

Année Universitaire : 2014-2015



Licence Sciences et Techniques : Géorressources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

L'utilisation du SIG dans l'évaluation qualitative de l'érosion hydrique du sous-bassin Oued Zraa

Présenté par:

KHALDI Loubna

OUACHOU Imane

Encadré par:

Pr. CHAOUNI Abdel-Ali, FST-Fès
Ing. MOUSTAKIM Hafid, HCEFLCD-Fès

Soutenu Le 16 Juin 2015 devant le jury composé de:

- **Pr. LAHRACH Abderrahim**
- **Pr. BENAABIDATE Lahcen**
- **Pr. CHAOUNI Abdel-Ali**

**Stage effectué à : HAUT COMMISSARIAT
AUX EAUX ET FORÊTS ET À LA LUTTE
CONTRE LA DÉSSERTIFICATION**



Remerciements

Au terme de la réalisation de ce travail de fin d'étude, nous tenons à remercier vivement tous ceux qui ont de près ou de loin apporté leurs contributions à la réalisation de ce travail, ils trouvent toute notre reconnaissance.

Nous adressons nos remerciements particulièrement à :

Monsieur **El MOUSTAKIM Hafid**, au sein du bureau inventaire, Cartographie et SIG pour sa disponibilité, ses conseils précieux tout au long la période du stage, nous lui adressons notre profonde gratitude et nos vifs remerciements, également à tout personnel de la Direction, qu'ils trouvent toute notre gratitude.

Monsieur **MOKHTARI Kamal** le Chef du Service des Etudes d'Aménagement et de la Planification (SEAP) pour toutes les facilités qu'il a nous accordées tout au long de ce stage.

Monsieur **CHAOUNI Abdel-Ali**, Professeur à la faculté des Sciences et Techniques Fès, qui ont bien voulu assurer l'encadrement de ce mémoire, il nous a dirigé, guidé et conseillé tout au long de ce travail, et nous a appris la méthodologie de travail.

Un grand hommage à nos **chers parents** pour le soutien moral et la générosité dont ils font toujours preuve. Que ce travail soit le témoignage de notre implication ainsi que notre profonde reconnaissance.

Que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce projet, trouvent ici l'expression de nos remerciements les plus chaleureux.



NOS VIFS REMERCIEMENTS

Table des matières

LISTE DES FIGURES:	4
LISTE DES TABLEAUX :	5
LISTE DES ABREVIATIONS :	5
Introduction	6
Chapitre I : Cadre générale de la zone d'étude	6
1. Cadre général de l'étude :	6
2. Présentation des outils de travail :	6
3. Localisation de la zone d'étude :	7
Chapitre II :Etude du milieu physique et humain du sous bassin versant Oued Zraa	10
1. Elaboration des cartes thématique :.....	10
1.1.Occupation des sols :.....	10
1.2. Végétation :	13
1.3. Pentes :	14
1.4. Hypsométrie :.....	17
1.5. Expositions :.....	19
1.6. Réseaux hydrographiques.....	20
1.7. Géologie :	21
1.8. Lithologique :.....	24
1.9. Sols.....	25
1.10. Erodibilité (K).....	29
2. Climatologie :.....	31
2.1. Facteurs climatiques :	31
2.2. isohyètes :	35
3. Superposition des cartes thématique via SIG (Arc-Gis) :	36
4. Aspect socio-écologique:	42

Chapitre III :Aménagements et interventions préconisé Erreur !

Signet non défini.

1. Les aménagements en forêt 47

2. Les aménagements concernant la SAU 47

3. Les actions de développement de la population 47

Conclusion générale :Erreur ! Signet non défini.

Bibliographie..... 50

**ANNEXE 1 : Les cartes topographiques de bases réalisées par le SIAP dans
le cadre d'aménagement Allal El Fassi 51**

ANNEXE 2 : Présentation du service SEAP..... 52

Organigramme de la direction 53

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : Carte de la localisation du projet	8
Figure 2 : Carte de la situation géographique du sous bassin Oued Zraa	9
Figure 3 : Carte de l'occupation du sol	11
Figure 4 : Diagramme de la répartition d'occupation des sols du sous bassin Oued Zraa 12	
Figure 5 : Carte de la végétation.....	14
Figure 6 : Carte des pentes.....	15
Figure 7 : Diagramme des classes de la pente dans le sous bassin Oued Zraa	16
Figure 8 : Carte hypsométrique de sous bassin Oued Zraa	17
Figure 9 : Diagramme de la répartition des altitudes dans le sous bassin Oued Zraa	18
Figure 10 : Carte des expositions du sous bassin Oued Zraa.....	19
Figure 11 : Carte de réseau hydrographique.....	20
Figure 12 : Carte géologique	22
Figure 13 : Diagramme des zones de la carte géologique dans le sous bassin Oued Zraa	23
Figure 14 : Carte lithologique	24
Figure 15 : Diagramme de la répartition de la lithologie du sous bassin Oued Zraa	25
Figure 16 : Carte pédologique.....	26
Figure 17 : Diagramme de types des sols dans le sous bassin Oued Zraa	28
Figure 18 : Des abaques ayant servi à l'élaboration des indices d'érodibilité (K)	29
Figure 19 : Carte d'érodibilité (K).....	30
Figure 20 : Diagramme du classement d'indice d'érodibilité (K)	31
Figure 21 : Climagramme d'Emberger	34
Figure 22 : Carte des isohyètes	35
Figure 23 : Carte d'érosion	40
Figure 24 : Diagramme représentatif de l'état érosif du sous bassin Oued Zraa.	42
Figure 25 : Carte administrative du sous bassin Oued Zraa	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Données de la carte d'occupation du sol	12
Tableau 2 : Données de la carte des pentes	16
Tableau 3 : Données de la carte hypsométrique.....	18
Tableau 4 : Données de la carte géologique	23
Tableau 5 : Données de la carte lithologique	25
Tableau 6 :Données de la carte pédologique	27
Tableau 7 : Données de la carte d'érodibilité (k)	30
Tableau 8 : Données de la carte d'érosion	40
Tableau 9 : Produit résultant de la superposition des cartes thématiques	41
Tableau 10 : Situation administratif du sous bassin Oued Zraa	43
Tableau 11 : Données de la carte administrative du sous bassin Oued Zraa	45
Tableau 12 : Effectif du cheptel par fraction usagère.....	46

LISTE DES ABREVIATIONS :

FAO: Food and Agriculture organization of the United Nations.

MNT : Model Numérique de Terrain.

NE : Nord Est.

ONG : Les Organisations Non Gouvernementales de défense des droits de l'homme et le droit international humanitaire.

RGa : RECENSEMENT GENERAL DE L'AGRICULTURE.

SAU: Système Agricole Utile.

SEAP : service d'études d'aménagements et de planification.

SIG : Système d'information géographique.

Introduction :

L'érosion hydrique est l'une des préoccupations du royaume depuis le début du 19^{ème} siècle. L'impact sur les ressources naturelles, touche, avec des intensités diverses, une grande partie du territoire national du Maroc. Des efforts ont été déployés par le gouvernement pour lutter contre ce phénomène par l'instauration des mesures de conservation et de lutte contre l'érosion. En 1996 le haut-commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification a élaboré un plan national d'aménagement des bassins versants qui constitue l'une des orientations fixées par la stratégie nationale .

Notre travail consiste à étudier le type d'érosion dans le sous bassin Oued Zraa qui appartient au grand bassin versant en amont du barrage Allal El Fassi. Pour cela nous allons utiliser le système d'information géographique pour élaborer des cartes thématiques d'occupation du sol, de végétation, des pentes, d'hypsométrie, d'exposition, des réseaux hydrographiques, de l'érodibilité et de lithologie. La superposition de ces cartes va nous permettre l'obtention de la carte d'érosion. L'étude de cette carte va mettre en évidence les zones où il faudrait intervenir pour protéger les sols de l'érosion. Nous terminerons par des propositions d'aménagement pour lutter contre ce fléau.

Chapitre I : Cadre générale de la zone d'étude

1. Cadre général de l'étude :

Notre projet s'inscrit dans le cadre de la convention entre la faculté des sciences et techniques de Sidi Mohammed ben Abdallah et la direction régionale des eaux et forêts et lutte contre la désertification de la région Fès-Boulomane.

Il porte sur l'utilisation de système d'information géographique (Logiciel Arc GIS 10 .2) pour l'évaluation qualitative de l'érosion hydrique dans le sous bassin Oued Zraa du grand bassin versant en amont du barrage Allal el fassi dont l'étude de base a été réalisée par le SEAP de Fès en 1992

2. Présentation des outils de travail :

Nous avons utilisé pour la réalisation de ce projet le logiciel Arc GIS 10.0 authentique et disponible au niveau du SEAP , ce logiciel est 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.

Nous avons utilisés également les données disponibles au niveau du SEAP et principalement les données de l'étude d'aménagement des bassin versants en amont de barrage Allal el fassi et l'étude d'aménagement de la forêt ait Youssi d'Amklla

Nous avons commencé par la localisation du sous bassin puis l'actualisation des cartes thématiques de la zone d'étude, afin de déterminer l'état érosif de cette dernière, nous avons superposé les cartes descriptives d'occupation des sols, de végétation, de pente, du réseau hydrographique, lithologie. Nous traitons également des cartes géologiques, d'érodibilité, d'hypsométrie, de pédologie, et des précipitations.

3. La localisation de la zone d'étude :

Situation géographique :

Le sous bassin Oued Zraa d'une superficie de 13258,57 km², fait partie du grand bassin d'Allal El fassi situé dans la zone1 (nord Maroc merchich) entièrement dans le domaine moyen atlasique, s'insère orographiquement dans le causse d'El Menzel et les moyennes montagnes localisées entre les longitudes ouest et **331237 m et 355941 m** et la latitude nord les méridiens **560663 m ,577231 m**. Il est limité au nord par J.Tafrgicht, à l'ouest par Jbel bentato, au sud par Jbel Bou Dergham et à l'est par Jbel Timadfel.

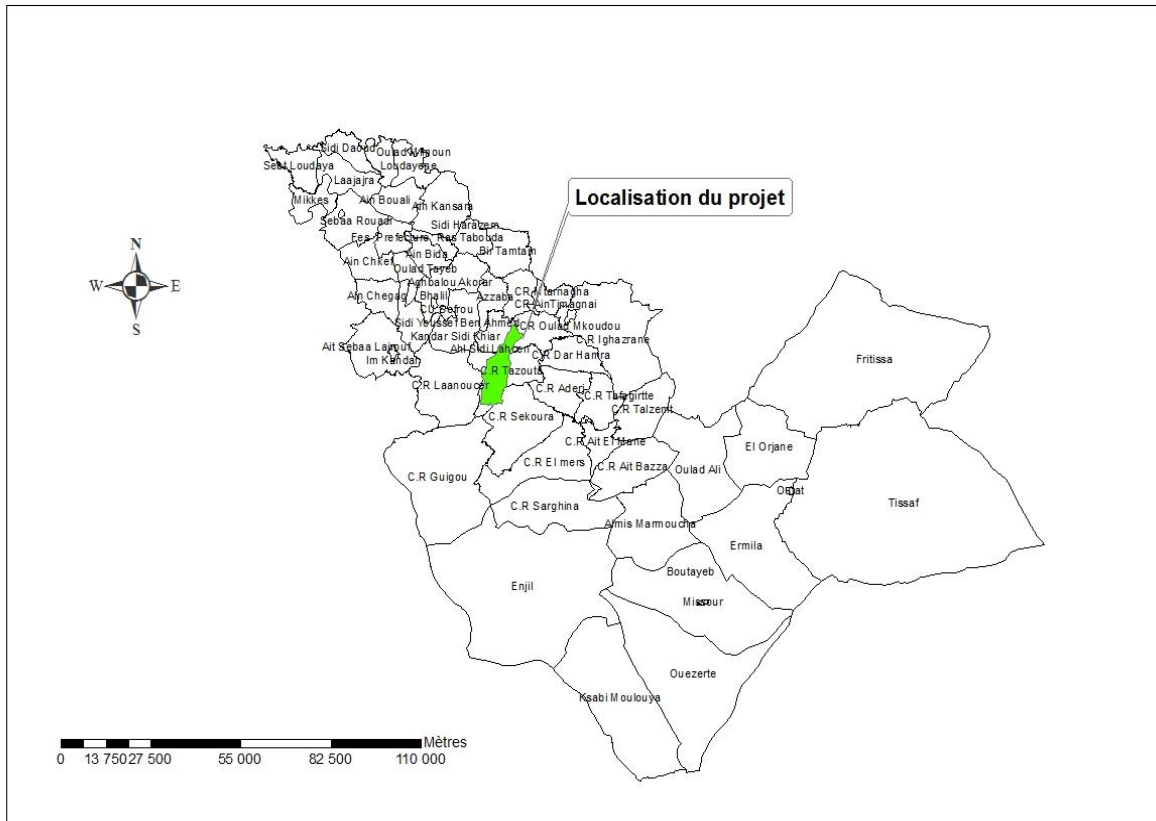


Figure 1 : Carte de la localisation du projet dans la région Fès Boulemane.

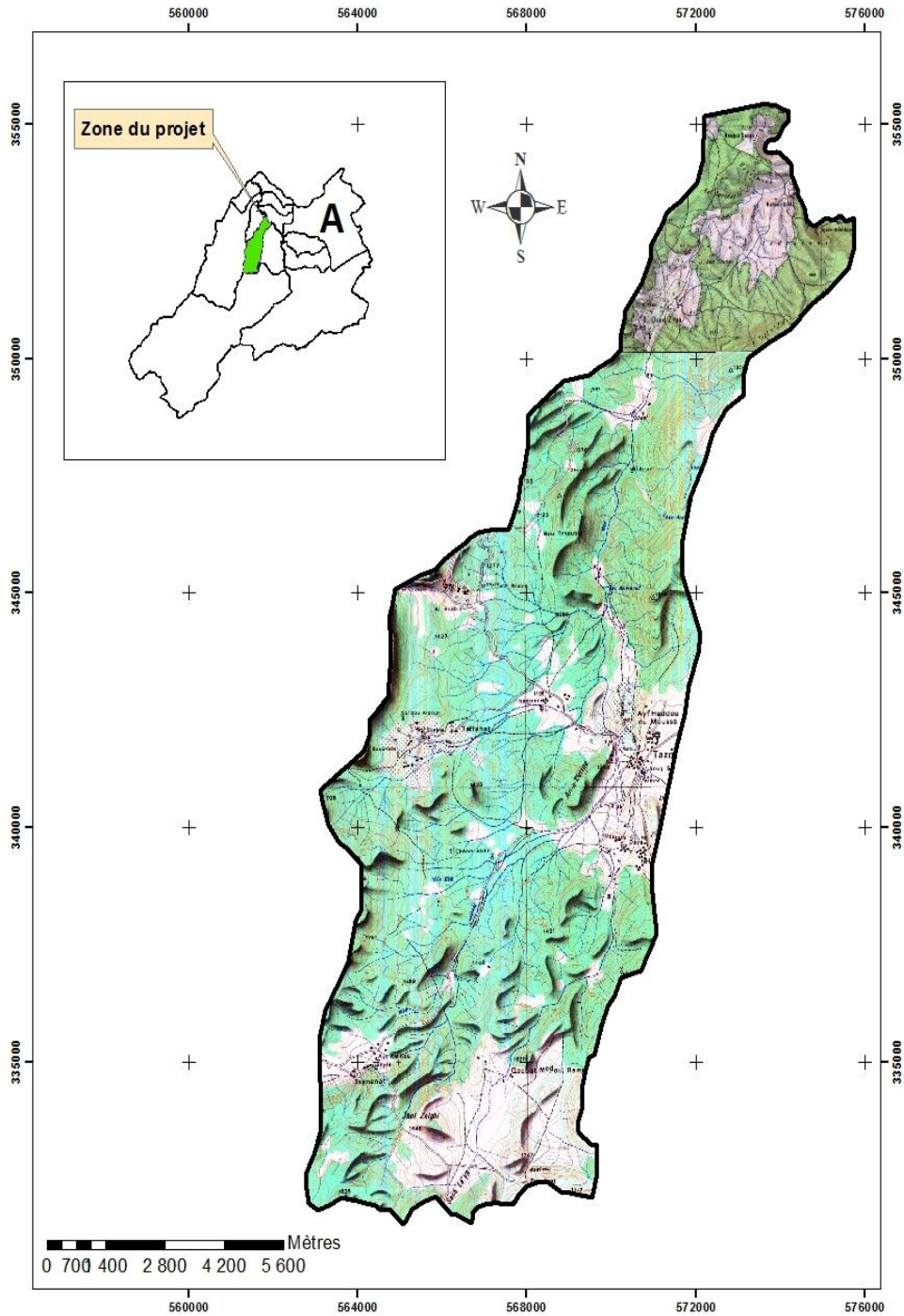


Figure2 : Carte de la situation géographique du sous bassin Oued Zraa.

