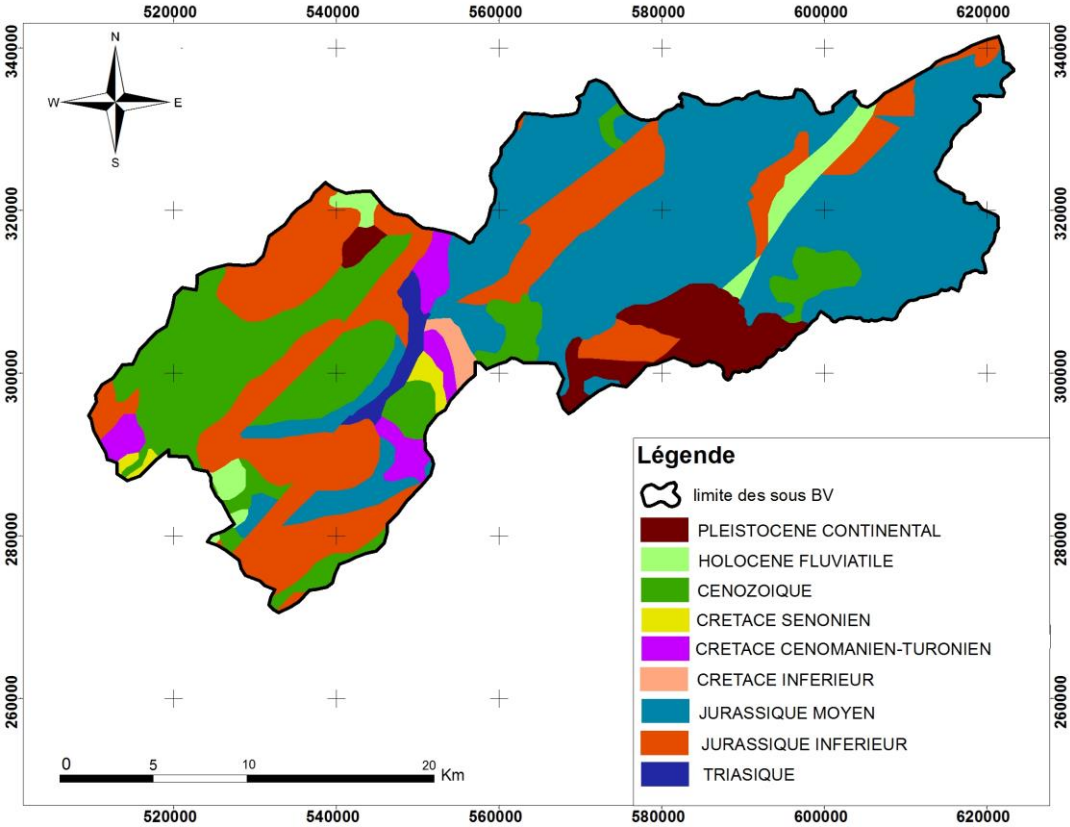


Figure 3 : Carte géologique des deux sous bassins

Tableau 2 : Données de la carte géologique		
Strate géologique	**Superficies (Ha)**	**Pourcentage (%)**
Pleistocene continental	18986.06	5.96%
Holocene fluviatile	9094.30	2.85%
Cénozoïque	49237.88	15.46%
Crétacé sénonien	2403.22	0.75%
Crétacé Cénomanien-turonien	9534.32	2.99%
Crétacé inferieur	2284.74	0.72%
Jurassique moyen	139052.39	43.65%
Jurassique inferieur	83883.29	26.33%
Triasique	4071.25	1.28%
Total	**331521.22**	**100%**

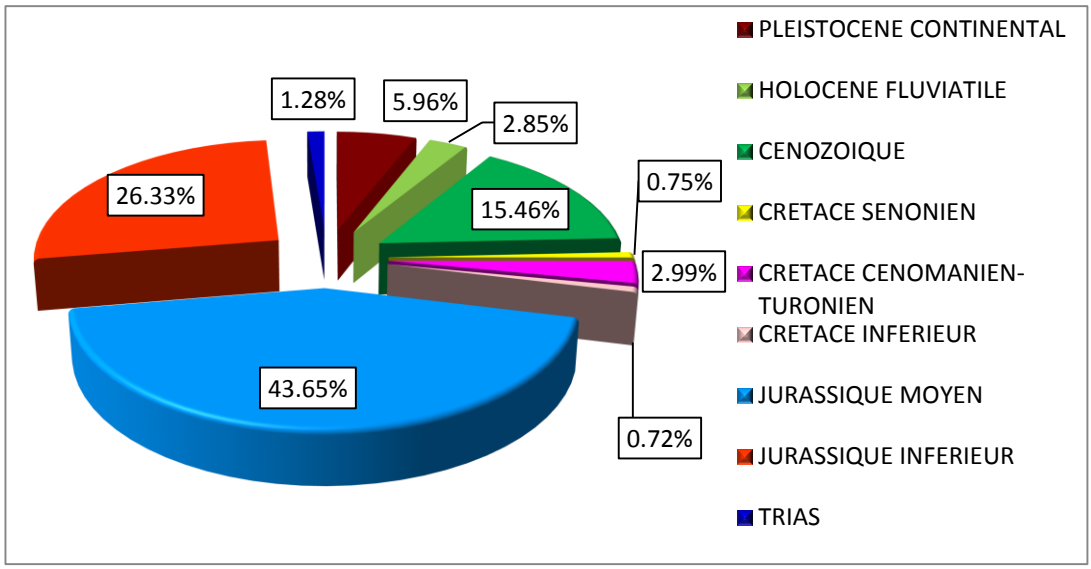


Figure 4 : Graphique de répartition des strates géologiques.

D'après l'analyse de la carte géologique, les affleurements du Jurassique moyen et inferieur sont plus dominants, ils occupent 69,98% de la superficie totale du zone d'étude, suivie par les affleurements du cénozoïque qui représente 15.46 %. Le reste des formations géologiques occupe 14,59% de la superficie totale.

4) <u>La topographie :</u>

Les paramètres topographiques sont fondamentaux pour expliquer les phénomènes érosifs. Ces facteurs jouent un rôle important dans le déclenchement du ruissellement.

a) La pente

La pente joue un rôle important dans la prépondérance et l'ampleur de la dynamique des versants. Elle donne aux eaux de ruissellement l'énergie nécessaire pour l'arrachement des particules, le creusement des rigoles et des ravins, surtout lorsque le sol n'est pas totalement couvert. Pour toutes ces raisons, il est

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

donc primordial de bien connaitre, recenser et cartographier les différentes classes des pentes de la zone d'étude.

Cette carte a été généré à partir d'un model numérique de terrain MNT téléchargé à partir du site www.astergdem.com, le traitement est réalisé sur ArcGis par l'extension spatial analyste tools /sloop afin de subdiviser le terrain en polygones de classes différentes (**Tableau.3**). Concernant le calcul des surfaces de chaque classe, nous avons utilisé l'utilitaire de calcul des surfaces après conversion de surface raster vers un fichier de forme polygonale.

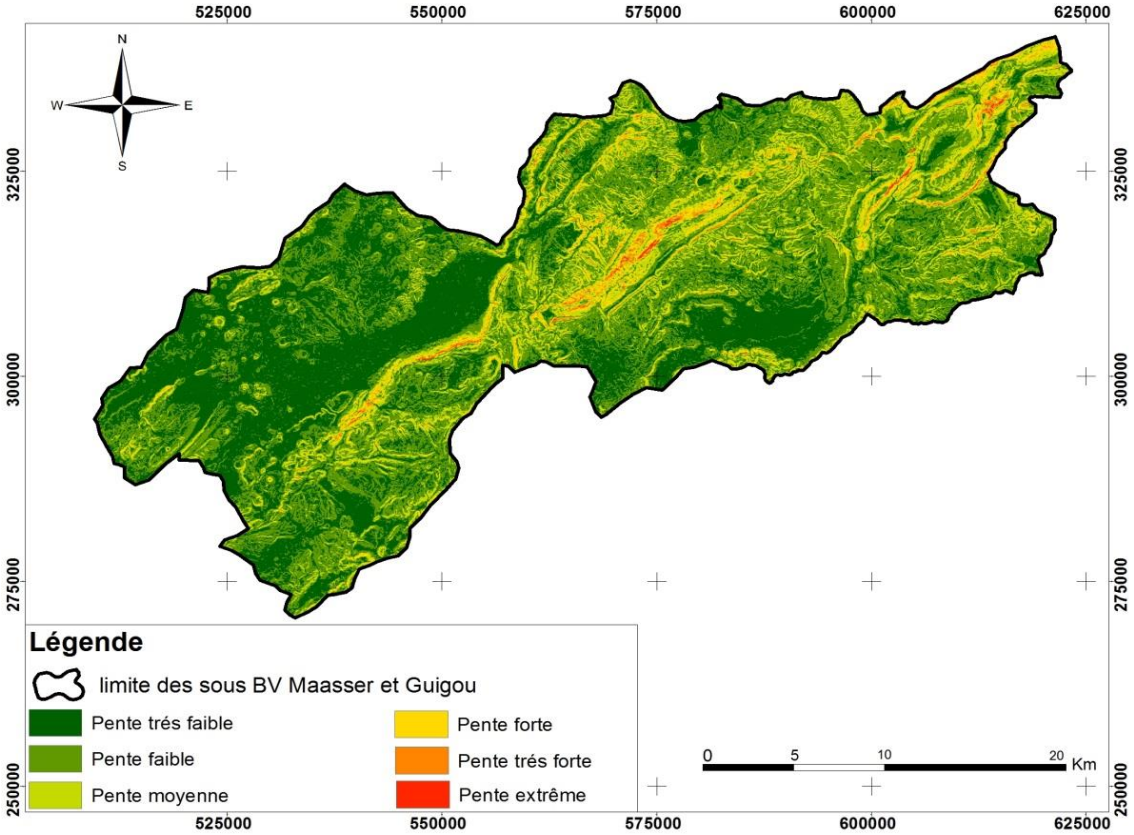


Figure 5 : Carte des pentes

Tableau 3: Données de la carte des pentes

Strate	Classes	code	Superficies (Ha)	Pourcentage (%)
Pente très faible	(pente < 5°)	1	142976.12	43.13%
Pente faible	(5°<Pente<15°)	2	115449.11	34.83%
Pente moyenne	(15°<Pente<25°)	3	52752.53	15.91%
Pente forte	(25°<Pente<35°)	4	16426.17	4.96%
Pente très forte	(35°<Pente<45°)	5	3348.02	1.01%
Pente très extrême	(Pente > 45°)	6	546.88	0.16%
Total	-	-	**331521.22**	**100%**

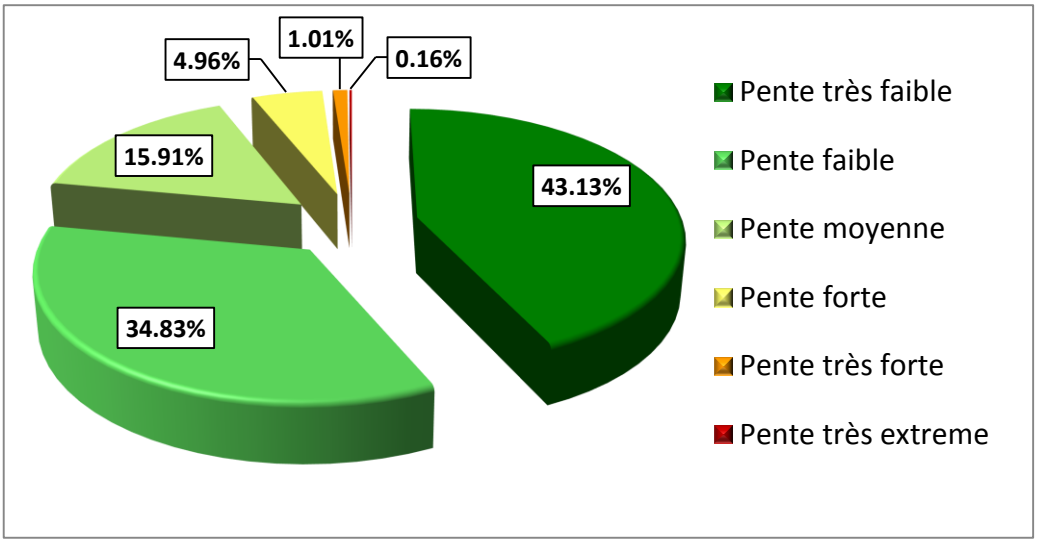


Figure 6 : Graphique de répartition des pentes.

D'après le tableau 3 et le graphique 6 on constate que notre zone d'étude est caractérisée par une prédominance des pentes faible à très faible qui s'étendent sur environ 77% de la superficie globale des deux sous bassins, localisés presque dans tout le sous bassins. Au centre et dans la partie Est les classes des pentes sont moyennes à fortes et s'étendent sur environ 21% de la superficie total, et les 2% restent représentent les zones à pente forte et extrême qui sont localisés dans le centre et le Nord-Ouest.

b) Exposition :

La carte des expositions (**fig.7**) a été générée à partir du (MNT) couvrant la zone d'étude. Cette carte a été élaborée sur ArcMap à l'aide de l'extension spatiale analyste Tools et notamment la fonction aspect à partir d'un DEM.

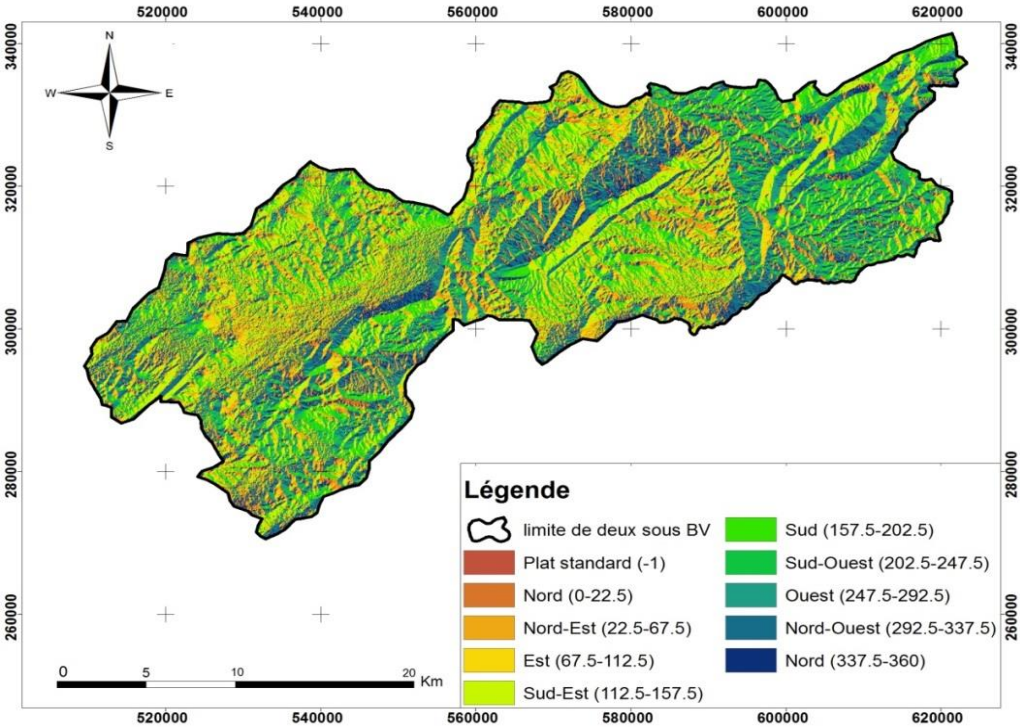


Figure 7 : Carte d'exposition

c) Altitude

Cette carte détermine la localisation des tranches altitudinales dans le bassin, elle exprime la dénivelée du bassin, le profil en long et l'écart des altitudes. Elle joue un rôle très important sur la répartition de la végétation dans l'espace. Certaines espèces occupent et exigent les hautes altitudes comme le cèdre d'autres préfère les basses altitudes comme les steppes d'alfa.

