

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

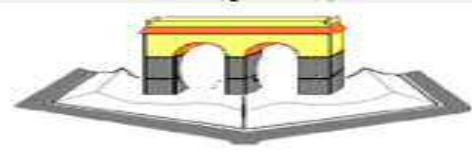
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

UNIVERSITE MUSTAPHA STAMBOULI DE MASCARA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



**THESE**

**DOCTORAT EN SCIENCES**

Filière : Biologie

Option : Sciences de la Terre et de l'Univers

Présentée par : Mr. BOUKHARI YAHIA

**Thème**

**ETUDE DE L'IMPACT DES PRATIQUES CULTURALES SUR  
L'EVOLUTION DES SOLS DES ECOSYSTEMES STEPPIQUES  
DE L'ALGERIE**

Devant le jury :

Mr BENABDELI Kheloufi.....Professeur-Université de Mascara....Président

Mr MEDERBAL Khalladi.....Professeur-Université de Tiaret.....Rapporteur

Mr DELLAL Abdelkader .....Professeur-Université de Tiaret.....Examineur

Mr MAATOUG M'Hamed.....Professeur-Université de Tiaret.....Examineur

Mr MILOUDI Ali .....Professeur-Université de Mascara...Examineur

Mr BENYOUCEF Madani.....MCA-Université de Mascara.....Examineur

Année Universitaire : 2015-2016

**DEDICACES**

*A la mémoire de ma chère mère « Halima ».*

*A mon père Abdelkader*

*A mes frères, à leurs femmes et leurs enfants*

*A mes sœurs, à leurs maris et leurs enfants*

*A toute la famille « BOUKHARI »*

*A toute la famille « OULDALI »*

*A ma femme*

*A mes enfants :*

*Zine El Abbidine, Oussama Abdelkrim et RyadhAghiless*

**YAHIA**

### REMERCIEMENTS

*Avant tout, je remercie « Dieu » tout puissant de m'avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science et de la connaissance.*

*En témoignage de mes profonds sentiments de respect, d'estime et de reconnaissance, je tiens à présenter mes sincères remerciements à mon directeur de thèse, professeur MEDERBAL Khalladi, pour son soutien, ses encouragements, et sa bienveillance au cours de ma formation et au cours de la réalisation de cette thèse.*

*J'exprime ma considération et mes remerciements respectueux au professeur BENABDELI Keloufi pour ses encouragements et d'avoir accepté de présider ce jury.*

*Je tiens à remercier également, professeur DELLAL Abdelkader et professeur MAATOUG M'Hamed, de l'Université Ibn-Khaldoun, de Tiaret, de m'avoir honorer en acceptant de juger ce travail.*

*Mes remerciements vont également au professeur MILOUDI Ali, et au docteur BENYOUCEF Madani, d'avoir accepté de juger ce travail.*

*Une reconnaissance toute singulière et profonde s'adresse à tous mes collègues de la faculté des SNV, de l'Université de Mascara, spécialement : Mr BOURAHLA.L, Mr ZAHAFI.B, Mr ANTEUR.D, Mr ABBACHE.A, Mr HARIZIA.A, Mme TADJEDDINE.N, Mme REGAGBA.Z, REGAGBA. et Mme BOUZIDI.N.*

*Je tiens aussi à adresser mes sincères remerciements à mes collègues espagnoles de l'UPC de Barcelone : Mr RAMON.J, Mme MAS.M.T et VERDU.AMC, pour leur collaboration pendant notre projet et lors des différents stages.*

*Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## **RESUME**

Les effets conjugués de la pression anthropique croissante sur les ressources naturelles et des conditions climatiques sévères engendrent des dysfonctionnements de l'espace steppique qui est fragilisé.

A l'instar d'autres régions steppiques de l'Algérie, la région de Saïda, connaît une utilisation anarchique, engendrant un processus de dégradation rapide et alarmant. Ce processus, sous le double effet, d'une part l'action anthropique qui va intensifier la dégradation de la végétation et l'érosion de la biodiversité végétale.