A : Limite du BV Allal El Fassi

Chapitre II : Etude du milieu physique et humain du sous bassin versant Oued Zraa

1. Elaboration des cartes thématiques :

L'étude du milieu physique met en relief les caractéristiques écologiques et hydrologiques du Bassin-versant. Ainsi sont explorées en détail, les données de base relatives à la lithologie, la topographie, la pédologie, l'hydrologie, la climatologie, l'occupation des sols.

Elaboration des cartes thématiques :

1.1. Occupation des sols :

L'occupation des sols permet de connaître la répartition des terrains de cultures, de parcours, de forêts ainsi de toute forme d'utilisation des sols, afin de mieux cibler les zones susceptibles d'être aménagés.

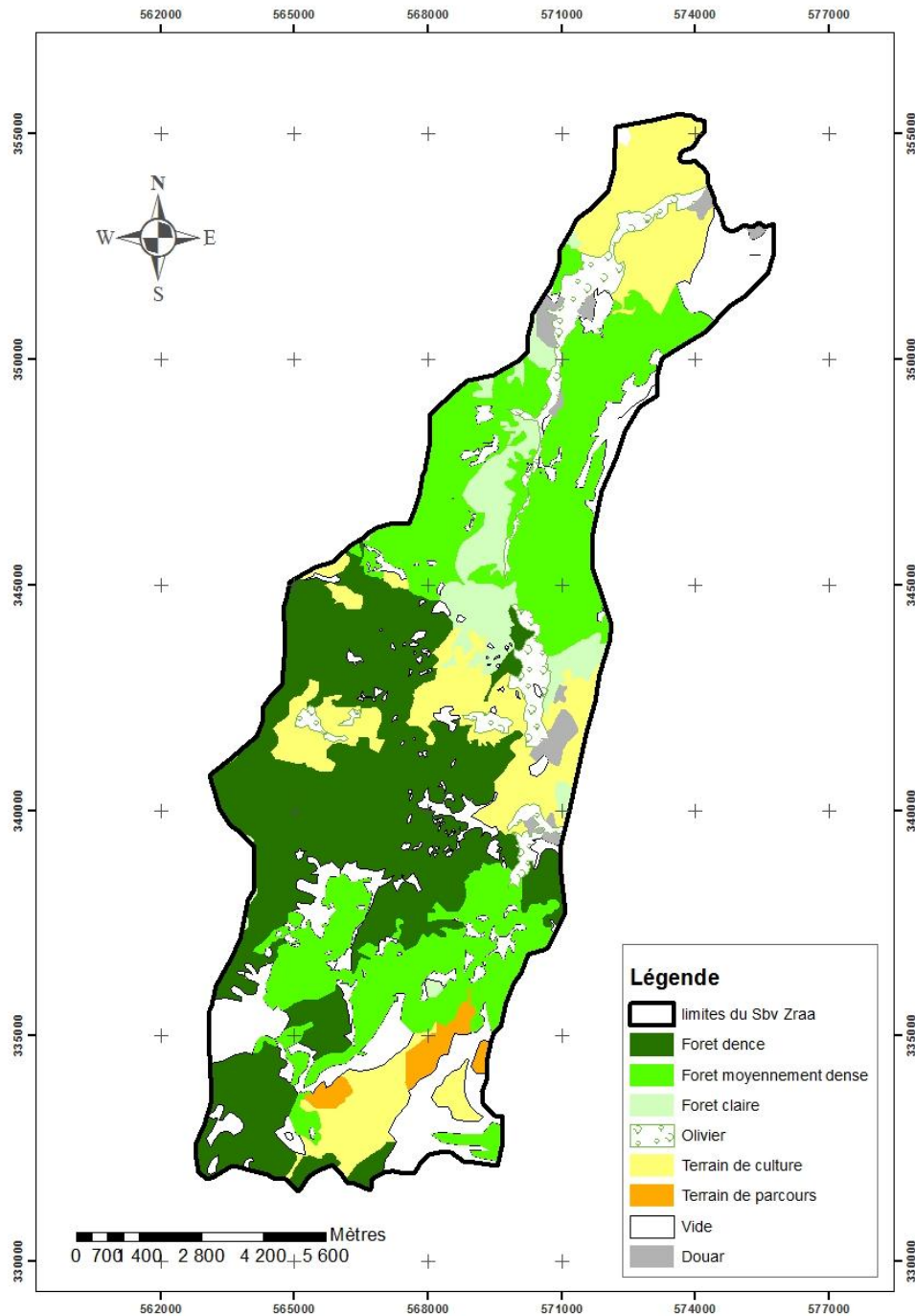


Figure 3: Carte de l'occupation du sol.

Tableau 1 : Données de la carte d'occupation du sol.

Strates	Superficie	%
terrains incultes + parcours	991,55	7,47%
Arboriculture	45,78	0,34%
terrains de cultures	2326,59	17,54%
Forêt	306,06	2,30%
Foret moyennement dense	3740,63	28,21%
forêt dense	3964,25	29,90%
foret claire	1883,58	14,20%
Total	13258,57	100%

D'après l'analyse de carte l'occupation des sols (fig.3) on a sept principaux types d'occupations. Elle est caractérisée par la dominance de la Forêt, cette dernière est composée de : Forêt claire, forêt moyennement dense et forêt dense .Elle occupe 72,3% de la superficie suivie de surface agricole utile (sous ce titre sont regroupés, terrain de culture, Arboriculture) qui totalise 17,88% de la superficie du bassin versant et vient en dernier lieu les terrains de parcours qui représente 7,47% de la superficie du bassin versant.

L'étude de la végétation et de l'utilisation des sols, permet d'avoir les éléments nécessaires pour apprécier l'état actuel du couvert végétal et de son degré de développement ou de dégradation.

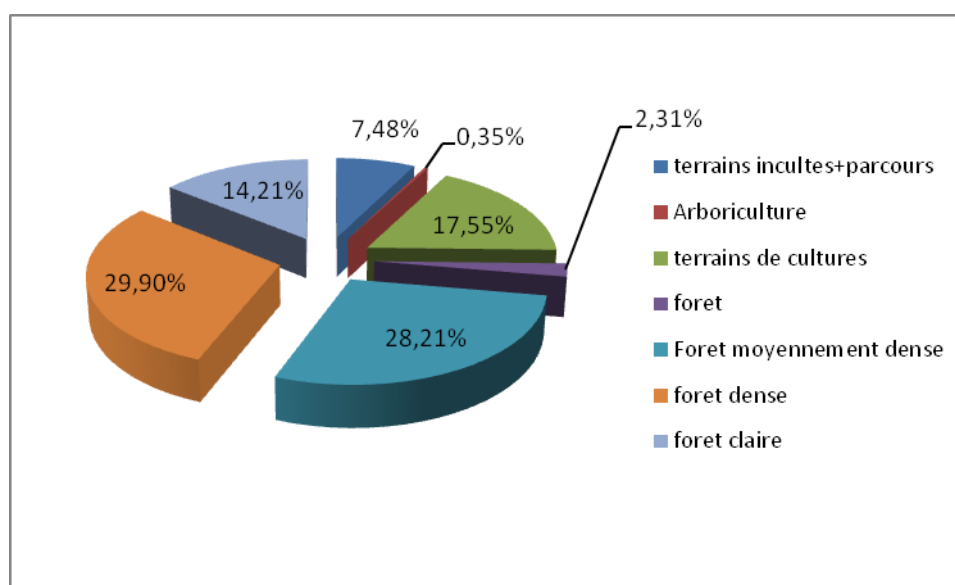


Figure 4 : Diagramme de la répartition d'occupation des sols du sous bassin Oued Zraa.

1.2. Végétation :

Les principales formations végétales naturelles rencontrées dans le sous bassin versant de l'oued Zraa sont constituée de : Chêne vert, le thuya et le genévrier rouge, cette végétation forestière couvre une superficie de 9588 He .Ce massive joue un rôle très important pour le maintien des sols contre l'érosion, et assure l'infiltration des eaux de pluie et offre des unités fourragère importante pour le bétail des usagers qui jouissent des droits d'usage comme il a été précisé dans les documents de délimitation de la forêt domaniale d'ait Youssi d'Amklla rappelons que ce droit d'usage précise le pâturage et le ramassage des bois mort gisant.

Pour ce qui est de la SAU (Surface Agricole Utile) on note la présence de l'ancienne et nouvelle plantation d'olivier constituant l'une des activités principales de revenu (zone connue par son l'huile d'olive, en plus de ces plantations d'oliviers on trouve des terrains occupée par des terrains de cultures, cultures maraichères

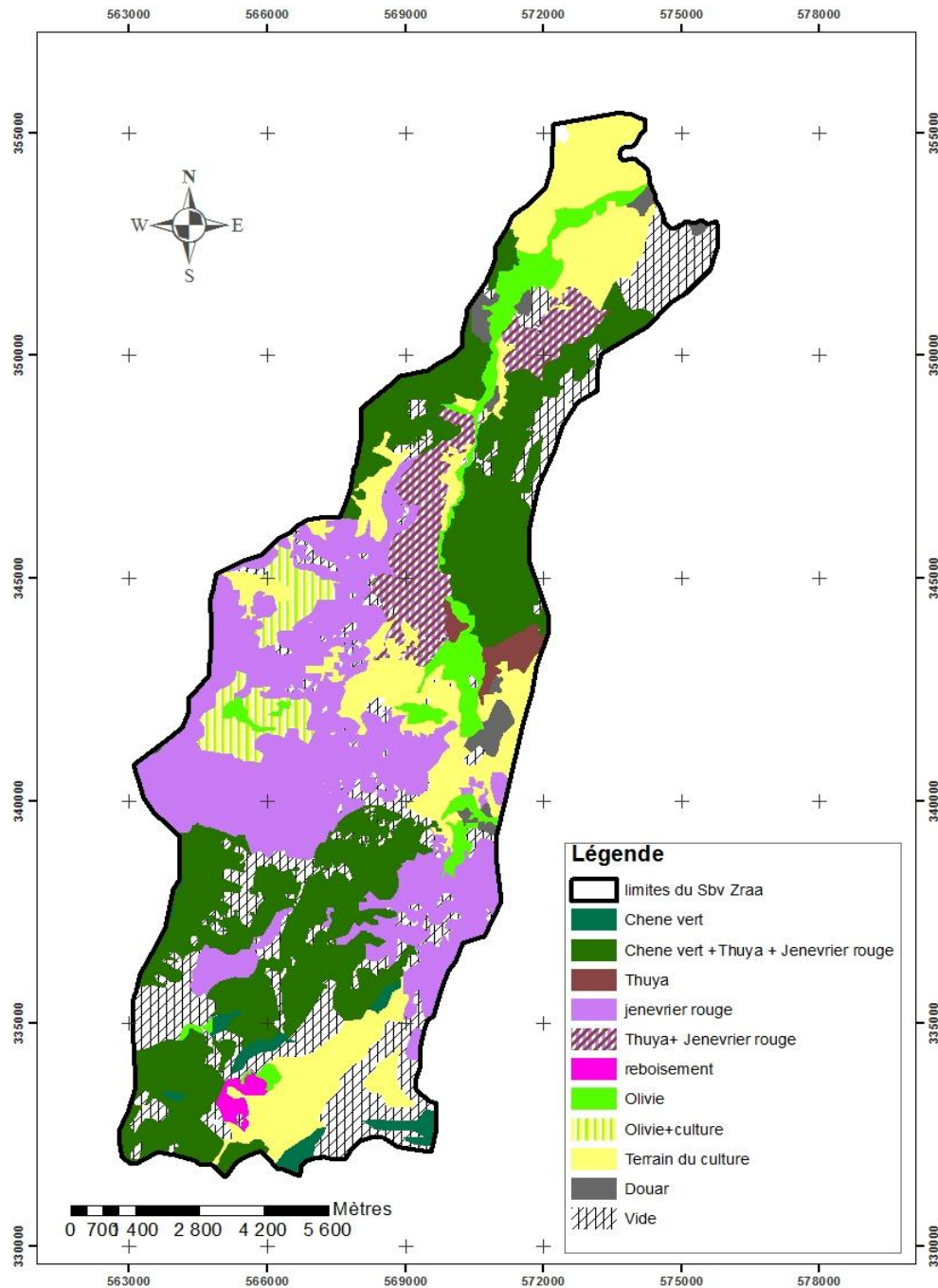


Figure 5 : Carte de végétation

1.3. Pente :

La pente joue un rôle déterminant dans l'érosion hydrique, elle donne aux zones de ruissellement l'énergie nécessaire pour l'arrachement des particules, le creusement des rigoles et des ravins, et le sapement des berges et par conséquent la dégradation de surface de la

Terre. Pour toutes ces raisons, il est donc primordial de bien connaître, recenser et cartographier les différentes classes de pentes du bassin versant

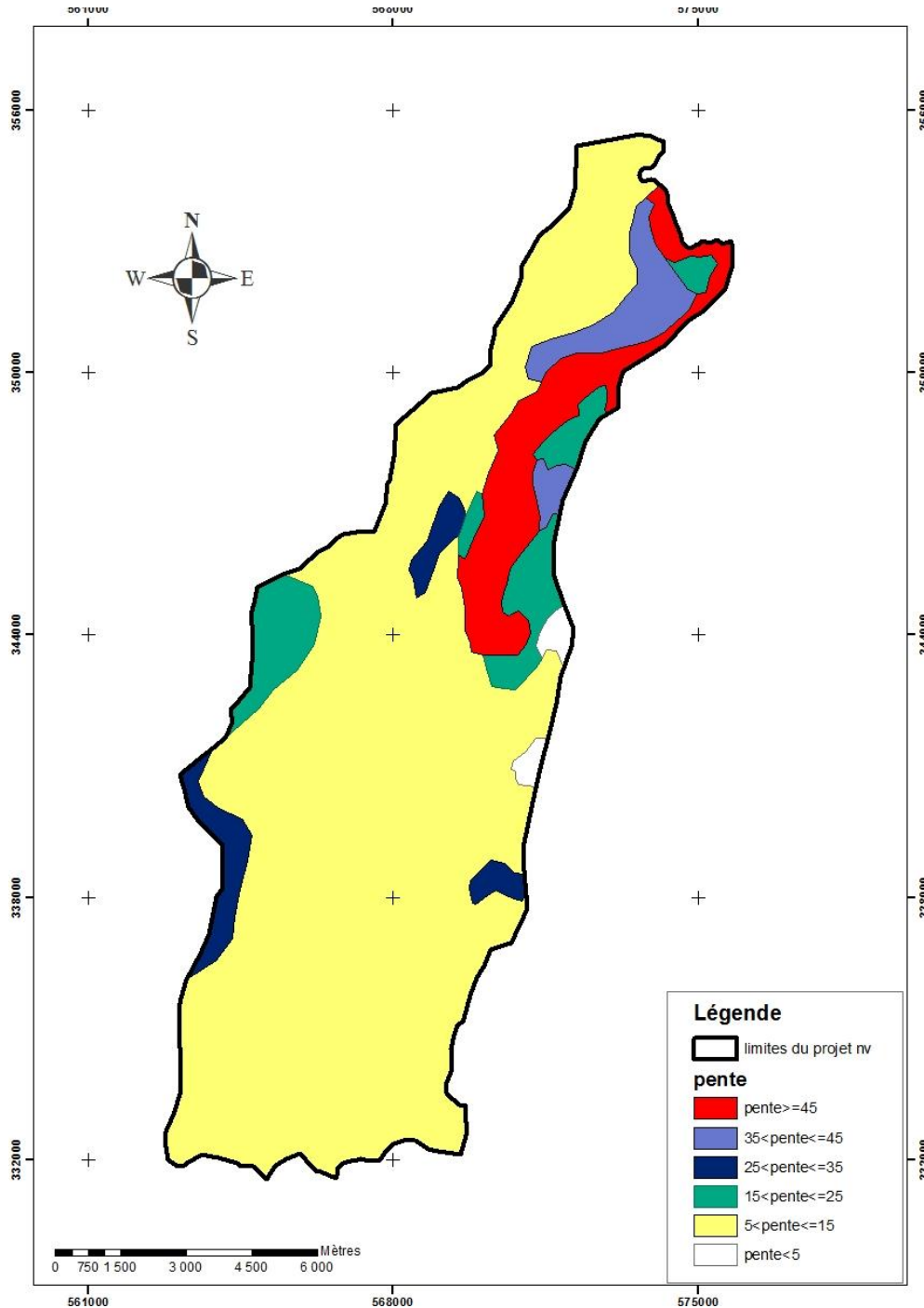


Figure 6 : Carte des pentes.