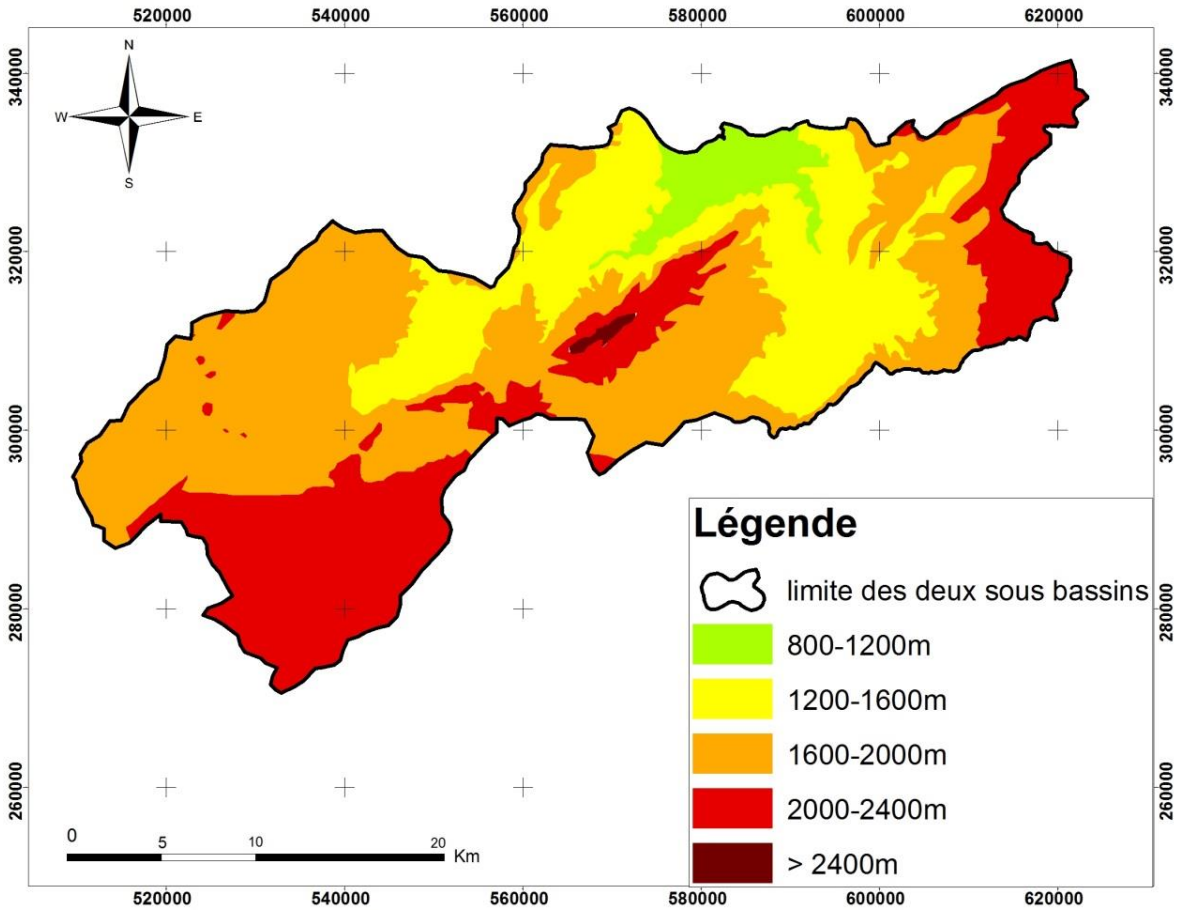


Figure 8 : Carte des classes altitudinales

Tableau.4 : Données de la carte altitudes

Altitudes	Superficie (Ha)	Pourcentage (%)
800-1200 m	14688.38	4.43%
1200-1600 m	78630.55	23.72%
1600-2000 m	150574.90	45.42%
2000-2400 m	86576.79	26.12%
> 2400 m	1038.18	0.31%
Total	**331521.22**	**100%**

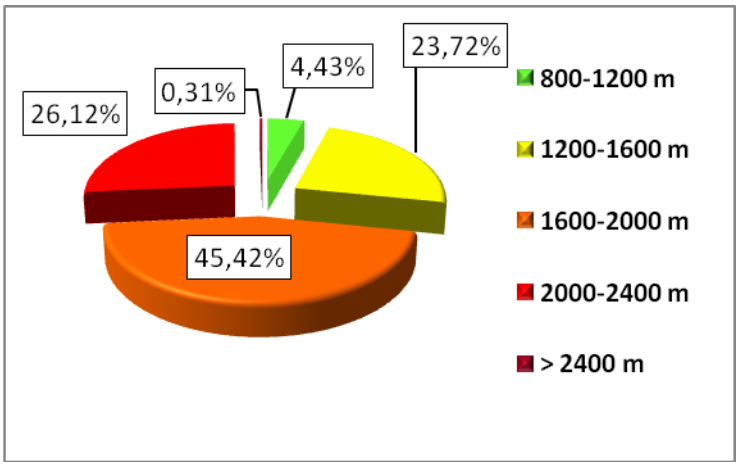


Figure 9 : Graphique des résultats d'altitudes

L'étude hypsométrique de la région montre qu'il y a une prédominance de l'altitude supérieure à 1600 m jusqu'à l'altitude supérieure à 2400 m qui occupent environ de 71.85% de la superficie totale de la zone d'étude, localisées à la médiane, le SW (Jbel Abbou, Jbel Tadja et Jbel Hebri), et la partie NE de la zone d'étude. Les altitudes faibles (800m-1200) occupent 4.43% qui se concentrent en aval. La partie entre l'amont et l'aval est caractérisé par des altitudes moyenne occupent 23.72% de la superficie totale.

II. Etude du milieu physique et humain

1) Pédologie

Les formations superficielles et les sols jouent un rôle déterminant dans l'orientation des dynamiques qui s'opèrent en surface, il est donc essentiel de connaitre les différentes caractéristiques de chaque type des sols. Les classes distinguées au niveau du bassin-versant sont au nombre de 7 (**Fig.10**) :

- Les minéraux bruts
- Les sols peu évolués
- Les calcimagnésiques
- Les vertisols
- Les sols iso humiques
- Les sols à Sesquioxyde de fer
- Les unités complexes : C1, C2, C3, C4

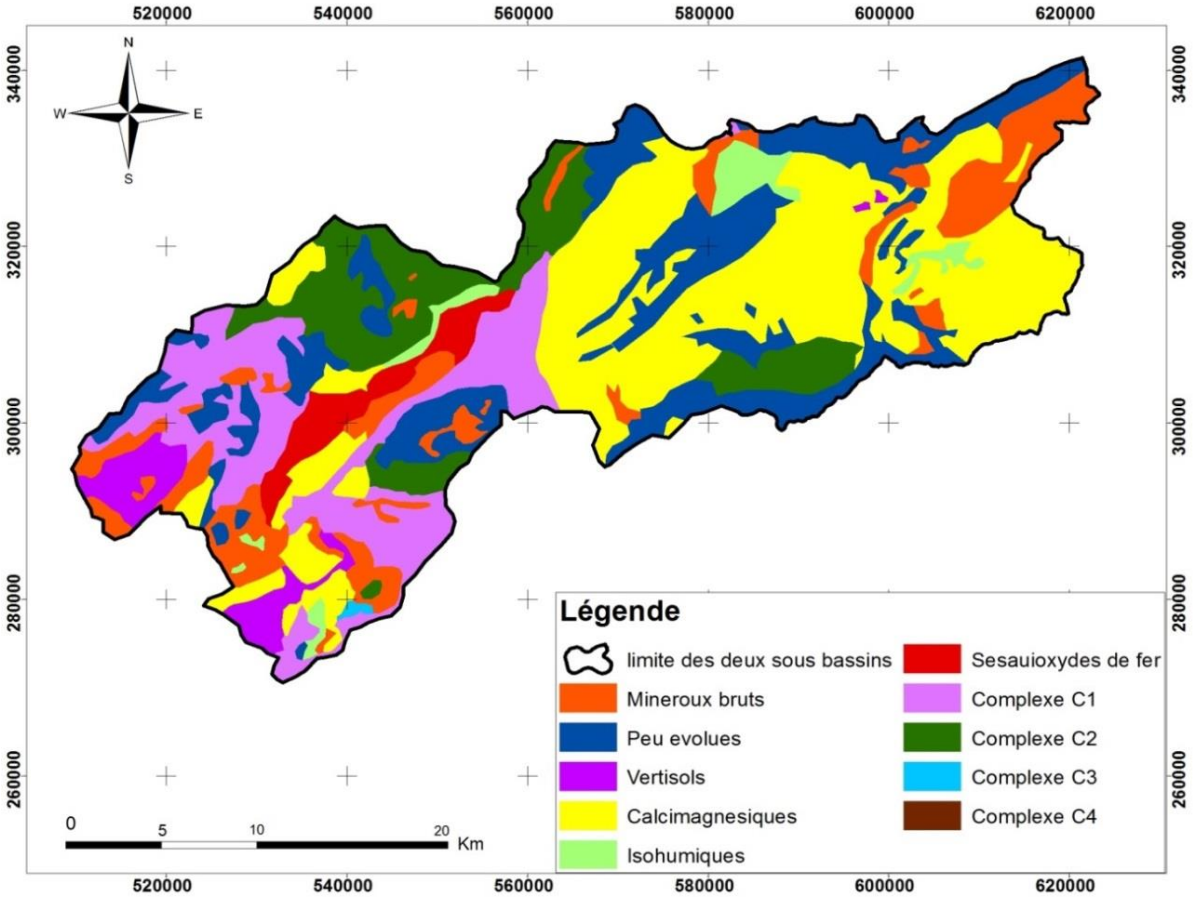


Figure 10 : Carte pédologique des deux sous bassins.

Tableau 5 : Données de la carte pédologique		
Type du sol	**Superficie (Ha)**	**Pourcentage (%)**
Minéraux bruts	40219.17	12.13%
Peu évolués	65340.54	19.71%
Vertisols	11638.30	3.51%
Calcimagnésiques	108811.69	32.82%
Isohumiques	9163.08	2.76%
Sesquioxydes de fer	10762.97	3.25%
Complexe C1	46504.13	14.03%
Complexe C2	38647.18	11.66%
Complexe C3	471.02	0.14%
Complexe C4	51.30	0.02%
Total	**331521.22**	**100%**

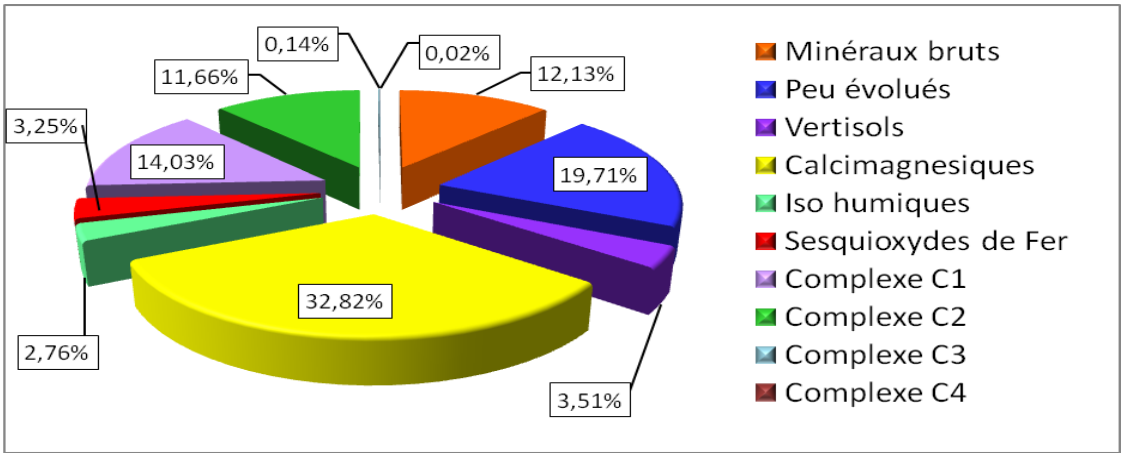


Figure 11 : Importance des classes pédologiques.

✓ Description des Classes de Sol :

– Classe des sols calcimagnésiques :

Ces sols sont caractérisés par la présence d'ions alcalino-terreux dans les horizons supérieurs. Ils couvrent 108811Ha, soit 32 ,82 % de la superficie totale des deux sous bassins. Les rendzines et les bruns calcaires sont les deux groupes essentiels de cette classe.

– Classe des sols peu évolués :

Dans le bassin-versant, les sols peu évolués appartiennent à la sous classe des sols non climatiques dans la mesure où l'action du climat local n'a pas eu le temps de se manifester. Ces sols sont constamment rajeunis par l'érosion hydrique qui empêche leur évolution pédologique. Ils sont peu évolués parce que l'apport des matériaux est récent ou parce que l'érosion vient de décaper la roche mère.

Cette classe représente une superficie de 65340Ha soit 19,71% % de la superficie totale de la zone étudiée.

– Classe des sols minéraux bruts :

Ces sols résultent de l'érosion hydrique sur des pentes fortes sans couvert végétal représentés par les calcaires dolomitiques de Lias en affleurement rocheux. Ce sont des sols qui occupent une superficie de 46504 ha, soit 14,03% de la superficie totale.

– Classe des vertisols :

Ces sols sont surtout localisés sur des formations argileuses quaternaires dans des milieux confinés et des cuvettes. Ils couvrent 11638Ha, soit 3,51% de la superficie totale.

