

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS – MOSTAGANEM**



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Agronomie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Mastère-2-

Spécialité : Sciences Agronomiques

OPTION : GESTION DURABLE DE L'ENVIRONNEMENT

Intitulé :

**Appréciation des Risques et Potentielle
d'érosion Hydrique dans la Région de
Naama**

Encadré Par

Mr. HARTANI AHMED

Soutenu le : 02/07/2017 Devant le jury composé de :

President: HADDAD Ahmed .

Examination: BOUALEM Abdelkader.

Présenté par:

M. Chekhnaba Mohammed

Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem

Année universitaire : 2016/2017

SOMMAIRE

Résumé

PROBLÉMATIQUE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Page

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE -I- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE	1
2 - CADRE SOCIO-ECONOMIQUE	2
2.1- ACTIVITES ECONOMIQUE	3
II - CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT DE AIN SEFRA	4
1- CARACTERISTIQUES MORPHO METRIQUES	6
A – Superficie	6
B- Périmètre	6
C- La forme	6
C.1. L'indice de compacité de Gravelius (Kc)	6
C.2. Le rectangle équivalent	7
III - MILIEU PHYSIQUE	9
1.TYPE DE SOL ET LE COUVERT VEGETAL	9
2. LE RELIEF	10
3. LA VEGETATION.....	12
a- -Steppes à alfa (Stipa tenacissima)	12
b- Steppe à armoise blanche : Chih (Artemisia herba alba)	12
c- Steppe à spart (Lygeum spartum)	13
d- Steppe à halophytes	13
e- Steppe à psammophites	13
IV- CADRE CLIMATIQUE	14
1- LES PRECIPITATIONS.....	15
1-1-A- Régime mensuel des précipitations	15
1-B- Irrégularité des pluies	16
1-C- Distribution annuelle des pluies	17
1-D- Variation saisonnière du régime pluviométrique	17
1-E-Distribution mensuelle des pluies	18
1-F- Intensités de courtes durées	18
1-G- Apports liquides	19
1.2- ETUDE DES CRUES	20
1.3-ANALYSE STATISTIQUE DES DEBITS MAXIMA	21

2- LES TEMPERATURES	21
3-EVOLUTION PRECIPITATION-TEMPERATURE	22
4- SYNTHÈSE CLIMATIQUE	24
5-LE DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE	24
6- Indice d'aridité de MARTONNE	24
7- Indice pluviométrique d'EMBERGER (1955)	25
V- ASPECTS GEOLOGIQUES	26
VI- ASPECTS HYDROLOGIQUES	28
VII.4- ASPECT PEDOLOGIQUES	30

CHAPITRE -II- LES SIG ET TELEDETECTION

I- LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE SIG	31
1-INTRODUCTION	31
2-DEFINITION DU SIG	31
3-DOMAINES D'APPLICATION	31
4-NOTION DE LA CARTE DANS LES SIG	32
5-LES DONNEES LIEES AUX SIG	32
5-1.Les données raster	32
5.2-Les données vectorielles	32
5.2.1-Le point	33
5.2.2-La ligne	33
5.2.3-La surface	33
6-COMPARAISON ENTRE LES DEUX TYPES	34
II-LA TELEDETECTION	35
1- INTRODUCTION	35
2-LES TRAITEMENTS	35
2.1-LA CLASSIFICATION	35
2.1.1-DEFINITION DE CLASSIFICATION SUPERVISEE	35
2.1.2-DEFINITION DE CLASSIFICATION NON SUPERVISEE	36
3-LES INDICES	37
3.1-L'INDICE DE VEGETATION NORMALISE NDVI	37
INTRODUCTION	37
3.2-LES INDICES DE VEGETATION	37
NDVI – NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX	37

**CHAPITRE -I- L'ÉROSION HYDRIQUE DU SOL ET PRESENTATION DE LA
METHODE DE BONFILS**

I - ÉROSION, DEFINITION ET FACTEURS DE RISQUES

1- DEFINITION DE L'ÉROSION	38
2- TYPOLOGIE DE L'ÉROSION	38
3- L'ÉROSION MECANIQUE SECHE	38
4- L'ÉROSION HYDRIQUE	39
4.a- L'ÉROSION EN NAPPE (SHEET EROSION)	39
4.b- L'ÉROSION EN GRIFFE ET EN RIGOLES	39
4.c- LE RAVINEMENT	40
II- LES FACTEURS DE RISQUE DE L'ÉROSION HYDRIQUE	41
1- LE CLIMAT	41
2- LA PENTE	42
3- LE ROLE DE LA VEGETATION	44
4- LES FACTEURS LIES A L'HOMME	44
III- MECANISME DE L'ÉROSION HYDRIQUE	45
1. EROSION SPLASH	45
2. LE RUISSELLEMENT	45
3. L'INFILTRATION	46
IV-PRESENTATION DE LA METHODE DE BONFILS	47
1-INTRODUCTION.....	47
2-Méthodologie de la méthode	47
3-Appréciation du risque potentiel d'érosion des sols	47
3.a-Classes d'érodabilité des sols (K).....	47
3.b-Classes d'érosivité des pluies (R).....	49
3.b.1-Indice de FOURNIER	49
3.b.2-Indice de BAGNOULS et GAUSSEN (BGI).....	50
3.c-Importance de la pente (S).....	51
4-L'appréciation du risque potentiel d'érosion	51
5-Évaluation du risque actuel d'érosion	51

CHAPITRE -II- PRESENTATION DE LA METHODE DE BONFILS

I-APPLICATION DE LA METHODE BONFILS	53
I.1-APPRECIATION DU RISQUE POTENTIEL D'EROSION DES SOLS (R.P.E).....	53
A.Classes d'érodabilité des sols (K)	53
A.1) la texture	53
A.2) la profondeur	53
B.Classes d'érosivité des pluies (R)	55
B.1- Indice de Fournier (IF).....	55
B.2-Indice de BAGNOULS et GAUSSEN (BGI)	55
C.Classe des pentes (S).....	56
D.Appréciation du risque potentiel d'érosion	56
CONCLUSION GÉNÉRALE	59
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

Remerciements

Je tiens à remercier le Bon Dieu qui m'a donné le courage pour accomplir ce modeste effort.

Et J'aimerais adresser mes sincères remerciements à

Mes très chers parents et ma femme et mes Frères.

Mon très chère ami Hamou (Département Agronomie)

je ne sais comment exprimer ma gratitude à M .HARTANI Mohammed,

Professeur à l'Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

(Département Agronomie), qui a accepté d'encadrer mon travail et

m'a apporté de précieux conseils pour la réalisation de ce mémoire.

Je remercie aussi

Les cadres de la Haute Commissariat de développement de la steppe de la wilaya de Naama.

La Surconscription des Forêt de la Daira de Ain sefra .

Et Spécialement M. Hassani Botkhil et Ben issa Mohammed.

Enfin, j'adresse mes remerciements aux Etudiants et Etudiantes

Master- 2- Gestion Durable de L'environnement.

M. Chekhnaba Mohammed .

Résumé

Dans le présent travail on essaye de développer une méthodologie basée sur l'outil de la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) pour cartographier les zones à risque d'érosion hydrique dans une région semi-aride (cas du Bassin Versant de Ain Sefra wilaya de NAAMA), et de produire une carte de risque d'érosion qui peut être utilisée comme document de référence d'aide à la décision.

La méthodologie présentée consiste à intégrer, dans un SIG, les facteurs contrôlant l'érosion l'érodabilité des sols, l'érosivité des pluies, et la pente selon la méthode BONFILS.

La carte de risque d'érosion dérivée montre Trois zones de vulnérabilité à l'érosion hydrique faible, moyen et fort.

Mots clefs : érosion, érodabilité , érosivité , SIG , Ain Sefra ,

Abstract

In this study we try to develop a methodology using remote sensing and geographical information systems (GIS) to map zones presenting risks of water erosion in the Watershed Ain Sefra ,region of NAAMA. And to produce a risk map that can be used as a reference document of decision-making support for planners. The methodology presented consists in integrating into a GIS, the factors that control erosion: soil erodability, rain full erosivity, slope, and vegetation land cover. The derived erosion risk map shows three areas of vulnerability to water erosion: weak, medium,and high.

This methodology presented in this study can be generated for the whole of the region, where we can find other phenomenon risk of degradation.

Keywords : erosion, erodability, erosivity , GIS, Ain Sefra .

ملخص :

في هذا العمل ونحن نحاول وضع منهجية تستند إلى أداة الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (SIG). لرسم خرائط المناطق المعرضة لخطر الانجراف المائي في المنطقة شبه الجافة (حالة مستجمعات المياه عين صفراء ولاية النعامة) و إنتاج خريطة لمخاطر الانجراف التي يمكن إستخدامها كوثيقة مرجعية للمساعدة في إتخاذ القرار والمنهجية المقدمة في الدمج في نظم المعلومات الجغرافية .

العوامل المؤثرة على إنجراف التربة، وهطول الأمطار و المنحدر وفقا لطريقة BONFILS. خريطة خطر الإنجراف المستمدة توضحرلنا ثلاثة مناطق معرضة للإنجراف منخفضة ,متوسطة وعالية .

الكلمات الرئيسية : المحافظة على التربة , الإنجراف, العين الصفراء , المنطقة الجافة.

PROBLÉMATIQUE

Les pertes en sols des terres, leur transport et sédimentation dans les infrastructures hydrauliques, hydro-agricoles, routières... ont poussé les décideurs à examiner de plus près cette problématique, vu son ampleur et les conséquences qu'elle engendre face aux changements climatiques attendus. Des outils d'investigation ont été mis en œuvre pour tenter de maîtriser le phénomène, malheureusement les sols continuent à se dégrader malgré une lutte antiérosive intensive entreprise à l'échelle des bassins versants, Le phénomène a atteint un stade parfois irréversible. Toutes les formes d'érosion y sont associées, laissant des paysages désolés, Le phénomène s'est accru et s'amplifie aussi bien dans l'espace que dans le temps, aggravé en maints endroits par le changement climatique.

Des alternances d'inondations torrentielles et de sécheresses prolongées sont observées. Conjuguées à une action anthropique non contrôlée (incendies, défrichage, surpâturage...), elles rendent le bassin d'alimentation et le réseau d'écoulement très vulnérables au phénomène érosif.

Cette problématique complexe reste difficile à quantifier, Si à l'échelle de la parcelle ce phénomène est maîtrisable, il l'est moins à l'échelle du bassin-versant, L'insuffisance ou l'absence de données du jaugeage et de teneurs en sédiments rend plus complexes la connaissance et l'identification du phénomène, Seules des synthèses régionales et des études bathymétriques peuvent permettre d'identifier les zones productrices de sédiments et d'élaborer des cartes ou des abaques d'aide à la décision, Tous nos travaux de recherche sont axés sur l'analyse des techniques de conservation du sol propose une synthèse des résultats obtenus dans le contexte algérien en zone aride.

Depuis plusieurs décennies les ressources naturelles de l'espace steppique (sol, eau, végétation,...) ont subis de sévères dégradations dues aux effets combinés d'une pression humaine et animale croissante et d'une sécheresse aggravante sur ces écosystèmes.

Ces dégradations sont accentuées par le contexte d'affaiblissement de la gestion traditionnelle des territoires provoquées par les changements socioéconomiques et politiques, et l'absence de mesures appropriées de la part de l'Etat et ses services techniques pour substituer aux anciennes règles de gestion du patrimoine pastoral et écologique, de nouvelles règles pour assurer la sauvegarde et le développement durable des ressources naturelles.

Aussi et malgré les efforts considérables consentis par l'Etat pour lutter contre la dégradation du sol dans les zones pastorales et agropastorales, la situation reste préoccupante et la concrétisation des objectifs est toujours confrontée à d'importantes contraintes notamment écologiques et socio-économiques.

LISTE DES FIGURES

Page

Figure n°01 : La situation géographique de la zone d'étude (Ain Sefra).....	1
Figure n°02 : Limitation de bassin versant étudié (Ain Sefra)	5
Figure n°03 : Carte des expositions.....	11
Figure n°04 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles en mm [1989-2010].....	16
Figure n°05 : évolution annuelle des températures (1989-2010).....	22
Figure n°06 : évolution annuelle des précipitations (1989-2010)	22
Figure n°07 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et Gausse Station d'Ain Sefra (1989-2010).....	23
Figure n°08 : les Formation Géologique de la wilaya de Naama	27
Figure n°09 : Réseau hydrographique de bassin versant d'AIN SEFRA.	28
Figure n°10 : Classification supervisé	36
Figure n°11 : Classification non supervisé	36
Figure n°12 : Mécanisme d'érosion hydrique.....	42
Figure n°13 : La carte des pentes.....	44
Figure n°14 : Triangle des textures	49
Figure n°15 : carte d'Erodabilité des sols (partie inférieur du sous bassin versant 08_12).....	54
Figure n°16 : carte du Risque Potentiel d'Erosion R.P.E.....	58

LISTE DES TABLEAUX

Page

Tableau n° 01 : Recensement général de la population et de l’habitat (RGPH)	2
Tableau n°02 : Récapitulatif des caractéristiques morpho métriques	8
Tableau n°03 : Localisation géographique de la station d’AIN SEFRA	14
Tableau n°04 : Moyenne des précipitations mensuelles [1989-2010]	15
Tableau n°05 : moyenne des précipitations saisonnière (mm) [1989-2010]	17
Tableau n°06 : Résultats des estimations statistiques des Intensités-Durées-Fréquence stations d’AIN SEFRA	19
Tableau n°07 : Répartition mensuelle des apports annuels selon la station hydrométrique de Ain Hadjadj : (Période : 1972-2004)	20
Tableau n°08 : Résultats des débits de crues obtenus par la méthode de transfert station de référence de Ain Hadjadj au bassin versant de Ain Sefra :(période : 1973-2003)...21	
Tableau n°09 : Les minima, les maxima et les températures moyennes mensuelles de la période [1989-2010].....	22
Tableau n° 10 : Le seuil de démarcation entre un mois sec et un mois humide ($P=2T$)	23
Tableau n°11 : Indice d’aridité mensuelle	25
Tableau n°12 :Le potentiel hydrique à Ain Sefra au 31/11/2010	29
Tableau n°13 : Production et consommation d’eau potable à Ain Sefra au 31/12/2010	29
Tableau n°14 : Capacité de stockage d’eau potable à Ain Sefra au 31/12/2011	29
Tableau n°15 : pédopaysages : relation sol-morphologie.....	30
Tableau n° 16 : Avantage et inconvénients du format raster et vecteur	34
Tableau n° 17 : Appellation des lignes d’écoulement.....	41
Tableau n° 18 : Influence de la couverture du sol sur le ruissellement (NAHAL, in SOLTNER, 1999).....	45
Tableau n° 19 : des propriétés et des classes d’érodabilité des sols de chaque unité spatiale	53
Tableau n° 20 : les précipitations moyennes mensuelles, la moyenne annuelle, et de $\frac{(P_i)^2}{P}$	55
Tableau n° 21 : l’indice xéothermique (p) de la période sèche	55
Tableau n° 22 : classes des pentes	56
Tableau n° 23 : risque potentiel d’érosion (R.P.E)	57

LISTE DES ACRONYMES

BV : Bassin Versant.

CES : Conservation de l'eau et du Sol .

DRS : Défense et Restauration des Sols .

GCES : Gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols .

RTM : Restauration des Terres de Montagnes .

SIG : Systèmes d'Informatique Géographique .

SAU : Superficies Agricole Utile.

HCDS : Haute Commissariat de Développement des Steppes.

D.P.A.T : Direction de Planification et Aménagement de Territoire .

DHW : Direction de l'Hydraulique de la wilaya.

DSA : Direction des Services Agricoles.

UF : Unité Fourragère.

MS : Matière Sèche.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques .

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat .

A.P.F.A : Accession à la Propriété Foncière et Agricole .

FNARDA : Fonds National de Régulation de Développement Agricole.

INTRODUCTION GENERALE :

L'Algérie est soumise à de fortes pressions en hommes et en bétail et les facteurs climatiques qui ont engendré une sévère dégradation des sols et de la couverture végétale. On estime à plus de 20 millions d'hectares des terres touchées par l'érosion au niveau Nationale.

Parmi les facteurs les plus importants qui ont causé la dégradation des terres c'est l'érosion hydrique, qui est très active dans la région des Hautes Steppes Algériennes.

Le problème de perte des terres par l'érosion hydrique ne cesse de s'amplifier et de retenir l'attention des aménagistes, chercheurs susceptibles de juguler aux mieux ce grave fléau.

La dégradation des sols par l'érosion hydrique est engendrée par une nouvelle situation caractérisée par l'abaissement des rendements par une perte des éléments fins du sol et de la couche arable, assèchement des sols, dégradations des infrastructures et les risques d'inondation.

Beaucoup des moyens ont été consentis mais persiste encore les risques de dégradation du sol par l'érosion hydrique, d'en l'intérêt d'une analyse approfondie des techniques et aménagements existent à travers notre zone d'étude «Bassin versant de AIN SEFRA».

Dans notre secteur d'étude, Le travail est basé sur la télédétection et SIG comme outils puissants de suivi et d'investigation. L'objectif est de mettre en évidence l'importance du phénomène et consiste d'évaluer, qualitativement, les risques potentiels d'érosion des sols en premier lieu, et en deuxième lieu d'apprécier les risques actuels d'érosion des sols, en se basant sur des données descriptives.

La méthode BONFILS antiérosif utilisée a permis d'identifier des zones à risque faible, moyen ou fort d'érosion du Bassin Versant de Ain Sefra sous forme d'un document cartographique, c'est une méthode d'évaluation des risques à l'aide des paramètres fiables, afin de reconnaître les terrains les plus exposés et les plus sensible aux problèmes de l'érosion hydrique .

Dans la présente étude on va examiner les terres aux termes de choix des zones prioritaires d'intervention objet d'aménagement.

Le présent travail s'articule autour de quatre chapitres :

- chapitre 1 : présentation de la zone d'étude .
- chapitre 2 : les SIG et télédétection.
- chapitre 3 : l'érosion hydrique du sol et présentations de la méthode de BONFILS .
- chapitre 4 : présentations de la méthode de BONFILS .

PREMIERE PARTIE

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE, LES SIG ET TELEDETECTION

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

La wilaya de Naama, est une wilaya frontalière avec le royaume du Maroc, est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Tlemcen et Sidi-Bel-Abbès,
- A l'Est par la wilaya d'El bayadh,
- Au Sud par la wilaya de Béchar,
- A l'Ouest par la frontière algéro-marocaine.

La zone concernée par cette étude est la partie Sud-Ouest des hautes plaines oranaises. Elle se rattache administrativement à la Wilaya de Naâma. Cette dernière est issue du dernier découpage administratif de 1984. Elle se compose de 07 Daïras regroupent 12 communes, elle est située entre l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud.