Tableau 2 : Données de la carte des pentes.

Classe des pentes	Surface(Ha)	%
Pente<5	121.40	0.91%
5<pent<=15	10104.08	76.20%
15<pent<=25	913.81	6.89%
25<pent<=35	475	3.58%
35<pent<=45	529.91	3.99%
Pente>=45	1114.38	8.40%
Total	13258.57	100%

D'après l'analyse de la carte (fig.6) et du (tableau 3) des pentes : Le bassin versant est caractérisé par une prédominance des pentes faibles à très faibles ($P < 15$) s'étendent sur environ 77% de la superficie, elles sont localisé dans les zones montagneuses précisément Jbel Zelghi situé au Sud du sous bassin versant Oued Zraa. Par contre les classes des pentes fortes ($p \geq 45$) s'étendent sur environ 8% de la superficie. Elles sont localisées aussi dans les zones montagneuses et précisément Jbel Tizi N-Zid situé au NE du sous bassin versant Oued Zraa, Et vient en dernier les classes des pentes moyennes ($15 < P < 25$) s'étendent sur environ 6,89% de la superficie du bassin versant.

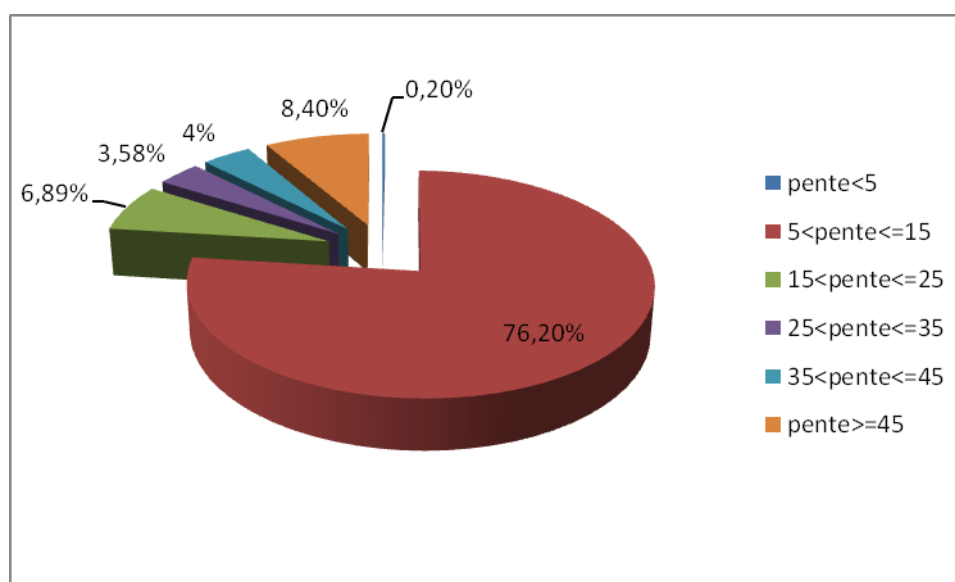


Figure 7 : Diagramme des classes de la pente dans le sous bassin Oued Zraa.

1.4. Hypsométrie :

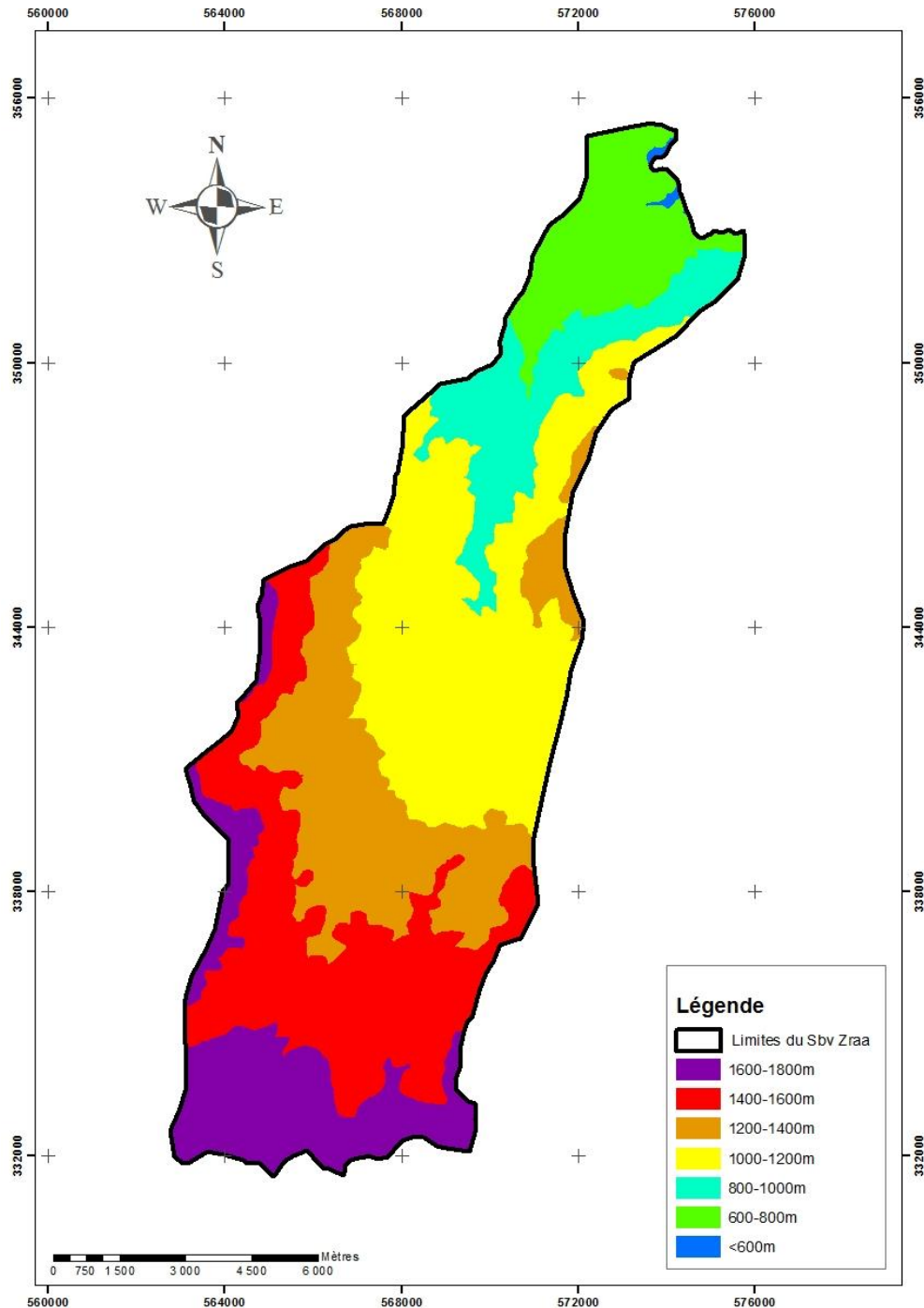


Figure 8 : Carte hypsométrique de sous bassin Oued Zraa.

Tableau 3 : Données de la carte hypsométrique.

Classe d'altitude (m)	Surface(Ha)	%
<600m	31,30	0,23%
600-800m	1249,82	9,43%
800-1000m	1260,74	9,51%
1000-1200m	3519,34	26,54%
1200-1400m	2538,48	19,15%
1400-1600m	2905,60	21,91%
1600-1800m	1753,24	13,22%
Total	13258,57	100%

Le modèle numérique du terrain (M.N.T) a permis de déterminer les altitudes en tout point du sous bassin-versant. Après reclassification de la couche générée nous retenons 7 classes altitudinales. La répartition de l'importance des tranches altitudinales est consignée dans le tableau ci-dessus :

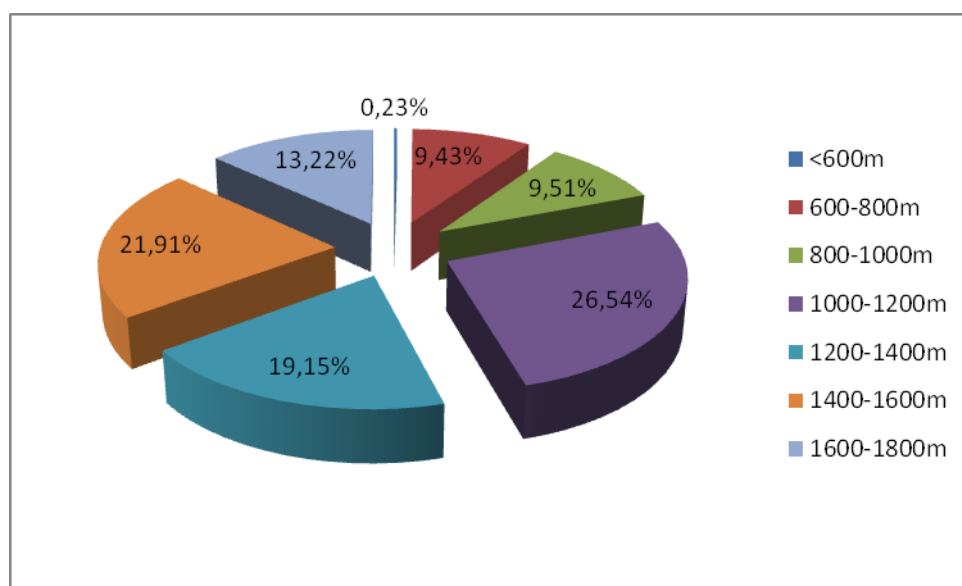


Figure 9 : Diagramme de la répartition des altitudes dans le sous bassin Oued Zraa.

1.5. Expositions :

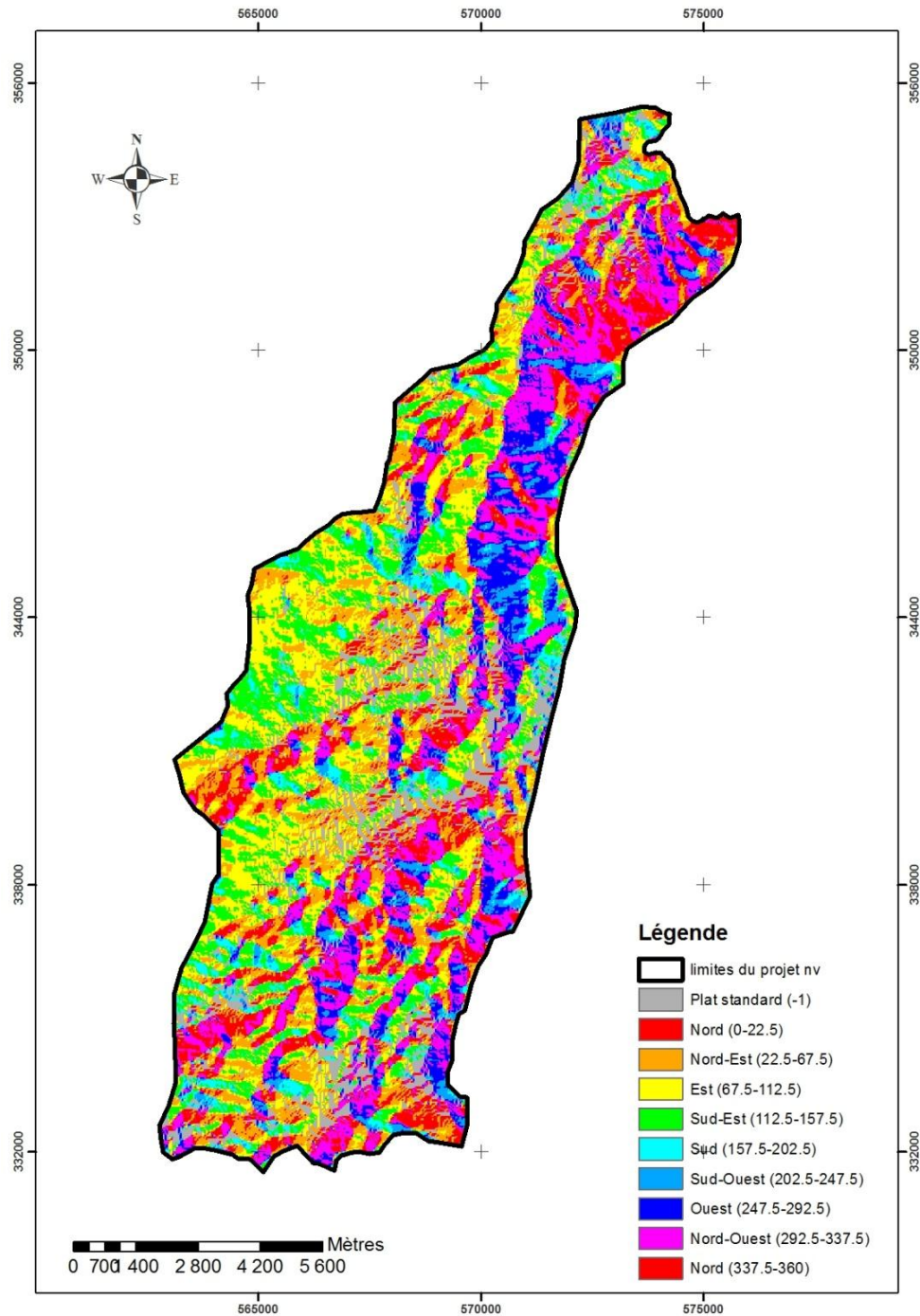


Figure 10 : Carte des expositions du sous bassin Oued Zraa.

La carte des expositions (fig.10) a été générée à partir d'un (MNT) modèle numérique de terrain couvrant la zone des projets. Cette carte a été élaborée sur Arc GIS à l'aide de l'outil 3D Analyste et notamment la commande création des expositions à partir d'un DEM.