– Classe des sols iso humiques :

Cette classe représente 9163 ha, soit 2,76% % de la superficie total. Ce sont des sols épais, noirs, très riches en matières organiques qui se forment en région tempérée au climat sec Ces sols donnent des terres agricoles très fertiles.

– Classe des sols à sesquioxydes de fer :

Ces sols sont caractérisés par l'individualisation des sesquioxydes de fer ou de manganèse qui leur confère leur couleur rouge, rouille (ou noir si les oxydes de manganèse dominent), ces sols sont généralement lessivés et forment des cuirasses d'accumulation très dures. Ils occupent 10762 ha soit 3,25% de la surface totale du bassin versant

– Des unités complexes

Ces sols correspondent dans les bassins-versants aux zones de forêts et de parcours. En fonction de la roche mère et du couvert végétal, on distingue quatre unités complexes et totalisent 85673 ha, soit 25,84% de la superficie du bassin versant.

➡ On a quatre types des complexes ;

- 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 sais.
- 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.
- Complexe C4 : Complexe de sols ce associe aux sols peu évolués d'érosion sur marnes gréseuses du bathonien moyen atlas plisse.

2) Lithologie :

La carte lithologique est une carte représente la nature des formations rocheuses affleurant d'une région donnée, "Argiles, marnes, calcaires, calcaire argileux, etc.". Cette carte montre la répartition des terrains en fonction de leurs degrés de friabilité et de leur résistance mécanique.

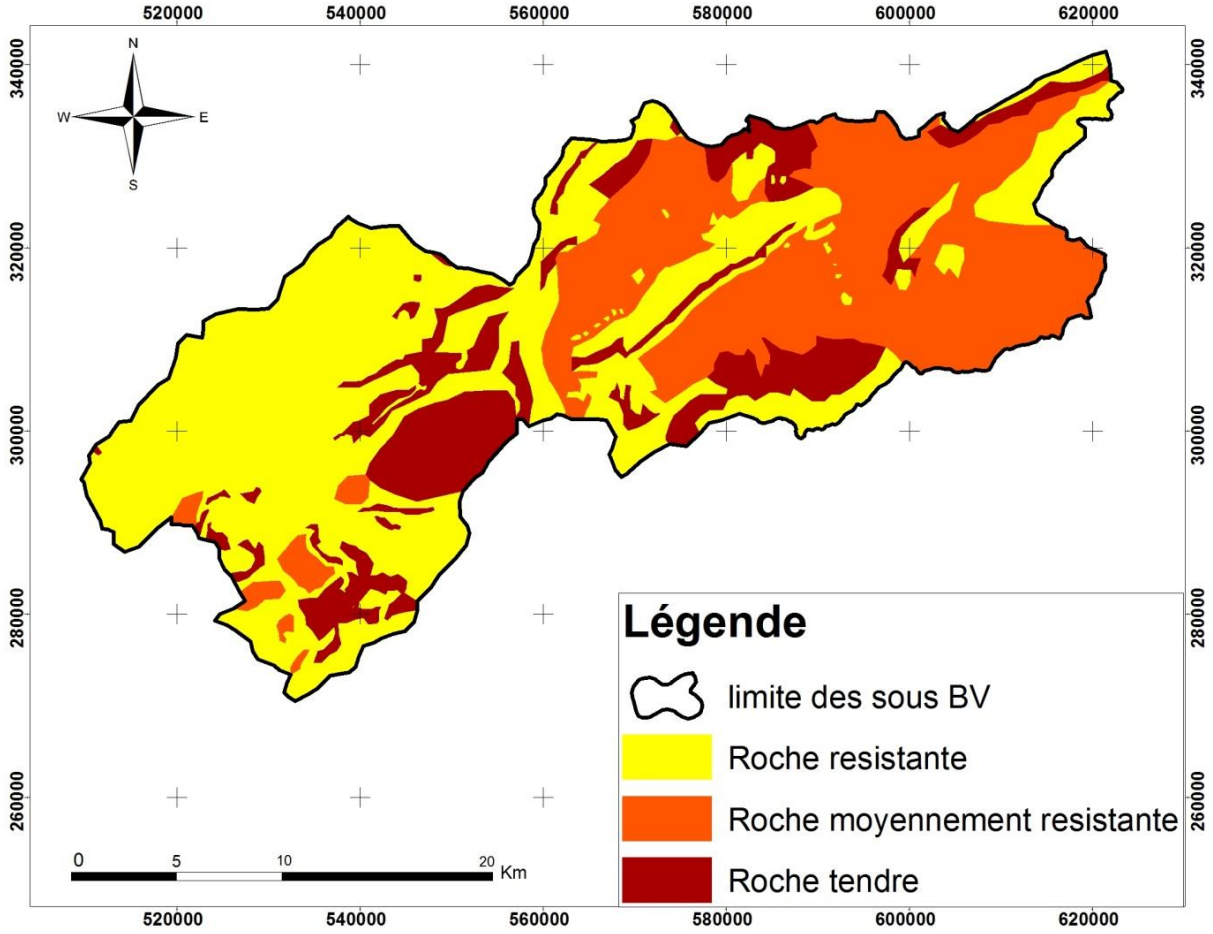


Figure 12 : la carte des faciès lithologiques

D'après la carte lithologique (**fig.12**) les roches de cette zone se classifient selon trois classes :

- roche résistante ;
- roche moyennement résistante ;
- roche tendre.

Les roches les plus affectées par l'érosion sont les roches tendres.

Tableau 6 : Données de la carte lithologique

Strate	**Code**	**Superficie (Ha)**	**Pourcentage (%)**
Roche resistante	1	165153.61	60.29%
Roche moyennement résistante	2	108765.82	39.71%
Roche tendre	3	57329.61	20.93%
Total	-	**331521.22**	**100%**

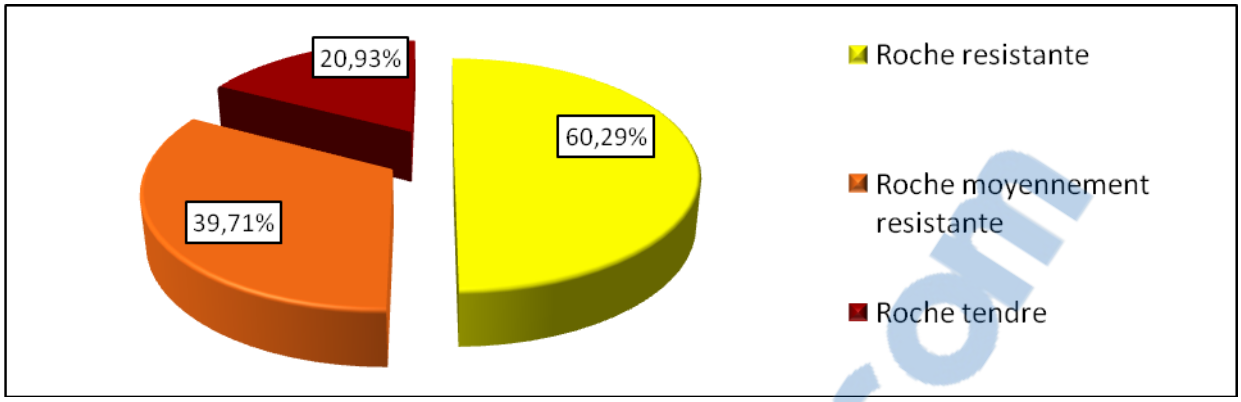


Figure 13 : Graphique des classes lithologique

Le type de faciès lithologique renseigne sur le degré d'érodibilité des formations géologiques :

- Les roches résistantes sont représentées par un faciès lithologique composé de calcaires et de dolomies du Lias, de calcaires lacustres.
- Les roches moyennement résistantes sont constituées par des couches de marnes en alternance avec des bancs de grès.
- 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.

Après l'analyse de carte et des figures on constate que les roches résistantes occupent presque la moitié de la zone qui s'étend sur une superficie de 165153,61 Ha représentant 60,29% de la superficie totale, se répartissent vers l'Ouest et un peu vers l'Est, ensuite les roches moyennement résistantes occupent une superficie de 108765,82 Ha représentant 39,71% de la superficie totale, que nous retrouvons uniquement dans la partie nord-est. Les roches tendres n'occupent que 20,93% de la superficie totale du bassin avec une superficie de résistantes 57329,61Ha, se retrouvent presque dans le centre.

3) <u>Occupation du sol :</u>

L'occupation du sol permet de connaitre la répartition des terrains de cultures, de parcours, de forêts ainsi de toute forme d'utilisation des sols (bâti, agglomération...), afin de mieux cibler les zones susceptibles d'être aménagées.

L'établissement de la carte d'occupation du sol a nécessité l'utilisation d'une couverture photo-aérienne composée d'environ 1200 photos (mission 1986). L'ensemble de ces photos a fait l'objet d'une interprétation sous stéréoscope sur la base d'une clé d'interprétation définie sur le terrain. Les résultats de la photo-interprétation complétée par des tournées de vérification sur le terrain sont transférés sur des fonds topographiques puis ensuite digitalisés.

Rapport-Gratuit.com

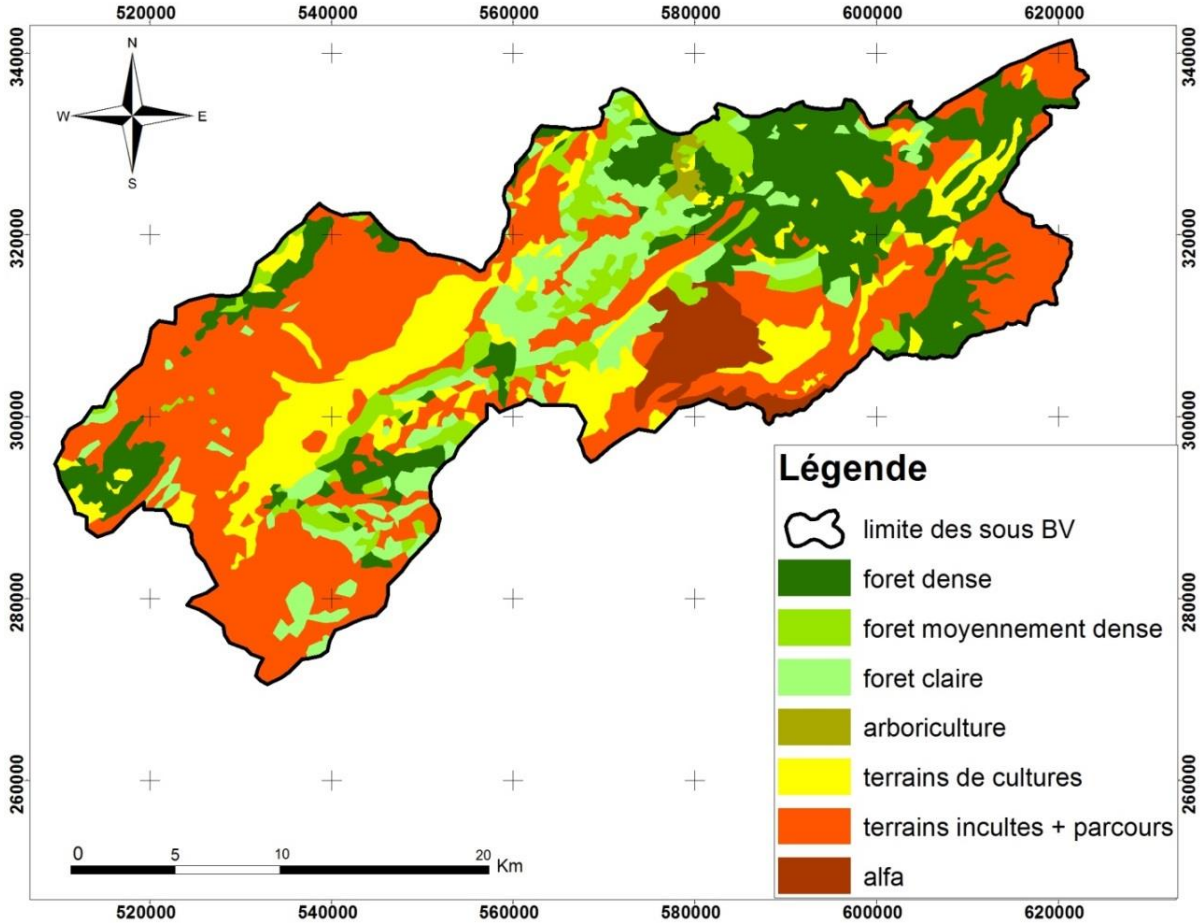


Figure 14 : Carte d'occupation du sol.

Notre carte 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.

Tableau 7 : Données de la carte d'occupation du sol.

Strate	Code	Superficie (Ha)	Pourcentage (%)
foret dense	1	67592.87	20.39%
foret moyennement dense	2	24421.87	7.37%
foret Claire	3	36529.39	11.02%
alfa	4	13377.79	4.04%
arboriculture	2	1552.54	0.47%
terrains de cultures	3	48481.65	14.62%
terrains incultes + parcours	5	139565.26	42.10%
Total	**-**	**331521.22**	**100%**

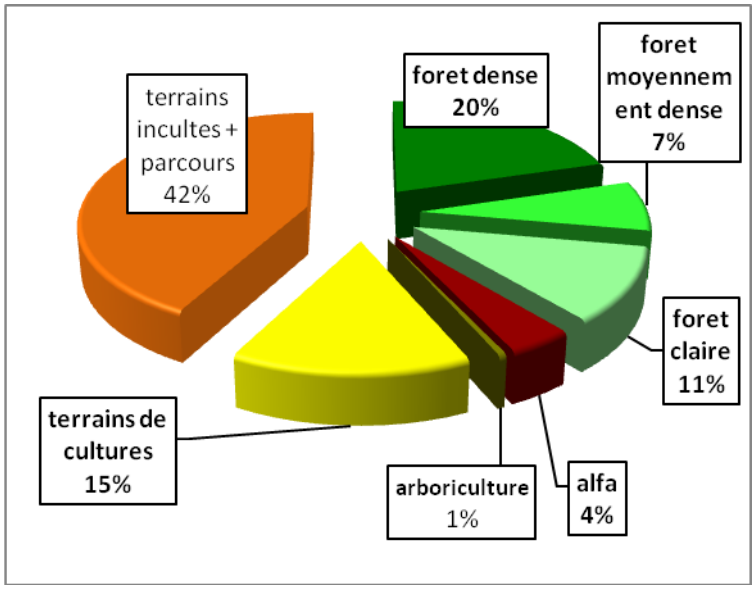


Figure 15 : Graphique de répartition d'occupation du sol.