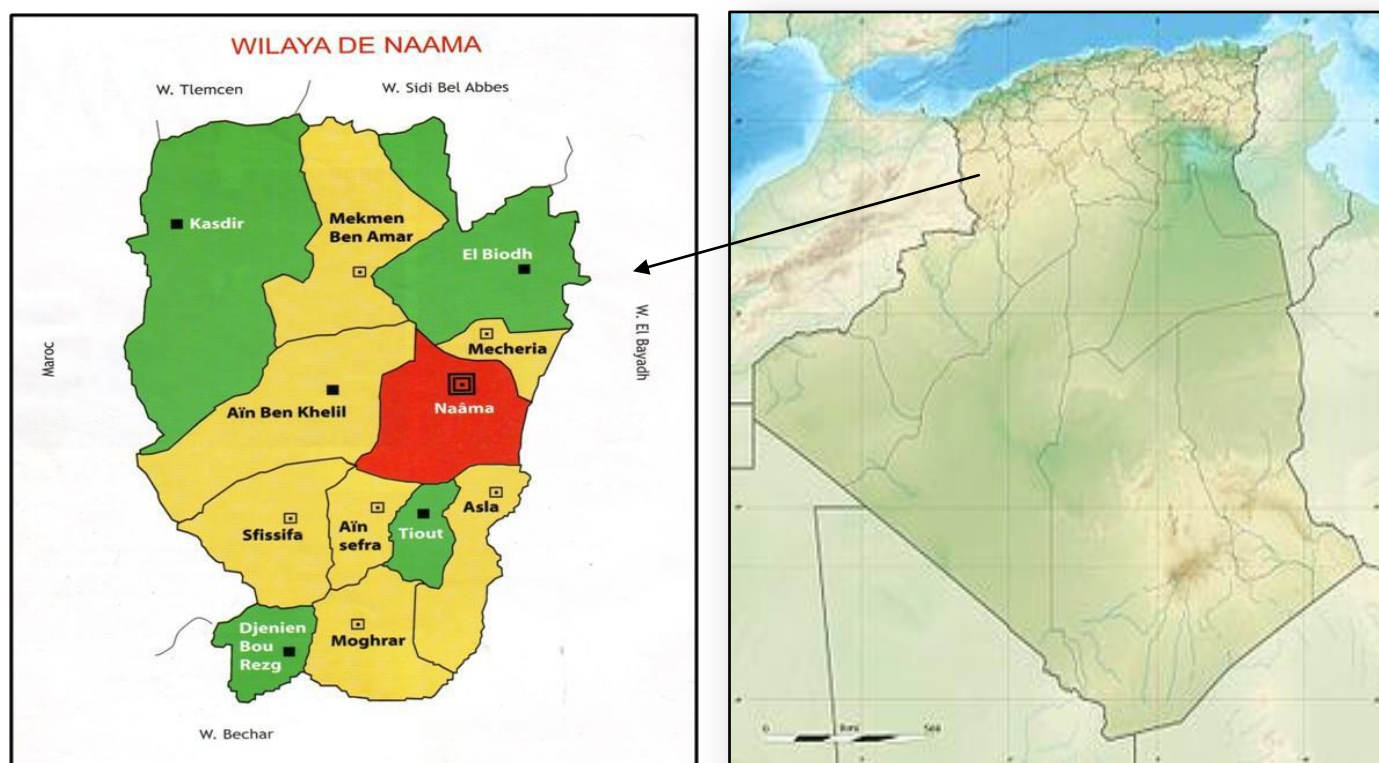


Figure n°01 : La situation géographique de la zone d'étude (Ain Sefra).

La daïra d'AIN SEFRA appartient administrativement à cette wilaya et situe au sud-ouest de cette dernière. Elle s'étend sur une superficie de 1023.13 Km² pour une population estimée à 54 229 habitants, soit une densité de 53.00 ha/ Km² limitée au Nord par la commune de Naâma, à l'Est par celle de Tiout, à l'ouest par la commune de Sfissifa et au sud par Moughrar.(D.P.A.T,2011).

La ville est à 1075 mètres d'altitude est situe entre deux montagnes ; Djebel Mekther au sud et Djebel Aïssa au nord. Elle s'agit d'une partie des monts des Ksours et des piémonts de l'Atlas saharien, traversé par l'oued de Tirkounte et de Breidj considérées comme l'affluent principal de l'oued Ain sefra. Elle est caractérisée par la prédominance de l'activité pastorale et l'agriculture de type oasisien .

2 - CADRE SOCIO-ECONOMIQUE :

Sur le plan de l'évolution et la répartition de la population dans la wilaya de Naâma, elle est caractérisée par une tendance à une bipolarisation dans les deux centres de Mecheria et Ain-Sefra ; Près de 58% de la population totale y réside dans une superficie n'excédant pas 7% de la superficie totale de la wilaya.

En termes de volume de population sédentaire, les autres communes se répartissent en deux (02) groupes.

- Le premier composé des communes de Naâma, Elbiodh et Ain-Benkhelil et Asla où la population varie entre 10.000 et 20.000 Habitants.

- Le deuxième groupe composé de Tiout, Sfissifa, Moghrar, Djenien-Bourezg, Mekmen-Ben-Amar et Kasdir où la population est au dessous de 10.000 Habitants .

Le rythme de croissance de la population locale est caractérisé par une variation à la baisse à travers les différentes périodes intercensitaires .

D'après le recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) de 1977 la population de la wilaya de Naâma était de 82 555 habitants puis 127 314 habitants au RGPH 1998 (résultats finaux officiels) avec un taux d'accroissement annuel moyen de 3.37 %. Pour atteindre 192 891 au RGPH 2008 (résultats finaux officiels, voir "Données statistiques" N° 527/45, ONS) avec un taux d'accroissement moyen de 4,3% .

Tableau n° 01 : Recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) .

RGPH77 (mars)	RGPH87 (mars)	RGPH98 (juin)	RGPH 2008 (16 avril) (*)	au 31/12/20 10	TAG entre RGPH77 -87 (%)	TAG entre RGPH87 -98 (%)	TAG entre RGPH98 -2008 (%)	TAG entre RGPH200 8 et l'année 2010 (%)
82,555	113,700	165,578	209,470	225,530	3.25	3.37	3.10	2.75

Source : (D.P.A.T,2011)

Le taux d'accroissement annuel global moyen de la population reste élevé.

La cadence d'accroissement est homogène durant la période allant de 1977 à 1998, elle se situe autour de 3%. Elle était de :

- 3,25% entre les RGPH de 1977 et 1987.
- 3,40% entre le RGPH de 1987 et le RGPH de 1998,
- 3,37% entre les RGPH des années 1977 et 1998,
- 3,10% entre les RGPH des années 1998 et 2008 (résultats préliminaires)
- 2,75% entre les RGPH1998 et l'année 2010.

Une baisse apparente dans le taux d'accroissement global moyen est observée entre le RGPH1987 et l'année 2010. Cette baisse peut être considérée comme une transition dans le comportement démographique de la population .

2.1- ACTIVITES ECONOMIQUE :

L'agriculture et le pastoralisme sont en effet les deux activités qui ont toujours constitué la vocation économique de la commune d'AIN SEFRA .

Ce secteur a connu par le passé plusieurs crises, surtout celles liées aux facteurs climatiques et d'ensablement de la zone .

Dans les zones arides et semi-arides, le passage du pastoralisme fondé sur la mobilité des troupeaux à l'agropastoralisme avec le développement progressif d'une agriculture intégrée s'est accéléré avec la mise en place des politiques de lutte contre les effets de la sécheresse qui ont permis le maintien d'un stock animal important durant les périodes de sécheresse grâce aux transferts de fourrage des zones favorable vers les zones arides (**BOURBOUZE et al,1999**) .

C'est un espace à population peu dense, agglomérée. Il subit des changements profonds (environnementaux aussi bien que socio-économiques) depuis plus de 30 ans .

Les changements socio-économiques sont complexes. Ils se traduisent par une baisse du nomadisme mais non pas de l'agro-pastoralisme (**BELMAHI Mohammed Nadir .2012**) .

II - CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT DE AIN SEFRA :

Le bassin versant de AIN SEFRA constitue par deux petits bassins versants des oueds Tirkounte et Breidj sont situés au sud ouest de territoire Algérien, à l'ouest de la ville de ain sefra. Les deux oueds traversant la ville d'ain sefra, se rejoignent pour former en plein centre de tissu urbain l'oued AIN SEFRA, puis plus en aval l'oued El Rghouiba, formant la partie amont du grand bassin versant saharien du Namous, qui décharge ses eaux dans le grand Erg occidental.

Notre bassin versant est divisé en plusieurs sous bassins importants ;

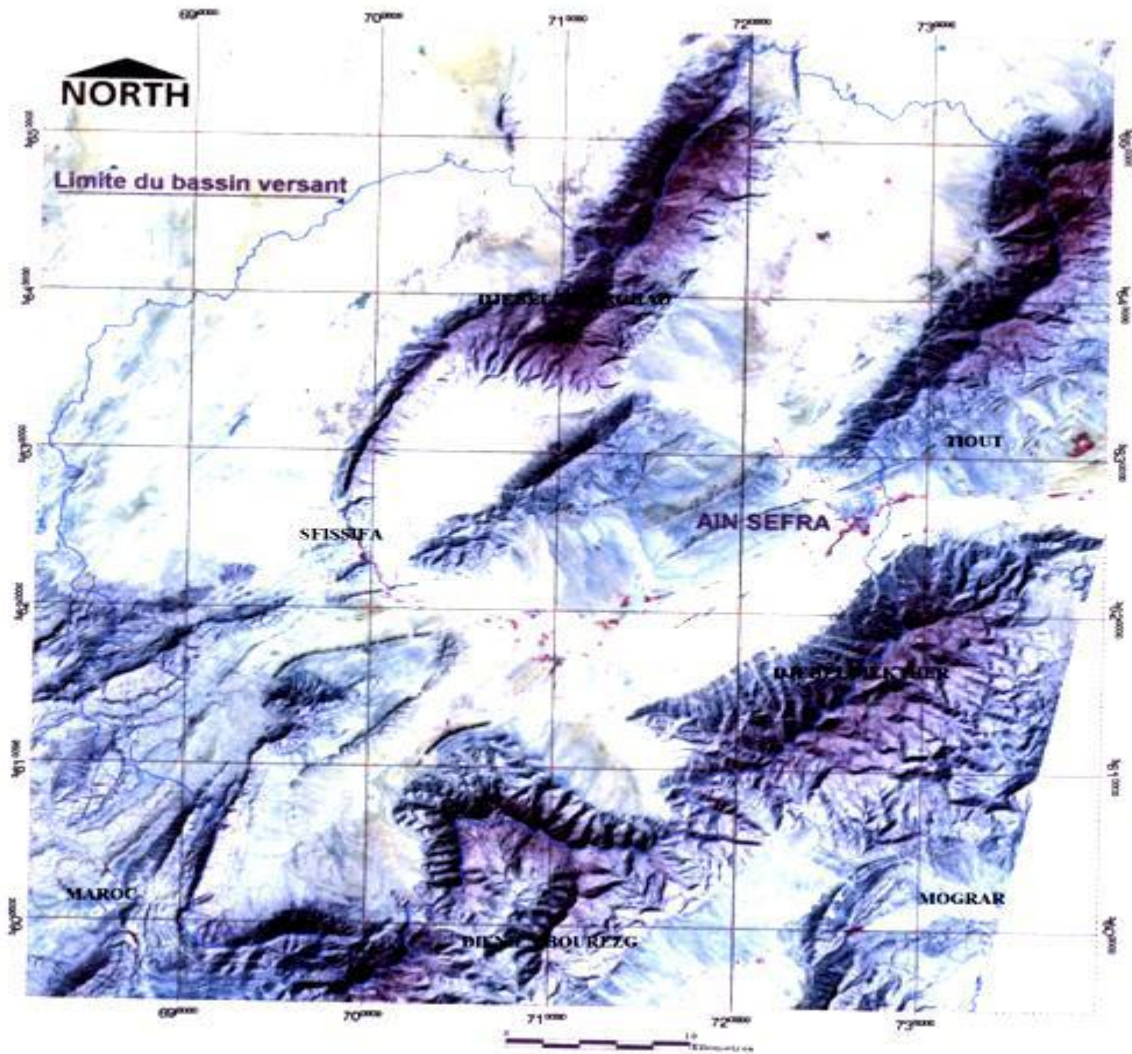
-Pour le bassin de l'oued Tirkounte on note deux grands affluents rive droite, suivant une direction Ouest- Est.

-Pour le bassin de l'oued EL breidj, l'affluent le plus important est oued Es-sfissifa à écoulement de direction Nord Ouest- Sud Est. Un autre affluent d'importance moyenne est oued El Djeliba qui s'écoule suivant la direction Sud Ouest-Nord. - L'oued Tirkounte prend sa naissance dans le djebel Morghad à une altitude maximal de 2136m (ras touil) et se dessine après jonction d'un grand nombre d'affluents à forte densité de drainage. L'oued suit son parcours montagneux jusqu'à sa jonction avec oued El breidj au niveau de plein centre de la ville d'AIN SEFRA.

- Oued El breidj prend sa naissance dans Mir EL Djebel et Mzi à une altitude culminant à 2187m. Le Breidj suit une direction Nord est jusqu'à sa jonction son plus important affluent Es-SFISSIFA (altitude 1190m), puis continue dans la même direction jusqu'à sa jonction avec oued Tirkount.

-Sur la rive gauche on a oued Es sfissifa drainant la plus grande partie de bassin versant d'oued El breidj.

-Sur la rive droite se déverse oued El Djeliba de moindre importance puisque drainant une surface relativement plus petite.



Localisation :

1° 3' 10"W et 0° 27' 55"W

32° 28' 49"N et 33° 1' 16"N

Périmètre : 255.1 km

Superficie : 1948 km²

Altitudes

Altitude Min : 1 048.2 m

Altitude Max : 2 207 m

Altitude Moy : 1 331.4 m

Source : (MELALIH Ahmed 2012).

Figure n°02 : Limitation de bassin versant étudié (Ain Sefra) .

1- CARACTERISTIQUES MORPHO METRIQUES :

A – Superficie

C'est le paramètre le plus important de bassin parce qu'il permet de contrôler l'intensité de plusieurs phénomènes hydrologiques tel que le débit, le volume de précipitation, ou l'infiltration, etc.

La surface de bassin versant peut être mesurée par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent ou papier millimétré, par l'utilisation d'un planimètre ou, mieux par des techniques de digitalisation.

B- Périmètre

Le périmètre correspond à la longueur du bassin, il est mesuré à l'aide d'un curvimètre et peut aussi être estimé d'après la formule suivante :

$$P = k S_n R_m f$$

Ou :

S : Superficie de bassin

Rf : facteur de forme.

K.n.m : Coefficient ayant comme valeur moyenne respective ; 4.5 et -0.5.

C- La forme

La forme d'un bassin versant est la configuration géométrique telle que projetée sur un plan horizontal. Elle affecte directement son temps de réponse c-a-dire le temps de parcours des eaux à travers le réseau de drainage, et par conséquent le type d'hydrogramme.

Pour déterminer la forme de bassin versant on calcule l'indice de compacité de GRAVELIUS (K_c).

Et le rectangle équivalent.

C.1. L'indice de compacité de Gravelius (K_c)

Ce coefficient est le rapporte entre le périmètre du bassin et la circonférence du cercle ayant la même superficie que le bassin versant.

$$K_c = P / 2\pi R \text{ avec } A = \pi R^2$$

Sachant que P est le périmètre et A la surface du bassin.

Ce coefficient est donné finalement par la relation suivante :

$$K_c = 0.28 P / A$$

Ce coefficient est égal à 1 lorsque le bassin est parfaitement circulaire car le cercle est l'élément le plus compact.

C.2. Le rectangle équivalent

La notion du rectangle équivalent appelée aussi rectangle de Gravelius est une transformation purement géométrique en vertu de laquelle on assimile le bassin à un rectangle ayant le même périmètre et la même superficie.

De cette façon, les courbes de niveau deviennent des droites parallèles aux petites cotés du rectangle, et l'exutoire est l'un des ces petits cotés.

En effet le rectangle équivalent permet de comparer les différents bassins versant entre eux du point de vue forme, répartition hypsométrique, pente globale, etc...

$$L = Kc A^{1/2} (l + l - (1.12) 2Kc)$$

L= longueur du rectangle équivalent.

l = largeur du rectangle équivalent

A= la surface égal à $L \times l$ (Km²)

P= le périmètre = $2(L + l)$ (Km).

Notre bassin d'étude s'étend dans la chaîne de montagnes, au djebel Aissa (point culminant est à 2207m) remontant les Monts atlasiques Ouest. Le bassin de l'oued Ain sefra s'allonge du Nord ouest au Sud –est parallèlement aux affleurements donnant des crêtes limitantes.

Le bassin étudié, couvre une superficie estimée à 1948 km², l'altitude moyenne est évaluée à près de 1331.4m, les lignes de crêtes situées entre 1700 et 2200m dont le point culminant étant 2207m. Forme deux chaînons montagneux, très arrosés en automne et hiver. Par conséquent, les affluents afférents, assez importants en matière de crues, drainent de manière énergiques la partie latérale des versants montagneux .

Au bassin de l'oued Ain Sefra, les caractéristiques physiques du bassin ont été déterminées à partir des estimations physiographiques, effectuées à échelle de 1/200000 eme du fonds topographique conforme dont l'erreur commise ne peut dépasser les 10%. Les paramètres essentiels de base, donnant le caractère morphologique du bassin sont résumés ci-après.

Tableau n°02 : Récapitulatif des caractéristiques morpho métriques :

Paramètre	Evaluation	Unité
Superficie du bassin	1948.0	Km ²
Périmètre du bassin	255.1	Km
Altitude maximale	2207	m
Altitude moyenne	1331.4	m
Altitude minimale	1048.2	m
Longueur du talweg principal	89.8	Km
Longueur de rectangle équivalent	110.89	Km
Largeur de rectangle équivalent	17.57	Km
Quotient des composants C	3.59	
Indice de compacité Kc	1.63	
Pente moyenne	4.29	%
Temps de concentration	16.30	Heures
Vitesse de transfert de ruissellement Vt	8.0	Km /h
Facteur de fréquence F	7.2	Km ²
Densité de drainage Dd	3.2	Km / Km ²

Source : (MELALIH Ahmed . 2012)

Compte tenu de son caractère notable de confluence, le bassin peut être assimilé au réseau organisé dont la hiérarchisation du chevelu hydrologique présente une série géométrique à coefficient pratiquement constant estimé à 3.2. Mais en matière de forme le bassin traduit un allongement assez développé (Kc=1.63), où seules les conditions structurale induisent une forte érosion linéaire au niveau des marnes encadrées par les affleurements calcaires .

III - MILIEU PHYSIQUE :

1. Type de sol et le couvert végétal :

Le sol est un milieu cohérent dont les propriétés s'expliquent par son histoire, les conditions de son environnement et souvent aussi par l'action humaine. Les sols steppiques sont pauvres et fragiles à cause de la rareté de l'humus et de leur très faible profondeur. « Adaptés au régime climatique aride, ils sont généralement peu évolués, moins profonds et parfois inexistant. Ils sont caractérisés par une évolution beaucoup plus régressive que l'inverse, c'est-à-dire la morphogenèse qui l'emporte sur la pédogénèse ». (HADDOUCHE, 1998).

Les sols steppiques ont deux caractères principaux :

- Pauvreté et fragilité des sols, prédominance des sols minces de couleur grise due à la raréfaction de l'humus. Ce sont les sols les plus exposés à la dégradation :

- Existences des sols cultivables dont la superficie est limitée et bien localisée.

Notre zone d'étude les sols minéraux bruts d'érosion, sont liés aux affleurements rocheux et sont situés sur de fortes pentes. En fonction du substrat rocheux, on distingue principalement les lithosols et les rigo-sols en altitude. Les dépressions qu'elles soient linéaires (lits d'oueds) ou des dépressions fermées constituées par les chottes et les dayas sont les meilleurs sols. Ce sont des sols formés par des éléments fins déposés par les eaux de ruissellement, constituant un horizon pédologique très fertile, les sols des piémonts sont beaucoup moins homogènes et moins épais. Leurs constituants sont plus grossiers et moins stables que ceux des sols des dépressions (HADDOUCHE, 2009).

Dans les hautes plaines sud oranaises l'aridité du climat ne permet pas le développement d'un couvert végétal capable de protéger la surface du sol, la plus part des espèces, en ce milieu aride, ont acquis des caractéristiques biologiques et morphologiques particulières leur permettant de surmonter toutes les conditions défavorables au milieu. Malgré le faible taux de recouvrement la végétation steppique constitue une ressource naturelle de grande importance notamment dans la protection du sol contre le phénomène de l'érosion éolienne, hydrique et dans la structure des horizons superficiels du sol.

La végétation naturelle de la zone d'étude est caractérisée par une physionomie de steppe sauf dans les montagnes où subsistent les restes de forêts primitives abattues par l'homme à base de *Pinus Halepensis* et *Juniperus Phoenicea*. En dehors de ces espèces forestières, l'aspect de la steppe change avec le gradient pluviométrique et la nature du sol. La steppe sud oranaise est dominée par les formations végétales suivantes :

- Steppe à alfa (*Stipa tenacissima*) ;
- Steppe à armoise blanche (*Artemisia herba Alba*) ;

- Steppe à sparte (*Lygeum spartum*) ;
- Steppe à halophytes ;
- Steppe à psamophytes.

(**BENSAID, 2006**).