1.6. Réseau hydrographique :

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

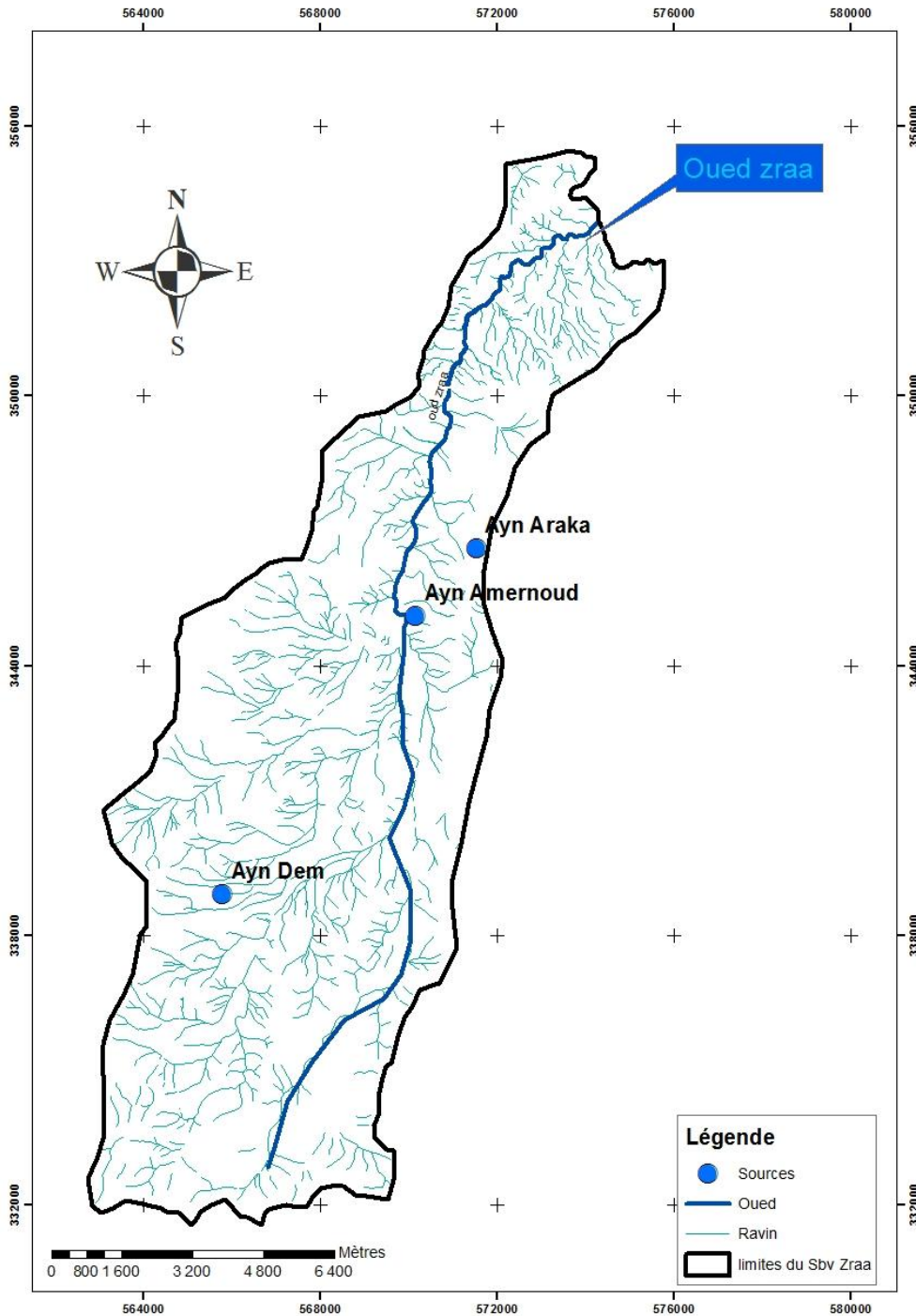


Figure 11 : Carte de réseau hydrographique.

Le bassin versant oued Zraa est caractérisé par une longueur 363746 m, il occupe une position géographique qui draine le moyen atlas Calci magnésique et Karstique. Il présente des pentes fortes à faibles à l'image de Jbel Tizi-N zid et Jbel Zelghi ,une nature des terrains carbonatée (calcaire et dolomies) présentant des formes Karstique au pouvoir d'infiltration d'eau pluviale très élevé, des chutes de neige en hiver. Ces caractéristiques ont une influence directe sur le comportement du régime hydrologique de l'oued.

Source :

Les sources jouent un rôle très important dans le maintien de l'écoulement de l'oued Oued Zraa d'une manière permanente avec un débit variable sont au nombre de trois qui sont : la source d'Ain Arak, Ain Amernoud et source Ain Dem.

1.7. Géologie

Le bassin-versant oued Zraa se situe dans le domaine du moyen atlas, dont l'individualisation revient au jurassique il prend naissance de Jbel Boudergham et draine la boutonnière de **Bsabis** .Les affleurements géologiques rencontrés dans le bassin sont : des schistes de primaire, des argiles et des basaltes du Permo-trias et des croutes et encroutements quaternaires.

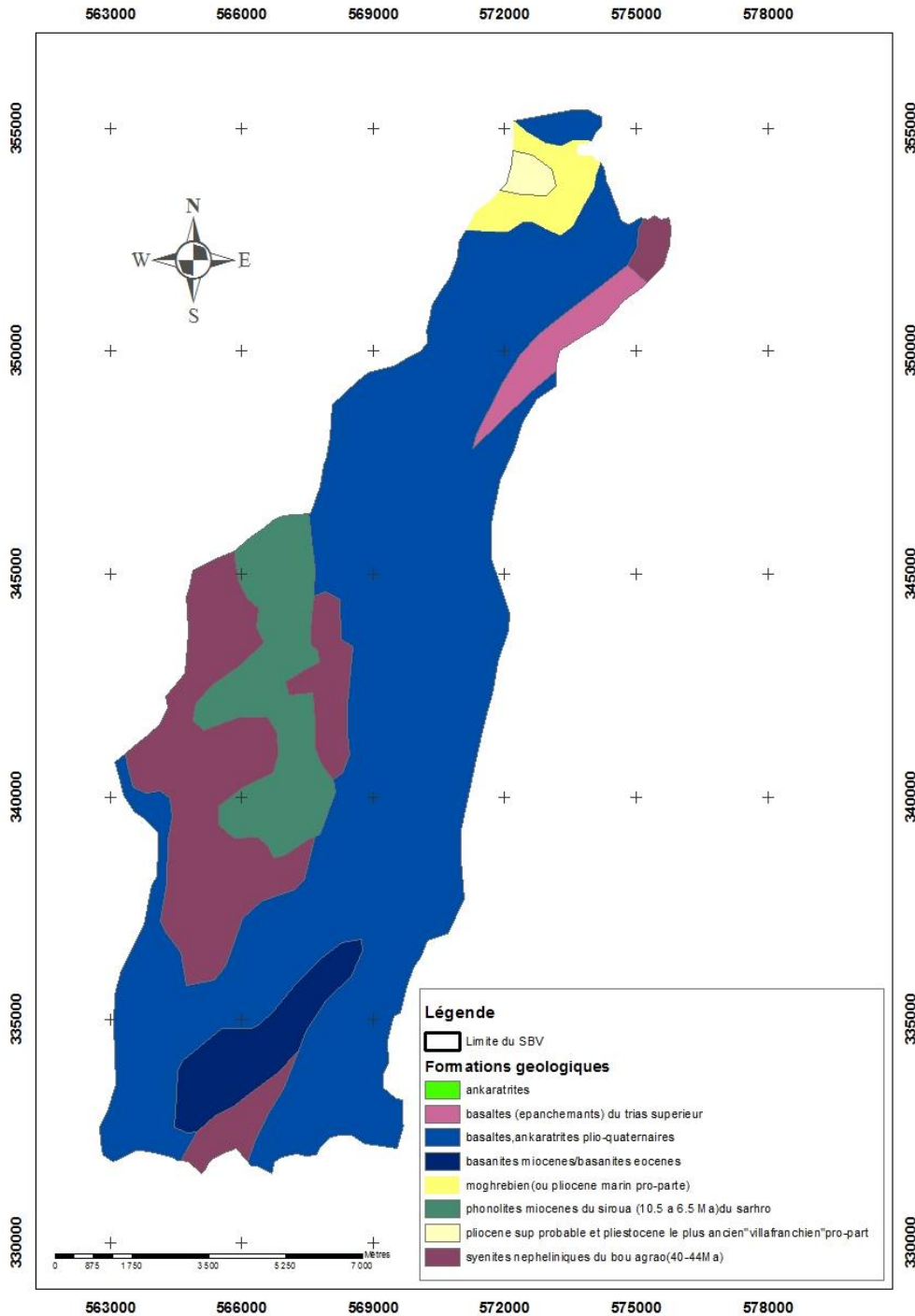


Figure 12 : Carte géologique.

Tableau 4: Données de la carte géologique

Géologie	Surface(Ha)	%
basaltes (épanchements) du trias supérieur	308.04	2.32%
phonolites miocènes du siroua (10.5 à 6.5 Ma) du sarhro	1210.56	9.13%
moghrebien(ou pliocène marin pro-parte)	326.90	2.46%
basanites miocènes/basanites éocènes	600.02	4.52%
basaltes, ankaratrites plio-quaternaires	8387.24	63.25%
syénites nepheliniques du bou agrao (40-44Ma)	2340.98	17.65%
pliocène supérieure probable et pléistocène le plus ancien "villafranchien" pro-part	84.84	0.63%
Total	13258.57	100%

D'après l'analyse de carte géologique (fig.12) et les données du tableau 5 : La zone de basaltes, ankaratrites plio-quaternaire est la plus dominante elle occupe 63 % de la superficie de sous bassin versant, suivie de la zone de syénites nephelinique du bou agrao représente 17%, ensuite 9% pour la zone du phonolite miocène du siroua et à la fin viennent les autres zones qui occupent les superficies les plus faibles.

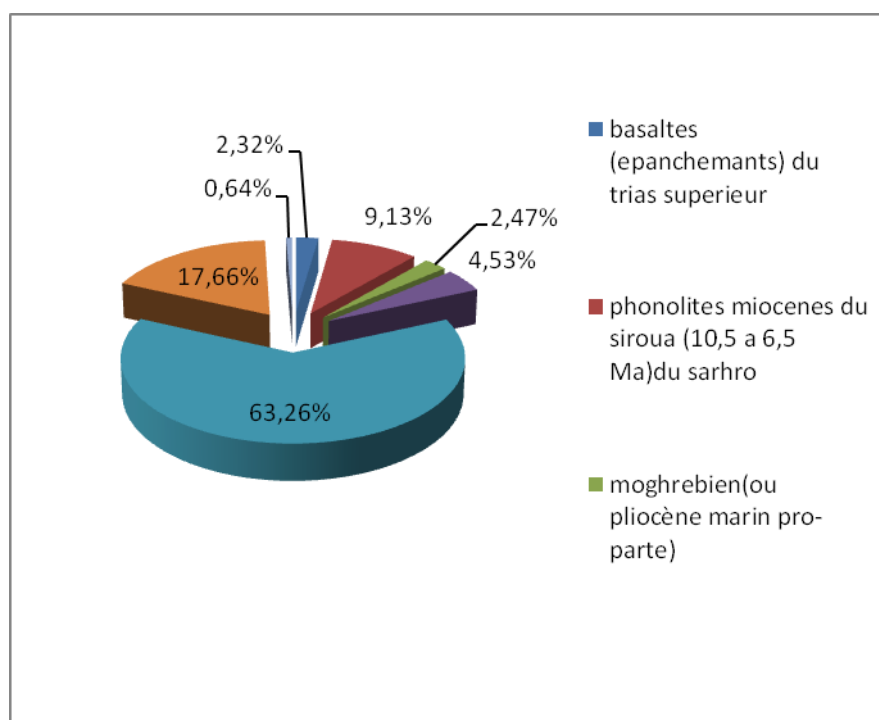


Figure 13 : Diagramme des zones de la carte géologique dans le sous-bassin Oued Zraa

1.8. Lithologie :

La carte de lithologie a été réalisée à partir des données géologiques et de la carte de la lithologie du bassin versant Allal El Fassi, réalisée par le service d'aménagements des forêts et des bassins versants du moyen Atlas de Fès. Elle identifie les différents types de roches (tendres, moyennement résistantes et résistantes), classées selon leurs degrés de résistance mécanique.

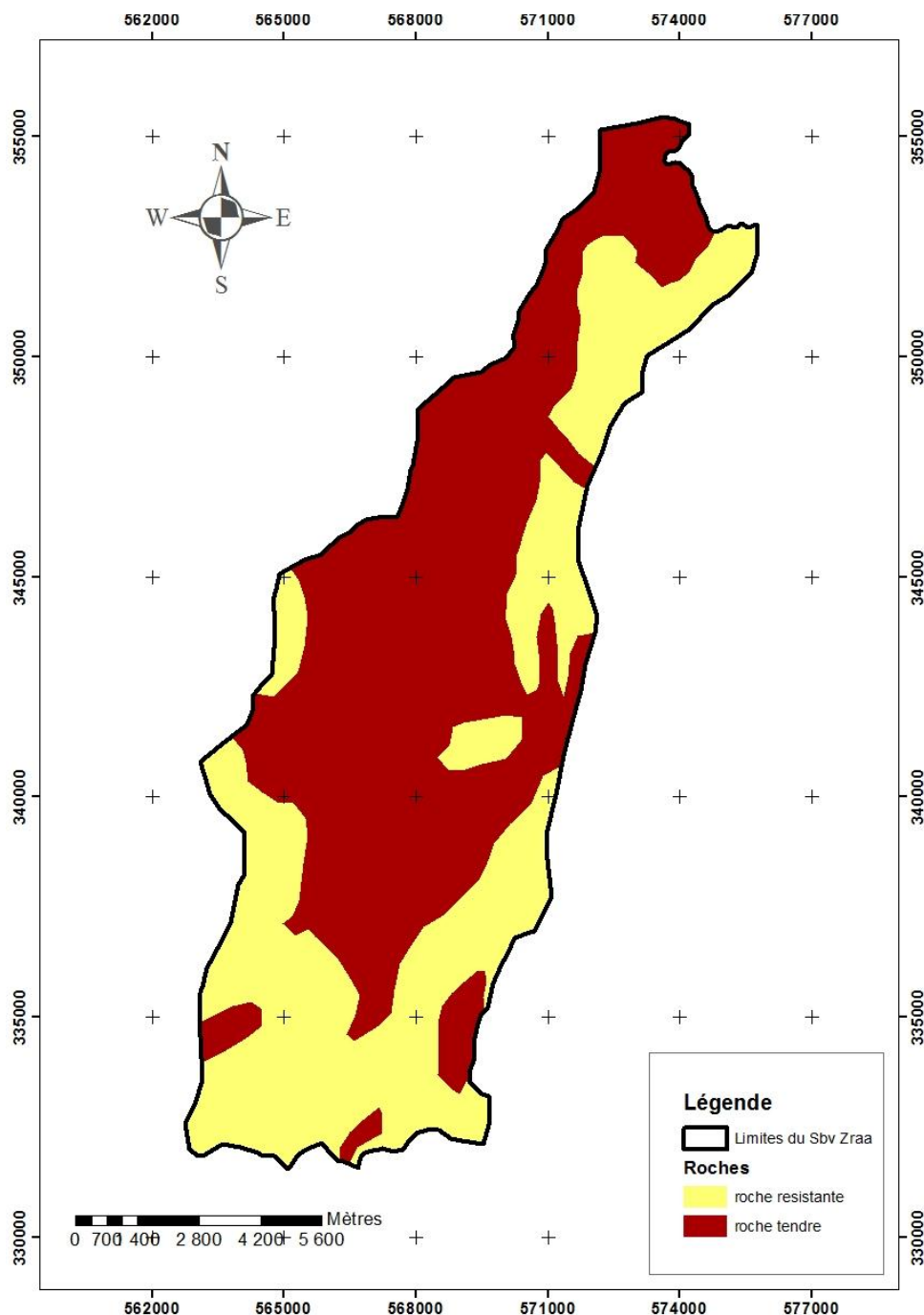


Figure 14: Carte lithologique.

Tableau 5 : données de la carte lithologique

Roches	Surface(Ha)	%
Roches tendres	7630.81	57.55%
Roches résistantes	5627.76	42.44%
Total	13258.57	100%

Le sous-bassin versant est dominé par les formations lithologiques tendres, elles sont constituées d'un faciès de schistes primaires, des argiles et des basaltes doléritique altérés du Trias, des marnes et des grés du Miocène et des alluvions du quaternaire. Cette classe couvre environ 57% de la superficie suivi des formations lithologiques résistantes qui sont composé de calcaires et de dolomies du lias, de calcaires lacustres, des formations fluviaux-lacustres et des basaltes quaternaires .Elles s'étendes sur 42% de la superficie du territoire du sous bassin.