L'impact des façons culturales dans ces zones, spécialement l'irrigation dans le périmètre Zraguet, a conduit à des effets directes sur les caractéristiques édaphiques de cette zone, en particulier la salinité du sol qui a connu une augmentation importante pendant une durée d'irrigation moyenne de cinq années, Cette augmentation pourra avoir des valeurs alarmantes, jusqu'à les 3mmhos/cm à 25°C, si la conduite des irrigations sera faite d'une façon anarchique.

Par contre, dans la deuxième zone d'étude « Maâmora », l'évolution naturelle de l'écosystème steppique, a montré que nous pouvons bénéficier d'un recouvrement végétal, qui peut atteindre les 20% et par suite une importante phytomasse aérienne, fournissant des unités fourragères acceptables pour le pâturage du cheptel existant dans la région de Saïda.

L'entretien judicieux et laisser la place à une évolution naturelle de nos espaces steppiques, donnera sans doute, plus d'avantages que d'introduire des façons culturales non étudiées préalablement.

**Mots clés :** Steppe, Sol, Végétation, Irrigation, Saïda, Algérie.

## ABSTRACT

The combined effects of the increasing pressure on resources anthropic, natural and severe climatic conditions generate malfunctions of the steppe space is weakened.

Like other steppe regions of Algeria, the Saida area, experiencing uncontrolled use, resulting in a rapid and alarming degradation. This process, under the double effect, first human actions that will intensify the degradation of vegetation and erosion of plant biodiversity.

The impact of cultural practices in these areas, especially in irrigation of the Zraguet perimeter, leading to direct effects on the edaphic characteristics of this area, particularly soil salinity has increased significantly for an average irrigation period of five years, This increase can be alarming values until the 3mmhos / cm at 25 ° C, if the conduct of irrigation will be made in an anarchic way.

By against, in the second studied area "Maâmora" the natural evolution of the steppe ecosystem, showed that we can benefit from a recovery plant, which can reach 20%, and consequently a major air phytomasse, providing acceptable fodder units for existing livestock grazing in the Saida region.

Judicious maintenance and make way for a natural evolution of our steppe areas, will doubtless give, more benefits than introducing cultural practices previously unstudied.

Keywords: -Steppe, -Soil, -Vegetation, -Irrigation, -Saïda, -Algeria.

## الملخص

تمثل آثار التغيرات المناخية الناتجة عن النشاط البشري واستغلال المتزايدة للموارد الطبيعية إضافة إلى الظروف المناخية القاسية تؤدي إلى اختلال في الوسط السهبي الذي أصبح في حالة جد متدهورة.

على غرار مناطق السهوب الأخرى بالجزائر تشهد منطقة سعيدة لأمما غير منتظمة، مما أدى إلى تدهور سريع ومثير للقلق. هذه العملية ذات تأثير مزدوج، على تدهور الغطاء النباتي والتنوع البيولوجي النباتي.

تأثير الأعمال الفلاحية في هذه المناطق، وخاصة في مجال الريفي محيط الزراقت، أدى إلى تأثير على خصائص التربة في هذه المنطقة، سيما فيما يخص ملوحة التربة التغيرات بشكل ملحوظ لفترة متوسطة من الري قد تصل إلى خمس سنوات، وقد تصبح هذه الزيادة في القيم مقلقة حتى 3مليوموس/سم عند 25 درجة مئوية، إذا تم تسيير الري من بطريقة عشوائية.

من جهة أخرى، في منطقة الدراسة الثانية "المعمورة" أظهر التطور الطبيعي للنظام البيئي السهوب، أنه يمكن الاستفادة من طلاء ابلي غنفة انشور قد ضل إلى ب2ت، وبالتالي نحصل على كتلة نباتية حية تستطيع توفير وحدات علف مقبولة لرعي الماشية الموجودة في منطقة سعيدة.