D'après la figure15 et le tableau7, on constate que la grande superficie de nos sous bassin est occupée par les terrains incultes et de parcours qui représentent 42,10% de la superficie totale et qui sont localisés surtout en nord et en sud du sous bassin, ensuite les terrains de culture représentent 14,62% de la superficie totale, ainsi l'ensemble des forêts représente 52,10% de la superficie totale, en plus de 4,20% de alfa implanté à la région sud-est de la zone , la superficie qui reste on a 17,98% de terrains de cultures et arboriculture qui est très rare ne dépasse pas 0,58%.

4) Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est constitué de plusieurs oueds dont l'ensemble temporaires, le ruissellement apparait après des événements pluviométriques, et à cause de l'absence des points d'eau qui joue le rôle de fournisseur.

La carte suivante est réalisée par ArcGis, à l'aide de l'extension Spatial Analyst Tools : Hydrology, en s'appuyant sur un MNT (**Fig.16**).

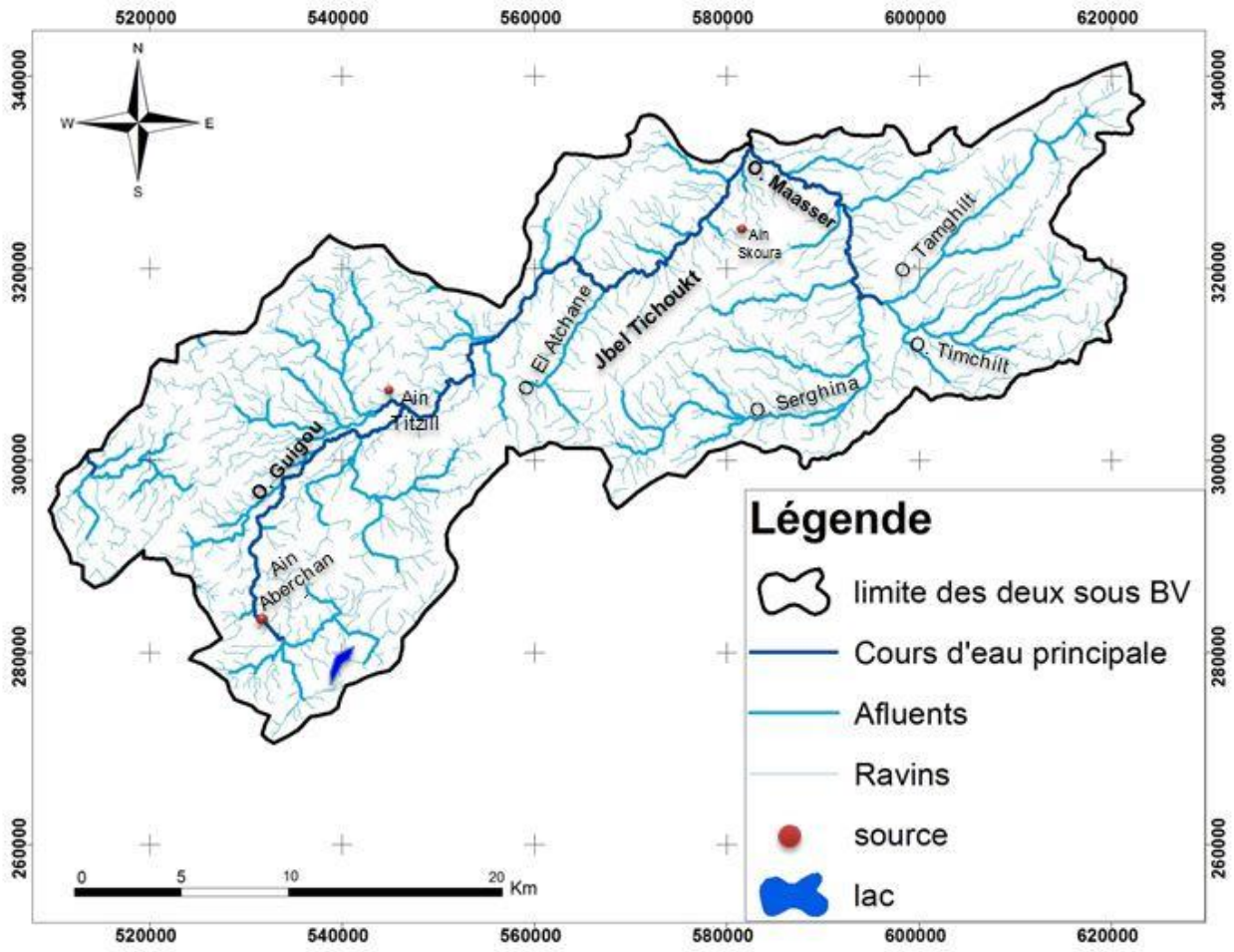


Figure 16 : Carte du réseau hydrographique.

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est caractérisé par deux cours d'eau principale : le premier Oued Guigou la deuxième Oued Maasser.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

- Oued Guigou : s'étale sur une superficie de 1928.9 Km^2 coule d'une direction du sud-ouest vers le nord-est avec un débit de 0.62l/s/km^2 et une longueur à l'intérieur du sous bassin de 110.59 Km. Cet Oued prend naissance à Aguelmane Sidi Ali et draine toute la partie haute du B.V. (Timahdite, forêt Ain Nokra, plaine de Guigou...) et le synclinal de Skoura.
- Oued Maasser : couvre une superficie de 1350.9 km² avec un débit de 2.60l/s/km² et une longueur de 30.41Km. Cet Oued draine les synclinaux d'Imouzzer Marmoucha El Mers et la région de Boulemane.

Le réseau hydrographique du sous bassin a une longueur totale de 12211,63 km et une densité moyenne de 0,036 Km/Ha.

Ses affluents les plus importants sont : Oued Tamghilt de longueur 34.05 Km, Oued El Atchane de longueur 13,06 Km, Oued Serghina de longueur 37,42 Km, Oued Timchilt de longueur 25.91 Km.

Les sources jouent un rôle très important dans le maintien de l'écoulement de Oued d'une manière permanente avec un débit variable sont au nombre de trois qui sont : la source d'Aïn Titzill, Aïn Aberchane, Aïn Skoura.

5) Facteurs climatiques :

Le climat en tant qu'ensemble d'une série d'éléments (précipitations, températures, vents…) constitue un facteur primordial dans l'appréciation des potentialités écologiques et hydrauliques du bassin-versant. Notre bassin est présente le même aspect climatique que celui du Allal El Fassi, Ce dernier est caractérisé par :

– Précipitation :

La pluviométrie est un facteur qui permet de caractériser un climat, non seulement par la quantité annuelle d'eau recueillie, mais également par le nombre de jours de pluie (pluviosité) et par leur répartition dans l'année (régime pluviométrique). Son influence est fortement corrélée au bilan hydrique du sol et au comportement des végétaux. La moyenne annuelle varie de 326 mm à 1020 mm.

Les données disponibles sur les précipitations proviennent de l'Administration des Eaux et Forêts à partir du plan d'aménagement antiérosif du bassin versant de La zone d'étude.

Tableau 8 : Données des stations météorologiques.

Station	Precipitation (mm)	LONGITUDE (m)	LATITUDE (m)
Boulemane	479.17	562000	307700
Ait Khabbach	353.86	557000	314800
Imouzzer Marmoucha	460.74	602800	320400
Almis Guigou	572.1	553000	309000
Skoura Poste	487.6	577500	325000
Skoura CT	362.3	579500	325000
Aguelmam Sidi Ali	443.7	537800	276000

La zone d'étude est caractérisée par plusieurs stations pluviométriques sont au nombre de sept (**Fig.17**): Boulemane, Imouzzer Marmoucha, Ait Khabbach, Almis Guigou, Skoura Poste, Skoura Ct, et Aguelmam Sidi Ali.

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 de la zone étudié.

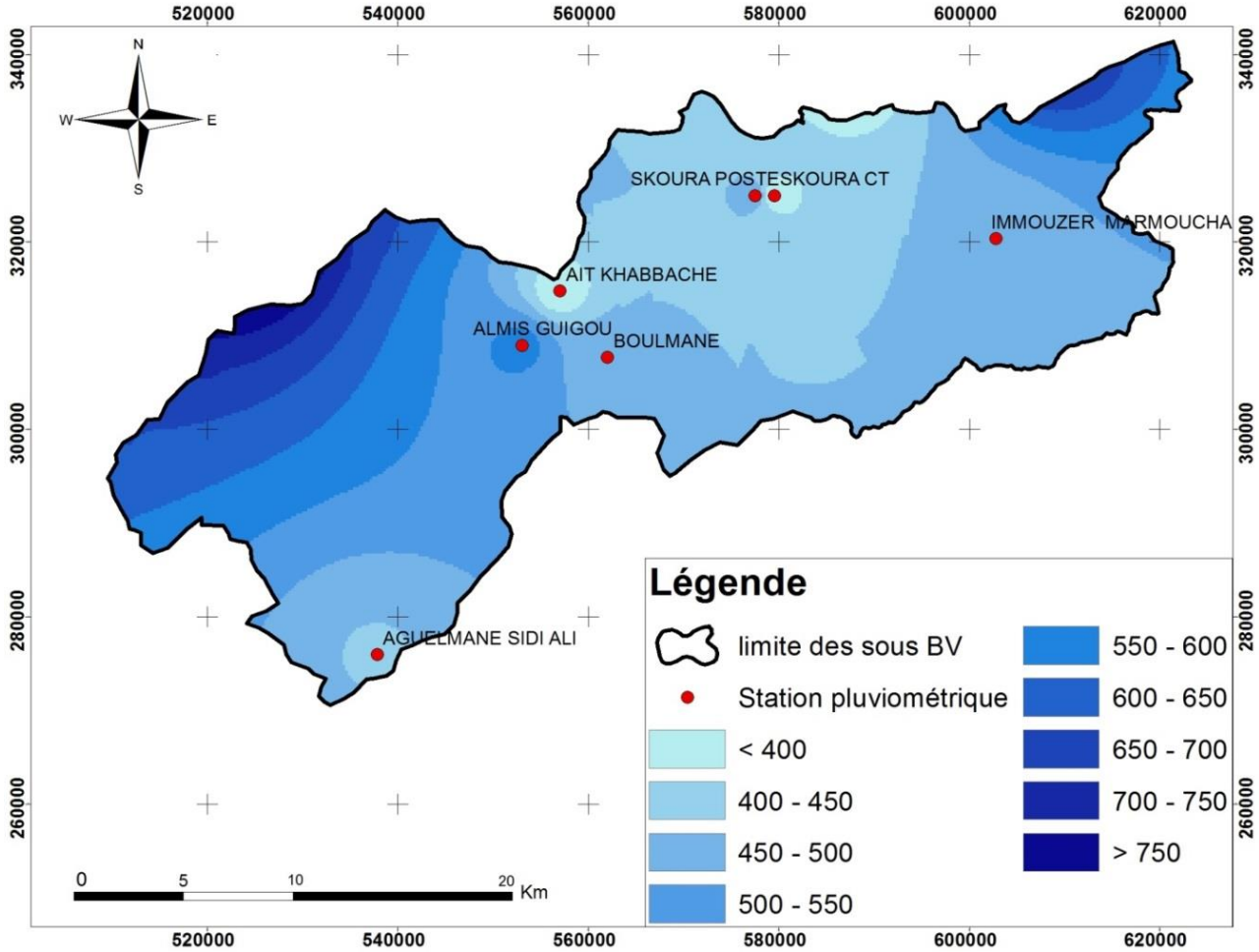


Figure 17 : Carte des précipitations.

➡ ***Quotient pluviométrique et diagramme d'Emberger :***

- ***Indices bioclimatiques***

Le quotient pluviométrique ou indice climatique d'Emberger sert à définir les cinq différents types du climat méditerranéen, depuis le plus aride jusqu'à celui de haute montagne. Il est déterminé par la combinaison des 3 principaux facteurs du climat par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000\,P}{(M^2 - m^2)}$$

- **Q** : quotient pluviométrique d'Emberger.
- **P** : Pluviométrie moyenne annuelle en (mm).
- **M** : moyenne des maxima thermique du mois le plus chaud en degrés Kelvin (°K).
- **m** : moyenne des minima thermiques du mois le plus froid en degrés Kelvin (°K).

Tableau 9 : Données du quotient pluviométrique d'Emberger				
Station	**P (mm)**	**M (°C)**	**m (°C)**	**Q_2**
Boulemane	479.17	31.5	-2.1	49,53
Imouzzer Marmoucha	460.74	38.8	-0.8	39.81

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

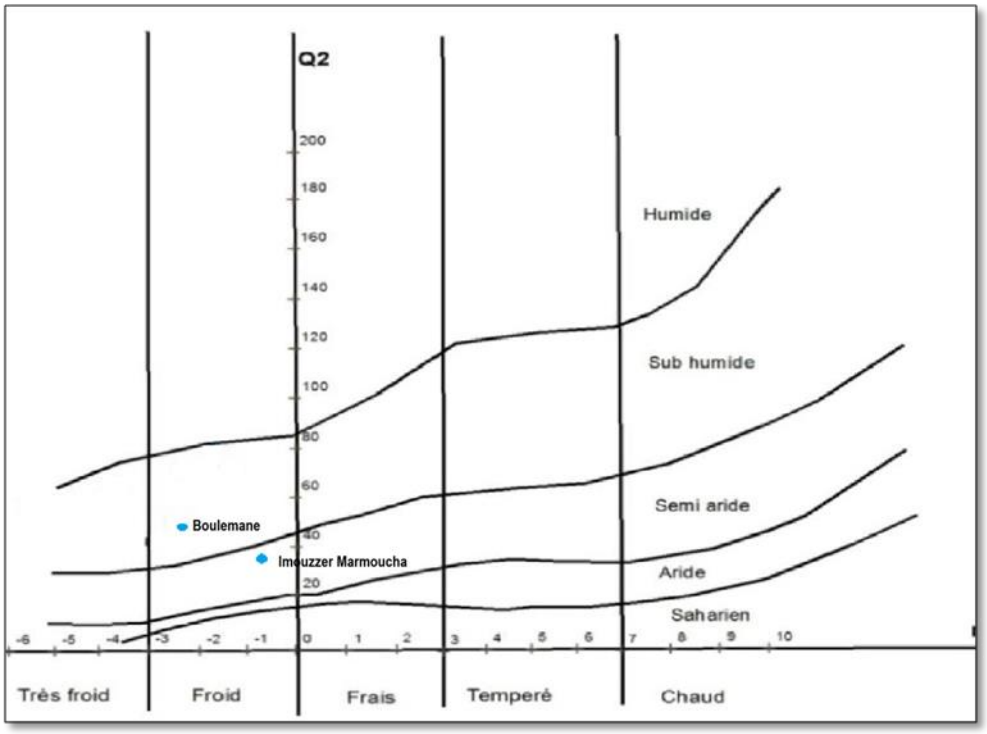


Figure 18 : Climagramme d'Emberger.