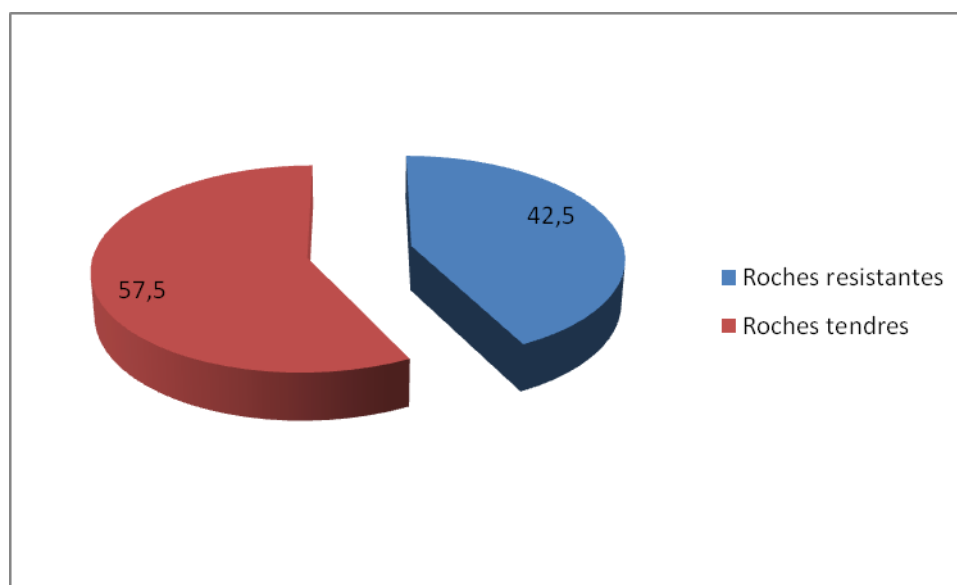


Figure 15 : Diagramme de la répartition de la lithologie du sous-bassin Oued Zraa

1.9. Sols :

Le sol est une ressource naturelle qui support la vie terrestre. Il résulte de la transformation de la couche superficielle de la roche-mère, la croûte terrestre, dégradée et enrichie en apports organiques. Ce patrimoine est aussi en régression quantitative (FAO), essentiellement consacrée à l'agriculture, à la sylviculture ou aux écosystèmes mais aussi et de plus en plus aux « établissements humains ».

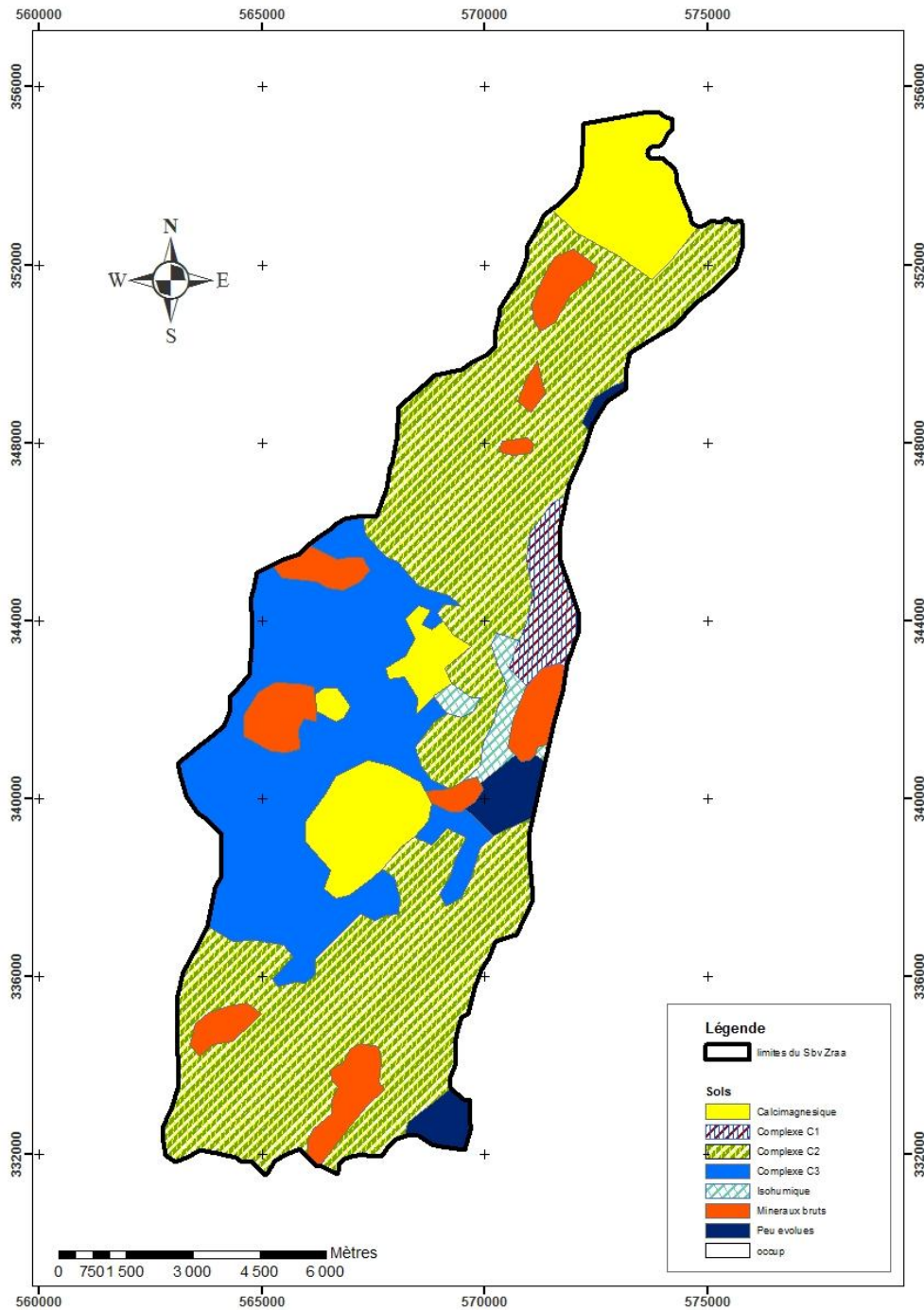


Figure 16 : carte pédologique.

Tableau 6 : données de la carte pédologique

Sols	Surface(Ha)	%
Complexe C1	347,70	2,62%
Peu évolués	350,50	2,64%
Calcimagnésique	1508,00	11,37%
Complexe C2	6781,00	51,14%
Iso humique	201,50	1,51%
Complexe C3	3021,60	22,78%
Minéraux bruts	1048,60	7,90%
Total	13258,57	100%

Le sous bassin versant présente une gamme de sols riche et diversifiée composée d'unités simples et d'unités complexes. Les principaux sols rencontrés sont constitués de sols minéraux bruts, de sols peu évolués, de sols calcimagnésique, de sols iso humiques, de complexe C1, C2 et C3.

❖ **Le Complexe C1 :**

Complexe de sols peu évolués, de sols ferralitiques peu profond et d'affleurement rocheux sur calcaire dolomitiques du lias ou calcaire lacustre du saïs. Ils occupent 2,62% de la superficie.

❖ **Le 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 Il couvre plus que la moitié de périmètre, 51%.

❖ **Le complexe C3**

Les sols de l'unité C3 correspondent à un complexe de sols peu évolués d'érosion et de regosols qui se développent sur des affleurements d'argiles rouges salifères du trias.

❖ **Le sol peu évolués :**

Ces sols appartiennent aux sous classes des sols non climatiques dans la mesure où l'action du climat local n'a pas eu le temps de se manifester. Ils sont constamment rajeunis par l'érosion hydrique qui empêche leur évolution pédologiques. Ils sont peu évolués parce que l'apport des matériaux est récent ou parce que l'érosion vient de décaper la roche mère. Ils représentent 2,64% de la superficie totale.

❖ **Les sols calcimagnésiques :**

Ils sont moyennement profonds, argileux à teneur en calcaire importante. Ce sont des sols dominés par les ions alcalino-terreux (Ca, Mg) et leur profil est souvent peu épais avec accumulation des carbonates ou de gypse en profondeurs (les rendzines). Ils pris 11,37% de la superficie totale.

❖ **Les sols iso humiques :**

Ce sont des sols très profonds sur pentes faibles. Le sous classe présent, évolue sous un pédo-climat frais, composée de deux groupes : châtains et bruns iso humiques. Le groupe de sols châtains occupe les dépressions Karstique ou tectoniques. Le groupe de sols bruns se développe sur des alluvions de texture argileuse et sur des niveaux de terrasses quaternaires récentes .Ils occupent seulement 1,51% de la superficie totale.

❖ **Les sols minéraux bruts :**

Ces sols initiaux à profil de type AC ou AR, ont une texture très calcaire. La roche mère affleure le plus souvent et la matière minérale est à peine désagrégée avec absence ou la rareté de la matière organique. Cette classe des sols se présente sous forme de dalles calcaires massives. En absence de végétation et d'humidité, ces sols ne peuvent pas subir d'évolution pédologique avec 7,90% de la superficie.

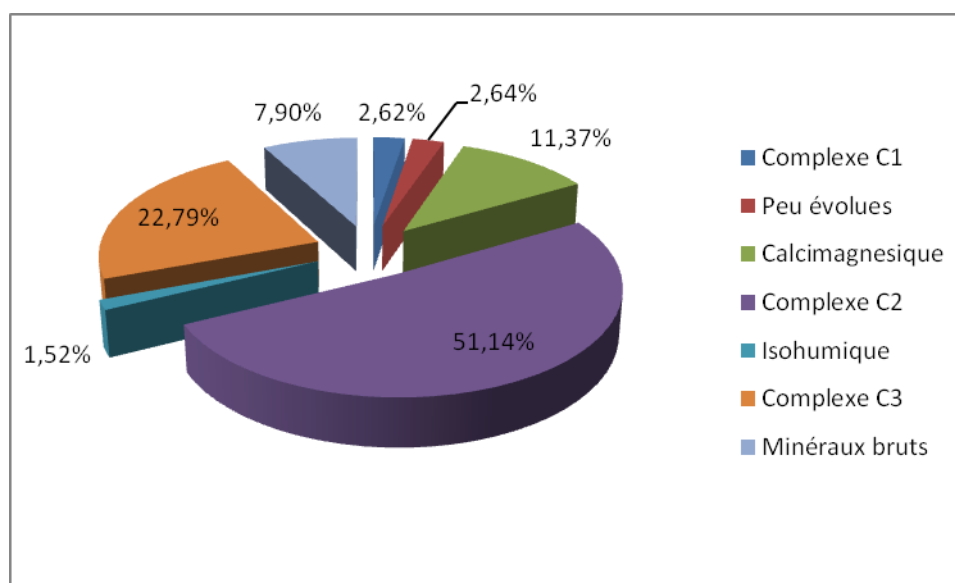


Figure 17 : Diagramme types des sols dans le sous-bassin Oued Zraa

1.10. Erodibilité des Sols (K) :

Cette carte a été élaborée sur la base de la carte pédologique d'un gris et l'utilisation des informations contenues dans un abaque. Cet abaque est sous forme des indices qui sont généralement compris entre 0 et 1 et elle nous renseigne sur le pourcentage des limon, des sables fins, la texture, la perméabilité et le taux de la matière organique contenu pour chaque type de sol .voir abaque ci-dessous :

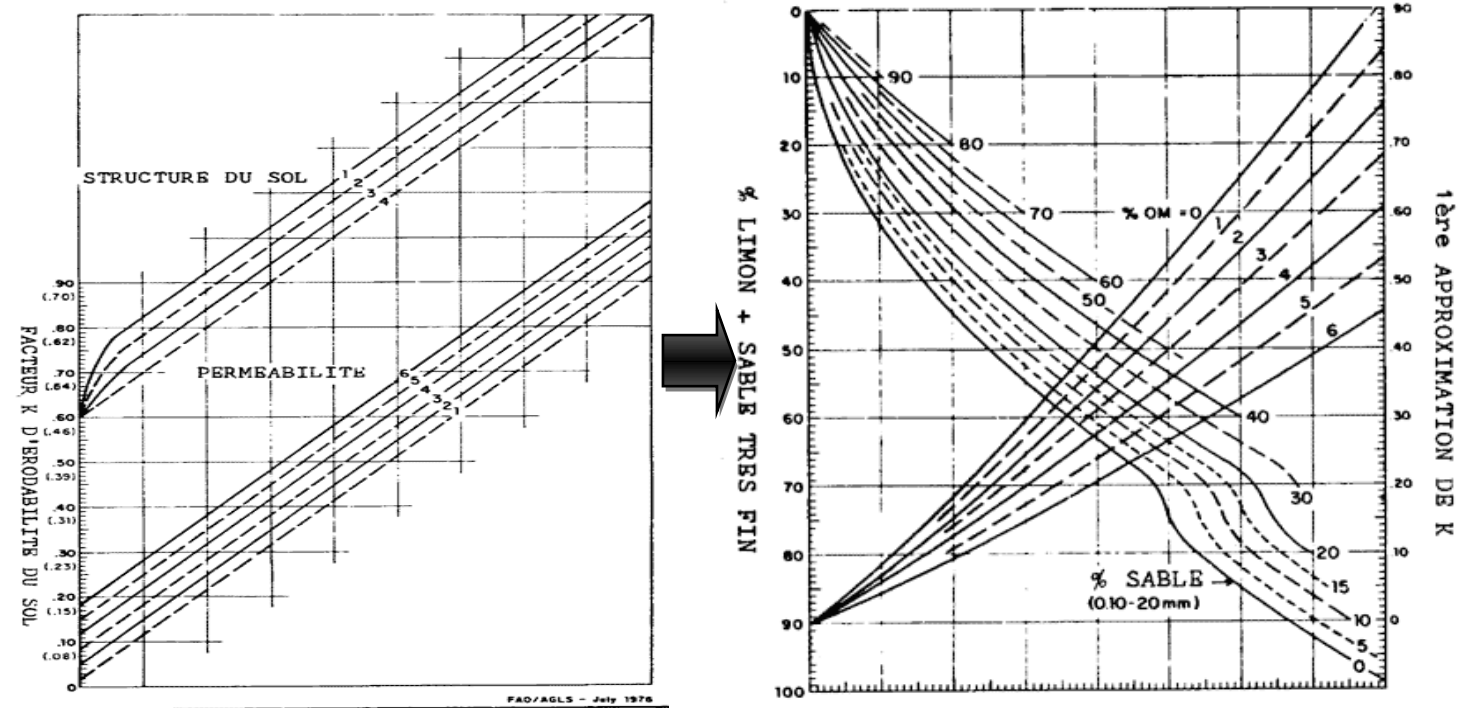


Figure 18 : Des abaques ayant servi à l'élaboration des indices d'érodibilité (k).

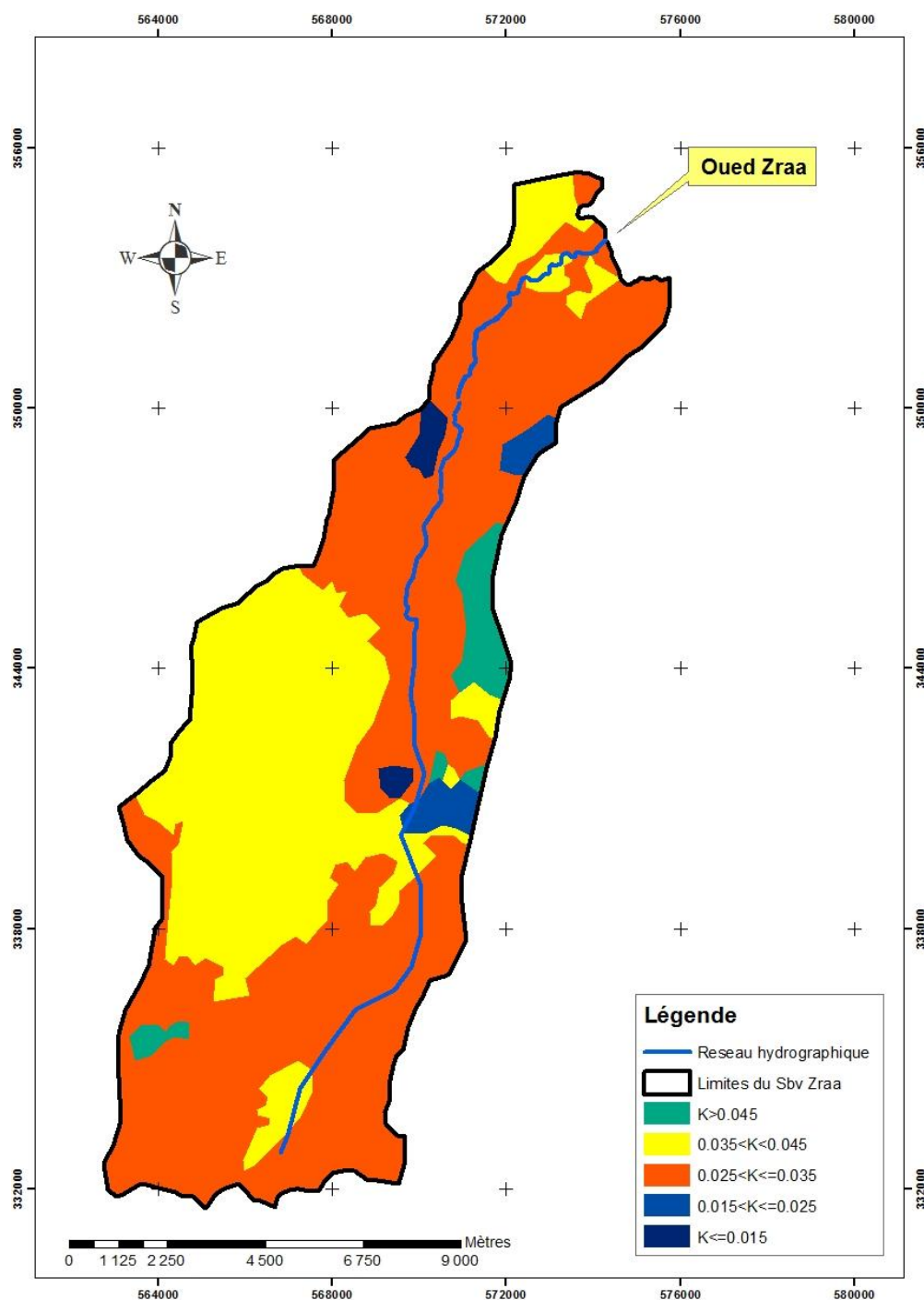


Figure 19 : carte d'érodibilité (K).