2- Le Relief :

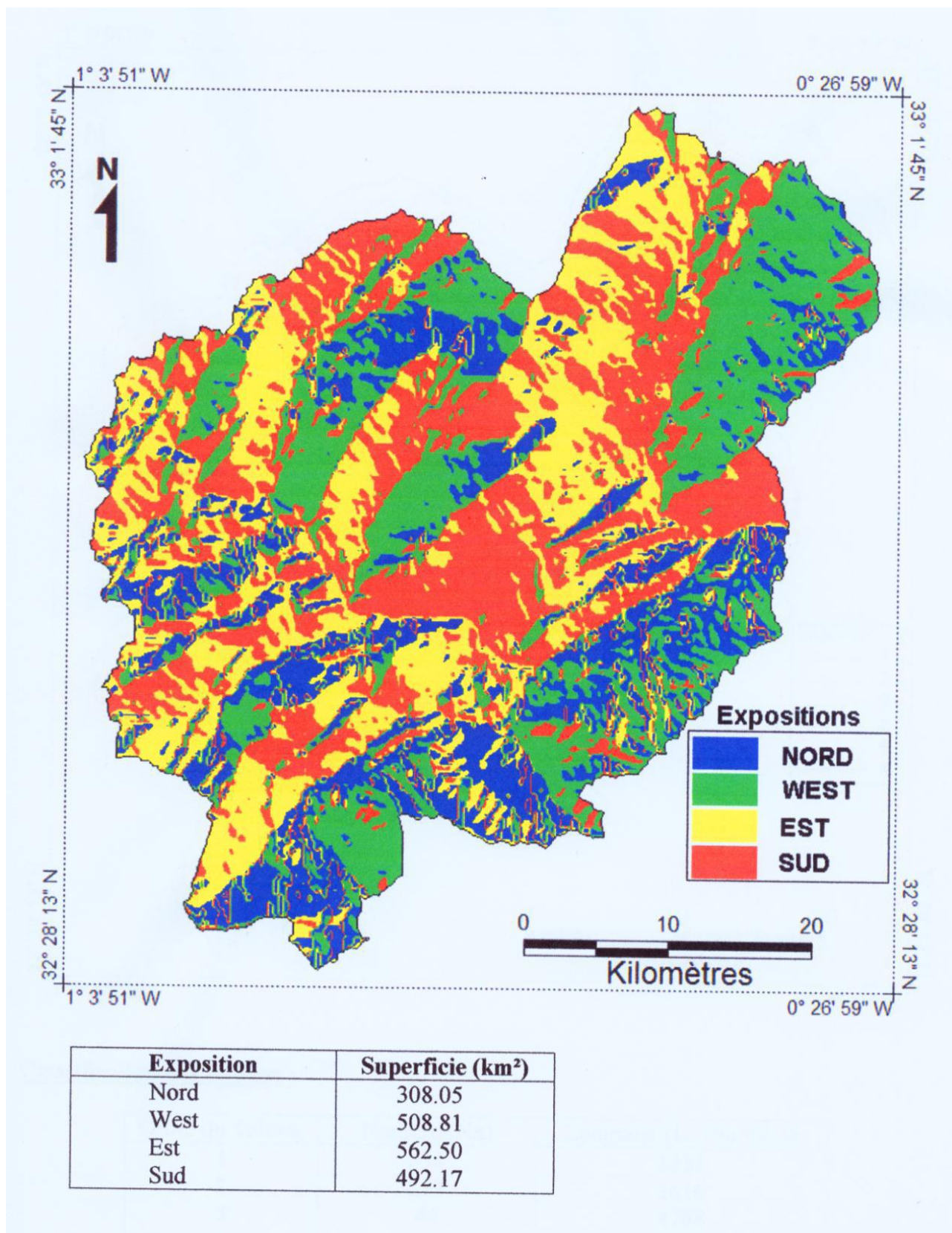
La plus part des facteurs météorologiques (précipitations, températures) et hydrologiques sont en fonctions de l'altitude d'où l'importance de connaître la répartition des surfaces en fonction de l'altitude.

Les djebels de la zone d'étude se présentent sous forme d'ensemble massif à structures complexes et plus ou moins allongées et étirées suivant l'axe général du plissement sud-ouest Nord-est. Ces structures sont généralement liées à la tectonique, à la lithologie et à l'érosion.

Elles sont constituées de roches dures (calcaire, calcaire dolomitique et grès) d'âge Jurassique dont la pente des versants est généralement forte. Parmi ces structures plissées il importe de citer l'anticlinal d'âge jurassique culminant à 2136m de djebel Morghad d'orientation Sud-Ouest Nord-Est.

Il a été affecté par un accident technique ayant provoqué un décalage de continuité dans sa partie Sud-Ouest (Cuvette de Mekhizène). Un autre anticlinal plus septentrional correspond au djebel Antar, petit chaînon avancé de l'Atlas saharien à tracé en forme d'arc de cercle ouvert vers le Nord-Ouest et dont l'altitude n'atteint pas les 2000 mètres.

(**REMAOUN. K, 1998**) in (**BENSAID, 2006**).



Source : (MELALIH Ahmed 2012).

Figure n°03 : Carte des expositions.

3- LA VEGETATION :

La végétation steppique est formée en grande partie par des espèces vivaces ligneuses (Chamaephytes) ou graminéennes, arbustive ou buissonnante, elle est discontinue formant des touffes couvrant 10 à 80% de la surface du sol.

C'est une végétation basse et traque une hauteur variable entre 10 et 60 cm. Ces espèces vivaces sont particulièrement adaptées aux conditions climatiques et édaphiques arides. Un grand nombre d'entre elles gardent leur verdure en saison sèche (**HADDOUCHE, 2009**).

a- Steppes à alfa (*Stipa tenacissima*) :

L'alfa est une plante pérenne qui est capable de résister aux aléas climatiques et aux conditions sévères de sécheresse tout en maintenant une activité physiologique même au ralenti (**AIDOU. A, et TOUFFET J. 1996**).

Les steppes à alfa investissent les espaces à bioclimats semi-arides à hiver frais et froid et dans l'étage aride supérieur à hiver froid. Elles colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1800 mètres d'altitude. Cette steppe couvre 4 millions d'hectares sur les Hauts-Plateaux, de la frontière marocaine à la frontière tunisienne à l'ouest, elle déborde jusque dans le Tell et atteignant le littoral au centre,

Elle couvre quelques milliers d'hectares dans le Sahara, Selon (**NEDJRAOUI D.1981**) la production de l'alfa peut atteindre 10 tonnes de matière sèche par hectare (MS/ha) mais la partie exploitable est de l'ordre de 1000 à 1500 kg MS/ha, Sur le plan pastoral elle est qualifiée par la plus part des auteurs (**NEDJRAOUI.D.1981-AIDOU.A ;TOUFFET.J.1996; ABDELGUERFI A et LAOUAR. M 1996 et KADI HANIFI ACHOUR. H 2000**) comme une espèce médiocre et de faible valeur énergétique (0.3 à 0.5 UF 5/kg MS), L'alfa joue un rôle très important dans le maintien du sol et de sa protection contre le phénomène de l'érosion éolienne et les accumulations de sable au cours des périodes de sécheresses et de déficit hydrique du sol. La plus part des travaux de recherches réalisés dans la steppe ont confirmé la régression spectaculaire de l'alfa (**NEDJRAOUI D., 1981; DJEBAILI S., 1984; LE HOUEROU H.N., 1995; AIDOU A. et TOUFFET J., 1996; ABDELGUERFI et LAOUAR M., 1996; KADI HANIFI ACHOUR H, 2000; BENSALD et SMAHI Z., 2003**).

Pourtant l'alfa a pu résister à la fois à la pression anthropique et aux aléas climatiques. L'exploitation de l'alfa remonte à 1870 où furent expédiées 42000 tonnes vers l'Ecosse, Ainsi dix ans plus tard l'exportation atteignait les 80000 tonnes et elle s'établissait autour de 110000 tonnes dans les années qui précèdent la guerre (**BENSALD, 2006**).

b- Steppe à armoise blanche : *Chih* (*Artemisia herba alba*) :

L'armoise blanche est localisée dans les étages arides supérieurs et moyens à hiver frais et froid avec des précipitations oscillant entre 100 et 300 mm .

Elle s'étale dans les zones humides (zone d'épandage) et sur un substrat plus au moins limoneux ou sur un sol argileux dans les fonds des dépressions non salées (BOUABELLAH H. 1991).

c- Steppe à spart (*Lygeum spartum*) :

Le sparte est une espèce qualifiée de médiocre sur le plan pastoral comme l'alfa. Seules les jeunes pousses et ses inflorescences sont broutées par les ovins. Sa valeur énergétique (0.3 à 0.4 UF/kg.MS) est assez faible.

Par contre, il constitue des parcours d'assez bonne qualité avec un pouvoir de régénération et une productivité relativement élevée. Il produit en moyenne 65% de sa phytomasse sur pied.

d- Steppe à halophytes :

La concentration et la répartition inégale des sels dans l'espace ont donné naissance à une formation particulière de la végétation steppique halophile très appétissante autour des dépressions salées. Les espèces les plus répandues sont : *Atriplex halimus*, *Atriplex glauca*, *Suaeda fruticosa* et *Frankenia thymifolia*.

e- Steppe à psammophytes :

Ce type de steppe se développe sur des terrains à texture sablonneuse et aux apports d'origine éolienne.

Dans la plus part des cas elle suit les couloirs d'ensablement et se répartit également dans les dépressions salées.

On distingue des steppes graminéennes à *Aristida Pungens* et *Thymellaea Microphyla* et des steppes arbustives à *Retama Retam* (*raetam*).

IV- CADRE CLIMATIQUE :

Le climat de la steppe Algérienne, qui est l'une des caractéristiques principales des régions méditerranéennes arides et semi-arides, a fait l'objet de plusieurs travaux, on cite notamment, ceux de **STEWART(1946)** ; **BAGNOULS** et **GAUSSEND (1957)** ; **STEWART(1968)** ; **DUBIEF(1959)** ; **POUGET(1980)** ; **DJELLOULI (1981)** ; **DJELLOULI** et **DAGET(1987)** ; **DJELLOULI (1990)** ; **LE HOUEROU (1995)** ; **BENABADJI** et **BOUAZZA (2000)** ; **AIDOU** et al (2006) et **HIRCHE** et al (2007) in (**HADDOUCHE , 2009**).

Tous montrent que le climat est un facteur très important en raison de son influence prépondérante sur les zones steppiques et les précipitations exercent une action supérieure pour la définition de la sécheresse globale du climat.

Il est contrasté avec une saison estivale sèche et chaude alternant avec une saison hivernale pluvieuse fraîche sinon froide.

Ce climat est caractérisé par ,

-Des manifestations météorologiques très contrastées :

-Concentration des précipitations sur quelques jours, le plus souvent en périodes fraîches d'octobre à Avril, pluviosité ne dépassant que rarement 400 mm .

-De faibles précipitations et un régime thermique relativement homogène .

Dans cette étude, il s'agit de caractériser la variation des températures et des précipitations sur une période de 21ans, allant de 1990 à 2010, Les séries d'observations sont fournies par les services de l'O.N.M.

Nous nous sommes basé uniquement sur les données disponibles au niveau de la station de Ain Sefra et qui demeure la station la plus représentative de la région parce qu'elle est située presque au centre de bassin versant d'étude.

Les caractéristiques majeures de cette station reportée dans le tableau n°11 :

Tableau n°03 : Localisation géographique de la station d'AIN SEFRA :

Station	Altitude	Latitude	Longitude
AIN SEFRA	1065 m	0° 36'W	32°45'N

Source : ONM, 2011

1- LES PRECIPITATIONS :

La pluviométrie est parmi les principales composantes de climat qui contribue à la désertification et à la dégradation des sols des zones arides.

En effet, l'aridité est une conséquence d'un déficit de précipitation par rapport à l'évaporation durant une période plus au moins longue de l'année (**ARRIGNION, 1987**).

Les précipitations moyennes annuelles fluctuent selon une fourchette de 150 à 300 mm par an, le nord des hautes plaines sud Oranaises est plus arrosé par rapport au sud .

De même la pluviosité augmente d'Ouest en est (gradient longitudinal). (**BENSAID, 2006**).

On utilise généralement la pluviosité moyenne annuelle pour caractériser la quantité de pluie en un lieu donné, La moyenne annuelle de la pluviométrie pour la période de 1989 à 2010 est de 199.93mm à Ain Sefra.

1.A-Régime mensuel des précipitations :

Le régime mensuel pluviométrique de la région d'Ain Sefra contrasté entre la période 1989-2010 a atteint 199.93 mm (Tableau n°12).

Le maximum de pluies qui arrosent la région est de 36.80mm de précipitation durant le mois d'octobre, et un minimum de 4.25mm durant le mois de juillet.

Ce n'est pas le total des pluies qui intéresse l'agropasteur, l'agriculteur et l'éleveur, mais surtout leurs répartitions dans l'année.

Tableau n°04 : Moyenne des précipitations mensuelles [1989-2010] :

Mois	Jan v	Fev	Mar s	Avri l	Mai	Juin	Juill et	Aoû t	Sept	Oct	Nov	De c	Total
P(mm)	16. 73	12.2 3	26.0 0	17.7 7	19.4 3	08.9 6	4.25	12.4 6	22.5 6	36.8 0	14.8 0	8.3 6	199.9 3

Source : ONM.2011

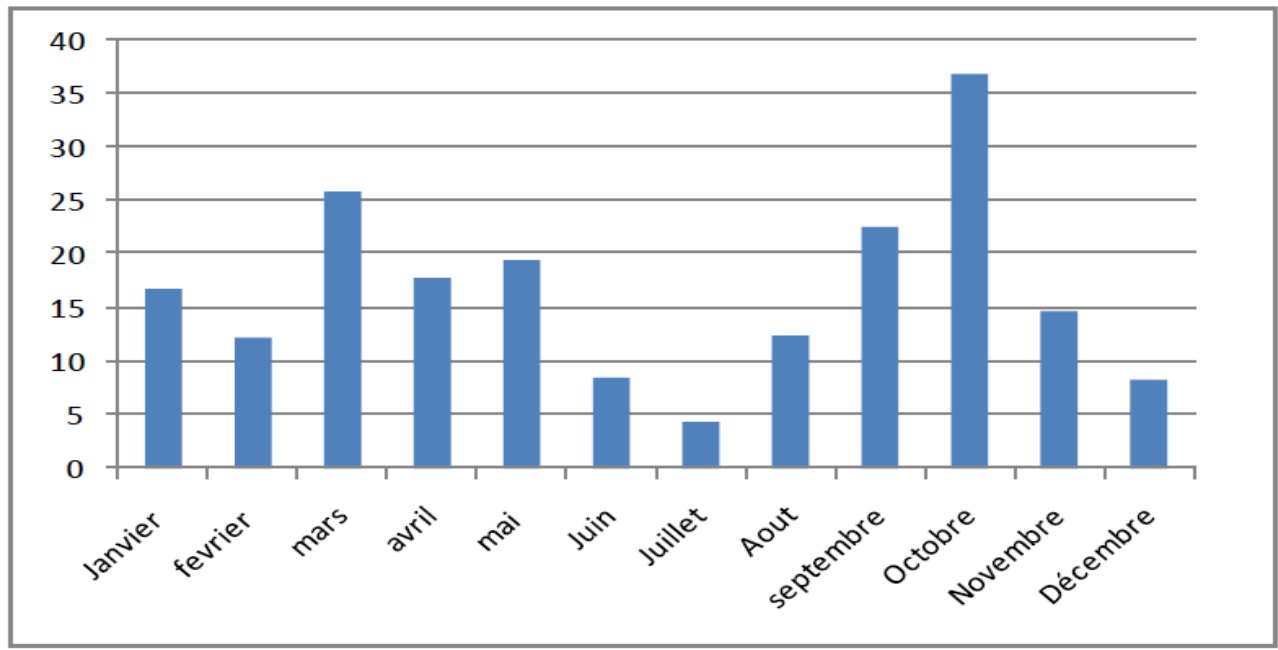


Figure n°04 : Répartition des précipitations moyennes mensuelles en mm [1989-2010].

1.B- Irrégularité des pluies

Il est important de noter que globalement la pluviosité dans notre zone d'étude reste la même par rapport à la période [1913-1938] (**SELTZER, 1946**).

La moyenne des précipitations est passée de 192mm [1913-1938] à 155.5mm [1978-2001] (**BENSAID, 2006**) pour arriver à 199.9 mm [1989-2010].

Mais ces moyennes calculées ne présentent pas réellement la réalité du terrain, elles sont utilisées uniquement pour dégager les différences périodiques (**HADDOUCHE, 2009**).

L'irrégularité des pluies dans la station de Ain Sefra est grande ; pour la période [1989-2010], la moyenne annuelle fluctue entre un minimum de 67 mm (année 2001) et un maximum de 441.6 mm (année 2008).

Souvent l'analyse de la variabilité mensuelle climatique dans la zone d'étude se base sur la pluviométrie du mois de Mars pour prononcer s'il s'agit d'une année sèche ou humide.

La pluie de ce mois est considérée comme de l'Or pur chez les agropasteurs (**BENSAID, 2006**). Toutefois, ce que nous avons constaté sur la période [1989-2010]. La pluviométrie de ce mois a reculé, cédant la première place au mois d'octobre pour presque la totalité des années de cette période.

Les valeurs de la pluviométrie de Mars fluctuent entre 1 et 164.4 mm (année 1991).

A partir de l'année 1997 et jusqu'à 2002 (soit 6 années), les pluies de mois de Mars étaient trop faibles.

Pour le mois d'octobre, enregistre des piques de 169.8mm, 229.3mm et 37mm pour les années 2007,2008 et 2010 respectivement (taux de précipitation dépassant largement la moyenne périodique pour ce mois).

1.C- Distribution annuelle des pluies

Après avoir examiné la courbe des précipitations annuelles pour notre station il ressort trois phases. La première phase concerne la période de 1989 à 1994 est caractérisée par des précipitations importantes enregistrés qui dépasse la moyenne annuelle exception pour l'année 1992 avec 92.6mm valeur enregistré en dessous de la moyenne annuelle.

La seconde phase de 1995 à 2007 pendant la quelle nous assistons à une baisse de la pluviométrie annuelle par rapport à la moyenne.

Les treize années successives ont marqué la plus grande période de sécheresse qui a frappé la région. Quant à la dernière phase de 2008 à 2010 est marqué par une remontée vers la normale des pluies après une longue sécheresse.

L'année 2008 est la plus pluvieuse de la série avec 441.6 mm (plus le double du total moyen annuel (199.9 mm), Plus de 50% du total est tombé dans le mois d'octobre de cet année.

1.D- Variation saisonnière du régime pluviométrique :

Il est préférable que les saisons soient placées dans l'ordre qui intéresse les agropasteurs de la région steppique (l'automne commence au premier septembre).

De ce fait, les saisons se répartissent comme suit :

- **Hiver** : Décembre. Janvier. Février ;
- **Printemps** : Mars, Avril, Mai ;
- **Eté** : Juin, Juillet, Août ;
- **Automne** : Septembre, Octobre, Novembre.

Tableau n°05 : moyenne des précipitations saisonnière (mm) [1989-2010] :

Saison période	Hiver	Printemps	Eté	Automne
1989-2010	37.32	63.2	25.27	74.14

Source : ONM, 2011

On remarque que la saison la plus pluvieuse est l'automne avec 74.14mm en moyenne de précipitations, et la saison la moins pluvieuse est celle de l'été avec une moyenne de 25.27 mm.

Le régime saisonnier des précipitations de la station d'Ain Sefra durant la période [1989-2010] est de type A.P.H.E.

A.P.H.E (Automne, printemps, Hiver, Eté). A l'inverse de ce qui a été donné par (BENSAID, 2006), pour la période [1978-2001] où le régime saisonnier des précipitations de cette station était de type P.A.H.E. Ce la s'explique par l'abondance des pluies d'automne et surtout de mois d'octobre entre 2001 et 2006. Néanmoins, durant la période [1913-1938](SELTZER, 1946) le régime saisonnier des précipitations de cette même station était du même type, c'est-à-dire A.P.H.E.

Il faut noter que les pluies de l'été tombent assez fréquemment sous forme d'averses diluviennes et parfois elles Créent des dégâts considérables sur les cultures ainsi que sur les infrastructures de la ville. Ces dégâts sont causés par l'intensité de la pluie et par la présence d'un sol qui favorise le ruissellement. Après une averse, le ruissellement devient très visible sur les glacis notamment.

En effet une longue période de sécheresse permet la formation d'une mince couche limoneuse au niveau de la partie superficielle du sol appelée «Pellicule de placage» qui empêche l'infiltration de l'eau dans le sol. (DJEBAÏLI, 1984).