الصيانة الحكيمة والمحافظة على التطور الطبيعي لمناطق السهوب سيعطينا بدون شك المزيد من الفوائد وهذا أفضل من إدخال الأعمال الفلاحية الغير مدروسة مسبقا.

**كلمات البحث:** -السهوب. -التربة. -النبات. -الري. -سعيدة. -الجزائر.

**TABLE DES MATIERES**

Résumé.....	I
Table des matières.....	II
Liste des figures .....	III
Liste de tableaux.....	IV
Introduction.....	01

**PARTIE N°I**

**GENERALITES SUR LA STEPPE ALGERIENNE**

Introduction.....	04
1. Caractéristiques écologiques de la steppe.....	05
1.1 Définition.....	05
1.2 Délimitation géographique .....	06
2. Aspects climatiques.....	08
2.1. La pluviométrie.....	08
2.2. Les températures.....	09
2.3. Les vents.....	10
2.4. Les orages .....	10
2.5. La grêle.....	10
2.6. La neige.....	10
2.7. La gelée .....	11
2.8. Evaporation et Insolation.....	11

3. Aspect bioclimatique de la steppe algérienne.....	12
4. Aspects biogéographiques.....	15
5. Principales caractéristiques des sols de la steppe.....	<b>16</b>
5.1. Les sols minéraux bruts .....	16
5.2. Les sols peu évolués.....	16
5.3. Les sols calcimagnésiques.....	17
5.4. Les sols iso-humiques.....	17
5.5. Les sols halomorphes.....	17
6. Aspects phyto- écologiques.....	18
6.1. Définition et répartition des principales formations végétales steppiques.....	18
6.2. Particularités de la végétation en zone aride.....	18
6.3. Les principales formations végétales steppiques.....	19
6.4. Principaux faciès.....	20
6.5. Classification des formes biologiques.....	21
7. Aspects Socio-économiques.....	<b>23</b>
8. Les facteurs de la dégradation de la steppe.....	24
9. Etude critique des actions entreprises.....	27



**PARTIE N°II**

**IMPACT DES FAÇONS CULTURALES SUR LES ECOSYSTEMES**

**STEPPIQUES**

**CHAPITRE N°I : Etude de l'évolution naturelle de l'écosystème steppique**

1. Présentation du milieu physique de la zone d'étude.....	29
1.1. Localisation de la zone d'étude.....	29
1.2. Topographie .....	31
1.2.1. Altitude .....	31
1.2.2. Expositions .....	32
1.2. 3. Les pentes .....	33
1.3. Hydrographie et ressources hydriques.....	34
1.4- Faciologie .....	35
1.4.1. Ensemble du massif montagneux et de piémonts pré-steppique.....	35
1.4.2. Ensemble des hautes plaines steppiques.....	35
1.5. Occupation du sol de la commune.....	37
1.5.1 La couverture pédologique .....	37
1.5.2 Le couvert végétal.....	40
2. Description de climat de la région.....	41
2.1. Facteurs climatiques et bioclimatiques .....	41
2.2. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude.....	41
3. la végétation.....	52
4. Etude socio-économique.....	53

## **TABLE DES MATIERES**

---

4.1. Mouvements des populations.....	53
4.2. Activités économiques de la commune de mâamora .....	54
II. Diagnostic de l'écosystème steppique.....	57
2.1. Analyse du sol.....	57
2.2. Quantification de la biodiversité végétale.....	61
2.3. Résultats des analyses du couvert végétal.....	62
2.4. Mesure du recouvrement.....	63
3. Interaction entre les facteurs édaphiques et recouvrement.....	65
3.1. L'analyse statistique.....	65
3.2 Analyse du spectre végétale.....	68
4. Evaluation de la phytomasse.....	69
4.1. Techniques d'évaluation de la phytomasse.....	69
4.1.1. Méthode directe.....	69
4.1.2. Méthode indirecte.....	69
5. Interaction entre la phytomasse et les paramètres pédologiques.....	71
5.1. L'effet des facteurs édaphiques sur la répartition de la phytomasse.....	72
6. Evaluation de la valeur énergétique.....	74