Tableau 7 : Données de la carte d'érodibilité (K).

Classe d'érodibilité (K)	Surface(Ha)	%
$K \leq 0.015$	133,93	1,01%
$0.015 < K \leq 0.025$	4422,57	33,36%
$0.025 < K \leq 0.035$	438,78	3,31%
$0.035 < K < 0.045$	8003,06	60,36%
$K > 0.045$	260,16	1,96%
Total=	13258,57	100%

D'après les données consigné dans le tableau ci-dessus (Tableau.7), on constate une dominance des sols fortement érodé ($0,035 < k < 0,045$) occupe 60% de la superficie totale, suivi des sols peu érodé ($0,015 < k \leq 0,025$) avec un pourcentage de 33%.

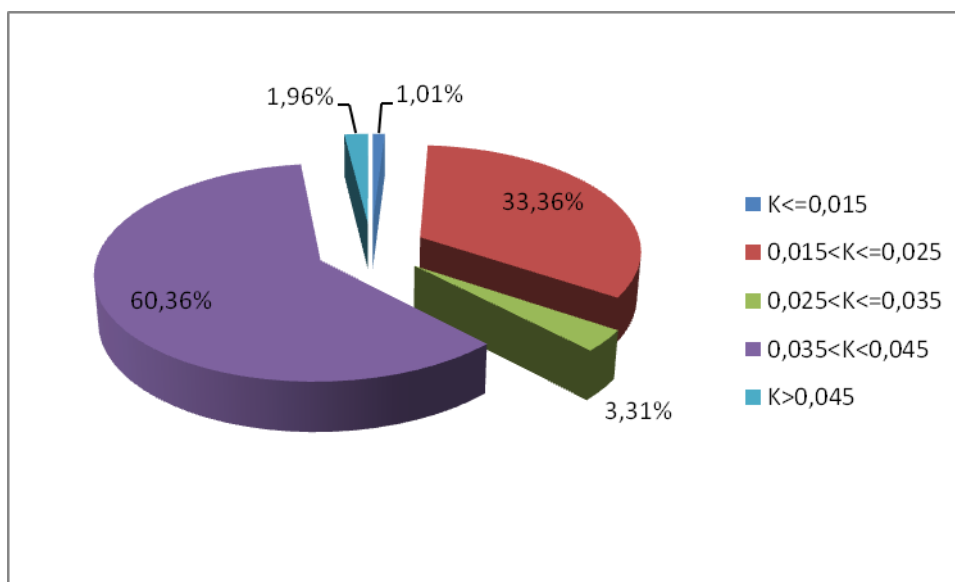


Figure 20 : Diagramme du classement d'indice d'érodabilité (k).

2. Climatologie :

2.1. Facteurs climatiques :

Les facteurs climatiques sont les facteurs écologiques liés aux circonstances atmosphériques et météorologiques dans la région du sous bassin Oued Zraa Comme un peu partout au Maroc, les informations et la quantification des paramètres climatiques ne sont disponibles qu'au niveau des stations météo-climatiques bien équipées, ce qui n'est nullement le cas de la totalité de celles existantes au niveau de la zone de l'étude.

Les principaux facteurs climatiques sont les suivants: les précipitations, la température et le vent.

Les précipitations :

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 température :

La température d'un lieu dépend avant tout de sa localisation sur terre (sa latitude). Les zones climatiques sont ainsi déterminés en fonction de cette situation. La température diminue de l'équateur en direction des pôles. Dans certaines zones climatiques, la température varie en fonction des saisons que des heures de la journée. Enfin, il existe aussi des variations plus locales qui dépendent par exemple de la forme du relief, de l'exposition au soleil, de la couverture végétale, etc.

Le vent :

Le régime général des vents dans la zone se classe en deux principales catégories :

-Les vents d'Ouest et du Nord-Ouest : il s'agit de vents froids, humides et pluvieux. Ils dominent surtout en hiver et au printemps. Généralement à l'origine des précipitations, ils sont bénéfiques pour la végétation et contribuent à atténuer les amplitudes thermiques dans la zones.

-Les vents du Sud-Est : d'origine continentale, ils sont très variables d'une année à une autre. Ils sont chauds et secs et sont connus sous le nom « Chergui ». Ces vents commencent à souffler surtout à partir du mois de juillet, entraînant ainsi un dessèchement du sol et des végétaux.

Indices bioclimatiques :

Ces indices ont été calculés à partir des données relevées des stations situées à l'intérieur et celle à proximité du sous bassin Oued Zraa, seule la station **Bsabis** pour laquelle nous disposons des données climatiques suivantes :

Quotient pluviométrique et diagramme d'Emberger :

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.

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

Avec :

P : La moyenne des précipitations annuelles en mm

M : La moyenne de la température maximale du mois le plus chaud en Kelvin ($t^{\circ}\text{C} + 273,2$)

m : La moyenne de la température minimale du mois le plus froid en kelvin ($t^{\circ}\text{C} + 273,2$)

Calcul du quotient du diagramme d'Emberger :

Le quotient d'Emberger a été calculé sur la base des données relatives à la station de Bsabis puisqu' il est la seule qui se situe à l'intérieur du sous bassin

Station Bsabis :

$$Q = \frac{(2000 * 514)}{(32,5 + 273,2)^2(-1,5 + 273,2)^2} = 57,1$$

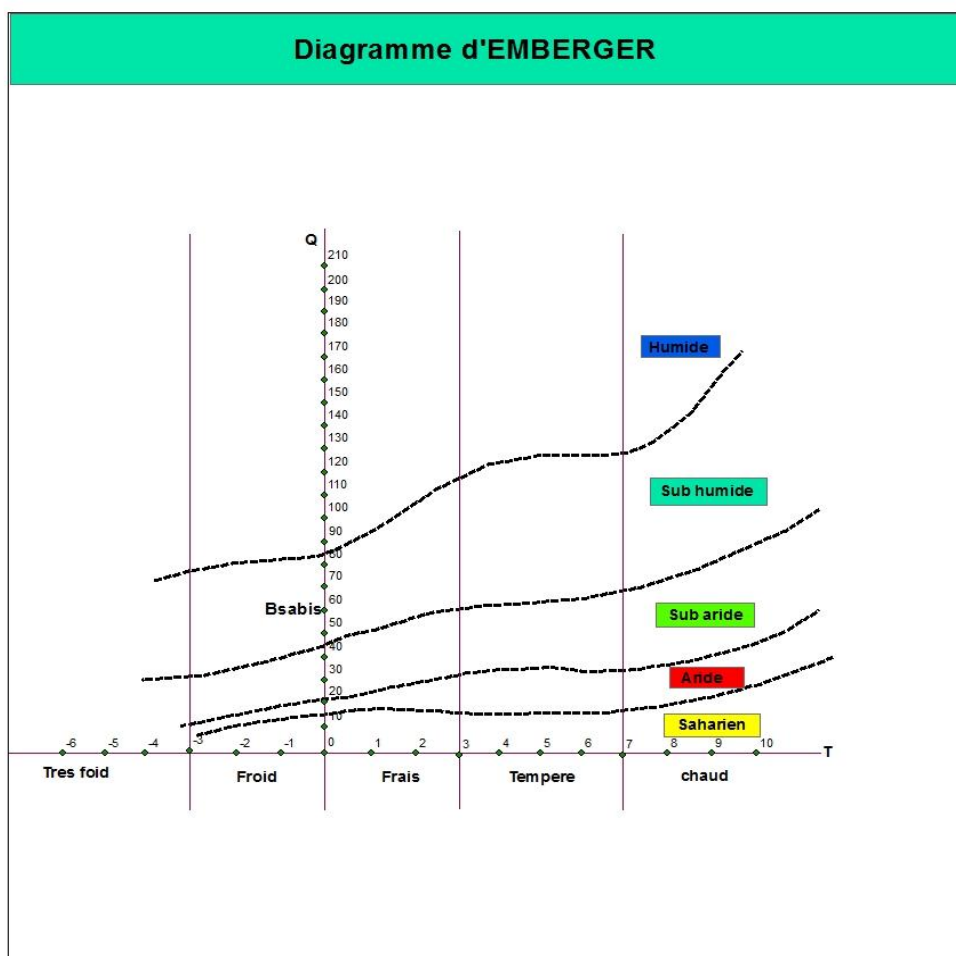


Figure 21 : Climagramme d'Emberger

D'après la valeur du quotient d'Emberger $Q=57,1$ et de $m=-1$, le sous bassin versant Oued Zraa se situe dans un étage bioclimatique Subhumide a variante froide. Voir climagramme ci-dessus.

2.2. Isohyètes :

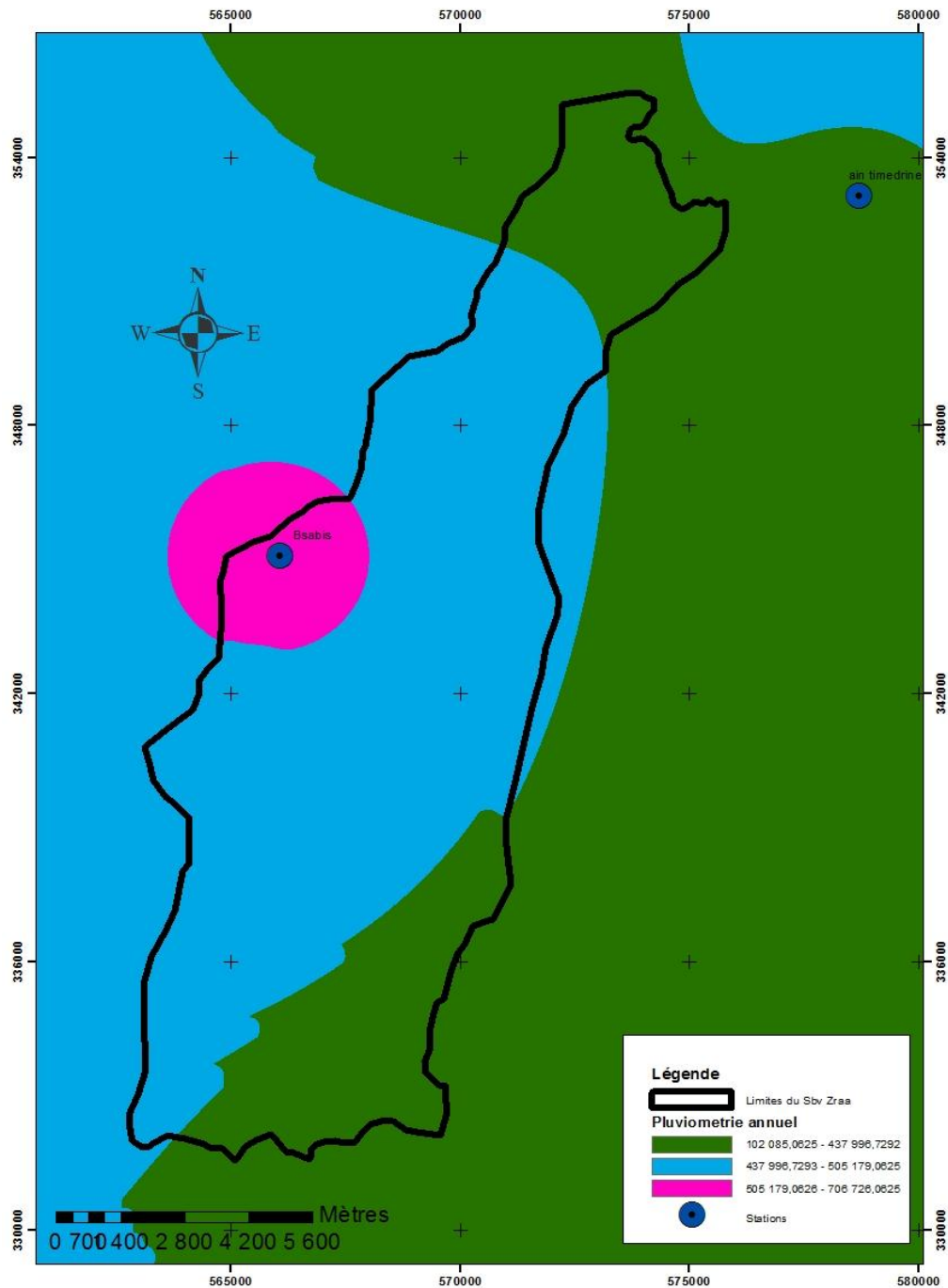


Figure 22 : Carte des isohyètes.

D'après la carte des isohyètes (Fig.22), nous constatons que la région du sous-bassin Oued Zraa se caractérise par des fortes précipitations au niveau du centre du sous bassin, précisément dans la station de Bsabis qui est la zone de haute altitude.

La distribution des pluies dépend essentiellement de la pluviométrie annuelle moyenne des stations retenues et leurs coordonnées Lambert X, Y.

Le bassin versant est caractérisé par une dominance de la tranche pluviométrique (437 996,7293 - 505 179,0625) sur environ 65% de la superficie, suivi de la tranche (102 085,0625 - 437 996,7292) s'étendant sur environ 28% de la superficie. Et vient en dernier la tranche pluviométrique (505 179,0626 - 706 726,0625) qui occupe que 6% de la superficie totale du sous bassin versant.

3. Superposition des cartes thématique via SIG (Arc-Gis) :

La carte d'érosion est la résultante issue de la superposition des cartes de pente, lithologiques, occupation des sols et d'érodibilité. Le principe de cette superposition est basé sur l'attribution des codes ou indices pour chaque strate selon son degré de contribution à l'érosion, cette opération est réalisée en trois étapes selon la manière suivante :

1ère étape : La superposition de la carte des pentes et la carte lithologique.

2ème étape : La superposition de la carte d'érodibilité et la carte d'occupation des sols.

3ème étape : la superposition des deux produits résultant de la 1ère et la 2ème étape.

1ère étape : La superposition de la carte des pentes et la carte lithologique

Pente		Faible	Moyenne	Forte
		Code (1)	Code (2)	Code (3)
Roches résistantes	Code (1)	2	3	4
Roches moyennement résistantes	Code (2)	3	4	5
Roches tendres	Code (3)	4	5	6

D'après le tableau ci-dessus, nous avons attribué des codes pour les degrés de pentes et les polygones de la carte lithologique. Le Code 1 pour la pente faible, le Code 2 pour la pente moyenne et le Code 3 pour la forte pente .Et pour la lithologie le Code 1 pour les roches résistantes, le Code 2 pour les roches moyennement résistantes et le Code 3 pour les roches tendres.

Après la superposition des polygones des pentes et de lithologie, il en résulte des variantes de 2 à 6.

2ème étape : La superposition de la carte d'érodibilité et la carte d'occupation des sols.