Le calcul du quotient pluviométrique et sa représentation dans le Climagramme d'Emberger montrent que notre zone d'étude est caractérisée par un climat Sub-humide à aride variant du froid à très froid (**Fig.18**).

– <u>Température :</u>

L'amplitude thermique des différentes stations météorologiques varie de 9,9°C à 14,5°C. En effet, la végétation est sensible à la température minimale de la saison froide et à la température maximale de la saison sèche et par conséquent à l'amplitude thermique.

– <u>Enneigement :</u>

Dans la zone étudiée on a les sommets de Jbel Hebri, Michlifène, Bou Iblane et Tichoukt qui connaissent les valeurs les plus élevées en ce qui concerne l'épaisseur, la fréquence et la durée de l'enneigement.

– Vents :

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.

6) Couvet végétale :

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.19**).

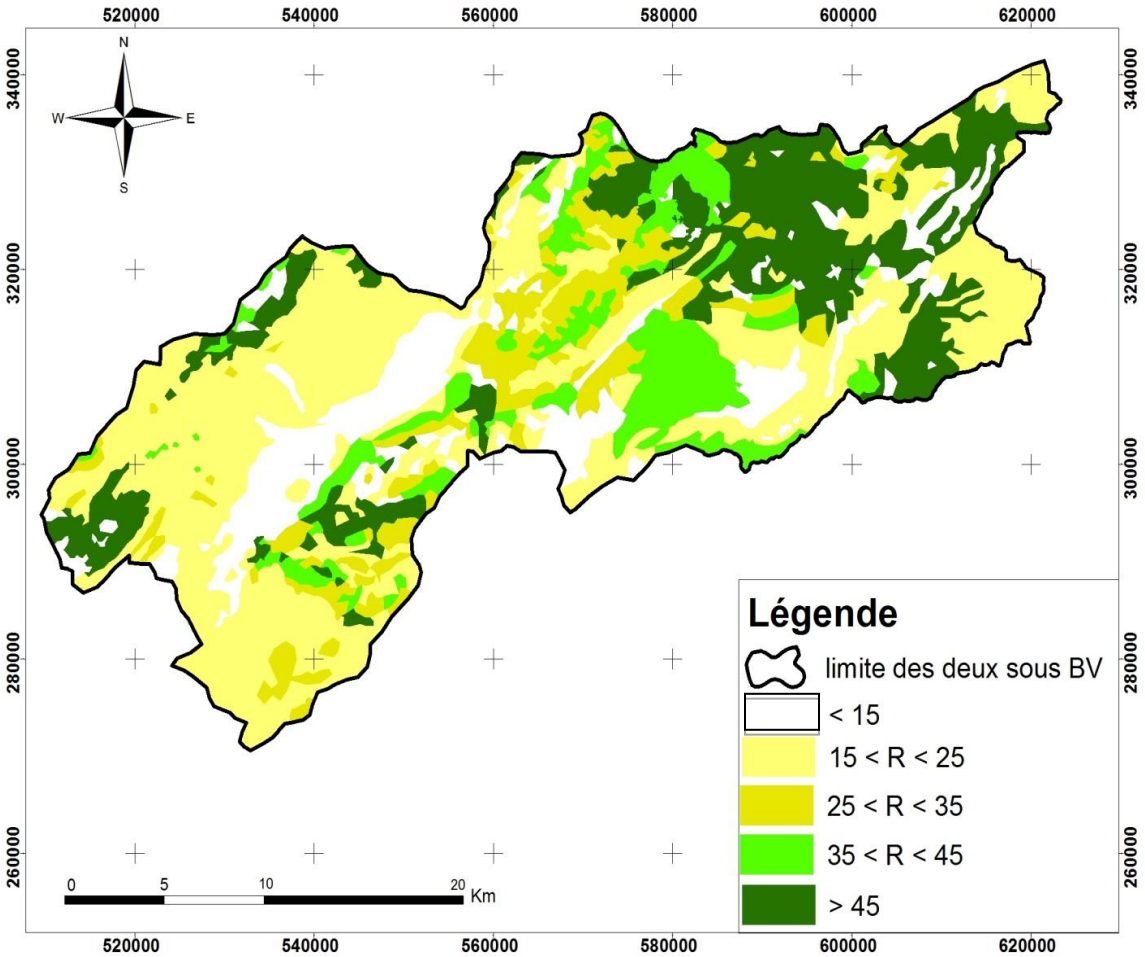


Figure 19 : Carte de répartition du recouvrement.

Tableau 10 : Répartition du recouvrement végétal.

Strate végétale	code	Densité de recouvrement	superficie (Ha)	Pourcentage (%)
Combinaison de chêne vert et de cèdre	1	R > 45%	67592.87	20.48%
Chêne vert seul ou cèdre seul	2	35% < R < 45%	37799.66	11.46%
SAU + Forêt claire	3	25% < R < 35%	36529.39	11.07%
terrains incultes + parcours	4	15% < R < 25%	139565.26	42.30%
Terrains nues ou terrains incultes	5	R < 15%	48481.65	14.69%
Total	-	-	**331521.22**	**100%**

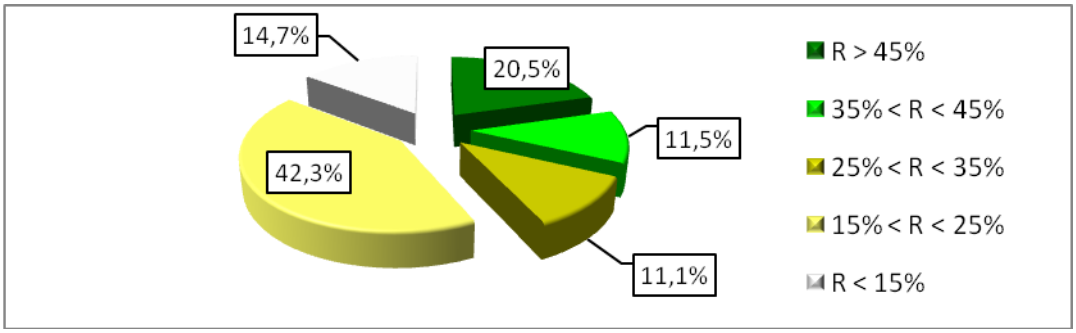


Figure 20 : Graphique de répartition du recouvrement végétal.

Notre bassin est caractérisé par une végétation limitée et un recouvrement végétal pauvre ce qui favorise l'érosion hydrique sur la plupart des terres.

A partir du tableau 10 et du graphique 20 on peut mettre en évidence la grande pauvreté en recouvrement végétal dont souffre le sous bassin, puisque 57% des terres du sous bassin ont un recouvrement inférieur à 25% , ainsi que 11.1% ont un recouvrement faible qui ne dépasse pas les 35%, la partie qui reste est de 32% de la superficie totale de sous bassin et elle est répartie en 11.5% du recouvrement entre 35% et 45% et 20.5% du recouvrement supérieur à 45%.

7) Facteurs socio-économique :

La compréhension de la répartition des populations dans le temps et dans l'espace et leurs activités sont très importantes dans l'étude du diagnostic de l'érosion. Cela permettra de chercher avec la contribution des populations des méthodes agricoles plus adéquates en faveur d'un développement durable tout en conservant un milieu stable et protégé.

La population rurale au niveau du notre bassin s'élève à 127 782 habitants répartis sur 19 communes rurales.

Tableau 11 : distribution de population dans les cercles selon l'activité.

Province	Cercle	Population (nb)	Repartition de la population (%)	
			Active	Inactive
Séfrou	Séfrou	14488	69.7%	30.3%
	El Menzel	4721	66.5%	33.5%
Boulemane	Boulemane	49734	74.5%	25.5%
Ifrane	Ifrane	55249	63.7%	37.3%

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

D'après le tableau 11 les communes rurales qui présentent les densités les plus élevées sont situées dans la province d'Ifrane.

La population active est plus importante que la population inactive, qui est représenté entre 66.5% et 74.5% de la population totale des communes rurales.

Les activées principales de la population de sous bassin versant sont : L'agriculture et l'élevage.

- L’agriculture :

La (SAU) surface agricole utile d’une superficie de 62 023Ha est constituée principalement d’après la carte d’occupation des sols :

- La céréale à base de culture, blé, d’orge et de maïs.
- Les cultures maraichères : les légumes (tomates, pomme de terre …)
- légumineuses à base de lentille, fève...
- l’arboriculture dans le sous bassin est constitué essentiellement de nouvelle et l’ancienne plantation d’oliviers, et les pommiers.

Tableau 12 : Répartition de la S.A.U par province.

Province	**Cercle**	**S.A.U (%)**				
		Céréales	**Légumineuses**	**Arboriculture**	**Maraichage**	**Autres**
Séfrou	Séfrou	88.5%	4.7%	6.10%	0.4%	0%
	El Menzel	74.3%	1.3%	24%	-	1%
Boulemane	Boulemane	94.0%	1.5%	1%	1%	3%
Ifrane	Ifrane	84.0%	45%	3%	6%	4%

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

- L’élevage :

L'élevage associé à la polyculture en bour représente une activité importante dans le bassin-versant. Cette activité se caractérise par la prédominance du cheptel ovin :

Tableau 13 : effectif du cheptel par province.

Effectif en pourcentage, année 2012, dans le cercle de :		**Bouvins (%)**	**Ovins (%)**	**Caprins (%)**
Séfrou	**Séfrou**	10.3	3.53	10.92
	El Menzel	20.49	4.76	22.52
Boulemane	**Boulemane**	34.74	52.01	48.16
Ifrane	**Ifrane**	34.46	39.7	18.41

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

D’après le tableau 13, nous constat que la province de Boulemane produit un pourcentage élevé du cheptel que les autre provinces.

Chapitre 2 : Estimation de l'état érosif de la zone d'étude par la méthode PAP/CAR

I. Présentation et l'application du PAP/CAR sur notre bassin versant :

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).

La méthode directive du PAP/CAR est composée de trois phases ; une phase prédictive, une phase descriptive et une phase d'intégration. C'est une méthode qualitative qui permet d'hiérarchiser la surface d'un bassin versant en unités distinctes selon la vulnérabilité à l'érosion et de déterminer les zones les plus fragiles potentiellement pourvoyeuses de sédiments.

1) Approche prédictive :

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

L'objectif de cette phase est le traitement de données selon une séquence de 7 opérations différentes qui sont représentés au niveau de la figure ci-dessous :

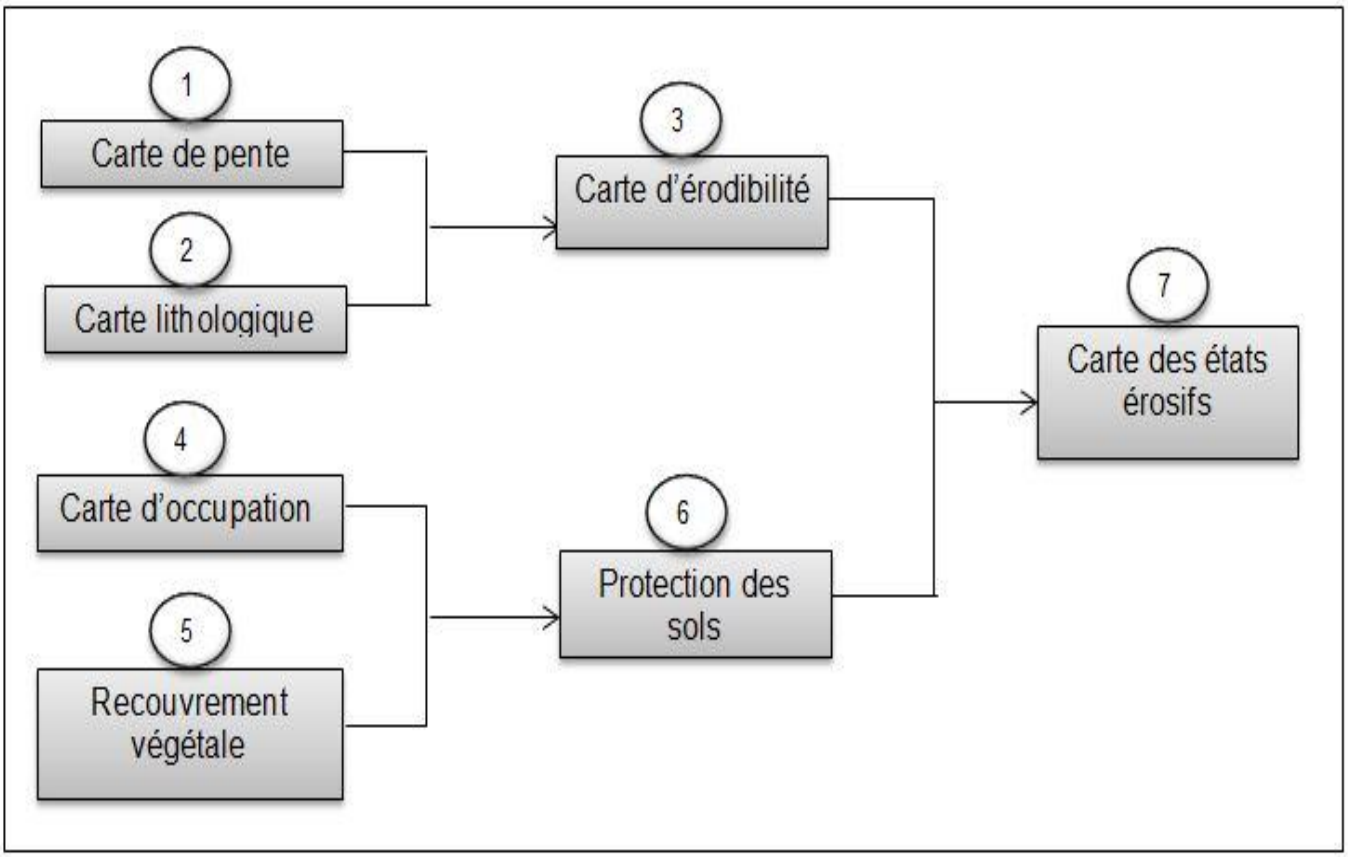


Figure 21 : Schéma de l'approche prédictive.

Dans cette partie on va superposer les cartes déjà réalisées dans le chapitre précédent, pour obtenir les cartes d'érodibilité (**Fig.22**) et de protection des sols (**Fig.24**) qui seront eux même destinées à la superposition pour donner la carte des états érosifs (**Fig.26**).

a) Carte d'érodibilité :

La superposition de la carte des unités et classes topographiques des pentes et de la carte lithologique où l'accent est mis sur la résistance mécanique et le degré de cohésion des différentes litho-faciès permet d'hiérarchiser le bassin versant en degré d'érodibilité, cette carte représente la sensibilité du sol à l'érosion hydrique en fonction de sa composition, sa structure et sa texture.