Ainsi, en 20 octobre 1904 une crue détruisit la quasi-totalité du village de Ain sefra ; lors de cette crue périt Isabelle EBERHARDT âgée de 27ans, cette jeune femme poète écrivain décrivit avec passion la région et ce convertit à la religion musulmane en 1900 trouver la mort, de même en 1955 des pluies torrentielles accompagnées de grêle se sont abattues sur la ville de Ain sefra provoquant de nombreuses coupures dans la voie ferrée et plus de dégâts à Moghrar où les eaux ont envahi et emporté une partie du village dont l'école, Ces crues se sont répétée en Octobre 2000 et 2008.

1.E - Distribution mensuelle des pluies

La saison pluvieuse est généralement active entre le mois de septembre et le moi de mai, sauf pour le mois de décembre ou de janvier, période qui constitue pour cette région une saison de transition entre les deux régimes atlantique humide et continental saharien.

Les données pluviométriques montrent que les pluies sont relativement moins réparties au cours de l'année, à l'exception des mois de fin de saisons pluvieuses (décembre et juillet) où la précipitation, sous forme d'averses peu durables, peut être moins significative. Les mois les plus pluvieux sont enregistrés aux mois d'octobre et mars, favorisés par les intensités de type orageux.

1.F - Intensités de courtes durées

Afin d'étudier le caractère intensif des précipitations dans le bassin, il est nécessaire de formuler à partir du paramètre pluviométrique journalier, une expression mathématique déterminant les intensités de courtes durées significative. Pou cela, on dispose d'un fichier d'observation standard, relevant les pluies quotidiennes maximales annuelles dont il est possible d'extrapoler, d'une zone à l'autre en utilisant des méthodes statistiques appropriées.

Ainsi, la quantité de pluie tombée, en une durée d'intensité donnée, est admise si on la lie à la pluie maximale journalière par la formule décrite par Montana, et corrigée statiquement selon les

coefficients climatiques adéquats. Compte tenu des études réalisées dans les régions proches de notre bassin, les intensités-durées-fréquences sont déterminées par la formule régionale élaborée pour les zones des hauts plateaux, et affinée notamment en fonction du relief de l'Atlas saharien. Cette formule se définit en relation avec les pluies maximales quotidiennes fréquentielles .

Statistiquement déterminées, et ce par l'expression :

$$P(t)\% = a * P_{jmax} t^b$$

Où : a et b : Coefficients climatique ajustées convenablement au bassin projeté.

(Dans ce cas, a=0.347 et b=0.173 par extrapolation régionale)

P_{jmax} : Pluie de 24 h pour une fréquence donnée.

P(t) : pluie de durée (t) pour la même fréquence.

Tableau n°06 : Résultats des estimations statistiques des Intensités-Durées-Fréquence stations d'AIN SEFRA :

Temps de retour	2	5	10	20	50	100	1000	Temps de retour	2
Variable de GAUSS	U	0	0.842	1.282	1.644	2.054	2.3	3.1	Tc
P_{jmax} (mm)	35	53	66	78	95	107	151	Heures	P _{jmax} (mm)
AIN SEFRA	19.68	29.80	37.11	43.86	53.42	60.17	84.92	16.3	AIN SEFRA

Source : ONM, 2011.

Les crues de l'oued Ain Sefra sont, après une enquête de connaissance sur le lieu, effectué avec la population riveraine, brusque et violente. Selon des témoignes recueillis sur le terrain, lors d'une récente crues sur site, les crues bien qu'elles soient rares mais considérables, peuvent durer plusieurs heures, voire des jours. Elles peuvent rouler des dizaines de millions de mètres cubes très chargés en matières en suspensions. Ce caractère est, en effet, caractéristique des hautes plaines dont les intensités de courtes durées, génératrices d'importantes crues, sont accentuées par le relief accidenté dans son aspect intensif.

1.G- Apports liquides

En l'absence de données d'observations suffisantes sur le bassin, nos estimations de l'apport liquide moyen annuel se sont basées sur les caractéristiques morphologiques ainsi que sur les enregistrements hydrologiques du bassin de Kheneg Mezarig(oued Malleh), au site de Bousseghoun, et celui du bassin de Ain Hadjadj à Ain sefra dont les conditions d'écoulement, présentent des analogies convenables avec notre bassin étudié. Aussi, une étude bibliographique des

régions ayant les mêmes caractéristiques physiques que notre bassin. A fait l'objet d'une analyse globale pour déterminer au mieux l'écoulement annuel probable au projeté.

En outre, il a été appliqué plusieurs formules empiriques pour estimer cet apport dont les paramètres correctifs ont été de manière approfondie, ajustés conformément aux études similaires.

Sachant convenablement l'état physique de notre bassin, ainsi que les propriétés morphométriques du site, et ce lors de notre sortie de terrain, les lois qui régissent l'écoulement annuel en été longuement discutés selon leur adaptation régionale.

Tableau n°07 : Répartition mensuelle des apports annuels selon la station hydrométrique de Ain Hadjadj : (Période : 1972-2004) :

Apports mensuels	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
Ain Hadjadj	2.78	4.56	2.76	0.93	0.96	0.76	2.65	2.10	2.69	0.80	0.73	0.61	22.34
Pourcentage %	12.5	20.5	12.4	4.2	4.3	3.4	11.9	9.4	12.1	3.6	3.3	2.7	100

Source : ANRH, (2011).

1.2- ETUDE DES CRUES

Les crues de l'oued Ain Sefra, s'apparentent à celles provoquées par les averses de type orageux dans toute la région des hauts plateaux. Elles sont généralement brusques et violentes d'origine atlantique, et accentuées par l'effet continental où les pluies génératrices, de durées limitées engendrent des intensités d'écoulement remarquables.

Les pluies sont rarement généralisées sur la région, mais compte tenu de son étendue significative, le bassin est peut être exposé aux crues assez

importantes. Dans ces conditions, les crues sont catastrophiques et provoquent des inondations en aval de la ville d'Ain Sefra.

S'il on se réfère au profil en travers du lit majeur, de section large de plus de 100 mètres environ, les crues sont considérables malgré la faiblesse de la pente au voisinage de ville. La violence des crues pouvait être expliquée par l'affouillement des berges très visibles sur site du cours d'eau. Aussi, il est à signaler que les premières crues, après une longue période d'étiage, emportent des milliers de tonnes en apports solides qui peuvent être justifiées par les dépôts fameux, constitués de grès et de marnes sableuses, longeant l'oued en son lit mineur.

Ainsi, l'étude des crues a été basée sur plusieurs méthodes en tenant compte des études hydrologiques réalisées dans la région.

1.3-ANALYSE STATISTIQUE DES DEBITS MAXIMA

Reposant sur l'étude réalisée dans les bassins De Malleh et de l'oued Namous, limitrophes au bassin projeté, l'analyse statistique de la distribution de leur débits maxima donnerait comme valeurs fréquentielles des débits de pointe, en les ajustant aux mieux à la loi de GALTON. Ayant une analogie convenable, à un coefficient près, avec le bassin d'étude, il a été appliqué la formule de transfert développé par COUTAGNE, donnant généralement de résultats satisfaisants.

Ces bassins de référence ayant comme coefficient correctif le paramètre qui caractérise le passage d'un régime aride saharien au régime semi-aride continental.

Selon l'influence des précipitations de ce bassin sur celui de référence, ce coefficient est pris égal à 1,1.

$$A=QrSr^{0.5} \text{ et } Qmax=A* S^{0.5}*C$$

Où, Qr et Sr : sont respectivement des débits maxima et surface du bassin de référence ;

Alors, les débits de pointe pour le bassin de l'oued Namous à Ain Hadjadj sont évalués selon l'équation exprimant la distribution des valeurs, ajustée suivant la loi de GALTON :

$$\text{Log}(Qmax) = 0.3874 * U + 2.24$$

Par analogie statistique, les valeurs fréquentielles des débits pour notre bassin, seraient estimées suivant la même loi de distribution.

Tableau n° 08: Résultats des débits de crues obtenus par la méthode de transfert station de référence de Ain Hadjadj au bassin versant de Ain Sefra :(période : 1973-2003) :

Temps de retour	2	5	10	20	50	100	1000
Fréquence	0.5	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
Q max à Ain Hadjadj							
Période humide	174	369	546	754	1087	1354	2764
Q max au BV de Ain Sefra							
Période humide	159.64	338.56	500.95	691.80	997.32	1242.30	2535.98

Source : DHW(2011).

2- LES TEMPERATURES :

Les températures moyennes annuelles ont une influence considérable sur l'aridité du climat. Dans les hautes plaines sud oranaises, les températures varient normalement dans l'année, élevée en saison estivale et basses en saison hivernale.

Tableau n°09 : Les minima, les maxima et les températures moyennes mensuelles de la période [1989-2010].

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
T(M)c °	13.4 0	16.0 4	19.6 6	23.0 5	27.8 7	33.8 8	37.9 8	36.7 3	81.2 3	25.1 9	18.4 7	14.7 1
T(m)c °	1.09	2.51	6.05	8.98	19.5 1	18.3 9	21.6 3	20.7 9	16.5 9	11.4 6	5.57	2.35
M+m/ 2	7.24	9.27	12.8 5	16.0 0	20.6 9	26.1 3	29.8 0	28.7 6	23.9 1	18.3 2	12.0 2	8.53

Source : DHW(2011).

Dans notre zone d'étude le mois de Janvier reste le mois le plus froid de l'année et le mois de juillet est le mois le plus chaud, la température moyenne est de 17.79 C° durant la période [1989-2010]. Cette dernière affiche une tendance à la hausse, Surtout pour les quatorze dernières années [1997-2010].

3-EVOLUTION PRECIPITATION-TEMPERATURE :

Pour comprendre plus le comportement du climat dans cette région steppique, il nous y paru intéressant de voir l'évolution comparative entre les précipitations et les températures.

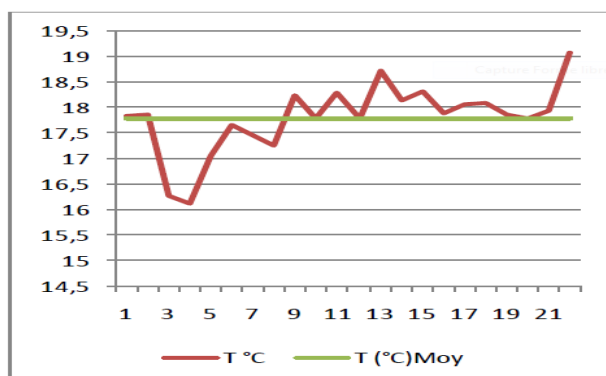


Figure n°05 : évolution annuelle des températures (1989-2010)

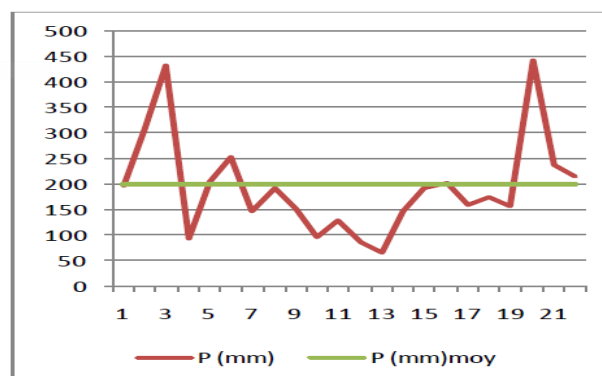
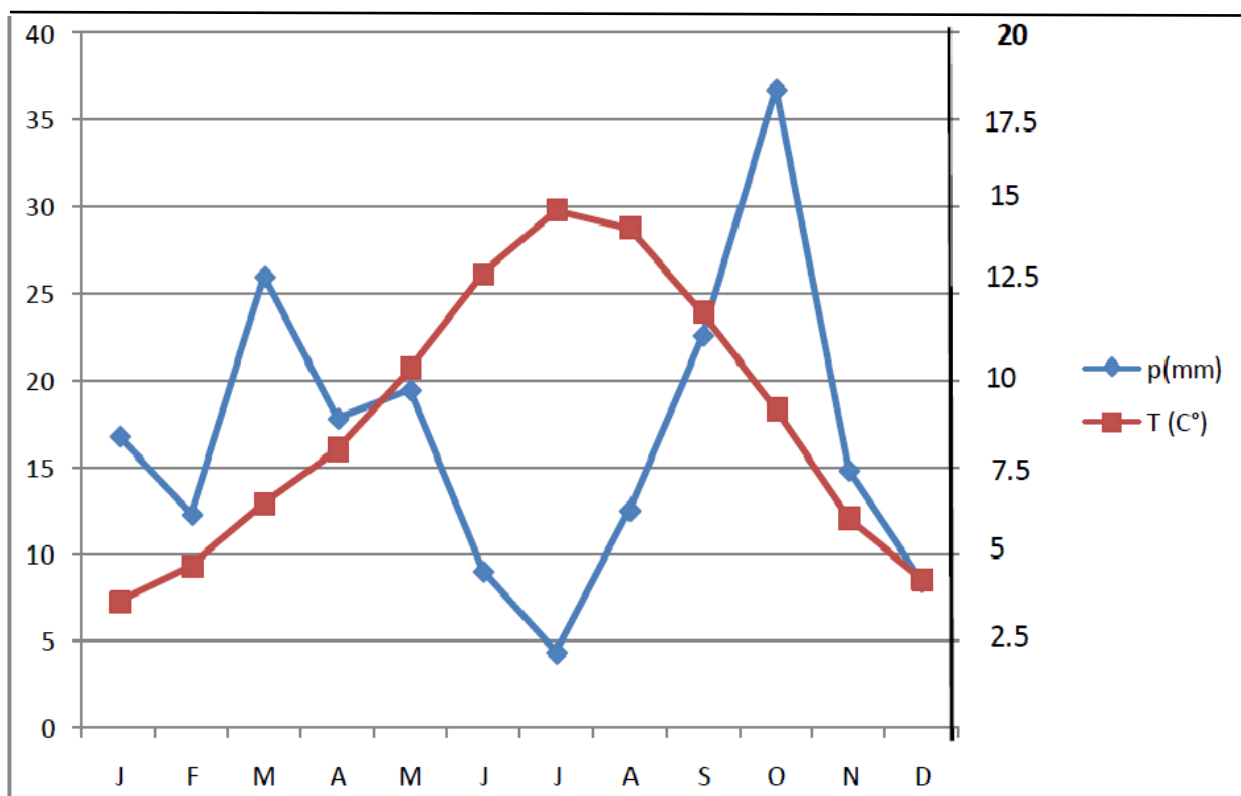


Figure n°06 : évolution annuelle des précipitations (1989-2010)

Le seuil de démarcation entre saison sèche et une saison humide a été mise en évidence par **BAGNOULS** et **GAUSSEN (1953)**, les mois dont la pluviosité moyenne exprimée en mm est inférieure au double de la température moyenne exprimée en degrés Celsius sont considérés secs. Tout fois, les mois pour lesquels la pluviosité moyenne est égale au supérieur au double de la

température sont considérés comme humides. Pour notre zone d'étude on enregistre 09 mois secs contre seulement 03 humides



Source : (MELALIH Ahmed 2012).

. **Figure n°07** : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et Gausse Station d'Ain Sefra (1989-2010).

Tableau n°10: Le seuil de démarcation entre un mois sec et un mois humide (P=2T) :

Moy des 22ans	P (mm)	T (c°)	T (c°) seuil p>2T	Seuil p<2T	Moy des 22ans	P (mm)	T (c°)	T (c°) seuil p>2T	Seuil p<2T
Janvier	16.73	7.24	humide		Juillet	4.25	29.80		Sec
Février	12.23	9.27		Sec	Août	12.46	28.76		Sec
Mars	26.00	12.85	humide		septembre	22.56	23.91		Sec
Avril	17.77	16.00		Sec	Octobre	36.80	18.32	humide	
Mai	19.43	20.69		Sec	Novembre	14.80	12.02		Sec
juin	8.56	26.13		Sec	Décembre	8.36	8.53		Sec

Source : DHW(2011).

4- SYNTHESE CLIMATIQUE :

La synthèse climatique est basée sur la recherche des formules qui permettent de ramener à une variable unique l'action de plusieurs indices climatiques. Tenant compte des variables telles que la pluviosité et les températures.

5-LE DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE BAGNOULS ET GAUSSEN (1953) :

Il permet de comparer l'évolution des valeurs des températures et des précipitations. Ils sont établis en tenant compte de la formule permettant de définir un mois sec soit : $P \leq 2T$:

P : précipitation en mm du mois

T : température en C° du même mois.

La période sèche est déterminée par une représentation graphique portant en abscisse les douze mois de l'année, en ordonnée au droit les précipitations mensuelles moyennes exprimées en (mm) et à gauche les températures moyennes exprimées en C°.

6- Indice d'aridité de DE MARTONNE

Cet indice caractérise l'aridité du climat d'une région donnée en combinant la température et les précipitations, Il s'exprime comme suit :

$$I = P / (T + 10)$$

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

T : température moyenne annuelle en (C°)

Pour :

$20 < I < 30$: climat tempéré

$10 < I < 20$ Climat semi-aride

$7.5 < I < 10$ climat steppique

$5 < I < 7.5$ climat désertique

$I < 5$: climat hyper-aride

$$I = 7.19$$

$5 < I < 7.5$ \longrightarrow donc la région de Ain sefra est dans un climat désertique.

Indice d'aridité mensuelle

$$I_m = 12P /$$

Il est obtenu par la relation suivante

P : précipitation moyenne mensuelle en (mm)

T : température moyenne mensuelle en (C°)

Les valeurs de I_m sont portées sur le tableau suivant :

Tableau n°11 : Indice d'aridité mensuelle :

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Im	11.64	7.61	13.65	8.20	7.59	2.84	1.28	3.85	7.98	15.59	8.06	5.41

Source : DHW(2011)

D'après le tableau les mois de juin, juillet et août représente le climat hyper-aride, le mois décembre le climat désertique et les mois février, Avril, Mai, Septembre et Novembre le climat steppique pour les mois janvier , Mars et octobre sont des climats du type semi-aride.

7- Indice pluvio thermique d'EMBERGER (1955)

Pour la détermination du type de climat qui règne ces dernières années notre zone d'étude, nous avons au recours à l'utilisation du quotient pluvio thermique **d'EMBERGER (1955)**. Ce quotient est généralement le plus utilisé dans les régions de l'Afrique du Nord,

Il est défini comme suit :

$$Q2 = \frac{2000 P}{M2 - m2}$$

Avec :

P : pluviosité moyenne annuelle en (mm)

M : moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid en degré absolu.

M-m : Amplitude thermique extrême moyenne.

Pour notre zone d'étude Les données climatiques de la période (1989-2010) classent Ain sefra dans l'étage aride inférieur à hiver frais.

Q2= 18.51

Cette caractérisation est macro climatique et ne peut donc être considérée qu'à petite échelle, Si elle est ainsi nécessaire dans une approche descriptive assez générale, elle n'est pas toujours suffisante, car elle est basée sur des moyennes.

Or l'autre caractère du climat qui pourrait être considéré comme aussi défavorable que l'aridité elle-même est sa grande variabilité dans le temps, statistiquement, la moyenne n'a que très peu de signification car peu probable (**AIDOU, 1983**) in (**HADDOUCHE, 2009**).

Malgré la faible moyenne des précipitations enregistré dans notre zone d'étude (199.9mm), les dégâts été causés par les averses sont non négligeable parce qu'elles emportent des milliers de tonnes des terres par les crues.

V- ASPECTS GEOLOGIQUES :

Les données géologiques fournissent des indications précieuses sur la nature du substrat où se développe la végétation, cette dernière répond d'une manière assez fidèle à la nature lithologique et aux formes géomorphologiques.

La zone d'étude, s'organise autour de deux grandes unités structurales qui se succèdent du Nord au Sud, les hautes plaines sud oranaises et l'Atlas Saharien constitué par les monts des Ksour.

Dans la région d'AIN SEFRA, il existe des terrains allant de l'âge jurassique ou quaternaire récent. Les terrains jurassiques et crétacés sont essentiellement gréseux avec parfois des intercalations de marnes.

Les anticlinaux et synclinaux de cette zone ont un fond presque plat et on passe de l'un à l'autre par une zone très inclinée aux flexures dans lesquelles les couches les plus récentes présentées par des grès sont du crétacé moyen communément attribuées à l'albien.

Deux anticlinaux, l'un au Nord, l'autre au sud encadrent le synclinal. Ils affleurent des terrains gréseux plus anciens du jurassique supérieur et crétacé inférieur.