Erodibilité		Erodibilité Faible	Erodibilité Moyenne	Erodibilité Forte
		Code (1)	Code (2)	Code (3)
Forêts Denses	Code (1)	2	3	4
Forêts Moyennement denses+Arboriculture	Code (2)	3	4	5
Forêts Claires+cultures	Code (3)	4	5	6
Terrains Incultes + Terrains Parcours	Code (4)	5	6	7

Selon le tableau ci-dessus, nous avons attribué des codes pour les classes d'érodibilité et les types d'occupation des sols. Le Code 1 pour l'érodibilité faible, le Code 2 pour l'érodibilité moyenne et le Code 3 pour l'érodibilité forte .Et pour l'occupation des sols , on a donné le code 1 pour la forêt dense, le code 2 pour les forêts moyennement denses et arboriculture ,le code 3 pour les forêt claire et les terrains de cultures, et les terrains incultes et de parcours ,le code 4.

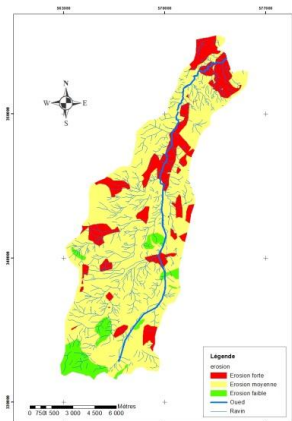
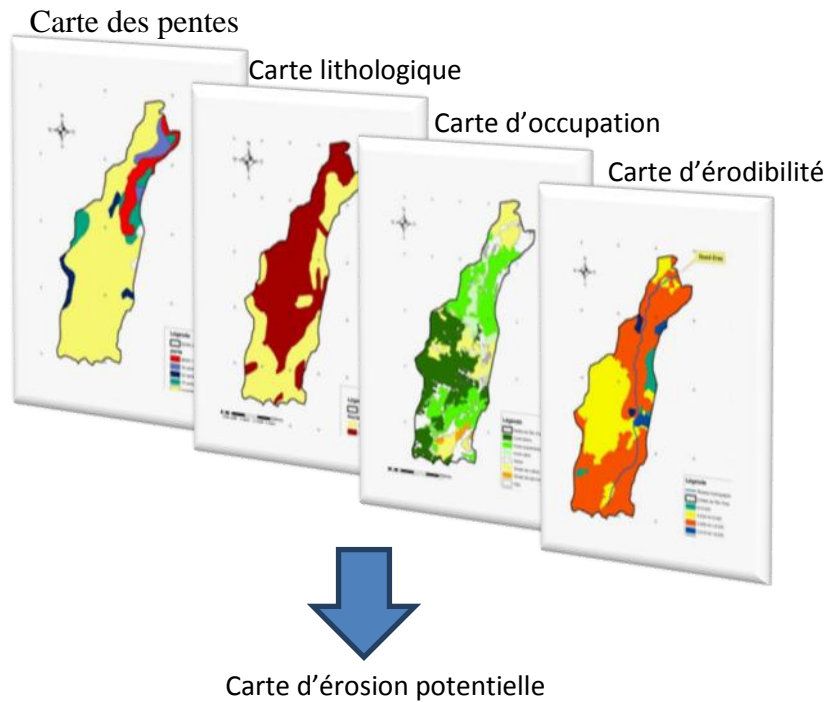
Après la superposition des deux cartes d'érodibilité et d'occupation des sols, il en résulte des variantes de 2 à 7.

3ème étape : la superposition des deux produits résultant de la 1ère et la 2ème étape.

Code (Pente /Lithologie) Code (Occupation /érodibilité)	2	3	4	5	6
2	4	5	6	7	8
3	5	6	7	8	9
4	6	7	8	9	10
5	7	8	9	10	11
6	8	9	10	11	12
7	9	10	11	12	13

Après la superposition des entités des pentes et de lithologie, avec les entités d'occupation des sols et d'érodibilité. Il en ressort des résultats qui présentent l'état érosif de la zone d'Oued Zraa et qui sont variables de 4 à 13.

Voici une explication schématique de la superposition de nos cartes thématiques :



Strates	Codes
Erosion faible	4 ,5
Erosion moyenne	6, 7, 8,9
Erosion Forte	10, 11, 12,13

Après la superposition de tous les facteurs qui réagissent pour avoir comme résultat l'état érosif du sous-bassin Oued Zraa .Nous avons pu distinguer 3 zones comme suit : une zone à érosion faible, à érosion moyenne et une zone prioritaire à l'intervention qui est caractérisée par une forte érosion.

L'état érosif se présente comme suit sur la carte :

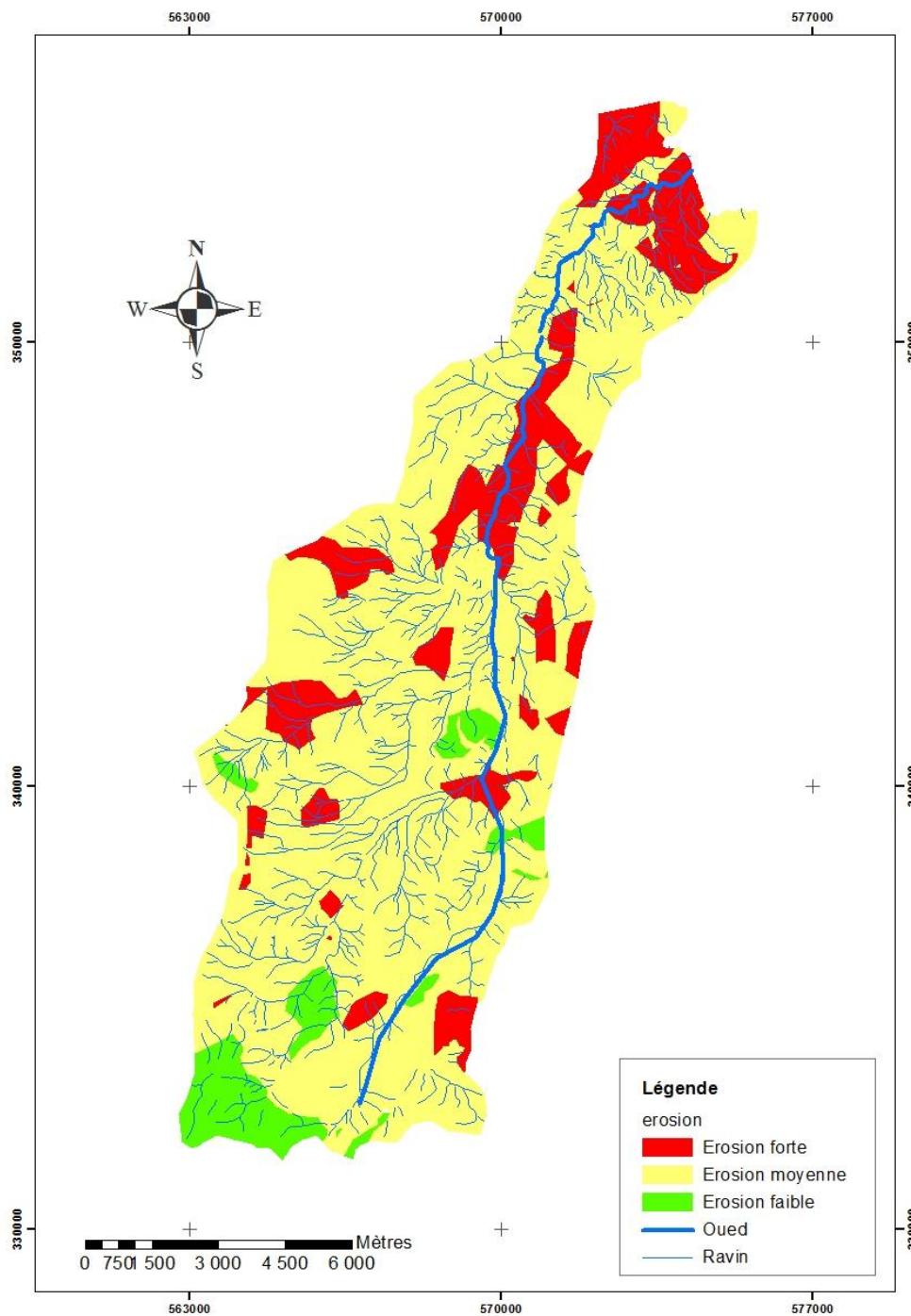


Figure 23 : carte d'érosion.

Tableau 8 : Données de la carte d'érosion.

Degré d'érosion	Surface (Ha)	%
Erosion faible	838 ,65	7%
Erosion moyenne	10181,70	76%
Erosion forte	2243 ,36	17%
Total	13258,57	100%

D'après le tableau ci-dessus (Tableau .9) , on remarque une dominance de l'érosion moyenne qui occupe 76% de la superficie totale du sous bassin ,localisé sur les terrains de cultures et incultes assise sur des roches tendres reposent constituée généralement par des sols fortement érodé .Cette classe se réparti sur tout le sous bassin oued Zraa.Suivi par l'érosion forte avec une superficie de 17% présenté dans des endroits à pente moyenne ,avec la présence des forêts claires et des terrains de cultures avec un fort indice d'érodibilité. Et en ce qui concerne la classe du degré d'érosion faible elle ne représente que 7%de la superficie totale avec 838,65 Km².

Le produit résultant de la superposition des cartes thématiques :

Tableau 9 : Produit résultant de la superposition des cartes thématiques

Erosion	Strates dominantes			
	Type d'occupation du sol	Classe des pentes	Lithologie	Erodibilité
Erosion forte (17%)	forêts claires et des terrains de cultures	Pente moyenne	Des roches tendres	Sol érodée
Erosion moyenne (76%)	terrains de cultures et incultes	Pente faible	Des roches tendres	Sol érodée
Erosion faible (7%)	Forets dense	Pente faible	Des roches résistances	Sol moyennement érodée

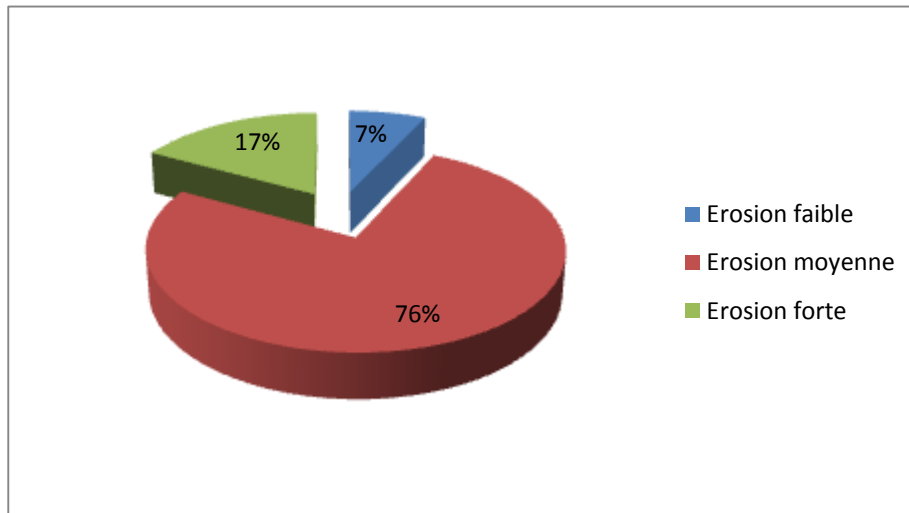


Figure 24 : Diagramme représentatif de l'état érosif du sous bassin Oued Zraa.

4. Aspect socio-économiques :

L'objectif principal de cette étude d'aménagement est d'aboutir à un aménagement durable basé sur l'approche partenariale et participative de tous les acteurs concernés. Des réunions ont été tenues à travers des ateliers de concertation avec la population riveraine, les élus, les ONG, l'autorité locale, les associations locales et les autres secteurs concernés : l'équipement, l'agriculture... pour dégager les contraintes sociales et économiques pour répondre aux besoins et aux attentes de la population locale.

Toute étude ou aménagement qui ne prend pas en considération le contexte socioéconomique de la zone d'intervention aura un impact négatif sur la réussite et la durabilité des aménagements proposés.

Administrativement le sous bassin versant Oued Zraa dépend de la région de Fès Boulomane, chevauche sur les deux provinces de Séfrou et de Boulomane et couvre 4 communes rurales réparties comme suit :

Tableau 10 : Situation administratif du sous bassin Oued Zraa.

Provinces	Cercles	Communes rurales	Superficie (ha)	%
Séfrou	El Menzel	Oulad Mk oudou	628,35	97,37%
	Séfrou	Sidi Lahcen	1961,67	
		Tazouta	10319	
Boulemane	Boulemane	Sekoura	20,95	2,62%

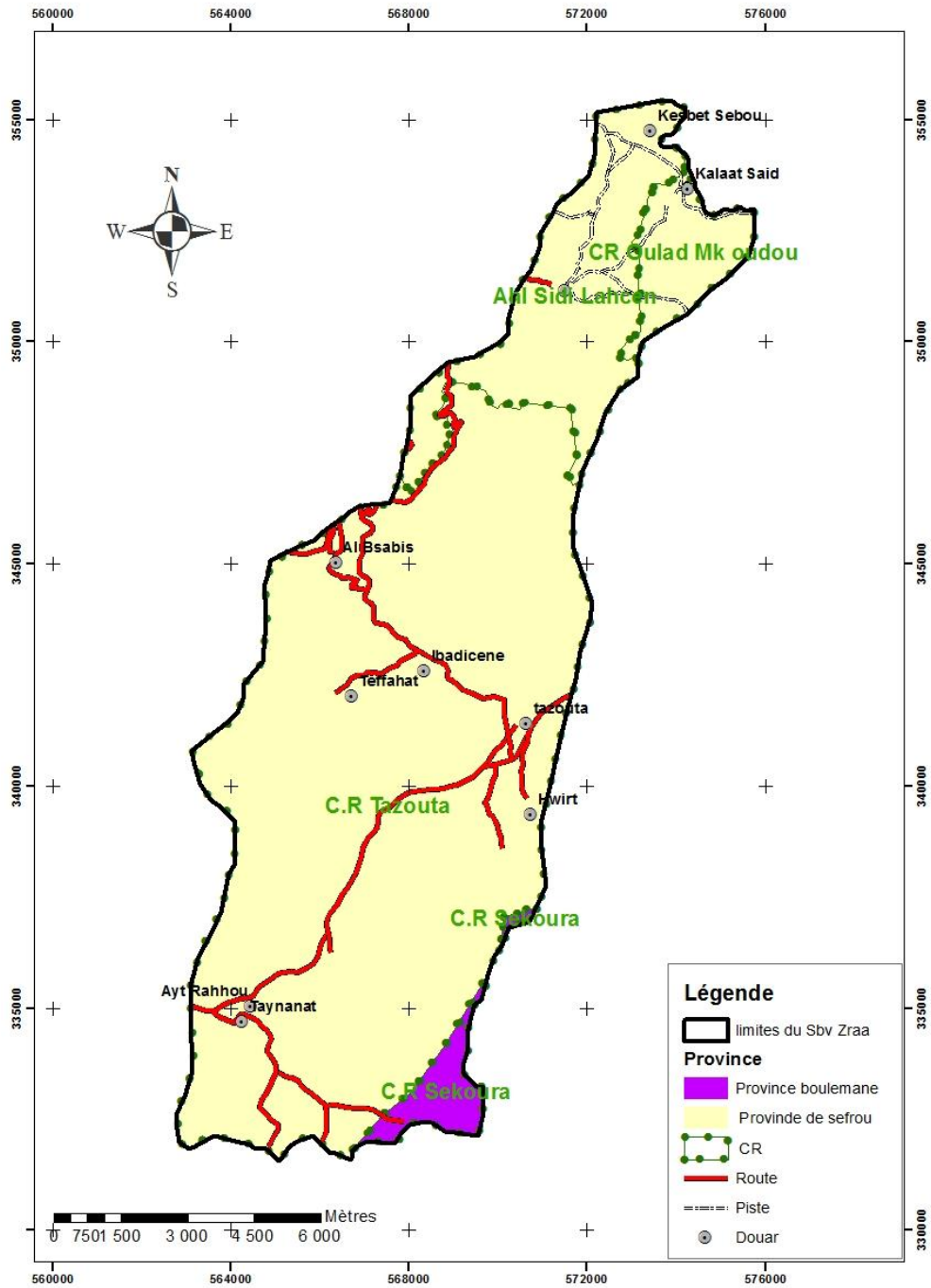


Figure 25 : carte administrative du sous bassin oued Zraa.