**CHAPITRE N°II : Etude de l'action anthropique sur l'évolution de l'écosystème  
steppique**

1. Choix de la zone d'étude : périmètre irrigué de Dayet- Zeraguet.....	76
1.1. Localisation du périmètre.....	76
1.2. Consistance et composition territoriale.....	77
1.3. Historique du périmètre.....	77
2. Caractéristiques physiques de la zone d'étude.....	78
2.1. Caractères géologiques.....	78
2.2. Caractères topographiques.....	79
2.3. Le réseau hydrographique.....	82
2.4. Les forages.....	83
2.4.1. Forage réserves L'AEP.....	83
2.4.2. Forages piézométriques.....	83
2.4.3. Forages pour l'irrigation.....	83
3. Caractéristiques morpho pédologiques.....	85
4. Caractéristique climatiques.....	86
4.1. Les précipitations.....	86
4.2. Les vents.....	87
4.3. L'évapotranspiration.....	88
4.4. Températures.....	89
4.5. Synthèse climatique.....	90
5. Données socio-économiques.....	93
6. Approvisionnement du périmètre en eau d'irrigation.....	94
6.1 Les forages.....	94

6.2. Caractérisation chimique des eaux d'irrigation.....	94
7. Evaluation de la qualité d'eau d'irrigation.....	98
8. Choix des cultures irriguées.....	103
8.1. Importance des céréales.....	103
8.2. Les stades de développement d'une céréale.....	103
8.3. Besoins en eau des céréales.....	105

**CHAPITRE N°III : Etude de l'effet de l'irrigation sur les caractéristiques  
édaphiques**

1. Echantillonnage.....	112
1.1 Géolocalisation des prélèvements.....	112
1.2. Analyses physico-chimiques du sol.....	114
2. Etude de la variabilité des caractéristiques édaphiques.....	115
2.1 Variabilité de la texture.....	115
2.2.Variabilité du pH.....	116
2.2. Variabilité de la perméabilité.....	118
2.3. Variabilité Conductivité électrique.....	117
2.3.1. Variabilité spatiale de la CE.....	119
2.3.2. Variabilité temporelle de la CE.....	120
2.4 .Les différents risques.....	122

3. Recommandations et perspectives.....	124
3.1. Travail du sol.....	124
3.2. Amélioration naturelle des parcours.....	124
3.3. Amélioration artificielle des parcours.....	125
3.4. Aménagement du périmètre irrigué de Zraguet.....	125
3.5. Amélioration des propriétés chimiques des sols.....	125
3.6. Amélioration de la vie biologique du sol.....	126
3.7. Amélioration des sols par les cultures.....	126
Conclusion générale.....	127
Références bibliographiques.....	131