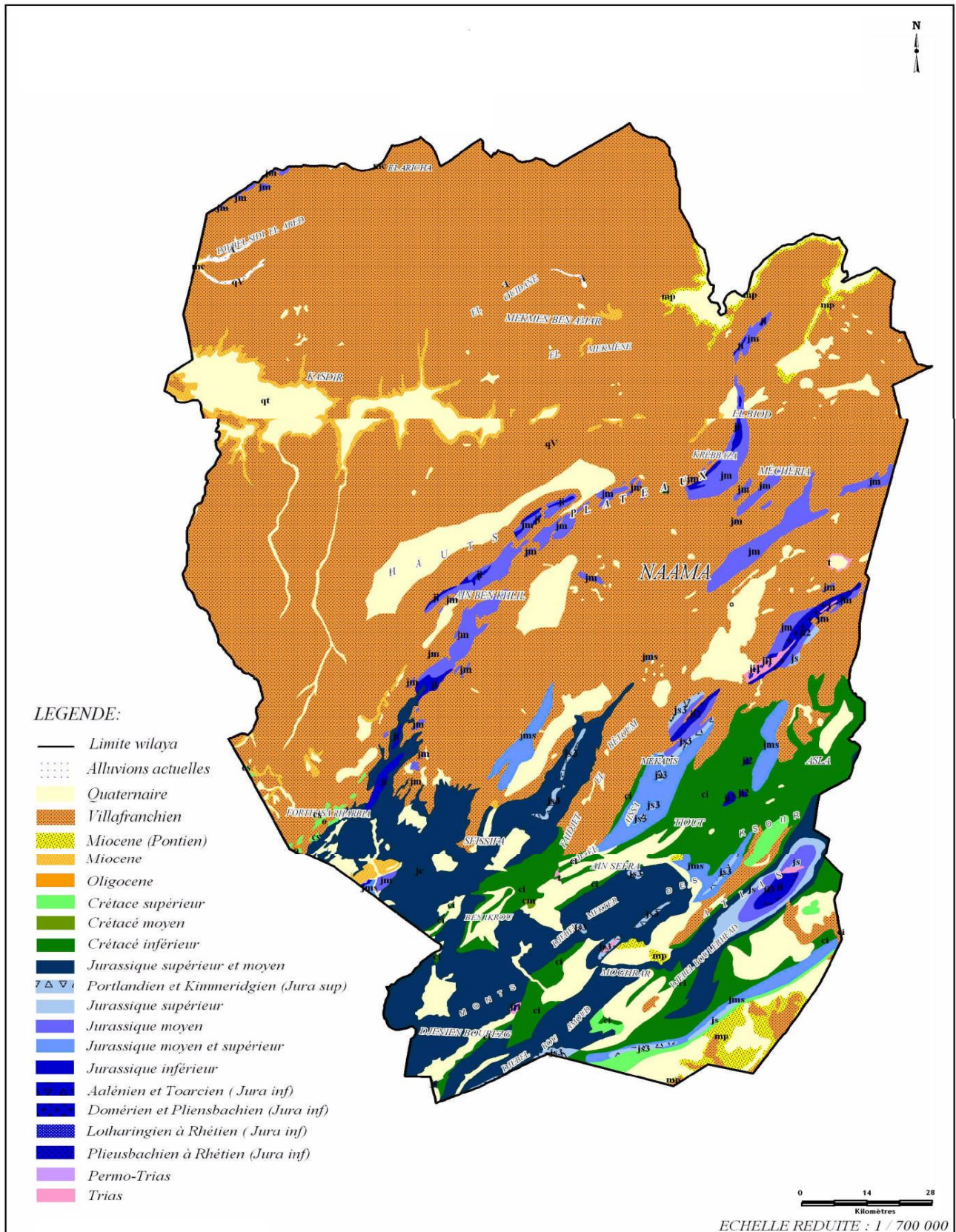
Les deux anticlinaux ont donné des Djebels Aïssa et Makther,

Parmi les massifs montagneux de la région on cite :

❖ **Djebel Mekther** : 2062m à ras echerghi, est anticlinal jurassique constitué essentiellement de grès et d'argile, son prolongement oriental s'arrête jusqu'à au niveau de la route nationale N°6 allant à Béchar.

❖ **Djebel Morghad** : culminant à 2136 m à ras Touil, est un anticlinal d'âge jurassique culminant à cet altitude, ayant été affectée par un mouvement tectonique provoquant un décalage de continuités dans sa partie Sud-Ouest (Cuvette de Mekhizène).

❖ **Djebel Aïssa** : 2207 m, anticlinal du jurassique supérieur à plusieurs sommets à 2000 m avec un abaissement de son extrémité Nord à l'Est de Mékaliss où son prolongement s'effectue par Djebel Tifkirt et saïgua. (MELALIH, 2009).



Source : (BENSAID, 2006).

Figure n°08 : les Formation Géologique de la wilaya de Naama .

VI- ASPECTS HYDROLOGIQUES :

Les hautes plaines steppiques sont caractérisées par un réseau hydrographique de faible importance et par le phénomène d'endoréisme.

D'après les services de la direction de l'environnement de la wilaya de Naama le bassin versant des monts des Ksours est d'une superficie de 8492km². Reçoit en moyenne 190mm de précipitation par année engendrant ,ainsi un apport au moyen ruisselé de 30 à 36 hm³/an.

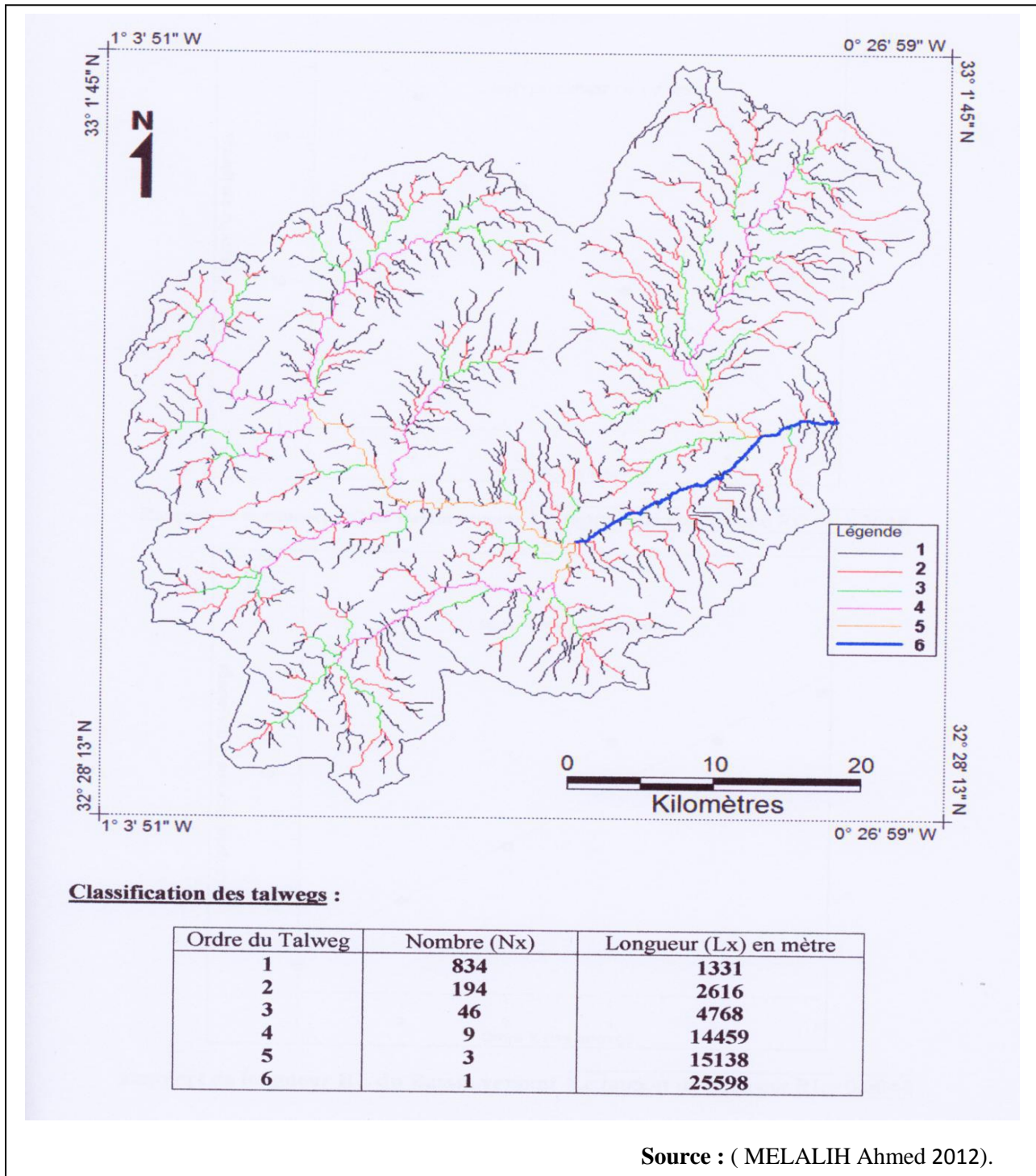


Figure n°09 : Réseau hydrographique de bassin versant d'AIN SEFRA.

On note la présence de deux types d'écoulement d'eau :

➤ De point de vue des eaux de surfaces :

Un écoulement assez dense, hiérarchisé, prenant naissance sur les versants des massifs de l'Atlas Saharien, est orienté entièrement en direction du sud vers le grand erg occidental, traversant ainsi l'ensemble de la barrière montagneuse.

C'est le cas de l'oued Breidj qui prend en charge les eaux de drainage des oueds Tirkounte et Sfissifa en traversant toute la dépression de notre zone d'étude «AIN SEFRA».

➤ De point de vue des eaux souterraines :

On sait que la wilaya de Naâma recèle d'importantes potentialités hydriques souterraines telle que la vallée de Ain Sefra- Tiout au sud de la dépression de Tirkounte, une autre nappe de moindre importance est contenue dans les alluvions de l'oued Breidj qui est limité au Nord-Est par la ville de Ain Sefra, cette nappe est développée dans une série d'alluvion sablo-Argileux d'une dizaine de mètres d'épaisseur exploitée par des puits et dont l'écoulement général à une direction SSE/NNW.

Les principaux oueds présentent un bon réservoir par ces tendances de puissance, c'est le cas de l'oued Breidj qui contient une nappe exploitée par de nombreux puits réservé à l'irrigation agricole des parcelles limitrophes.

D'après la direction de l'hydraulique de la wilaya (DHW), le potentiel hydrique, la production, la consommation et la capacité de stockage d'eau potable se présente.

Comme suit :

Tableau n°12 : Le potentiel hydrique à Ain Sefra au 31/11/2010 :

	Nombre	Débit (L/s)	Destination		
			Eau potable	Irrigation	Autre
Forages	34	760.5	318	430	12.5
Puits	317	640.5	02	632	6.5
Sources	00	04	04	Néant	Néant

Source : DHW(2011)

Tableau n°13 : Production et consommation d'eau potable à Ain Sefra au 31/12/2010 :

Volume produit (m3/j)	Volume distribué (m3/j)	Volume (m3/j) mobilisé
10 382.00	9 862.90	27 129.60

Source : DHW(2011)

Tableau n°14 : Capacité de stockage d'eau potable à Ain Sefra au 31/12/2011 :

Château d'eau		Réservoir	
Nombre	Capacité (m3)	Nombre	Capacité (m3)
05	500	07	7450

Source : DHW(2011)

VII-ASPECT PEDOLOGIQUES

La nature des sols et leur répartition sont en étroite relation avec les unités géomorphologiques, une plus grande superficie est occupée par les sols calcimagnésiques.

La classe de sols calcimagnésiques occupe la majeure partie de la zone d'étude. Elle est représentée par plusieurs types de sols : les rendzines, sols bruns calcaires et sols bruns calciques,

sols à encroutement gypseux. Ces sols occupent les glacis du quaternaire ancien et moyen. (BENSAID, 2006).

A notre connaissance, il n'existe aucune étude pédologique au niveau de la steppe à l'heure actuelle. Il au moins, pour des connaissances générales nous avons jugés utile de donner une synthèse des caractéristiques des sols qui s'y trouvent classiquement dans la steppe et en particulier dans notre zone d'étude.

Tableau n°15 : pédopaysages : relation sol-morphologie.

Pédo paysages	Morphologie	Pente (%)
Sols minéraux bruts d'érosion	Sommets de djebels avec affleurement rocheux	12 à 25 et >25
Sols minéraux bruts d'apport éolien	Plaine glacis	00 à 03
Sols peu évolués d'érosion	Glacis de piémonts et/ou plaine glacis	12 à 25 et 00 à 06
Sols peu évolués d'apport alluvial	Terrasses récentes, zone d'épandage et dayas	03 à 06
Sols peu évolués d'apport colluvial	Piémonts des djebels et les cônes de déjection	06 à 12
Sols calcimagnésiques carbonatés	Butes témoins et/ou glacis encroutes de piémonts	00 à 03 et 03 à 06
Sols calcimagnésiques à encroutement gypseux	Glacis de raccordement et /ou anciennes zone de blocage	00 à 03 et 03 à 06
Sols iso humiques (siérogènes)	Plaine glacis et dépressions alluviales	00 à 03
Sols sodiques	Dépressions alluviales	00 à 03

Source : HADDOUCHE, 1998

Chapitre II

Les SIG et Télédétection

I- LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE SIG :

1-INTRODUCTION

Discipline cartographique en plein développement, le SIG trouve ses meilleures applications en foresterie notamment l'étude des risques naturels comme l'érosion hydrique, il constitue souvent une information essentielle dans la prise de décision et la planification qui est dans notre cas l'élaboration d'un plan d'aménagement antiérosif le plus approprié.

2-DEFINITION DU SIG

Un système d'information géographique est un ensemble de logiciels intégrés, spécifiquement conçu pour être utilisé avec des données géographiques, qui comprennent à la fois les données spatiales et les données attributaires décrivant les caractéristiques géographiques, il effectue une gamme complète de fonction de base comprennent Le saisie le Stockage, l'extraction, la transformation et l'affichage , En plus d'une grande variété de procédés descriptifs et analytiques, de cela en peut dire que Le concept de base des SIG décrit à la fois l'emplacement, la distribution spatiale et la relation entre les deux (**QIHAOWENG, 2010**).

3-Domaine d'application :

Entreprises de services (gaz, téléphone, TV ...)

- Transports et logistique
- Cadastre, aménagement du territoire, urbanisme, changements démographiques
- Défense
- Foresterie, agriculture
- Gestion et protection de l'environnement
- Services de secours et d'intervention
- Science
- Les études marketing (géomarketing)
- L'écotourisme
- L'exploitation des ressources ...

4-NOTION DE LA CARTE DANS LES SIG :

Le terme cartographie est utilisé pour décrire le produit numérique ou analogique d'un SIG qui affiche des informations géographiques à l'aide d'un support cartographique.

La carte dans les SIG est le résultat final d'une série d'étapes de traitement de données SIG en commençant par la collecte des données, l'enregistrement, la maintenance, l'analyse et terminant avec une carte, Chacune de ces activités successives transforme une base de données d'informations géographiques jusqu'à ce qu'elle soit dans la forme appropriée à l'affichage sur une technologie donnée (**LONGLEY et al, 2004**).

5-LES DONNEES LIEES AUX SIG :

5-1.Les données raster :

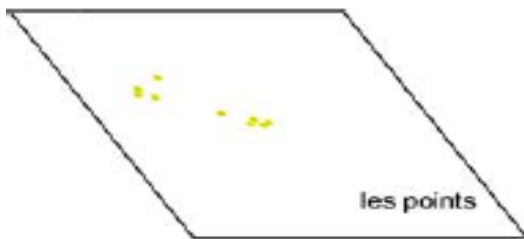
La structure des données raster est une abstraction du monde réel où les données spatiales sont divisées de manière régulière en ligne et en colonne, à chaque valeur ligne / colonne (pixel) est associées une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace, La discontinuée du modèle de données raster lui qualifié pour certains types d'opérations spatiales telle que la superposition, le calcul de superficie, ou la modélisation de simulation, (**SKIDMORE, 2002**).

5.2-Les données vectorielles

La structure de données vecteur est une abstraction du monde réel où les données de position sont représentées sous forme de coordonnées, Dans les données vectorielles, les unités de base des informations spatiales sont des points, lignes et polygones, Chacune de ces unités est composées simplement comme une série d'un ou de plusieurs points de coordonnées, par exemple : une ligne est une collection de points connexes, un polygone est un ensemble de lignes connexes. Les points sont couramment utilisés pour représenter les enregistrements individuels, bien que les polygones sont utilisés pour représenter les distributions d'espèces la végétation et les unités environnementaux. (**SKIDMORE, 2002**).

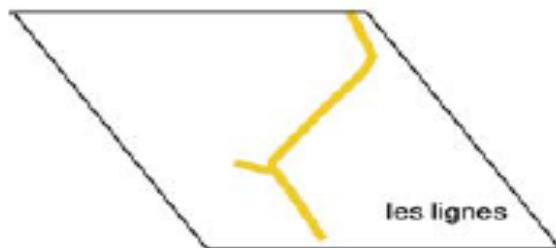
5.2.1-Le point :

L'objet le plus simple, il peut représenter à grande échelle des arbres, des bornes d'incendie, des collecteurs d'ordures, Mais à des échelles plus petites de type carte routière au 1/1 000 000ème, il représente une capitale régionale.



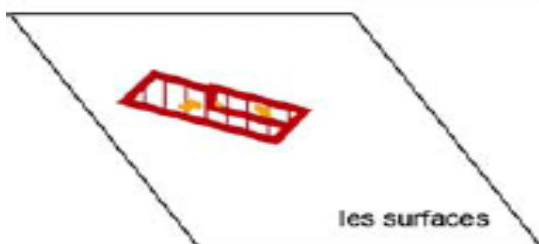
5.2.2-La ligne

La ligne représente les réseaux de communication, d'énergie, hydrographiques, d'assainissement, etc.. Elle peut être fictive, en représentant l'axe d'une route, ou virtuelle en modélisant des flux d'information, d'argent,



5.2.3-La surface :

Elle peut matérialiser une entité abstraite comme la surface d'une commune ou des entités ayant une existence géographique comme une forêt, un lac, une zone bâtie, ... (**BORDIN Patricia, 2002**)



6-COMPARAISON ENTRE LES DEUX TYPES

Tableau 16: Avantage et inconvénients du format raster et vecteur :

	Avantages	Inconvénient
Format vecteur	<ul style="list-style-type: none"> -Grande précision. -Stockage plus compact des données. -Topologie complètement décrite par la liste des relations. -Représentation graphique précise. -Extraction, mise à jour et généralisation des Graphiques et des attributs possibles -Plus adapté à des objets discrets c'est à dire dont les limites sont parfaitement définies : limites administrative, données urbaines. 	<ul style="list-style-type: none"> -Croisement thématique plus complexe et plus long -Structure des données complexe. -Combinaison, superposition très difficile à réaliser car chaque cellule est différente. -Technologie chère car de haute précision graphique. -Analyse spatiale coûteuse en temps de calcul.
Format raster	<ul style="list-style-type: none"> -Structure des données très simples. -Superposition et combinaison des données très aisées. -Analyse spatiale aisée. -Croisement thématique rapide et simple. -Technologie relativement bon marché et en plein développement -Plus adapté à des données dont les limites sont peu précises, données dont la valeur varie graduellement en fonction de la distance : altitude, géologie, Ph d'un sol 	<ul style="list-style-type: none"> -Précision liée à la taille. -Taille des mailles dépendantes du phénomène étudié. -Gros volume de stockage. -Topologie difficile à implanter. -Aspect visuel médiocre des documents

II-LA TELEDETECTION:

1- INTRODUCTION

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.

Comme son nom l'indique, elle suppose l'acquisition d'information à distances, sans contact direct avec l'objet détecté. La définition officielle de la télédétection est « *l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci* » (COMITAAS, 1988).

2-LES TRAITEMENTS :

2.1-LA CLASSIFICATION :

La classification est un moyen utile d'organisation et de hiérarchisation des données.

L'objectif de la classification est d'identifier les classes auxquelles appartiennent des objets à partir de traits descriptifs (attributs, caractéristiques, etc.).

On distingue essentiellement deux types de classification – supervisée, et non-supervisée.