Tableau 11 : Données de la carte administrative du sous bassin oued Zraa

Communes	Population	Ménages	Taille
Ahl Sidi Lahcen	5055	936	5,4
Tazouta	5838	1102	5,3
Oulad Mkoudo	8360	1335	6,2
Skoura	8010	1575	5
Total	27263	4948	Moyenne = 5,4

Sources :SEAP.

La population rurale au niveau du sous bassin versant oued Zraa s'élève à 27263 habitants, et comprend 4948 ménages repartis sur 4 communes rurales.

Les activités principales de la population de sous bassin versant oued Zraa sont :

L'agriculture et l'élevage

➤ **L'agriculture :**

La (SAU) surface agricole utile d'une superficie de est constitué 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 ...)

Les légumineuses à base de lentille, fève...

-l'arboriculture : dans le sous bassin oued Zraa est constitué essentiellement de nouvelle et ancienne plantation d'oliviers grâce à des conditions favorables pour ce type de plantation fruitières

➤ **L'élevage :**

L'élevage dans la zone de Haut Sebou présente une activité importante dans le processus de fonctionnement des exploitations agricoles en général et dans le cadre de l'exploitation des ressources naturelles en particulier.

L'estimation de l'effectif de chaque espèce de bétail est basée sur les résultats des enquêtes douars et exploitations d'un côté et de quelques statistiques qu'on a pu relever à

différents niveaux (Direction Provinciale d'Agriculture de Sefrou, Centre de travaux, Commune Rurale, RGA,...), malgré qu'elles n'apportent pas un niveau de précision souhaitable, particulièrement par unité de douar

Tableau 12 : Effectif du cheptel par fraction usagère.

Fractions	Bovins	Ovins	Caprins	Total
Fraction De Sidi Lahcen	452	5763	3106	10508
Fraction De Tazouta	271	7296	6746	14048

D'après ce tableau, nous constatons que :

- ✓ Les ovins constituent la principale espèce animale dans la zone, les caprins viennent en deuxième position mais très faiblement représentés par rapport aux ovins. Cette répartition se présente de façon identique pour toutes les fractions.
- ✓ Les bovins sont faiblement représentés dans la zone à raison d'une moyenne de 0,5 têtes par exploitation.

➤ **La végétation :**

Les principales formations végétales rencontrées dans le sous bassin oued Zraa sont à base de chaîne verte, thuya et de genièvrerie rouge et des périmètres de reboisement de protection le tout constitue une potentielle fourragère très importante pour le cheptel.

Structure des cheptels est composée des ovins, bovins, caprins et équidés.

Chapitre III : Aménagements et interventions préconisés

D'après la carte de l'érosion potentielle on constate que le sous bassin de oued Zraa présente des superficies importantes touchées par l'érosion dans différents stades c'est-à-dire des endroits où l'érosion dont les causes 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 de la manière suivante :

Pour cette étude nous proposons des actions de conservation des eaux et des sols et des actions de développement de la population

Action de conservation des eaux et des sols, on distingue :

1. Les aménagements en forêt :

La reconstitution des forêts dégradées 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 morts sur pied, des arbres malades...)

- L'aménagement des réseaux hydrographiques par des traitements mécaniques et biologiques des ravins (construction des ouvrages antiérosifs : seuils en gabions, en pierres sèches et végétalisation des ravins)

2. Les aménagements concernant la SAU :

- Renforcements des plantations fruitières.

- Rajeunissement de l'ancienne plantation

- Aménagement foncier (ou épierrage) des terrains de cultures

- Aménagements des terrains de cultures en pente par l'installation des ouvrages antiérosifs tels que les cordons en pièces sèches, les murettes.

- Aménagement foncier (ou épierrage) des terrains de cultures.

- La collecte des eaux pluviales :

- Installation des collecteurs d'eaux de pluies

- Aménagements et entretien des Sagia

Toutes ces actions ont été concrétisées par une carte des aménagements détaillés

3. 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 différents domaines

- La valorisation de l'olivier et ces produits de transformations

- La valorisation de la production de l'alène

- La création des activités génératrices d'emplois :

- Création des associations de différents axes 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.

Conclusion générale :

La zone d'étude présente des potentialités importantes (forêts, sols, eaux, arboriculture, des cultures, et la production animale) qui nécessite une valorisation et une gestion rationnelle et durable.

D'après la carte d'occupation des sols on constate que l'espace forêt subit une régression importante suite à des défrichements, des coupes de bois illicite, de surpâturage qu'il faut améliorer à travers une organisation des usagers par l'amélioration Silvo-pastorales qui favorise des productions fourragères. Des extensions de terrains de cultures qui entraînent une réduction du couvert végétal naturelle et la dégradation de l'éco système forestier alors là on propose de les reboisé par des espèces autochtone pour assurer la pérennité des peuplements.

D'après la carte de l'érosion potentielle, on constate qu'il y a une dominance de l'érosion moyenne (76%) suivi de l'érosion forte (17%) d'où la nécessité de prévoir des mesures d'intervention anti érosives proposées dans les solutions et interventions.

Le sous de bassin de Oued Zraa est caractérisé par un climat sub humide, un couvert végétal représenté par le chêne vert, le thuya et le genévrier rouge qui couvrent 72% de la superficie du Bassin mais malheureusement la forêt dense ne représente que 30%.

77% du territoire présente des pentes inférieures à 15° par contre que 8% de ce bassin présente des pentes élevées. Ainsi plus de la moitié (57%) des roches qui affleurent sont de type tendre.

Pour la réalisation de ce travail nous avons adopté une approche d'évaluation qualitative de l'érosion basée sur la superposition des cartes thématiques nécessaire qui ont une relation directe avec l'érosion.

Grace à l'outil SIG utilisé qui est considéré comme un moyen de prise de discision, le géo traitement, la modélisation et l'analyse de l'ensemble des facteurs de l'érosion.

D'après cette carte d'érosion potentielle, on constate qu'il y a une dominance de la zone affectée par l'érosion du type moyenne soit (76%), se localise généralement dans les zones à pente moyenne, des roches moyennement résistantes et un couvert végétal moyennement

dense. L'érosion de type fort ne représentent que (17%) et se localise dans des zones à pente moyenne avec la présence des forêts claires et des terrains de cultures et un indice d'érodibilité élevé.

L'érosion reste une menace importante dans ce bassin elle est due aux (source d'érosion : défrichements, des coupes de bois illicite, de surpâturage) qu'il faut améliorer à travers une organisation des usagers. Des extensions de terrains de cultures qui entraînent une réduction du couvert végétal naturelle et la dégradation de l'éco système forestier alors, on propose de commencer par les zones d'intervention urgente dans les région à forte érosion par les actions suivantes : le reboisement par des espèces végétales autochtones pour assurer la pérennité des peuplements....

L'organisation des parcours par la mise en place des mises en défense rotationnel.

L'amélioration des terrains de parcours par la plantation des espèces fourragère.

Le renforcement et réhabilitation des infrastructures socio-économiques.

La création des activités génératrice de revenu et d'emplois.

BIBLIOGRAPHIE

- **ABHS, 2009, données climatique et pluviométrique de la région du sous bassin Oued Zraa**
- **DREFLCD de Fès-Boulemane, 2009, Etude d'aménagement de la forêt d'Ait Youssi d'Amklla (procès-verbal d'aménagement) et études socio-économiques**
- **DREFLCD de Fès-Boulemane, 2009, Etude d'aménagement de la forêt de Guigou (procès-verbal d'aménagement)**
- **DREFLCD de Fès-Boulemane, 1997, Etude d'aménagement du bassin versant à l'amont du barrage ALLAL EL FASSI (Rapport de synthèse).**
- **Dresnay R. du 1963. Données stratigraphiques complémentaires sur le Jurassique moyen des synclinaux d'El Mers et de Skoura (Moyen Atlas, Maroc). *Bull. Soc. géol.France*, 7, 6, p 883-900**
- **EMBERGER L., 1955 – Une classification biogéographique des climats.**
- **Fedan B. 1989. Evolution géodynamique d'un bassin intra plaque sur décrochement : le Moyen Atlas (Maroc) durant le Méso-Cénozoïque. *Trav. Inst. Sci., sér. Géol. & Géogr. phys.,Rabat*, 18, 1-80**
- **IFN, 2013, Inventaire forestière nationale**

Matériels utilisés

- **Logiciel Arc –Gis authentique disponible au SEAP**
- **World imageries online par Arc Gis 10 .2**

Webographie:

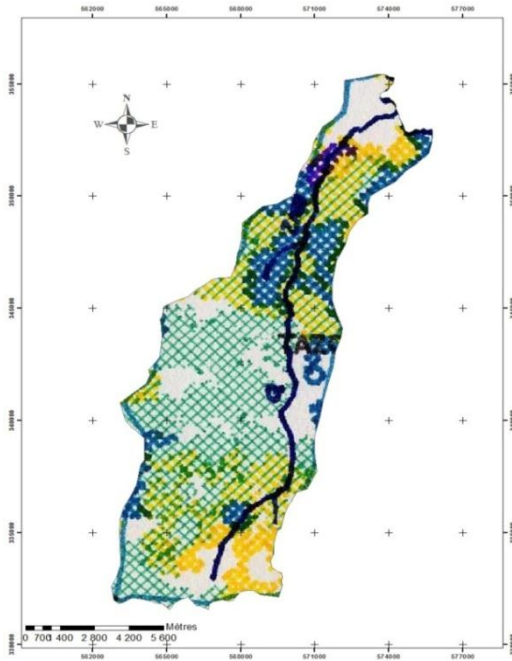
<http://www.eauxetforets.gov.ma/fr/index.aspx>

<http://www.mapmart.com/>

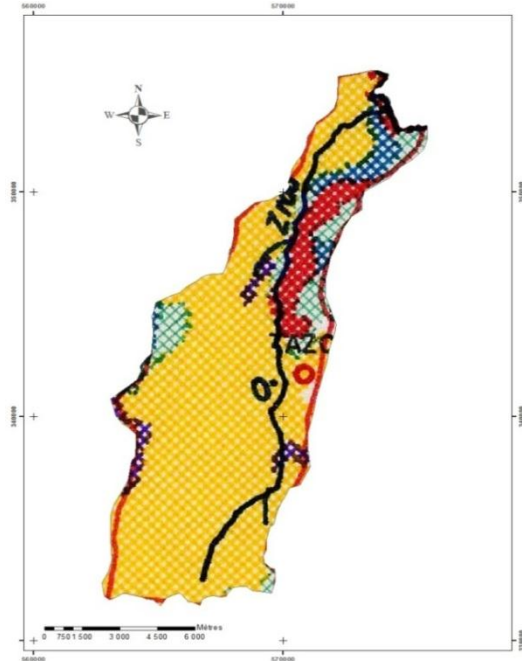
ANNEXES :

ANNEXE 1 : Les cartes topographiques de bases réalisées par le SIAP dans le cadre d'aménagement Allal El Fassi

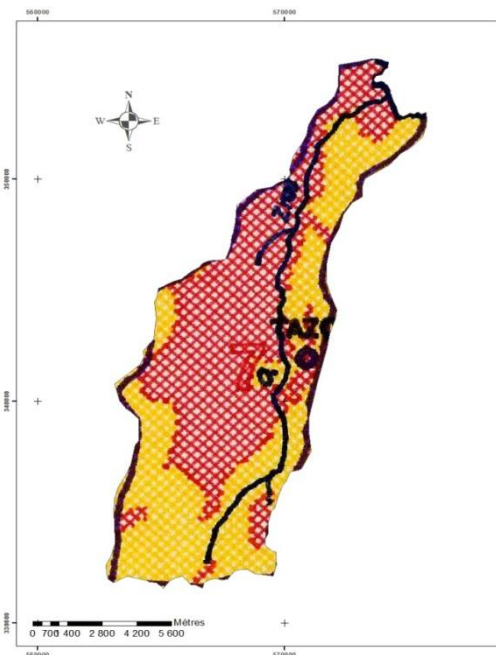
Carte d'occupation du sol.



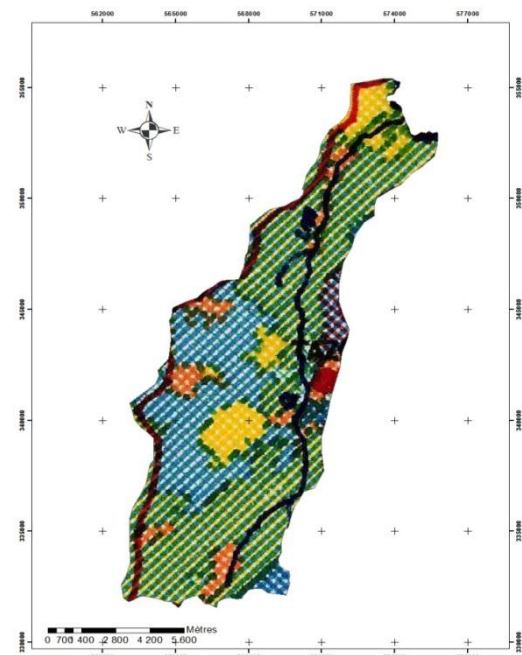
Carte des pentes.



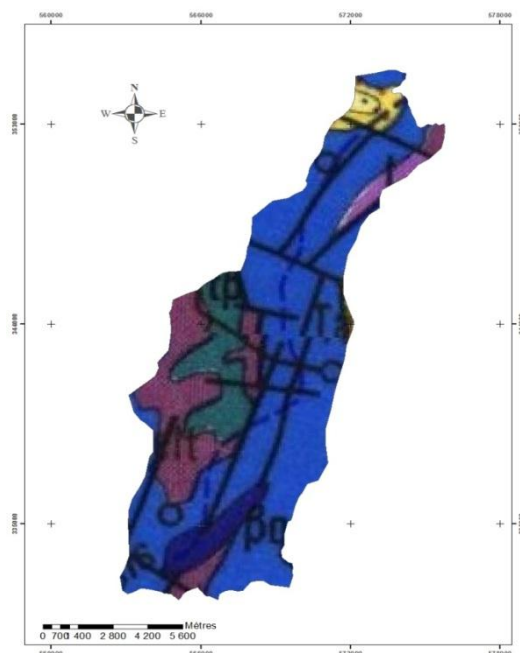
Carte lithologique



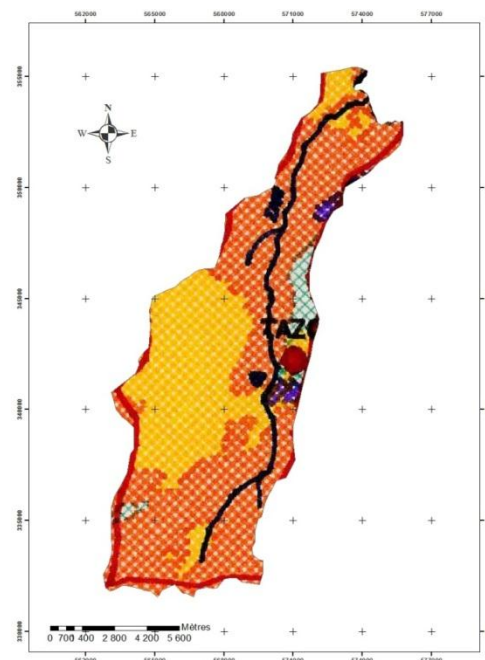
Carte pédologique



Carte géologique



Carte érodibilité



ANNEXE 2 : Présentation du service SEAP :

Le choix du stage de fin d'études est un élément important pour l'intégration dans la vie active. Il donne la possibilité à l'étudiant, de découvrir le secteur du travail, d'approfondir ses connaissances et de se confronter à la réalité du monde professionnel. Nous avons voulu un stage résolument orienté Géomatique afin de nous rapprocher de l'utilisation des logiciels dans un cadre professionnel, en terme de cartographie opérationnelle, d'analyse géo-spatiale, mais également en terme 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 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 DREFLCD :

Mise en service de la Direction :

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 :