Annexes

## LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
01	Délimitation de la Steppe Algérienne	07
02	Carte de la localisation de la commune de Maâmora	30
03	La carte hypsométrique de la commune de Maâmora	31
04	La carte d'expositions de la commune de Maâmora	32
05	La répartition des classes des pentes de la commune de Mâamora	33
06	Carte Hydrographique de la commune de Mâamora	34
07	Carte faciologique de la commune de Mâamora	36
08	Carte d'occupation de sol de la zone étude	40
09	Moyennes mensuelles des précipitations (1978 – 2010)	42
10	Histogramme des régimes pluviométriques(1978-2010)	43
11	Répartition des températures sur 32 ans (1978-2010)	44
12	Répartition et nombre de jours de gelée (sur 20 ans)	45
13	Répartition des moyennes d'humidité (Période : 1995-2008)	45
14	Répartition de la vitesse moyenne du vent (1990-1999).	46
15	Diagramme Ombrothermique deBagnouls et Gausсен	47
16	Localisation de Maâmora dans le Climagramme de De Martonne	49
17	Situation de la zone d'étude sur le climagramme d'Emberger	51
18	Répartition de la formation Alfatière dans la commune de Mâamora (2011)	52
19	Variation de la texture des échantillons	58
20	Variation du pH des échantillons	58
21	Variation du pourcentage du calcaire total des échantillons	59
22	Variation de la teneur en phosphore assimilable des échantillons	59
23	Variation du pourcentage des éléments chimiques (Ca, K, Na, Mg) des échantillons	60
24	Variation du pourcentage du carbone et de l'azote des échantillons	60
25	Variation du taux de recouvrement dans les 20 stations	64
26	Projection des paramètres phyto- pédologiques	66
27	Projection des 20 stations de prélèvement	67
28	Répartition des espèces végétales dans la zone d'étude	68
29	Evaluation de la phytomasse totale	70
30	Interaction entre la phytomasse totale et la teneur en carbone	71
31	Interaction entre la phytomasse totale et la teneur en azote	72
32	Projection des paramètres phyto- pédologiques	73
33	Projection des stations de prélèvement	73
34	Evaluation de la phytomasse aérienne	74
35	Variation de l'Unité fourragère pour les 20 relevés	75
36	Carte de localisation du périmètre DayetZeraguet	76
37	Formations géologiques du périmètre de DayetZeraguet	78
38	Carte des pentes de la zone d'étude	79
39	Carte d'exposition de la zone d'étude	80
40	Carte hypsométrique du périmètre de Dayet- Zeraguet à partir d'un MNT	81
41	Carte de réseau hydrographique de la zone d'étude	82
42	Carte de distribution des forages dans la zone d'Ain Skhouna	84
43	Variation des précipitations moyennes mensuelles	85

## LISTE DES FIGURES

44	Régime saisonnier d'Ain Skhouna	87
45	Variation de l'évapotranspiration moyenne mensuelle	88
46	Variation des températures dans la zone d'AinSkhouna	89
47	Diagramme ombro-thermique de Ain Skhouna	90
48	Type de climat d'après le climagramme d'Emberger	91
49	Position d'Ain Skhouna sur le diagramme de De Martonne	92
50	Les teneurs en cations en mg/l des deux forages	96
51	Les teneurs en anions en mg/l des deux forages	97
52	Classification des eaux dans le diagramme de Piper	98
53	Classification de l'eau d'irrigation dans le diagramme de Wilcox	99
54	Classification de l'eau d'irrigation dans le diagramme SchoellerBerkalof	100
55	Classification des eaux des deux forages dans le diagramme de Riverside	101
56	Classification de l'eau d'irrigation dans le diagramme de Riverside	102
57	Evolution des besoins en eau des céréales et les périodes critiques	106
58	Variation du bilan hydrique dans la zone de Zeraguet	110
59	Variation du déficit Agricole mensuel dans la région de Zraguet	111
60	Carte de localisation de l'échantillonnage dans la zone d'étude	113
61	Variation de la texture pour les sols irrigués	115
62	Variation de la texture pour les sols non irrigués	116
63	Variation du pH des échantillons du sol	117
64	Variabilité de la perméabilité entre les deux sols	118
65	Variabilité de la CE entre les deux sols	120
66	Variation mensuelle de la CE	121
67	Variation interannuelle de la CE	122

## LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
01	Bilan partiel des superficies de terres steppiques dégradées ou en voie de dégradation	05
02	Ecart maximums moyens des précipitations annuelles	09
03	Nombre de jours annuels moyens pour quelques stations	11
04	Valeurs approchées calculées à partir des gradients de Gharzouli de P et m pour les sommets des monts de l'Atlas saharien et des Aurès	13
05	Zonation bio climatologique des steppes algériennes	14
06	Les formes ou les types biologiques	22
07	Répartition des classes des pentes dans la commune de Mâamora	33
08	Fréquence des vents	46
09	Nombre moyen de jour de sirocco	46
10	Evaporation moyenne mensuelle (1978-2010)	47
11	Détermination du type de climat pour la station de Maâmora	48
12	Résultats obtenus par la méthode d'Emberger	50
13	Répartition des éleveurs par nombre de têtes	55
14	Les principales espèces dans les stations d'étude	63
15	Nombre moyen de jours de sirocco à Ain Skhouna	88
16	Résultats d'analyses chimiques des eaux	94
17	Besoins spécifiques en eau	105
18	Valeurs de Kc selon les différentes phases végétatives	107
19	Déficits pluviométriques mensuels et annuels dans la région de Zraguet	110
20	Les coordonnées géographiques des prélèvements	112
21	Résultats d'analyses du sol irrigué après 4 ans d'irrigation	114
22	Résultats d'analyses du sol non irrigué après 4 ans conduit en sec	115
23	Répartition des classes des pH des sols étudiés du périmètre de Dayetraguet	117
24	Classification des sols selon la FAO	119



# ***INTRODUCTION***

### INTRODUCTION

La dégradation des terres fragiles affecte environ 25 % de la superficie terrestre et menace les moyens d'existence de plus de 900 millions de personnes dans une centaine de pays (ONU, 1992). Ce processus s'accélère à cause du surpâturage, de la mauvaise conduite des cultures, des mauvaises méthodes d'irrigation, du déboisement, de la surexploitation des ressources naturelles et bien sur des conditions climatiques caractérisées par un réchauffement. Les écosystèmes arides et semi-arides recouvrent environ 2/3 de la surface émergée du globe (AitBelaid, 1994), en particulier dans les régions tropicales où les habitants souffrent d'une alimentation très inadéquate et surexploitent les ressources naturelles pour survivre. L'augmentation spectaculaire de la population mondiale qui est passée d'environ 1 milliard de personnes en 1800 à plus de 5 milliards en 1997, s'est traduite par l'augmentation des pressions exercées sur tous les espaces et notamment les terres productives et nourricières.

En Algérie, comme dans les pays en développement, la conjugaison de la pauvreté et de la croissance démographique dans les milieux fragiles s'est soldée par une dégradation des ressources non renouvelables, ou difficilement renouvelables, notamment les forêts, les sols et les eaux.

Le territoire algérien couvre d'importantes ressources végétales réparties sur les côtes, les plaines, les montagnes, la steppe, le Sahara et autour des points d'eau. Ces ressources naturelles sont importantes pour l'économie nationale et pour le maintien de l'équilibre écologique. En effet, l'Algérie avec une superficie de 2,4 millions de Km<sup>2</sup> constitue l'un des plus vastes pays d'Afrique.

Elle abrite de grands ensembles biogéographiques constitués par la zone tellienne caractérisée par un climat méditerranéen de type sub-humide sec, soumise au phénomène d'érosion et à une concentration des activités industrielles, agricoles et urbaines. Outre l'immense espace désertique occupant 80% du territoire et sujet à un climat désertique; de vastes espaces steppiques qui s'étendent sur 9% du territoire national avec un climat aride et semi - aride imposant des milieux à équilibre très fragile en raison de la faiblesse du couvert végétal et de la nature squelettique des sols.

La steppe algérienne qui s'étend sur 20 millions d'hectares environ, connaît un phénomène de dégradation qui se traduit notamment par une importante régression du couvert végétal, causée par la sécheresse, le surpâturage et les défrichements (Nedjraoui et Bédrani, 2008). La baisse consécutive de la production primaire des écosystèmes steppiques dans ce contexte d'accentuation de la variabilité climatique affecte les systèmes agropastoraux, induisant des adaptations qui ont été soulignées par de nombreux travaux. Parmi les principaux changements qui ont marqué l'agropastoralisme dans le Maghreb sont cités : l'introduction de l'achat d'aliments, la modernisation de la mobilité des troupeaux.