La superposition se fait par ArcGis par la fonction INTERSECT du menu Geoprocessing, selon l'addition des codes de deux cartes (**tableau.14**) :

Tableau 14 : La 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	Érodibilité 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 classes d'érodibilité qui sont bien visualisées sur la carte suivante (**Fig.22**) :

Rapport-Gratuit.com

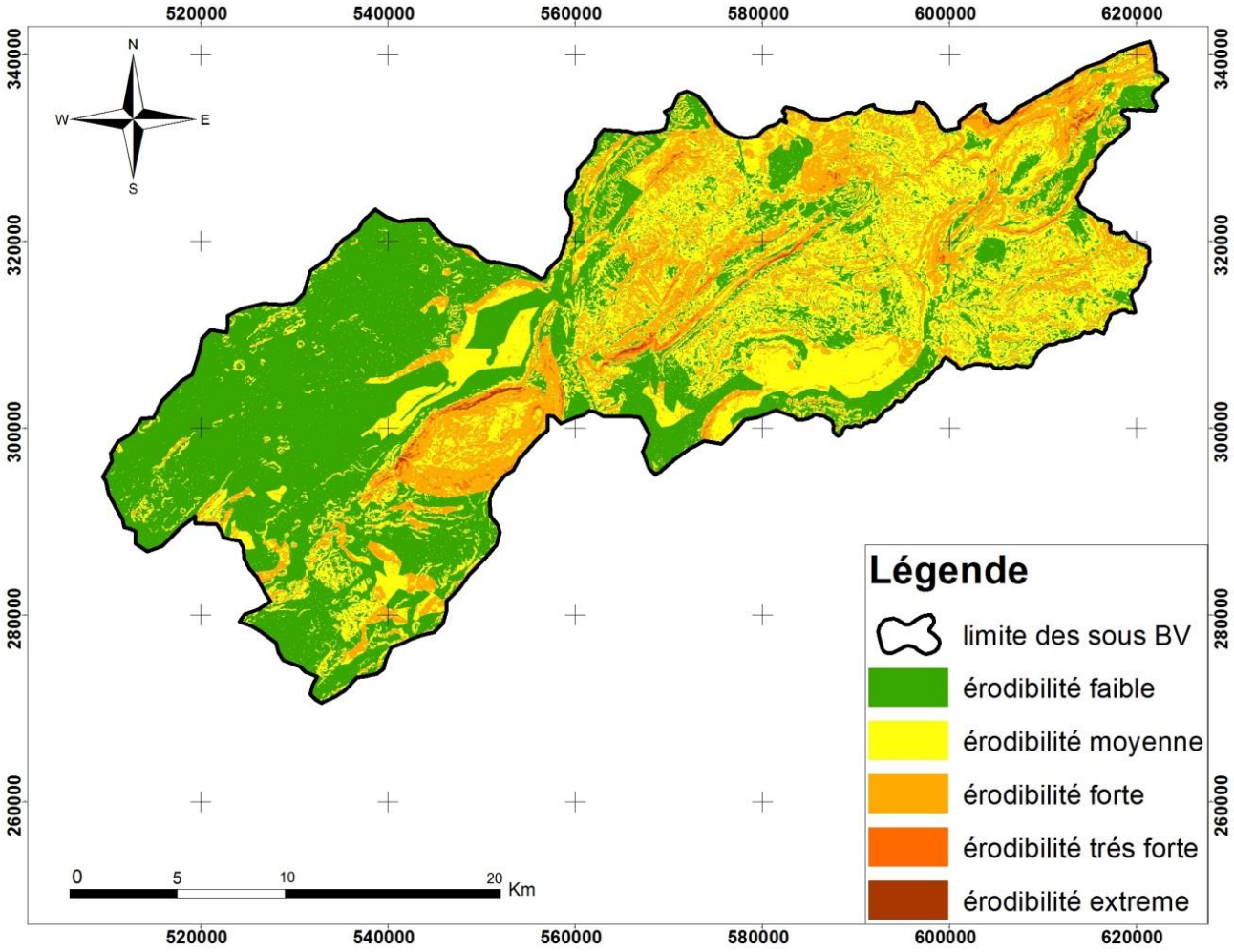


Figure 22 : Carte d'érodibilité.

La carte d'érodibilité de notre bassin montre que l'érodibilité très forte et extrême se concentre surtout dans la partie Est du bassin versant, par contre l'érodibilité faible se concentre du côté Ouest. Ce qui va influencer l'état érosif et donner une différence d'érodibilité entre les zones du sous bassin.

Tableau 16 : Données de la carte d'érodibilité

Degré d'érodibilité	Superficie (Ha)	Pourcentage (%)
érodibilité faible	152649.43	46.06%
érodibilité moyenne	106706.07	32.20%
érodibilité forte	67893.14	20.49%
érodibilité très forte	3500.47	1.06%
érodibilité extreme	670.27	0.20%
Total	**331521.22**	**100%**

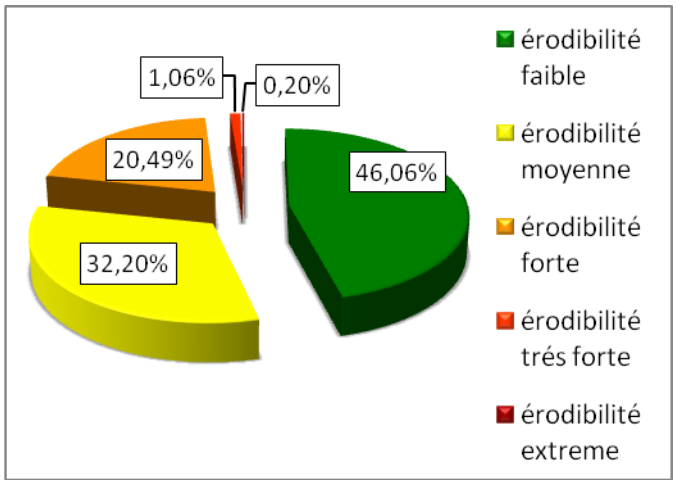


Figure 23 : Graphique de répartition des classes d'érodibilité.

Le traitement de la base de données de la carte résultante nous a permis de dégager plusieurs informations notamment sur en ce qui concerne les superficies relatives à chaque classe :

D'après la carte et le tableau, on constate une dominance de l'érodibilité faible 46,06% qui occupent 152649.43Ha de la superficie totale du bassin versant, suivi des sols à érodibilité moyenne avec un pourcentage de 32,20% occupent 106706.07Ha, suivie de l'érodibilité forte et très forte qui sont respectivement 20.49% et 1.06%, d'une superficie globale 71393.61Ha, la partie qui reste d'érodibilité extrême ne dépasse pas 0.20% occupent la plus petite superficie 670.27Ha de la superficie totale.

b) Carte de protection des sols

La carte de protection des sols est réalisée à partir de la superposition de la carte d'occupation du sol et celle des proportions de recouvrement par le couvert végétal. Le degré de protection des sols revient sur le type d'occupation de ces sols et sur la densité du recouvrement végétal.
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.

Tableau 17 : Table de superposition des cartes d'occupation et du recouvrement végétal.

Occupation des sols recouvrement végétal	**Foret dense (Code = 1)**	**foret moyennement dense et arboriculture (code= 2)**	**Foret claire et terrains de cultures (code= 3)**	**Alfa (code =4)**	**terrains incultes + parcours (code= 5)**
R > 45% (Code = 1)	2 FR	3 FR	4 M	5 M	6 FB
35% < R < 45% (Code = 2)	3 FR	4 M	5 M	6 FB	7 FB
25% < R < 35% (Code = 3)	4 M	5 M	6 FB	7 FB	8 TF
15% < R < 25% (Code = 4)	5 M	6 FB	7 FB	8 TF	9TF
R < 15% (Code = 5)	6 FB	7 FB	8 TF	9TF	10TF

Tableau 18 : classes de protection des sols.

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 :

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

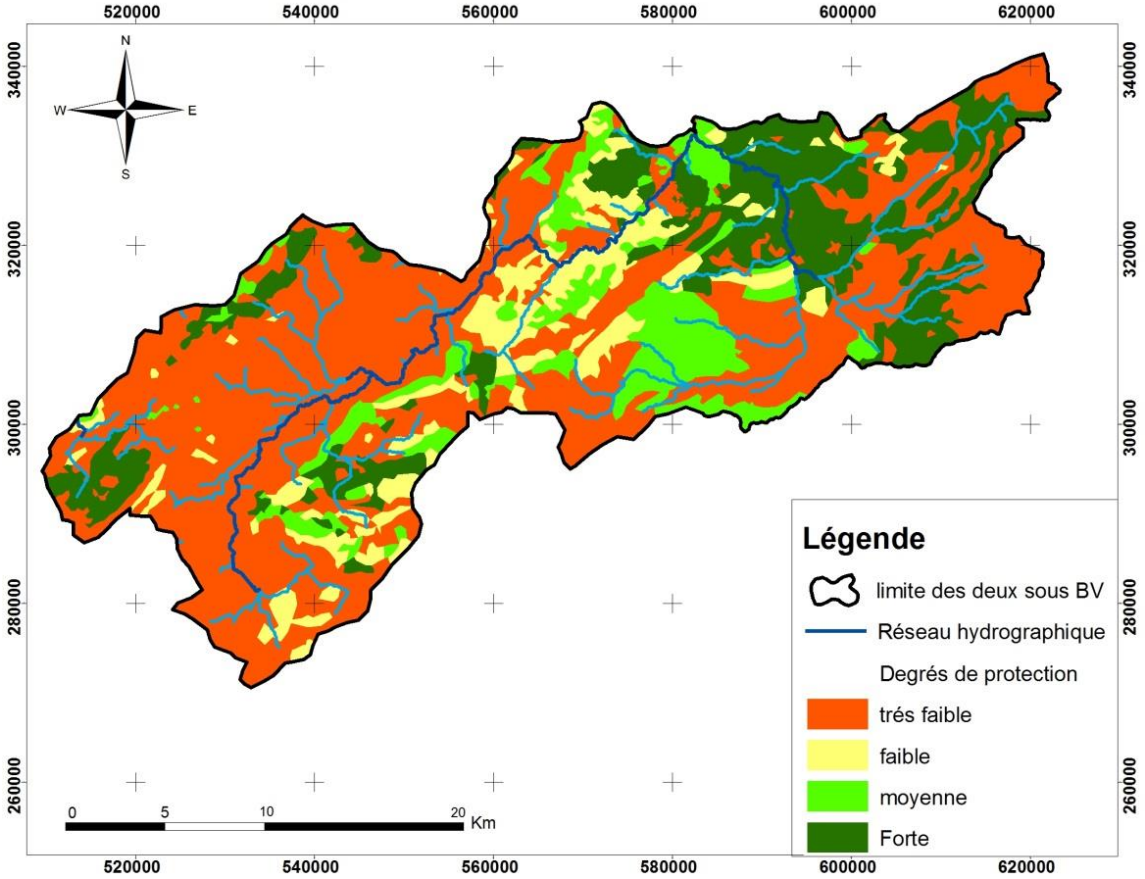


Figure 24 : Carte de protection des sols du sous bassin.

Cette carte permis de visualiser différentes zones divisées en quatre classes: forte, moyenne, faible et très faible.

Tableau 19 : données de la carte de protection des sols

Classe de protection	Superficie (Ha)	Pourcentage (%)
Protection forte	6759287.7	20.4%
Protection moyenne	37799.66	11.4%
Protection faible	36529.38	19.3%
Protection très faible	189599.42	57.2%
Total	**331521.22**	**100%**

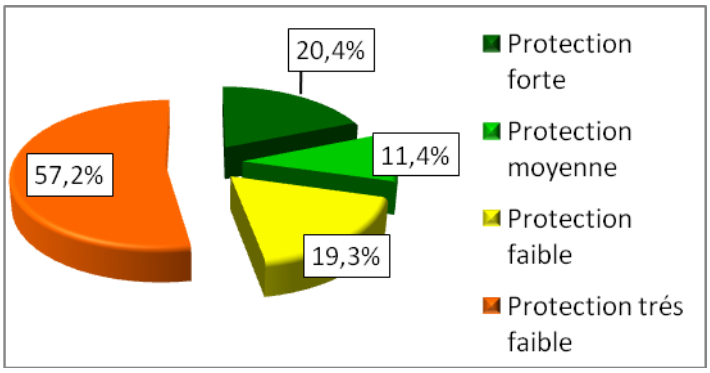


Figure 25 : Graphique de répartition des classes de protection des sols.

D'après la carte de protection des sols, on constate que les zones à protection des sols faible et très faible coïncident avec les terrains incultes et les parcours et couvrent une grande partie du sous bassin (carte d'occupation des sols : **Fig.14**) et a une densité de couvert végétales inférieur à 15% (carte du recouvrement végétal **Fig.19**).

Les résultats montrent que 76.5% des terrains du sous bassin ont une protection faible et très faible, puis la protection forte couvre 20.4%, et seulement 11% ont une protection moyenne.

c) Carte des états érosifs :

La carte des états érosifs (**Fig.26**) est le produit final de la phase prédictive, résulte de la superposition de la carte d'érodibilité et de la carte de degrés de protection des sols. Les polygones résultant sont classés selon la matrice du tableau suivant :

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

Érodibilité / Protection du sol	Érodibilité faible (Code=1)	Érodibilité moyenne (Code=2)	Érodibilité forte (Code=3)	Érodibilité Très forte (Code = 4)	Érodibilité 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.