Le but de la classification non-supervisée est de trouver des groupes compacts et bien séparés dans un ensemble de données

la classification supervisée c'est l'ensemble des variables explicatives est divisé en régions de classement constant avec des frontières de décision linéaires.

2.1.1-DEFINITION DE CLASSIFICATION SUPERVISEE

Une base de données d'apprentissage (ou ensemble d'apprentissage) est un ensemble de couples entrée-sortie $(x_n, y_n)_{1 \leq n \leq N}$ avec $x_n \in X$ et $y_n \in Y$, que l'on considère être tirées selon une loi sur $X \times Y$ fixe et inconnue, par exemple x_n suit une loi uniforme et $y_n = f(x_n) + w_n$ où w_n est un bruit centré.

La méthode d'apprentissage supervisé utilise cette base d'apprentissage pour déterminer une représentation compacte de f notée g et appelée indistinctement fonction de prédiction, hypothèse ou modèle qui à une nouvelle entrée x associe une sortie $g(x)$. Le but d'un algorithme d'apprentissage supervisé est donc de généraliser pour des entrées inconnues ce qu'il a pu « apprendre » grâce aux données déjà traitées par des experts, ceci de façon « raisonnable ». On dit que la fonction de prédiction apprise doit avoir de bonnes garanties en généralisation.

2.1.2-DEFINITION DE CLASSIFICATION NON SUPERVISE

Dans le domaine informatique, l'apprentissage non supervisé (parfois dénommé « clustering ») est une méthode d'apprentissage automatique. Il s'agit pour un logiciel de diviser un groupe hétérogène de données, en sous-groupes de manière que les données considérées comme les plus similaires soient associées au sein d'un groupe homogène et qu'au contraire les données considérées comme différentes se retrouvent dans d'autres groupes distincts ; l'objectif étant de permettre une extraction de connaissance organisée à partir de ces données

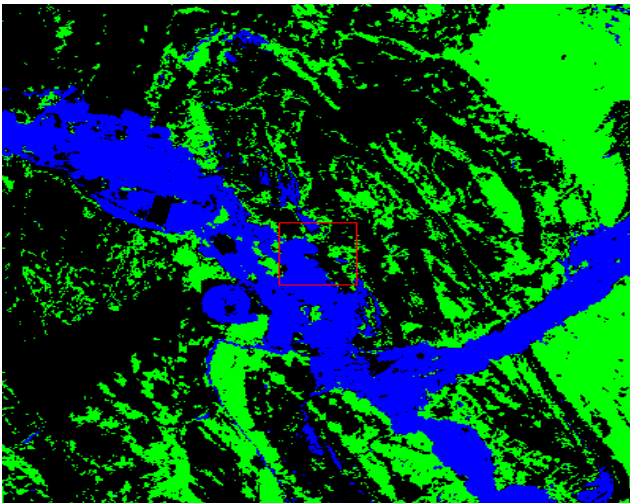


Figure n°10 : Classification supervisée

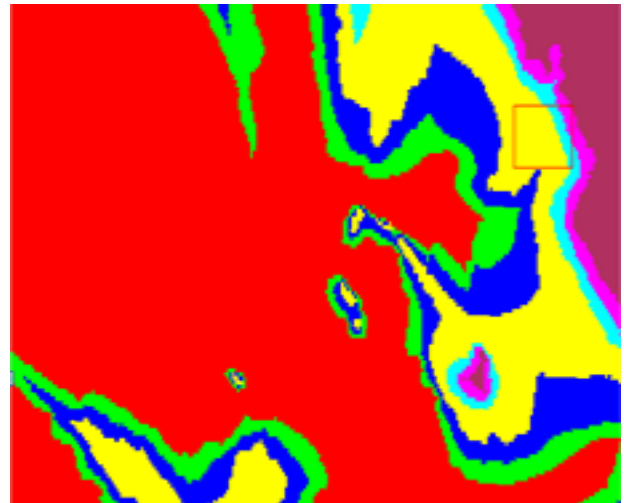


Figure n°11 : Classification non supervisée

Les deux classifications supervisée et non-supervisée montrent des limites que ce soient au niveau des méthodes ou au niveau des données testées. L'approche proposée a montré des résultats encourageants sur des données génériques. Le présent travail est fait sur des bases de données complètes. Celui-ci peut être étendu par l'élargissement de la base de données. On envisagerait faire le test sur des bases comprenant des erreurs d'étiquetage. Nous envisagerons aussi le test sur des images réelles telles que les images sonar et/ou des images médicales ainsi que l'approfondissement du processus de fusion avec d'autres méthodes.

3-LES INDICES :

3.1-L'INDICE DE VEGETATION NORMALISE NDVI :

INTRODUCTION :

En télédétection, les indices font parties des méthodes de traitement que l'on appelle les transformations multi spectrales. Ils consistent à convertir les luminances mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine de l'environnement.

Basés sur le caractère multi spectral des données satellitaires, ils permettent de décrire l'état d'un phénomène. Un indice de végétation par exemple, peut rendre compte du stade de croissance végétale à un moment donné.

Tous les indices, que ce soient les indices de végétation, les indices des sols, les indices relatifs à la colonne d'eau, etc., reposent sur une approche empirique basée sur des données expérimentales. Les indices de végétation sont très utilisés d'une part, pour identifier et suivre la dynamique de la végétation, mais aussi pour estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux, comme la biomasse, l'indice de surface foliaire, la fraction de rayonnement photosynthétique actif, etc.

3.2-LES INDICES DE VEGETATION :

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années (**Bannari et al., 1995A review of végétation indices**). Ils prennent la forme soit d'expressions très basiques (simple différence ou simple ratio), soit de formules beaucoup plus complexes. On a l'habitude de les classer en familles d'indices selon qu'ils prennent ou non en compte les facteurs externes aux couverts végétaux, tels que l'influence de l'atmosphère, la contribution spectrale des sols, la teneur en eau des végétaux (indices de sécheresse), etc.

NDVI – NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX :

Le NDVI est un indice de végétation qui se définit comme la différence normalisée des mesures de réflectance spectrale acquises dans les zones de longueurs d'onde « Proche Infra-Rouge » (« PIR ») et « Rouge ».

$$NDVI = \frac{(PIR - Rouge)}{(PIR + Rouge)}$$

- Sa valeur théorique varie entre -1 et 1. En pratique, une surface d'eau libre (océan, lac,...) prendra des valeurs de NDVI proches de 0, un sol nu prendra des valeurs de 0.1 à 0.2, alors qu'une végétation dense aura des valeurs de 0.5 à 0.8.
- Les indices de végétation ont été utilisés dans des applications très nombreuses et variées depuis l'apparition de la télédétection spatiale. Leur usage pour des estimations quantitatives soulève un certain nombre de questions qui peuvent limiter sérieusement leur utilité réelle s'ils ne sont pas correctement interprétés.
- Ils dépendent de nombreux paramètres (éclairage solaire, angles de visée, etc.) et sont perturbés par plusieurs facteurs (sensibilité aux effets atmosphériques, aux types de sols et à leur taux d'humidité) .

DEXIMEME PARTIE

L'EROSION HYDRIQUE DU SOL ET PRESENTATION,APPLICATION DE LA
METHODE DE BONFILS

Chapitre I

L'érosion hydrique du sol et présentation de la méthode de BONFILS

I - ÉROSION, DEFINITION ET FACTEURS DE RISQUES :

Le sol est une ressource naturelle non renouvelable à l'échelle du temps historique, il constitue le support des cultures (**GUILLOBEZ, 1990**).

Les différents aspects de dégradation des sols, de l'eau et de l'environnement sont intimement liés au développement des hommes et des civilisations : ils concernent autant les agronomes et les forestiers, les géographes, les hydrologues, les sédimentologues, que les socio-économistes. Mais chacun dans sa discipline à développer un langage propre, si bien que les mêmes mots n'ont pas la même signification selon les disciplines.

Il faut donc préciser la portée et le sens des mots par rapport aux divers spécialistes qui interviennent à différentes échelles de temps et d'espace. (**MAZOUR, 2004**).

Les régions arides semi arides et montagneuses à vocation agro-pastorale ou agro-sylvo-pastorale connaissent depuis le début du siècle une dégradation excessive de la flore, de la faune, des sols et du réseau hydrographique. Cette dégradation est le résultat conjugué des facteurs naturels et d'actions anthropiques, ces régions fragiles se dégraderont et évolueront rapidement vers la désertification.

1- : DEFINITION DE L'ÉROSION :

Erosion vient de (ERODERE), verbe latin qui signifie (ronger). L'érosion ronge la terre, (**MAZOUR, 2004**).

L'érosion du sol est l'une des formes de dégradation du sol les plus graves, elle correspond au déclanchement et au transport des particules du sol par l'eau, le vent ou la gravité.

L'érosion hydrique dont l'agent causal est l'eau appelée aussi érosion pluviale ou l'érosion hydraulique, est définie comme étant le détachement des particules des sols par l'effet des précipitations et du ruissellement ainsi que leur transport et leur dépôt le long du trajet.

2- TYPOLOGIE DE L'ÉROSION :

L'érosion est caractérisée par l'arrachement, le transfert et la sédimentation des particules par l'eau, le vent et la gravité.

La pluie et le vent sont les deux facteurs climatiques qui menacent le plus sérieusement l'état de ressource de base. Cette affirmation est particulièrement vraie dans les régions arides.

3- L'ÉROSION MÉCANIQUE SÈCHE :

C'est un processus voisin de creeping mais sans l'intervention des pluies.

Il s'agit d'un lent mouvement en masse des horizons superficiels sous la pression des outils de travail du sol aboutissant au décapage des sommets des collines et l'accumulation au bas des versants.

L'intensité de ce processus dépend de la pente mais surtout de l'intensité, la fréquence et du mode de travail.

On confond souvent ses effets à ceux de l'érosion en nappe mais à la différence de cette dernière, les mouvements de masse déplacent les matériaux sans les tirer.

4- L'ÉROSION HYDRIQUE :

Les paysages maghrébins sont sans doute marqués par l'érosion qui provoque une morphogénèse vigoureuse des versants. (MAHAMADOU, 2004).

L'érosion hydrique est un processus dont l'ampleur s'est aggravé avec l'utilisation des sols par l'homme, elle est due à,

L'effet mécanique de la pluie produisant ainsi la distinction ou désintégration d'agrégats assez importants qui reforment de plus petites particules, souvent accompagnée de la décomposition des particules suivent leur taille.

Mes petites particules peuvent être arrachées ou déplacées par l'eau qui coule ou ruisselle sur la surface.

D'après (HORTOD, 1940) in (ROOSE.É, 1996) le ruissellement se développe lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol.

4.a- L'ÉROSION EN NAPPE (SHEET EROSION) :

Les particules de sol non protégées se détachent en raison de piétinement, de l'érosion éolienne et de l'impact des précipitations. Les particules sont arrachées et transportées, le phénomène est observé sur les pentes faibles, où l'eau ne peut pas se concentrer dans un premier temps, c'est l'impact des gouttes des pluies qui va envoyer des gouttelettes dans toutes les directions, seulement sous l'effet de la gravité des gouttelettes auront une vitesse plus importante vers l'aval.

En effet apparaît lorsque le ruissellement en nappe s'organise, il se forme d'abord des flaques ; qui communiquent par des filets d'eau et lorsque ces filets d'eau ont atteint une certaine vitesse (HJULSTROM, 1935) in (ROOSE.É, et al 1994), ils acquièrent une énergie qui va se concentrer en lignes de plus forte pente avec un pouvoir d'arrachement suffisant pour mobiliser localement l'ensemble des particules (argiles, limons, jusqu'au gravier, Cailloux et autres).

L'érosion linéaire est donc un indice que le ruissellement s'est organisé qu'il a pris de la vitesse et acquis une énergie cinétique capable d'entailler le sol et d'emporter des particules de plus en plus grosses non seulement des argiles et des limons comme l'érosion en nappe sélective, mais des graviers ou des Cailloux et des blocs lorsqu'il sera organisé en ravines.

4.b- L'ÉROSION EN GRIFFE ET EN RIGOLES :

Lorsque le ruissellement s'organise, il creuse des formes érodées de plus profondes suivent les lignes de moindre résistance, on parle de griffe parce que les petits canaux ou micro filets ont

moins de 10cm (**ROOSE.É, et al 1994**). Les deux formes d'érosion peuvent être effacées par la machinerie aratoire.

Les causes principales de ces érosions sont :

- Le sur pâturage.
- La mauvaise exploitation des sols dans le temps et dans l'espace .
- Les mauvais travaux culturaux.

4.c- LE RAVINEMENT :

C'est un processus d'érosion dans lequel l'eau s'accumule dans des billons et dans des périodes très courtes emporte le sol des sillons et creuse des ravins de profondeur variables, allant d'environ 0.3 à 30m.

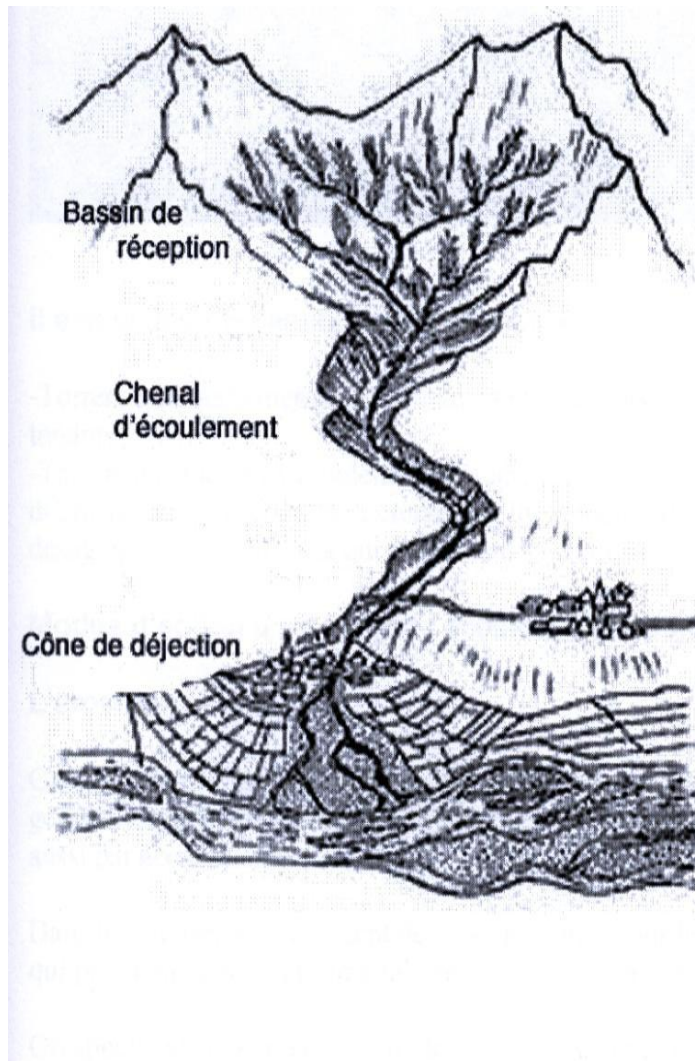
En Algérie l'érosion ravinante a déplacé de 90 à 300t/ha/an en fonction du volume des pluies, de la vitesse d'altération des versant (8à17mm/an) de la pente et la couverture végétale du sol (**ROOSE.É, et al, 1999**).

Les ravins et les ravines sont liées les unes aux autres par des crêtes, aux versants généralement dénudés provoquent un effleurement de la roche mère d'où le stade ultime du ravinement. A ce stade tout aménagement n'est plus envisageable on parle de ravinement généralisé ou bedland.

Tableau n° 17 : Appellation des lignes d'écoulement :

Profondeur	Appellation
Quelques centimètres	Griffes
>10cm	Rigoles
10à 20cm	Nappe ravinant
>50cm	Ravines

Source : (ROOSE.É, et al, 1994)



Source : (MELALIH Ahmed 2012).

Figure n°12 : Mécanisme d'érosion hydrique.

II- LES FACTEURS DE RISQUE DE L'ÉROSION HYDRIQUE :

L'érosion hydrique qui s'exerce de manière spectaculaire est due à l'action de plusieurs facteurs dont les plus importants sont :

- le climat.
- la nature du sol.
- la végétation.
- Les facteurs anthropiques.

1- LE CLIMAT :

Les précipitations atmosphériques sont la principale cause de l'érosion hydrique, elles sont caractérisées par la hauteur des averses, l'intensité et la fréquence.

La pluie désagrège les agrégats et mottes en éléments fins susceptibles d'être entraînés par le ruissellement favorisant le colmatage et limitant l'infiltration.

L'action de la pluie dépend davantage de son intensité que de sa hauteur, ce qui semble évident : une pluie d'orage de 10mm peut faire plus de dégâts qu'une pluie fine 40mm

(**SOLTNER, 1999**), cela est favorisé par un milieu fragile.

Ainsi le vent peut être déplacé par roulement des particules de 1 à 2mm de \varnothing et par saltation de 0.1 à 1mm ou en suspension dans l'atmosphère (inférieures à 0.1mm).

En effet lorsque le sol est dépourvu de végétation, le climat prend un caractère agressif et provoque une dégradation rapide des horizons superficiels et de forts ruissellements.

D'après (**MAZOUR, 2004**) cette agressivité du climat se traduit par deux types d'averse ,

les orages d'automne peu fréquents de courte durées, mais caractérisées par des intensités élevées (soit un maximum annuel en 10mm atteignant 100mm/heure), Ils peuvent provoquer du ruissellement sur des sols non saturés.

Les longues averses peu énergétiques tombant sur un sol déjà saturé. Ce sont les averses saturantes d'hivers et de printemps. Elles sont peu intenses, et à l'origine de beaucoup de ruissellement.

2- LA PENTE :

La notion de pente comprend en réalité deux facteurs bien distincts : le degré d'inclinaison du terrain par rapport à l'horizontal et la longueur sur laquelle s'applique ou se manifeste de façon continue un processus.

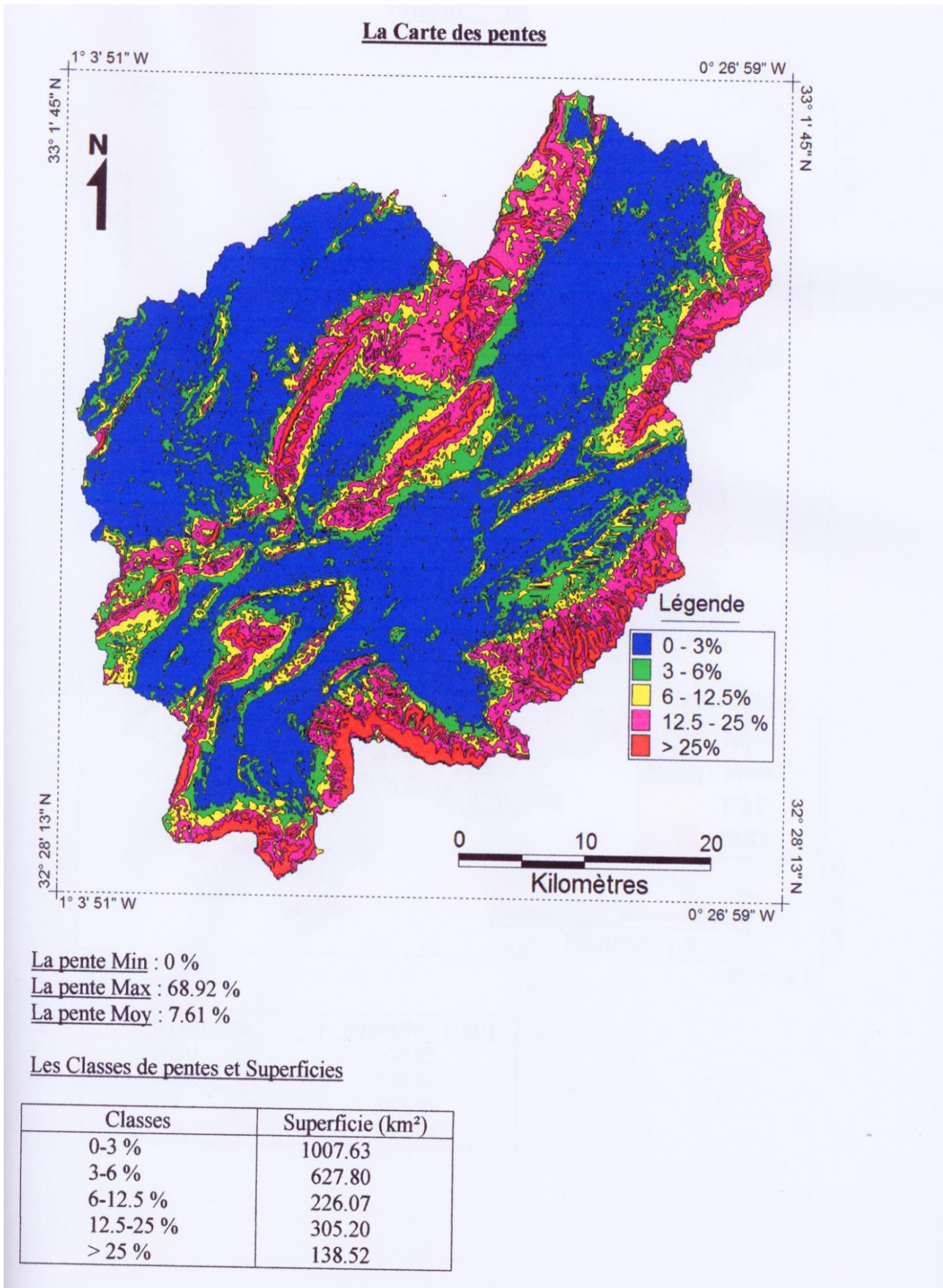
L'influence de la pente (inclinaison, longueur, forme) est très complexe.