En Algérie, l'introduction de l'irrigation (céréales et cultures maraîchères, principalement) lorsque le contexte le permet (Abaab *et al.*, 1995 ; Bourbouze, 2006 ; Guillaume, 2009) et l'élevage et l'agriculture steppiques ont connu de grandes mutations durant les 20 dernières années, notamment avec le développement de l'irrigation et de l'engraissement d'ovins. Mais, cela s'est produit sur une partie limitée de ce territoire ; ailleurs, le système agropastoral reste extensif. La diversification des sources de revenus extra-agricoles, lorsqu'elle est possible, est aussi une composante importante des stratégies d'adaptation et de gestion des risques.

Pour tenter de comprendre le comportement et l'évolution des sols dans les écosystèmes steppiques, nous avons mené cette étude dans deux milieux différents, l'un représentant un espace non cultivé et l'autre est réservé à la mise en place d'un périmètre irrigué. Notre hypothèse est d'analyser le niveau de vulnérabilité<sup>1</sup> de ces sols vis-à-vis des contraintes étudiées sur place.

L'irrigation fera l'objet principal de cette étude qui va s'articuler sur les changements observés au niveau des caractéristiques physico-chimiques de ces sols et par suite déduire toutes les corrélations, qui peuvent être à l'origine de la perturbation de ces écosystèmes.

La bonne connaissance de cette dynamique observée au niveau de ces écosystèmes fragilisés pourra faire l'objet de toutes initiatives ou projets visant à contrôler ces écosystèmes d'une part et de trouver des solutions d'aménagements ou de mise en valeur adéquates.

Pour répondre au principal objectif de cette étude, nous avons divisé notre travail en deux parties principales :

- La première partie est consacrée à une revue bibliographique sur la steppe algérienne.
- La deuxième partie fera l'objet de l'étude de l'impact des façons culturales sur les sols des écosystèmes steppiques, elle est divisée en trois chapitres :
- Le premier chapitre est consacré à l'étude de l'évolution naturelle de l'écosystème steppique, en prenant la zone de Maâmora, comme une zone test.
- Le deuxième chapitre, abordera l'étude de l'action anthropique sur l'évolution de l'écosystème steppique, dans la zone de Zraguet..
- Le troisième chapitre, nous avons choisi comme façon culturale « l'irrigation », qui a connu une expansion remarquable ces dernières années, pour analyser son effet sur les caractéristiques des sols des écosystèmes steppiques.

Le choix de ces deux zones différentes, nous permettra de dégager toutes les observations sur terrain et au laboratoire, afin d'avoir un bon diagnostic répondant aux objectifs attendus.

***PARTIE N°I***  
***GENERALITES SUR LA STEPPE***  
***ALGERIENNE***

**Introduction**

Les régions steppiques algériennes sont situées entre deux chaînes de montagnes : l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud, s'étendant sur une surface de terres d'environ 20 millions d'hectares (soit 8,4 % de la surface de l'Algérie, sur une longueur de 1000 kilomètres et une largeur variable, de 300 kilomètres à l'ouest et 150 kilomètres à l'est. L'altitude va de 400 à 1200 mètres. La steppe est caractérisée par une forte contrainte climatique (insuffisance des pluies avec un isohyète variant de 100 à 400 mm, vents violents et parfois chauds, etc.) et édaphique (sols vulnérables, minces et pauvres en matières organiques).

La végétation, qui subit un processus de contraction, est caractérisée par l'importance des espèces vivaces, ligneuses et graminéennes qui couvrent 10 à 80 % du sol et dont le développement est variable, en fonction des pluies (Le Houerou, 1995). L'activité de l'élevage occupe une place assez importante dans la vie économique de l'espace steppique. Le cheptel, essentiellement ovin, qui y vit, représente environ 70 pour cent de l'effectif total du pays, soit 14 millions de têtes sur 20 millions en 2010. Les communautés tribales exploitent les espaces de parcours qui sont propriété commune sur la base d'un droit de jouissance coutumier. Les terres cultivées qui représentent une faible fraction de l'espace steppique sont appropriées à titre individuel selon les règles de la communauté.