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

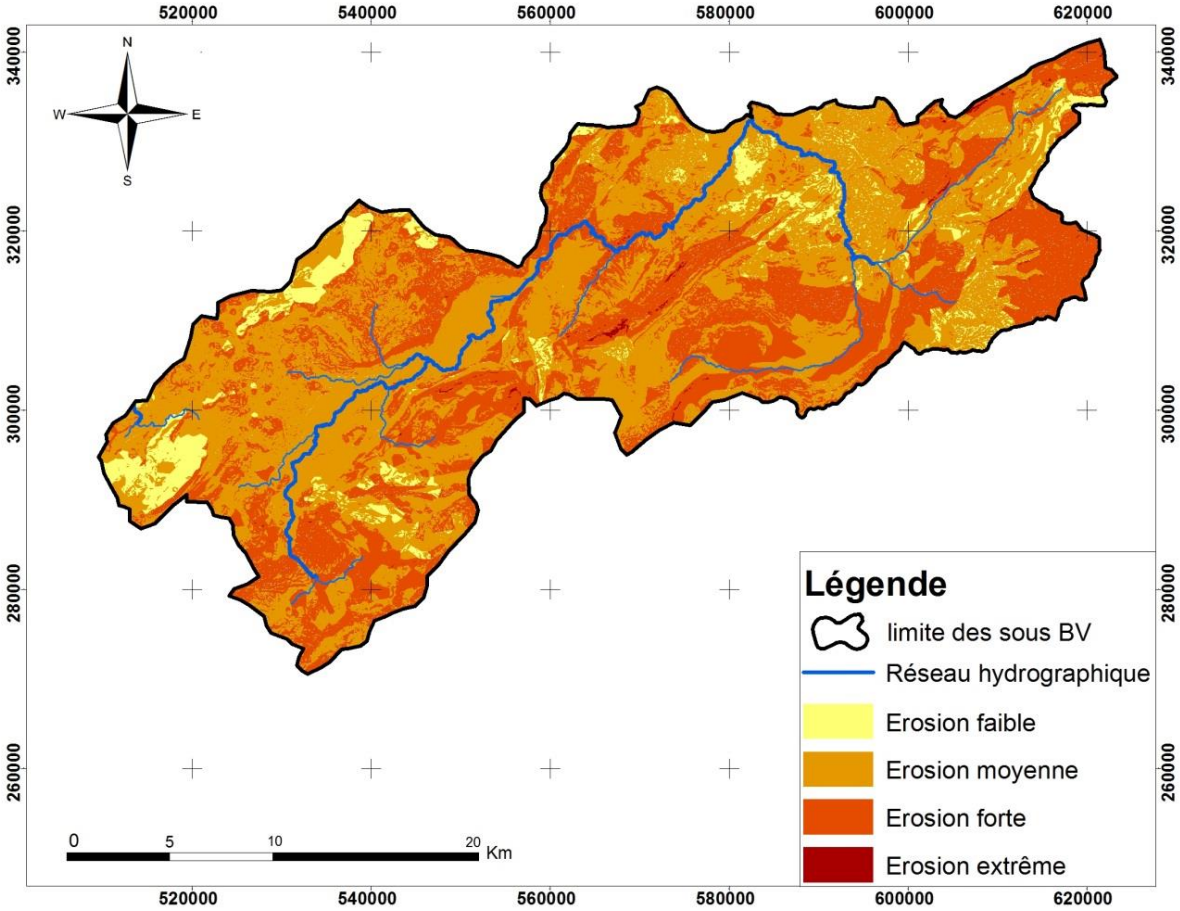


Figure 26 : Carte d'érosion potentielle du sous bassin.

Le traitement de la base de données a abouti à la réalisation du tableau suivant qui montre les classes en fonction des superficies

Tableau 22 : Données de la carte d'érosion.

Classe d'érosion	Superficie (Ha)	Pourcentage (%)
Erosion faible	20922.31	6.31%
Erosion moyenne	185106.5	55.85%
Erosion forte	124494.6	37.56%
Erosion extrême	896.07	0.27%
Total	**331521.22**	**100%**

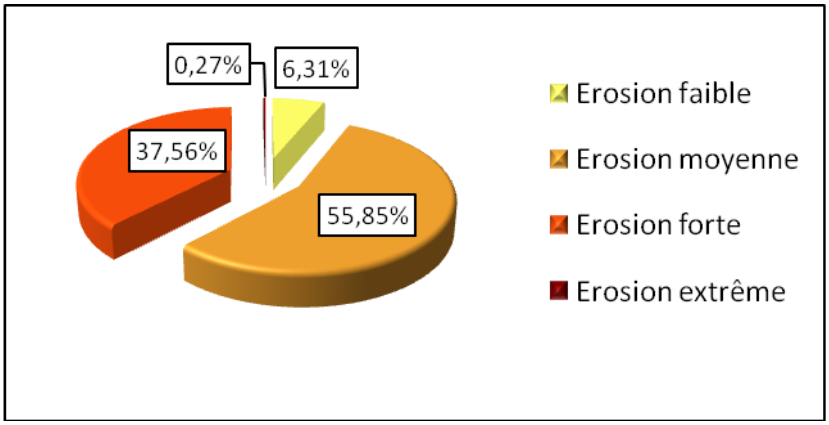


Figure 27 : Graphique de répartition des états érosifs.

À partir du tableau 22 on a réalisé l'histogramme des fréquences (**Fig.27**) qui montre que la classe la plus représentative est celle de l'érosion moyenne avec 185106.5Ha et 55.85% de la superficie totale du bassin versant. En ce qui concerne les classes du degré d'érosion forte et extrême, elles représentent 124494.6Ha et 896.07Km² respectivement ce qui fait 37.83% de la superficie total. Les classes des degrés faibles représentent 20922.31Ha occupent 6.31% de la superficie totale du bassin versant. Cela montre que la partie sud du bassin versant M'dez présente un degré d'érosion notable.

2) Approche descriptive :

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

Les processus d'érosion qui marquent le secteur d'étude sont très diversifiées et fortement liés aux types de sols, leurs positions dans la topographie et à l'étage bioclimatique auquel ils appartiennent, les écoulements d'eau pluviale génèrent deux formes d'érosion dont la première est liée au ruissellement et à l'écoulement selon un mode concentré ; l'autre est liée à l'infiltration ou l'eau se répand de façon diffus dans le sol.

La carte des formes de l'érosion est réalisée à partir des observations de terrain et du navigateur satellitaire Google Earth, qui permet la digitalisation in-situ des formes d'érosion.

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.

Notre sous bassin est caractérisé par l'existence de deux types d'érosion :

a) Erosion dans les interfluves : Concerne tout ce qui est compris entre deux talwegs.

a-1. Erosion en nappe :

En parle d'érosion en nappe ou aréolaire (sheet érosion) parce que l'énergie des gouttes de pluie s'applique à toute la surface du sol (effet de splash) et le transport des matériaux détachés s'effectue par le ruissellement en nappe. C'est l'étape initiale de dégradation des sols par érosion.

C'est un phénomène observé sur des surface a faible pente, ou l'eau ne peut pas concentrer, c'est l'intensité des gouttelettes d'eau qui envoi les particules sur toutes les directions seulement sous l'effet de la gravité, les gouttelettes aurons une vitesse plus importante vers l'aval.

a-2. Erosion linéaire :

L'érosion linéaire est exprimé par tous les creusements linéaires qui entaillent la surface du sol suivant divers formes et dimension (griffes, rigoles, ravines etc..) en fait, l'érosion linéaire apparait lorsque le ruissellement en nappe s'organise, il creuse des formes de plus en plus profonds. En parle de griffes lorsque les petit canaux ont quelque centimètre de profondeur, de rigoles lorsque les canaux dépassent 10cm de profondeur. On parle de nappe ravinant lorsque les creux ne dépassent pas 10 à 20cm.

3) <u>Approche d'intégration :</u>

Dont le résultat principal est la carte finale des tendances de l'érosion, obtenue par la superposition et l'intégration de toutes les informations qualitatives issues des phases prédictive et descriptive et qui fournit les tendances de l'érosion en intégrant le degré de l'état érosif et l'intensité de la forme d'érosion.

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 notre zone d'étude.

Chapitre 3 : Aménagements et interventions préconisés

D'après la carte de l'érosion on constate que le bassin versant présente des superficies importantes touchées par l'érosion dont les facteurs sont d'ordre naturel et anthropique. Les aménagements que nous proposons doivent tenir compte de tous ces facteurs afin d'aboutir à un aménagement concerté et durable, donc ces aménagements sont répartis dans chaque espace utilisé par la population.

Pour cette étude nous proposons des actions de conservations des fôrets, des terrains de cultures et des réseaux hydrographiques. Ces actions visent à atténuer les effets négatifs de l'érosion.

I. Les aménagements concernant la SAU :

- Renforcements des plantations fruitières.
- Rajeunissement de l'ancienne plantation.
- Aménagement foncier (ou épierrage) des terrains de cultures.
- Aménagement des terrains de cultures en pente par l'installation des antiérosifs tels que les cordons en pièces sèches, les murettes.
- La collecte des eaux pluviales : installation des collecteurs d'eaux de pluies.

II. Aménagements en forêts :

La reconstitution des forets dégradée par des opérations de reboisement et de régénération des peuplements afin de restaurer les écosystèmes forestiers.

- Le renforcement des infrastructures et équipement de lutte contre les incendies de forêt (l'entretien et l'ouverture des voies d'accès, construction des postes de surveillances et des aménagements des points d'eau…
- L'entretien de l'ancienne plantation de Pin d' Alep (la coupe des arbres mort sur pies, des arbres malade…
- L'aménagement des réseaux hydrographique par des traitements mécaniques et biologiques des ravins (construction des ouvrages antiérosifs : seuls en gabions, en pierres sèches et végétalisation des ravins

III. Aménagements du réseau hydrographique :

Les interventions proposés ont pour objectif principale de réduire le processus d'évolution des ravinements et d'établir le profil d'équilibre des ravins leur permettant ainsi de se stabiliser.

La stabilisation des ravins est assurée par la combinaison des traitements biologiques et mécaniques. Les espèces végétales recommandées sont choisies en fonction de leur adaptation au milieu local, de leur action protectrice, et de leur rapidité de croissance. Quant au choix des ouvrages mécaniques (seuils), il

repose essentiellement sur l'adaptation aux conditions lithologiques, et la disponibilité des matériaux de construction sur site. Les ouvrages préconisés consistent essentiellement en des seuils en gabions et des seuils en pierres sèches.

IV. Les actions de développement de la population :

En plus de ces aménagements préconisés des actions de développements doivent être maintenues et qui ont pour objectif le développement de la population locale. Ces actions portent sur la valorisation des produits de terroir dans différente domaine :

- La valorisation de l'olivier et de ces produits de transformations
- La création des activités génératrices d'emplois :
- Création des associations de différent axe d'interventions Ex : Le domaine d'apiculture, le domaine des plantes aromatiques et médicinales etc. …
- Encourager l'écotourisme dans la région par la création d'un réseau touristique.

Toutes ces actions ont été concrétisées par la carte des aménagements suivant (**Fig.27**) :

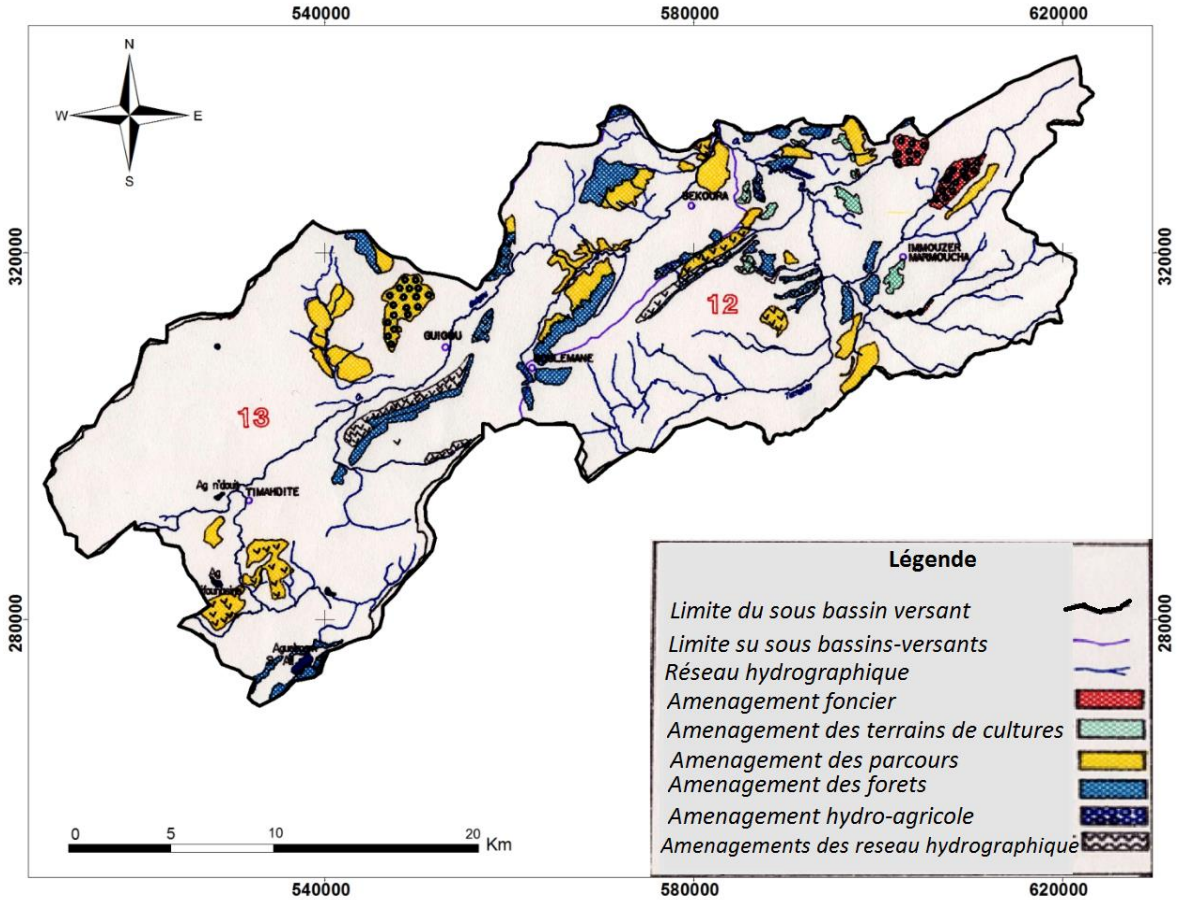


Figure 28 : Carte des Aménagements (SEAP)

Notre zone d'étude à savoir les deux sous bassins Guigou et Maasser rassemble toutes les conditions favorables au développement d'érosion hydrique : précipitations agressives, roches tendres, pentes fortes...

Grace à l'outil SIG utilisé qui est considéré comme un moyen de prise de décision, de géo traitement, de modélisation et d'analyse de l'ensemble des facteurs de l'érosion. L'étude qualitative de l'érosion potentielle par la méthode PAP/CAR, basée sur les facteurs naturels (pente, lithologie, couvert végétal et occupation des sols) a permis d'analyser et de comprendre la problématique de la zone d'étude sur le plan risque érosif. Elle a montré son importance comme un outil efficace pour réaliser, d'une manière simple et rapide, un diagnostic général du risque potentiel d'érosion hydrique à l'échelle du bassin versant.

La carte de l'approche prédictive établie pour les deux sous bassin Guigou et Maasser 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. Cette carte fait ressortir quatre états, 6.31% des terrains présentent une faible prédisposition à l'érosion hydrique, l'érosion notable représente 55.85%, les états d'érosion élevée et extrême représentent 37.56% et 0.27 % respectivement.