Il est bien entendu que, plus la pente n'est raide, plus l'eau érodera le sol.

- **Forme** : Les pentes convexes apportent plus de sédiments à la rivière que les pentes concaves où l'on observe des piègeages de sédiments détachés : d'où les sols colluviaux.

-**Longueur** : La longueur des pentes a en général peu d'effet sur le ruissellement et l'érosion en nappe car les frottements sur les rugosités du sol empêchent l'accélération des nappes ruisselantes, par contre ; la masse du ruissellement concentré en rigole peut s'accumuler le long d'une pente et ouvrir un impact exponentiel sur l'érosion linéaire.

- **Inclinaison** : L'inclinaison du versant n'augmente pas toujours le ruissellement, lequel peut être très forte sur des pentes faibles. Par contre la charge solide et l'érosion augmentent de façon exponentielle et l'exposant peut varier de 1.2 à plus de 2 si le sol est mal couvert (**ROOSE.É, 1980**) in (**ROOSE.É, 1990**).



Source : (MELALIH Ahmed 2012).

Figure n °13 : La carte des pentes.

3- LE ROLE DE LA VEGETATION :

L'élément déclencheur de l'accélération de l'érosion dans les zones arides et semi-arides est la disparition de la couverture végétale, qui peut être causée par un changement climatique à long terme ou plus directement par le surpâturage. La perte de la couverture végétale entraîne une exposition de sol à l'érosion éolienne et hydrique, et la perte des sols fait diminuer le potentiel de production agricole, ceci entraîne au final une diminution de la charge animale des parcours. Bien qu'elle se produise dans les zones arides et semi-arides, l'érosion est bien le résultat des précipitations rares mais abondantes.

On effet la végétation présente un intérêt majeur dans la lutte antiérosive en agissant de plusieurs façons.

Rôle protecteur pour les impacts des pluies.

-Diminution du ruissellement.

-Accumulation des débris et enrichissement en matière organique.

Tableau n° 18 : Influence de la couverture du sol sur le ruissellement (NAHAL, in SOLTNER, 1999).

Nature de la couverture végétale	Ruissellement
	————— X 100 Infiltration
Forêt	2%
Prairie	5%
Blé-orge	25%
Maïs, coton	50%

4- LES FACTEURS LIES A L'HOMME :

L'homme est l'une des causes principales de l'érosion, il est responsable des destructions des forêts du défrichement des incendies, des surpâturages et des techniques culturales mal suivies. Ce sont les agents de la dénudation artificielle du sol, car dans le monde entier cinq millions de Kilomètre carré de terre cultivable ont été perdus par la faute de l'homme (DAJOZ, 1985).

La croissance démographique a entraîné la dégradation des ressources naturelles par :

-La mise en culture.

-La pression pastorale.

-Les incendies.

- L'écoulement hydrique.

Chaque civilisation a créé des conditions favorables au développement de l'érosion et la dégradation de la fertilité des sols, les villes, les routes, les zones des pâtures sont des milieux peu

perméable qui accumulent les volumes ruisselés, et provoquent des inondations et des dépôts de boue.

III- MECANISME DE L'EROSION HYDRIQUE :

La pluie est le facteur climatique qui menace le plus sérieusement l'état des ressources de base, cette pluie occasionne des problèmes quand :

- Des croûtes se forment à la surface, empêchant les jeunes pousses à sortir.
- Des particules de terre sont ameublées en surface par l'impact des gouttes de pluie.
- L'eau ne peut s'infiltrer suffisamment vite dans le sol et stagne à la surface. Si le terrain est en pente l'eau ruissellera le long de cette pente. L'eau sera perdue pour le champ (ruissellement) mais pire, l'eau peut détacher et accumuler les particules de la surface du sol et provoquer l'érosion.

1. EROSION SPLASH :

L'érosion splash, appelé érosion élémentaire est due au choc de la goutte de l'eau de pluie sur le sol. Celle-ci désagrège les particules du sol qui rejaillissent.

Cette action de rejaillissent est liée à l'énergie cinétique libérée par les gouttes de pluie en arrivant sur le sol.

L'énergie cinétique est égale au demi-produit de sa masse par le carré de sa vitesse.

m : la masse de la goutte **Ec**= $\frac{1}{2} mv^2$

v: la vitesse de la goutte

Ec : l'énergie cinétique en joule (si m en Kg et v en m/s).

Le diamètre des gouttes de pluie, leur vitesse de chute et leur masse totale déterminant la capacité de détachement des particules du sol.

2. LE RUISSELLEMENT :

Le ruissellement est l'écoulement par gravité à la surface du sol souvent la pente de terrain.

Au début, il y a saturation progressive du terrain, et le ruissellement se déclenche si le taux de précipitation dépasse la capacité d'infiltration du sol.

Le ruissellement est exprimé normalement en volume (m³) ou en hauteur (mm) par rapport à une superficie tandis que l'écoulement s'exprime par unité de temps (m³ s⁻¹).

Le ruissellement peut être diffus ou concentré est en fonction des cinq paramètres :

- L'intensité relative de la pluie .
- L'indice de rugosité faible .
- La pente .
- La durée de la pluie .
- L'infiltration dans le sol .

(MORSLI et al, 2004).

3. L'INFILTRATION :

On entend par l'infiltration la partie de l'eau des précipitations qui est absorbée par le sol et dirigée vers les couches inférieures. Selon, qu'il est sec ou humide, le sol ne réagit pas de la même façon aux précipitations.

L'infiltration est en fonction de plusieurs facteurs :

- L'épaisseur de la couche saturée du sol
- L'humidité du sol .
- Effet splash des gouttes .
- Mouvement des particules fines (transport solide).
- L'influence des facteurs anthropiques .
- Les états de surface .
- Le gel et la qualité de l'air dans le sol.

IV-Présentation de la méthode de BONFILS

1-Introduction

Selon P. BONFILS «c'est une méthode d'évaluation des risques à l'aide des paramètres fiables et non une méthode expérimentale», et afin de reconnaître les terrains les plus exposés aux problèmes de l'érosion on doit déterminer les paramètres d'évaluation des facteurs d'érosion qui sont les différentes informations qui permettent de caractériser les facteurs de l'érosion

2-Méthodologie de la méthode :

L'opération consiste à évaluer, qualitativement, les risques potentiels d'érosion des sols en premier lieu, et en deuxième lieu d'apprécier les risques actuels d'érosion des sols, en se basant sur des données descriptives.

3-Appréciation du risque potentiel d'érosion des sols :

L'appréciation des risques potentiels d'érosion se fait en combinant les trois facteurs :

$$A = K * R * S$$

K : Erodabilité des sols.

R : Erosivité de la pluie.

S : importance de la pente.

3.a-Classes d'érodabilité des sols (K)

L'appréciation de l'érodabilité des sols se fait par la combinaison de trois notes attribuées respectivement à la texture, à la profondeur et à l'importance des éléments grossiers, pour la texture on se réfère au triangle de la FAO sur lequel les 13 classes ont été affectées à une note selon la sensibilité à l'érosion hydrique du matériau correspondant :

La texture : trois notes sont attribuées

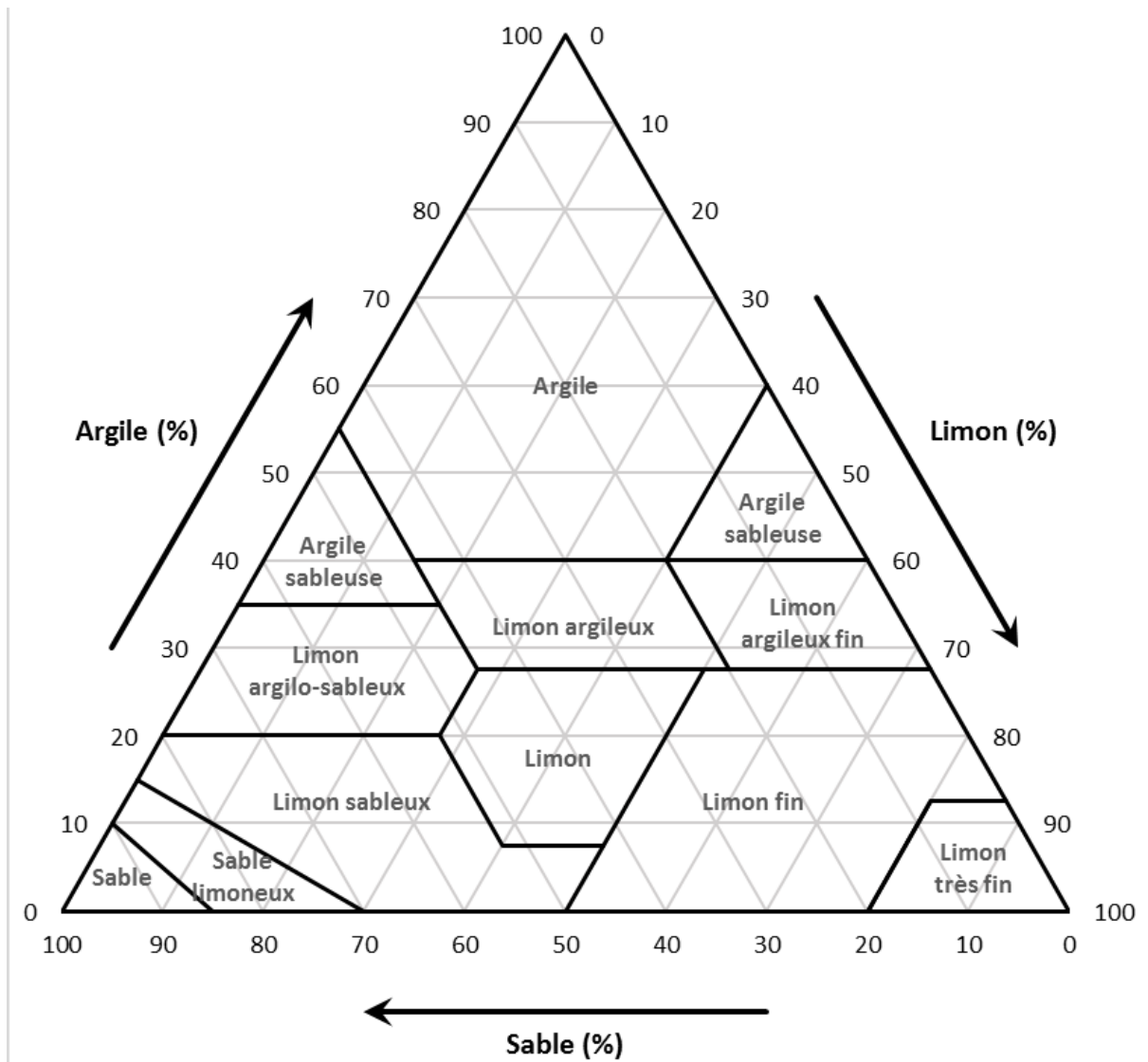
- note 1 pour les matériaux stables, riches en colloïdes argileux
- note 3 pour les matériaux les plus sensibles riches en limons
- note 2 intermédiaires entre les notes précédentes

L'érodabilité des sols :

-peu érodable : Argile Sableuse (**A.S**), Argile (**A**), Argile Limoneuse (**A.L**)

-moyennement érodable : Limon Argilo-Sableux (**L.A.S**), Limon Argileux (**L.A**), Sable (**S**), Sable Limoneux (**S.L**), Limon Argileux fin (**L.A.F**)

-fortement érodable : Limon Sableux (**L.S**), Limon (**L**), Limon fin (**L.F**), Limon très fin (**L.T.F**)



Source : (FAQ).

Figure n °14 : Triangle des textures.

La profondeur: trois notes sont attribuées

- note1 : profondeur >75 cm
- note2 : profondeur entre 25 et 75 cm
- note3 : profondeur <25 cm
-

La charge de surface ou pierrosité : deux notes sont attribuées

- note1 : > 10% d'éléments grossiers
- note2 : < 10% d'éléments grossiers

Suite à ça , on peut extraire les classes d'érodabilité des sols en combinant d'une manière multiplicative les trois notes de textures, les trois notes de profondeur et deux notes de pierrosité, en aboutissant sur 18 notes, qui sont par la suite subdivisées en trois classes à savoir :

- ⇒ **Note de 1 - 3 : classe 1 : sol peu érodable.**
- ⇒ **Note de 4 - 6 : classe 2 : sol moyennement érodable.**
- ⇒ **Note de 7 - 18 : classe 3 : sol fortement érodable.**

3.b-Classes d'érosivité des pluies (R)

Selon la méthode BONFILS, l'appréciation de l'érosivité des pluies se base sur la combinaison de deux paramètres qui sont :

3.b.1-Indice de FOURNIER :

$$\text{If} = \sum_{i=1}^{12} \frac{(pi)^2}{P}$$

Avec

Pi : pluviométrie moyenne mensuelle

P : pluviométrie annuelle

Les classes sont déterminées comme suite :

- Classe 1 : < 60
- Classe2: 61-90
- Classe 3 : 91 – 120
- Classe 4: 121-160
- Classe 5 : plus de 160

3.b.2-Indice de BAGNOULS et GAUSSEN (BGI):

Cet indice, traduit la durée et l'intensité de la saison sèche, sa détermination consiste à ressortir le nombre des mois secs consécutifs à partir du diagramme Ombrothermique.

Au cours de ces mois secs, nous retenons le nombre « p », des jours sans pluies, c'est-à-dire éliminer le nombre des jours pluvieux.

Egalement, les autres jours sans pluie, ne sont pas nécessairement des jours biologiquement secs, il faut compter un apport d'eau sous une autre forme que les précipitations, telle que l'humidité relative (HR) atmosphérique.

Pour faire intervenir cette norme d'eau, nous convenons de tenir en compte les conditions suivantes, si :

HR < 40%, les jours sont secs .

40% <HR<60%, un jour compte pour 9/10

60% <HR<80%, un jour compte pour 8/10

HR >80%, un jour compte pour 7/10

Le nombre « P » de jours sans pluie au cours de la période sèche est appelé l'indice Xérothermique.

L'indice de BAGNOULS et GAUSSEN (BGI) est défini comme suite :

$$BGI = \sum_1^i (N_{jm} - N_{jp}) * P$$

Ou :

N_{jm} : nombre des jours du mois considéré sec .

N_{jp} : nombre des jours de pluie .

P : indice Xérothermique .

-Détermination des classes de BGI :

- Classe 1: BGI=0
- Classe2: 1-50
- Classe 3 : 51 – 130
- Classe 4: plus de 130

On peut apprécier l'érosivité des pluies en multipliant les cinq classes de IF et les quatre classes de BGI, les vingt classes résultats seront reclassées en trois classes, comme suivant:

- ⇒ **Classe1: de 1 à 3.**
- ⇒ **Classe2: de 4 à 8.**
- ⇒ **Classe 3: plus de 8.**

3.c-Importance de la pente (S)

Les pentes sont classées en quatre classes :

- ⇒ **Classe 1: pente < 5%**
- ⇒ **Classe2: pente 5-15%**
- ⇒ **Classe 3 : 15 – 30%**
- ⇒ **Classe 4: plus de 30%**

4-L'appréciation du risque potentiel d'érosion :

L'évaluation du risque sera faite par la combinaison multiplicative des trois classes d'érosivité, trois classes d'érodabilité, et des quatre classes des pentes, donne des notes comprises entre 1 et 36 qui sont ramenées à:

- ⇒ **Classe1: < 5 risques potentiels nuls ou faibles.**
- ⇒ **Classe2: 6 – 11 risques potentiels moyens.**
- ⇒ **Classe3: +11 risques potentiels élevés.**

5-Évaluation du risque actuel d'érosion:

Pour déterminer les risques actuels d'érosion il est nécessaire d'introduire l'effet du couvert végétal pour le combiner avec le risque potentiel.

Seulement deux classes sont retenues :

- ⇒ **Classe1: sols couverts de 20% et plus.**
- ⇒ **Classe2: sols couverts de moins de 20% .**

Chapitre II

Application de la méthode BONFILS

I-APPLICATION DE LA METHODE BONFILS**I.1-APPRECIATION DU RISQUE POTENTIEL D'EROSION DES SOLS (R.P.E):****A. Classes d'érodabilité des sols (K) :**

L'érodabilité des sols est une mesure de la vulnérabilité ou de la susceptibilité du sol à l'érosion. Elle dépend de la stabilité de la structure du sol, ces propriétés structurales (texture, structure, profondeur, teneur en matière organique...) jouent un rôle important dans la résistance de ce dernier à l'érosion, dont on cite certains qui sont intégrés dans la méthode BONFILS

A.1) la texture :

Caractérise la friabilité du sol et détermine le type d'érosion, en nappe si elle est argileuse et en rigole si elle est limono sableuse. Les sols limoneux et sableux sont des sols instables et les sols argileux sont plus stables, donc selon le pourcentage de chaque élément on détermine la texture du sol.

Les analyses au laboratoire des échantillons nous ont donnés les caractéristiques texturales de chaque sol limité selon les unités homogènes déterminées.