Ce travail a permis, de constituer une base de données multi-sources sur la région d'étude et de montrer l'importance et l'apport du système d'information géographique et de la télédétection à la cartographie des zones à risque d'érosion hydrique. La phase prédictive a fourni des informations sur l'état actuel de la dégradation des sols en se basant sur le degré d'influence des différents facteurs qui contrôlent l'érosion hydrique.

Pour mener à bien la lutte contre l'érosion nous proposons un reboisement essentiellement par la reconstitution des forêts naturelles, l'aménagement pastoral, les corrections mécaniques et biologiques des ravins sans oublié la prévention et la lutte contre les incendies des forêts.

Bibliographie :

- **BENABDELHADI MOHAMMED (2016) :** Cartographie De L'érosion qualitative des sols du bassin versant De L'Aoudour (Rif-Maroc). vol.12, No.11 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857-7431.
- **BEN RHOUMA*[1], T HERMASSI[2], K.BOUAJILA1 (2018) :** Modélisation de l'érosion hydrique par la méthode qualitative PAP/CAR : Cas du bassin versant de Sbaihia, Zaghouan. E-ISSN 2286-5314.
- **FALEH ALI et MAKTITE ABDERRAHIM (2014) :** Cartographie des zones vulnérables à l'érosion hydrique à l'aide de la méthode pap/car et sig en amont du barrage allal el Fassi, Moyen Atlas (maroc) Papeles de Geografía, núm. 59-60, enero-diciembre, 2014, pp. 71-82.
- **JARMONI N. (2008) :** Contribution à l'étude quantitative de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'Oued Tarmast (Périf oriental). Mémoire Master AZF, FLS-Fès, 85p.
- **PAP/CAR (1998) :** Directives pour la cartographie et la mesure des processus d'érosion hydrique dans les zones côtières méditerranéennes. PAP-8/PP/GL.1. Split, Centre d'activités régionales pour le Programme d'actions prioritaires (PAM/PNUE), en collaboration avec la FAO… pp xii+72.
- **SADIKI ABDELLAH, MESRAR HAYTAM, FALEH ALI et CHAAOUAN JAMAL (2012) :** Modélisation et cartographie des risques de l'érosion hydrique : cas du bassin versant de l'oued Larbaa, Maroc. ISSN: 0213-1781 Papeles de Geografía 2012, 55-56, pp. 179-188.
- **SERVICE D'ETUDE D'AMENAGEMENTS ET DE PLANFICATION (SEAP) (1997) :** Etude d'Aménagement du bassin versant en amant 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 foret et la lutte contre la désertification.
- 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.

Rapport-Gratuit.com

Annexe 1 :

- **Lieu de stage :**

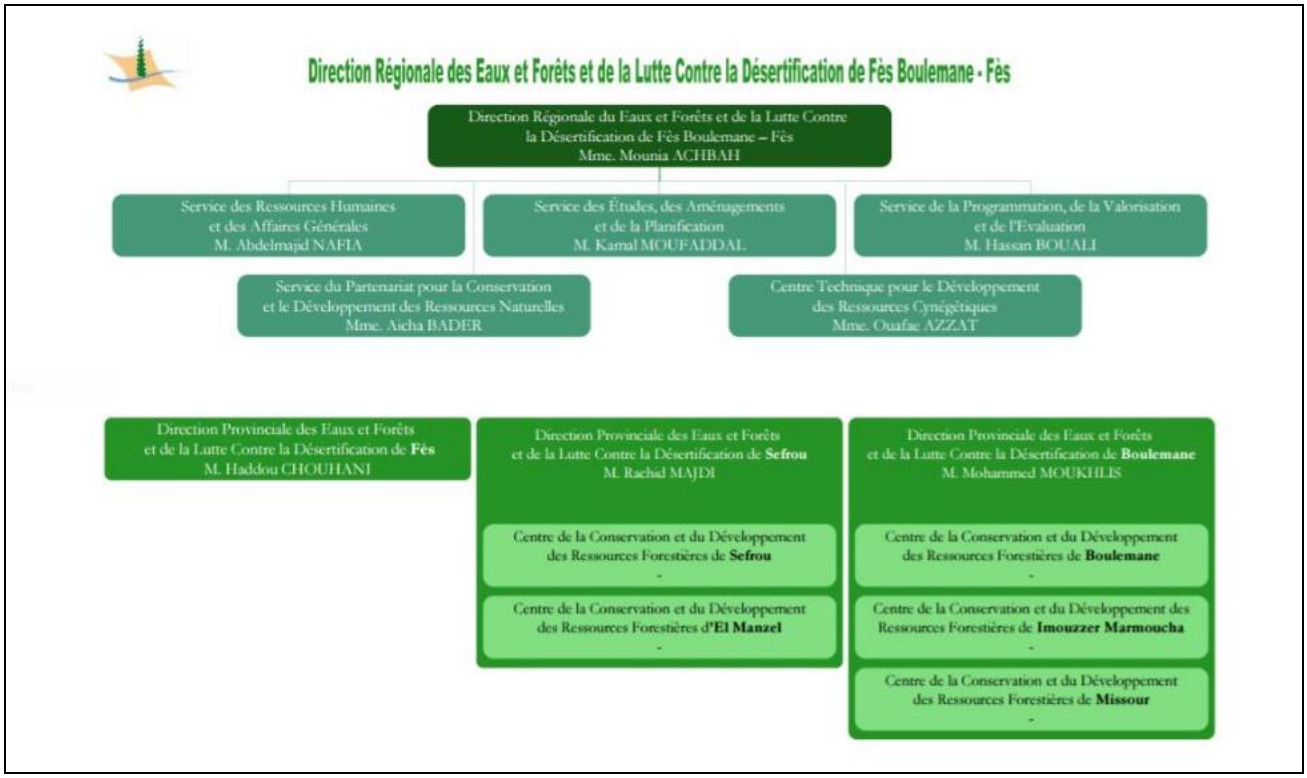
Dans Le cadre de l'enseignement supérieur et la poursuite d'études dans la licence Sciences et Technique « Géo-ressources et Environnement » à la Faculté des Sciences et Technique Fès ; nous avons effectué ce stage de PFE dans le but de mettre en pratique les connaissances acquises durant notre parcours universitaire. Nous avons voulu un stage résolument orienté géomantique afin de nous rapprocher de l'utilisation des logiciels dans un secteur professionnel, en termes d'appui et de soutien dans l'expertise SIG et cartographie. Dans ce cadre, nous avons effectué ce stage au sein du service d'études, d'aménagements et de planification qui dépend de la direction régionale des eaux et de forêts et de la lutte contre la désertification qui nous a permis de réaliser des missions diversifiées , à forte responsabilité et extrêmement riches en apprentissage.

- **Présentation de la structure d'accueil (DREFLCD –FB) :**

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.

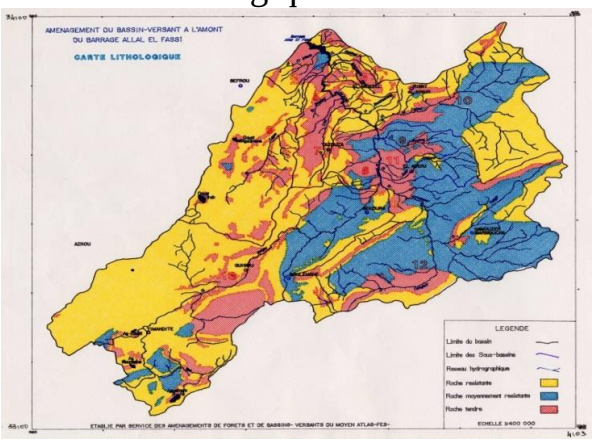
- **Organigramme de la direction :**

L'organisation suivant illustre l'organisation administrative de cette direction.

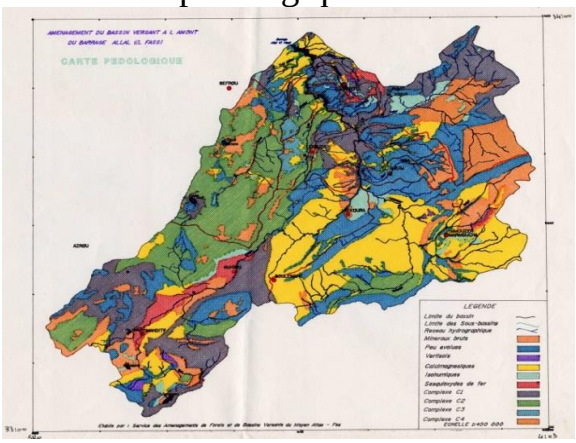


Annexe 2 : Les cartes topographiques de bases réalisées par le SEAP dans le cadre d'aménagement Allal El Fassi.

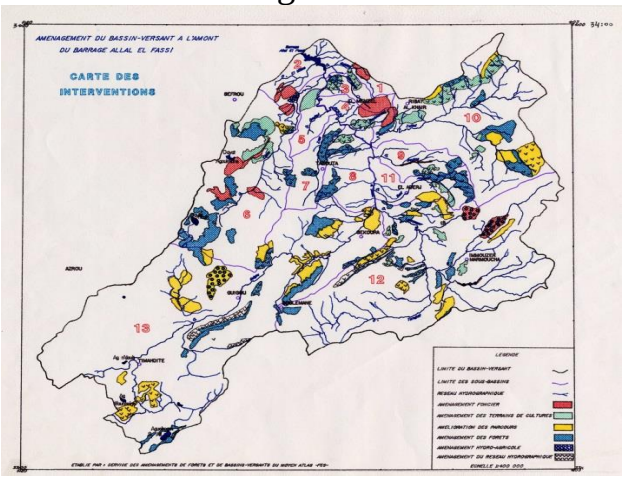
Carte lithologique 1/400000



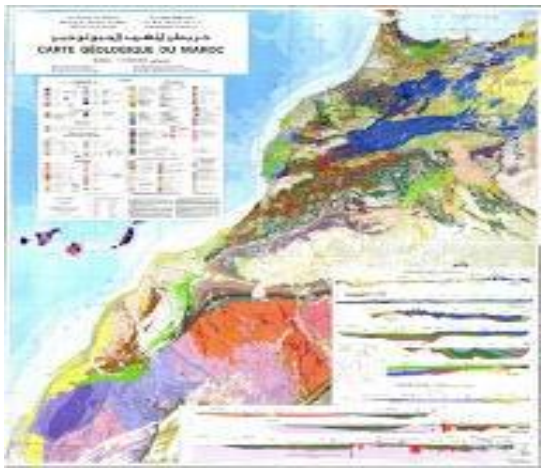
Carte pédologique 1/400000



Carte des aménagements 1/400000



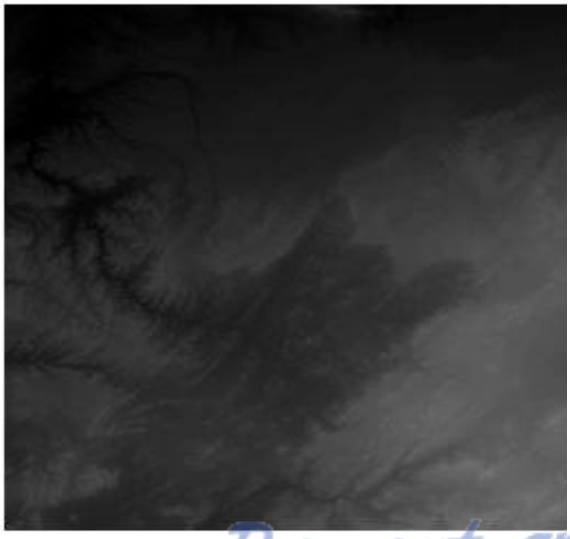
Carte géologique 1/1000000



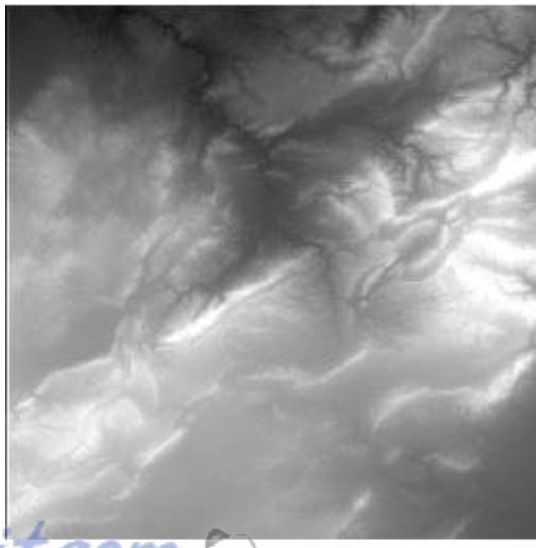
Annexe 3 :

Modèles numériques de terrain (résolution 30m) (www.astergdem.com)

MNT: ASTGTM_N33W005_dem



MNT: ASTGTM_N33W006_dem



Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Licence Géoressources et Environnement

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

Najoua JARMONI
Sara CHAHBOUN

Année Universitaire : 2017/2018

Titre : Spatialisation de l'érosion hydrique dans le sous bassin versant M'dez (Partie Sud - Guigou et Maasser) par application du modèle PAP/CAR.

Résumé

Au Maroc, Le phénomène d'érosion hydrique prend de plus en plus de l'ampleur suite à un certain nombre des facteurs naturels et anthropique. Le présent travail a pour objectif d'étudier ce phénomène au niveau des deux sous bassins Maasser et Guigou situés en amont du barrage Allal El Fassi localisé dans le Moyen Atlas. Ces deux sous bassins sont caractérisés par un climat essentiellement sub-humide froid à très froid, par de fortes précipitations annuelles et par l'existence de différentes formes du relief (plaine de Guigou, Jbel Tadja…) avec une variation d'altitude entre 2400m à 800m. Ces caractéristiques physiques de ces deux sous bassin font qu'il peut être sujet à une érosion hydrique probable.

Pour évaluer qualitativement l'érosion au niveau des deux sous bassins, on s'est basé sur l'utilisation des outils SIG (Système Informatique Géographique) et la télédétection, afin d'élaborer des cartes thématique (précipitations, pente, réseau hydrographique, érodibilité, d'occupation du sol...). La superposition des cartes thématiques a abouti à la création de la carte d'érosion à l'aide d'approche PAP/CAR (Programme d'Activité Prioritaire/ Centre d'Activités Régionales), qui montre la sensibilité des deux sous bassins à l'érosion (plantation, épierrage des terrains de cultures,…). Pour lutter contre l'érosion nous proposons un reboisement essentiellement par la reconstitution des forêts naturelles, l'aménagement pastoral, les corrections mécaniques et biologiques des ravins sans oublié la prévention et la lutte contre les incendies des forêts.

Mots clés : érosion hydrique, cartes thématiques, SIG, PAP/CAR, sous bassins Maasser et Guigou.