A.2) la profondeur :

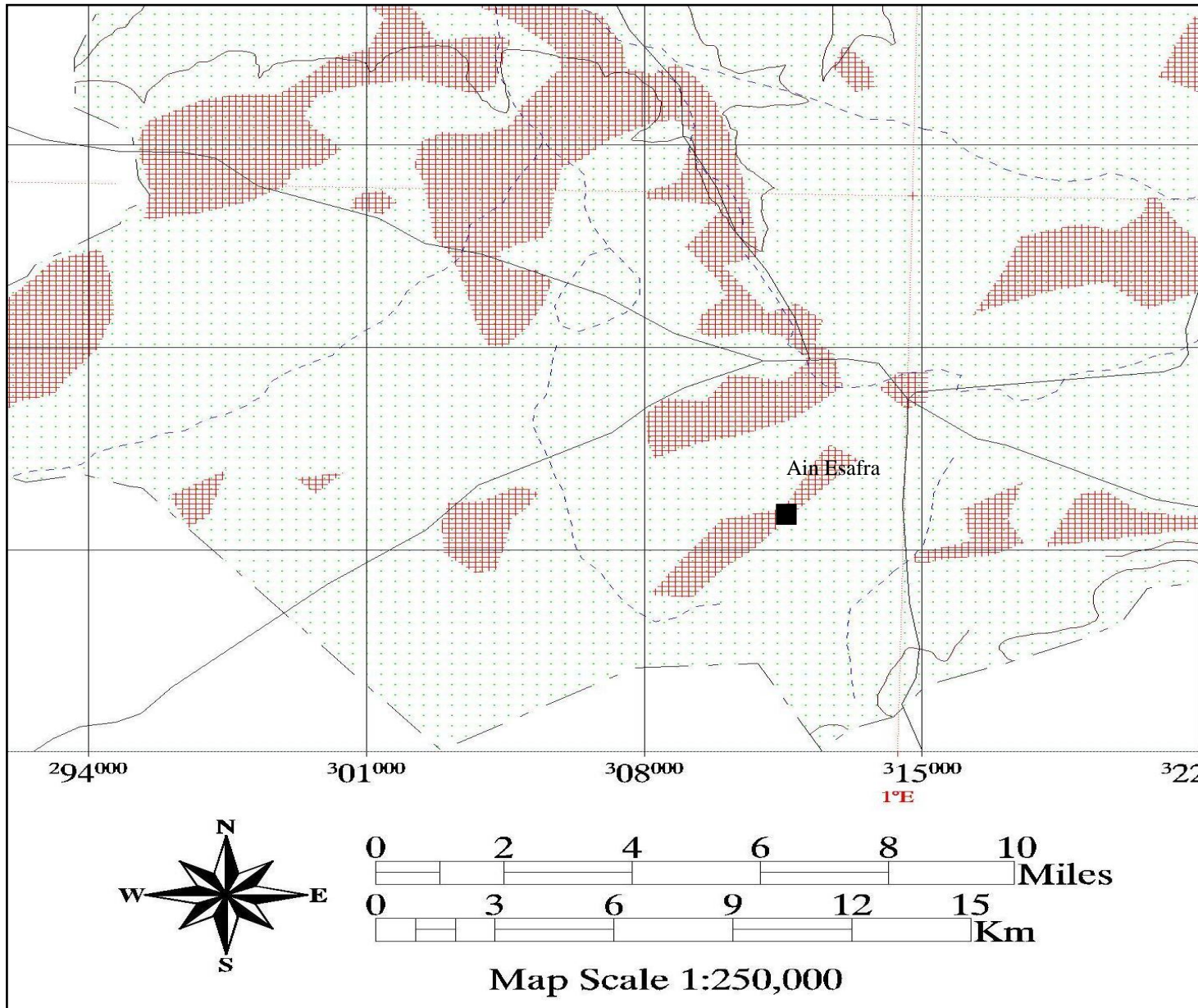
Elle a un rôle très important, les sols les plus profonds et qui se caractérisent par la présence des couches A, B, et C sont plus résistants à l'érosion, par contre aux sols qui ne contiennent que une ou deux couches (couche superficielle A et couche mère C), qui est le cas des sols de notre zone d'étude

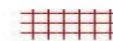


L'appréciation de l'érodabilité des sols se fait par la combinaison des trois notes attribuées respectivement à la texture, profondeur et la pierrosité

Tableau n°19 : des propriétés et des classes d'érodabilité des sols de chaque unité spatiale :

	Unité 1	Unité 2	Unité 3	Unité 4	Unité 5	Unité 6
La texture	L.A.F	S.L	L.A.F	L.A.S	S.L	L.A.S
Note	2	2	2	2	2	2
La pierrosité	<10%	<10%	>10%	>10%	>10%	>10%
Note	2	2	1	1	1	1
La profondeur (Cm)	25-75	>25	25-75	<25	<25	25-75
Note	2	3	2	3	3	2
Erodabilité	6	12	4	6	6	4
Classe	2	3	2	2	2	2

Figure n° 15 : carte d'Erodabilité des sols (partie inférieur du sous bassin versant 08_12)



-  Forte érodabilité
-  érodabilité moyenne
-  Réseau hydrographique

B. Classes d'érosivité des pluies (R) :

L'érosivité dépend des caractéristiques physiques de la pluie. L'augmentation de l'intensité de la pluie s'accompagne de l'augmentation de la taille, de la vitesse et de l'énergie cinétique des gouttes de pluie. Ainsi, plus l'intensité de la pluie augmente, plus sa capacité érosive augmente.

Deux paramètres ont été retenus : l'index de FOURNIER et l'index xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN, le premier s'obtient par le calcul de la pluviométrie moyenne mensuelle (Pi) et le module pluviométrique annuel (P) (indice établi par RIQUIER et les pédologues de la FAO), le deuxième (BGI) s'obtient par le calcul de la surface comprise entre les courbes de pluie et de température du diagramme de BAGNOULS et GAUSSEN, c'est un nombre qui traduit la durée et l'intensité de la saison sèche.

B.1- Indice de Fournier (IF):

Tableau n°20 : les précipitations moyennes mensuelles, la moyenne annuelle, et de $\frac{(Pi)^2}{P}$

mois	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	Juin	juil	aout	p
Pi	23.3	23.8	16.4	26.7	27.2	15.1	28.5	21.5	16.1	23.2	9.7	17.0	247.5
$\frac{(Pi)^2}{P}$	2.0	2.3	1.1	2.9	3.0	0.9	3.3	1.9	1.0	2.2	0.4	1.2	22.1

La somme des $\frac{(Pi)^2}{P}$ sur les douze mois nous donne **IF = 22.1**, puisqu'il est inférieur à 60 donc on l'attribue à la première classe \longrightarrow classe1

B.2-Indice de BAGNOULS et GAUSSEN (BGI) :

La saison sèche de la zone d'étude s'étale du mois d'avril au mois de novembre, ce qui explique une longue période sèche (huit mois)

Tableau n°21 : l'indice xérothermique (p) de la période sèche :

mois	avril	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov
Humidité relative%	52	45	36	27	28	41	56	65
Nbr de jours de pluie	5	5	2	2	4	5	4	5
Indice P	0.9	0.9	1	1	1	0.9	0.9	0.8

Au mois d'Avril, le nombre des jours biologiquement secs est de :

$$(30-5)*0.9= 22.5$$

Au mois de Mai, le nombre des jours biologiquement secs est de :

$$(31-5)*0.9= 23.4$$

Au mois de Juin, le nombre des jours biologiquement secs est de :

$$(30-2)*1= 28.0$$

Au mois de juillet, le nombre des jours biologiquement secs est de :

$$(31-2)*1= 29$$

Au mois d'Août, le nombre des jours biologiquement secs est de :

$$(31-4)*1= 27$$

Au mois de Septembre, le nombre des jours biologiquement secs est de :

$$(30-5)*0.9= 22.5$$

Au mois d'Octobre, le nombre des jours biologiquement secs est de :

$$(31-4)*0.9= 24.3$$

Au mois de Novembre, le nombre des jours biologiquement secs est de :

$$(30-5)*0.8=20$$

L'indice (BGI) est donc la somme des jours biologiquement secs des huit mois :

$$I= 22.5+23.4+28+29+27+22.5+24.3+20 = 196.7$$

Puisque le (BGI) est supérieur à 130, donc on l'attribue à la quatrième classe —→ classe4

Pour ressortir la classe d'érosivité, on combine d'une façon multiplicative les deux indices, BAGNOULS et GAUSSEN et de FOURNIER :

$BGI * IF = 4$

Donc, l'érosivité débauche sur la **classe 2**

C. Classe des pentes (S)

Selon le programme, quatre classes ont été adoptées (voir tableau n°13)

Tableau n°22 : classes des pentes :

Pentes %	< 5	5 – 15	15 – 30	> 30
classe	1	2	3	4

D. Appréciation du risque potentiel d'érosion :

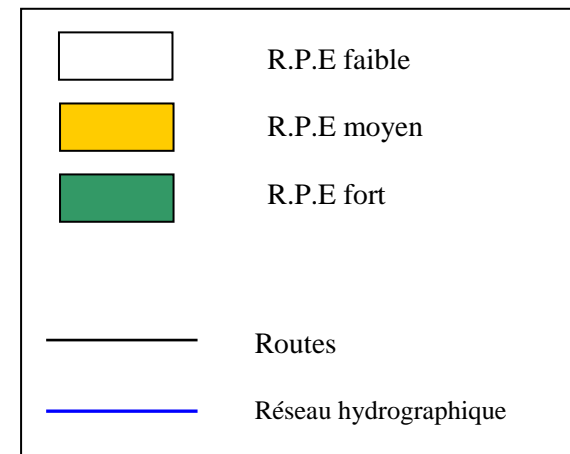
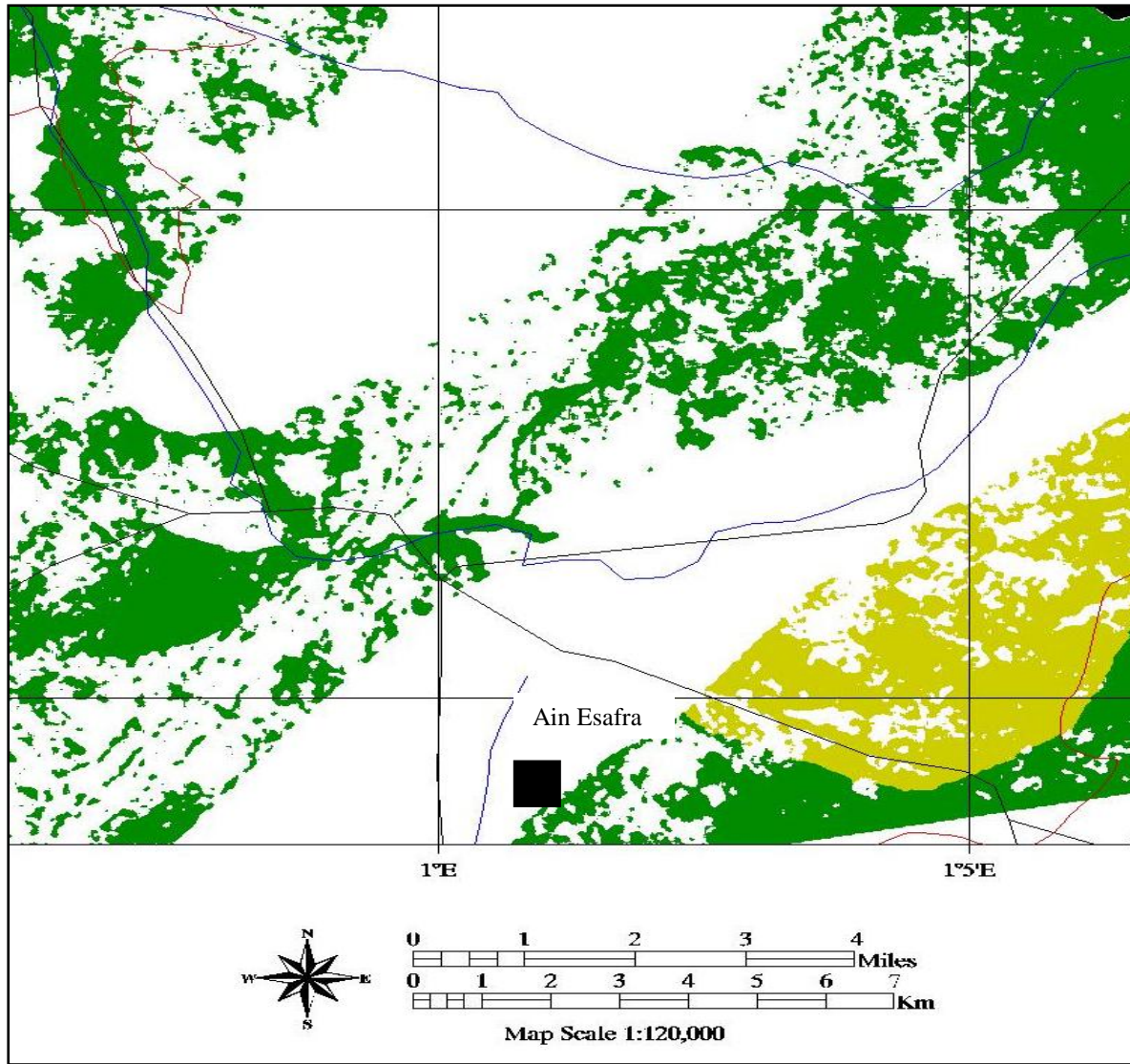
L'appréciation du risque potentiel d'érosion se fait par la combinaison multiplicative des trois classes données respectivement à l'érosivité, à l'érodabilité et à la pente

- ⇒ **Classe1: < 5 risque potentiel nul ou faible**
- ⇒ **Classe2: 6 – 11 risque potentiel moyen**
- ⇒ **Classe3: +11 risque potentiel élevé**

Tableau n°23: risque potentiel d'érosion (R.P.E) :

	Unité 1	Unité 2	Unité 3	Unité 4	Unité 5	Unité 6
Erodabilité						
La texture	L.A.F	S.L	L.A.F	L.A.S	S.L	L.A.S
Note	2	2	2	2	2	2
La piérosité	<10%	<10%	>10%	>10%	>10%	>10%
Note	2	2	1	1	1	1
La profondeur (Cm)	25-75	>25	25-75	<25	<25	25-75
Note	2	3	2	3	3	2
Erodabilité	6	12	4	6	6	4
Classe erodabilité	2	3	2	2	2	2
Erosivité						
IF	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1
Note IF	1	1	1	1	1	1
BGI	>130	>130	>130	>130	>130	>130
Note GBI	4	4	4	4	4	4
IF*BGI	4	4	4	4	4	4
Classe d'érosivité	2	2	2	2	2	2
Classe des pentes	1	1	3	1	1	1
EROD*EROS*PENT	4	6	12	4	4	4
Classe	1	2	3	1	1	1
R.P.E	faible	Moyen	fort	Faible	Faible	Faible

Figure n°16 : carte du Risque Potentiel d'Erosion R.P.E



Projection : GeographicLat/Lon,
Datum: WGS-84

CONCLUSION GENERALE :

Les résultats de ce travail montrent l'intérêt de l'utilisation de la technologie de la télédétection et des SIG dans l'évaluation des risques de l'érosion hydrique dans une région semi aride partiellement montagneuse.

La carte du risque d'érosion élaborée pourrait constituer un document de base pour tout aménagement proposé. La méthode utilisée a permis d'identifier des zones à risque fort, moyen ou faible d'érosion dans la région de Ain Sefra .

La méthodologie adoptée dans cette étude a permis de réaliser une carte du risque d'érosion à travers l'application de la méthode de BONFILS antiérosif, elle nous a permis de présenter les risques d'érosion sous forme d'un document cartographique, En se basant sur des données de télédétection et d'autres données exogènes, on a pu réaliser une série de cartes thématiques, et à l'aide des SIG on fait le croisement de ces cartes afin de déterminer les régions sujettes aux risques d'érosion.

La présente étude pose la problématique de l'érosion et fourne un document de base et apporte quelques réponses notamment en terme de choix des zones prioritaires d'intervention, et construit un document cartographique d'aide à la décision et aux propositions d'aménagement pour des fins de restauration des terres en voie de dégradation

La carte du Risque Potentiel d'Erosion R.P.E qui a été élaborée montre La faible sensibilité domine 60 % de la surface étudiée

une forte sensibilité à l'érosion, notamment à cause de la pente, pour ce qui est des versants, et à cause du couvert végétal pour les parties basses exploitées par l'agriculture. Plus précisément, en termes de classes, les sensibilités fortes et très fortes couvrent, de façon cumulée, les trois quarts de la région d'étude. Les premières proviennent avant tout de la battance, les secondes de l'érodibilité. Certes, la combinaison de plusieurs facteurs détermine les différentes sensibilités, mais le mode d'occupation du sol est le facteur dominant, qui met en évidence le rôle de l'homme dans l'érosion. Dans cette région, notre étude pourrait aider à une meilleure préservation des sols en proposant des formations végétales plus couvrantes pendant les pluies hivernales. Les céréales à semences d'automne pourraient ainsi voir leur part augmenter

La forte sensibilité domine 70,5 % de la surface étudiée en raison principalement et de très forte sensibilité.

nous constatons à partir de La carte du Risque Potentiel d'Erosion R.P.E de la région d'étude

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDELGHERFI A et LAOUAR M..1996 : La privatisation du foncier, impact sur l'environnement et sur les ressources génétiques en Algérie' in 'pasteurisation du foncier : Impact du régime foncier sur la gestion de l'espace pastoral et la conduite des troupeaux en régions arides et semi arides 17-19 octobre 1996.Gabès .Tunisie. option méditerranéennes. N° 32pp 203-207.
- AIDOU A.TOUFFET J.1996 : La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima*) graminée pérenne. Un indicateur de désertification des steppes algériennes 'Sécheresse (Paris) vol 7n°3.pp187. 193p.
- ARRIGNON J.1987 :Agro-écologie des zones arides et subhumides. Ed :G.P.Maison neuve. Paris pp13-27.
- BAGNOULS F.GAUSSSEN H.1953 : Saison sèche et indice xérothermique.
- (BELMAHI Mohammed Nadir .2012). ENSABLEMENT ET AMENAGEMENT DANS LES MILIEUX ARIDES ET SEMI-ARIDES SUR LES MARGES NORD-OUEST DE L'ATLAS SAHARIEN ALGERIEN.
- BEN SAID A.SMAHI.Z.2003 : Utilisation de la télédétection et des SIG pour l'aide a la surveillance du risque de la dégradation des parcours steppiques. Revue Télédétection n°05 vol3ISSN.1028.7736.
- BEN SAID A.2006 : Sig et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride :le cas de la wilaya de Naama (Algérie). Thèse.
Doc.Univ.JosephFourier.GrenobleI.Géographie.InstitutGéo.Es Senia.ORAN.299P+Ann.
- DAGET PH et POISSONET P.1971 : Une méthode d'analyse phytoécologique des prairies. Critères d'applications. Ann. Agro. 22. 1 :5-41.
- DJEBAILI S.1984 : Steppe Algérienne, Phytosociologie et écologie. Thèse.Doc.Univ.Scién.Tech. De langue doc Montpellier.OPU.Alger 1984.177p.
- DJELLOULI et DAGET(1987) Climat et flore dans les steppes du sud-ouest algérien .Bulletin de la Société Botanique de France.
- DJELLOULI (1990) ; DJELLOULI, Y., 1990. Flores et climats en Algérie septentrionale : Déterminismes climatiques de la répartition des plantes, Thèse doctorat, USTHB, Alger, 210 p.
- EMBERGER L.1955 : Une classification biogéographique des climats.
Travaux.Lab.Bot.Géo.Zool.Fac.Scién.Bot.Montpellier.pp3-43.
- HADDOUCHE I.1998:Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection (imageLandsat TM) cas de la région de Ghassoul (El bayadh).
Thèse de magistère. Institut National d'Agronomie (INA) Alger.143p.

- HADDOUCHE I.2009 : La télédétection et la dynamique des paysages en milieu aride et semi aride en Algérie : cas de la région de Naama. Thèse Doc en biologie.Fac.Sciens.Univ. Tlemcen.211p+annexe.
- KADI HAFINI A.H.1998 : L'alfa en Algérie. Alger. Algérie. Thèse de doc.USTHB.270P.
- LE HOUEROU H.N.1995 : Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique .option méditerranéennes. Série B. études et recherches n°10. 396p.
- MAZOUR M.2004 : Etude des facteurs de risque du ruissellement et de l'érosion en nappe et conservation de l'eau et du sol dans le bassin versant de l'Isser-Tlemcen-Algerie. Thèse. Doc d'état. Fores.Univ.Tlemcen.165p.
- (MELALIH, 2012) Analyse des techniques de conservation de l'eau et du sol dans la zone aride cas bassin versant d'AIN SEFRA
- NADJRAOUI D.1981 : Evolutions des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétation des hautes plaines steppiques de la wilaya de Saida. Thèse 3eme cycle. USTHB.Alger.156p.
- POUGET .M., 1980.- Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. Trav. Doc. O.R.S.T .O.M., n° 116, Paris, 555p.
- REMAOUN. K, 1998 SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la wilaya de naama (Algérie).
- ROOSE É.1990 : Gestion conservatoire des eaux et de la fertilité des sols dans les paysages soudano-sahéliens de l'Afrique occidentale. ORSTOM. Fonds Documentaire N°27.542.ex1. Montpellier. France.55-72p.
- ROOSE É.1994 : Evolution historique des stratégies de lutte antiérosive vers la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES) Directeur de recherche en Pédologie : IRD. Montpellier. France.
- ROOSE É et al.1994 : Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols. (GCES). Bull. Pedol.FAO.70-420P.
- ROOSE É.1996 : Méthode, mesures, des états de surface du sol et la rugosité et des autres caractéristiques qui peuvent aider un diagnostic de terrain de risques de ruissellement et l'érosion...Bull. Res. Eros. IRD. Montpellier. 87.9p.
- SELTZER P. 1946 : Le climat de l'Algérie. Alger .Institut de météorologie et physique du globe, 219P.
- STEWART(1946) ETUDE BIOCLIMATIQUE DES STEPPES ALGERIENNES (Avec une carte bioclimatique à 1j1.000.000ème) Bull. Soc. Hist. nat. Afr. NordAlger, t. 68, fasc. J et 4
- STEWART(1968) des ondes péruviennestravaux et documents de O.R.S.T.O.M N 94