Les pâturages situés en zones steppiques, subissant un processus de dégradation continu, s'amenuisent et nourrissent de moins en moins un effectif croissant d'animaux devenu pléthorique. Ils régressent davantage, car l'agriculture progresse dans la steppe du fait de la croissance démographique qui induit une forte demande de produits agricoles, de la stratégie des agents économiques qui cherchent à diversifier leur revenu et de la politique de l'État qui encourage cette activité depuis les années 1990. L'espace des parcours, déjà surchargé en cheptel, recule et la pression du pâturage s'accroît.

Outre le surpâturage et une agriculture non durable le troisième facteur de l'altération du milieu naturel est l'exploitation inconsidérée et à grande échelle de l'alfa (plante endémique de la steppe dont on fait de la pâte à papier) par des entreprises, de l'ère coloniale jusqu'aux années 1970 (Badrani, 1996).

À la fin du 19e siècle on évaluait à quatre millions d'hectares la nappe alfatière, en 1989 elle a diminué de moitié selon le Centre National des Techniques spatiales (CNTS). Selon le CNTS, s'appuyant sur l'imagerie satellitaire couvrant 13, 8 millions d'hectares (soit soixante-neuf pour cent de la superficie de la steppe), l'espace complètement désertifié était estimé à 487 000 hectares en 2000. Les zones considérées comme très sensibles à la désertification, avec un couvert végétal inférieur à 20 pour cent, représentaient environ 2,2 millions d'hectares (tableau n° 1).

**Tableau n°1 : Bilan partiel des superficies de terres steppiques dégradées ou en voie de dégradation (CNTS,1989)**

État de la steppe	Superficie (millions d'hectares)
Superficie désertifiée	0,487
Superficie très sensible à la désertification	2,2
Superficie sensible	5,06
Superficie moyennement sensible	3,67
Superficie peu ou pas sensible	2,38

Les résultats partiels indiquent que plusieurs millions d'hectares de terres sont déjà dégradés ou en voie de dégradation, dégradation essentiellement d'origine anthropique.

## 1. Caractéristiques écologiques de la steppe

### 1.1. Définition

Le terme steppe qualifie les espaces intérieurs dessinés sous forme d'un ruban de 1000 Km de long sur une largeur moyenne de 300 Km à l'Ouest et seulement 150 km et une centaine de km à l'est. Le vocable steppe renvoie au mot arabe « E'Souhoub », terrain de parcours traditionnels des agro-pasteurs, en opposition aux régions hyper arides, les déserts proprement dits.

La steppe est une formation végétale naturelle, constituée de plantes xérophiiles herbacées, disposées en touffes espacées, et de plantes ligneuses, éventuellement de quelques arbres ou arbustes dispersés. Il s'agit d'une formation spécifique à des conditions pré désertiques de sécheresse prononcée et de forte chaleur ou de froid intense.

D'après LeHouerou (1985), le terme steppe évoque d'immenses étendues à relief peu couvert d'une végétation herbacée et clairsemée. Le terme steppe, correspond à une formation végétale néoclimacique, basse, discontinue, formée d'espèces pérennes et annuelles dépourvues d'arbres où le sol nu apparaît dans des proportions variables.

En 1995, le même auteur note en décrivant la steppe algérienne ; ce sont d'immenses étendues plus au moins arides, à relief peu marqué (600-700m d'altitude) couvertes d'une végétation steppique basse, clair semée caractérisée par un quotient P/E.T.P entre 0,065 et 0,28 recevant des précipitations moyennes annuelles variant de 100 à 400 mm.

Aidoud et Touffet(1996) soulignent qu'une steppe aride est un milieu qui n'offre que des conditions extrêmes pour l'établissement et le maintien d'une végétation pérenne.

La steppe est un écosystème fragile, il paraît moins stratifié que l'écosystème forestier. La steppe Algérienne est l'une de ces régions semi-arides, où les relations entre le milieu de vie et le mode de vie donnent naissance à un problème écologique inquiétant pour l'Algérie.

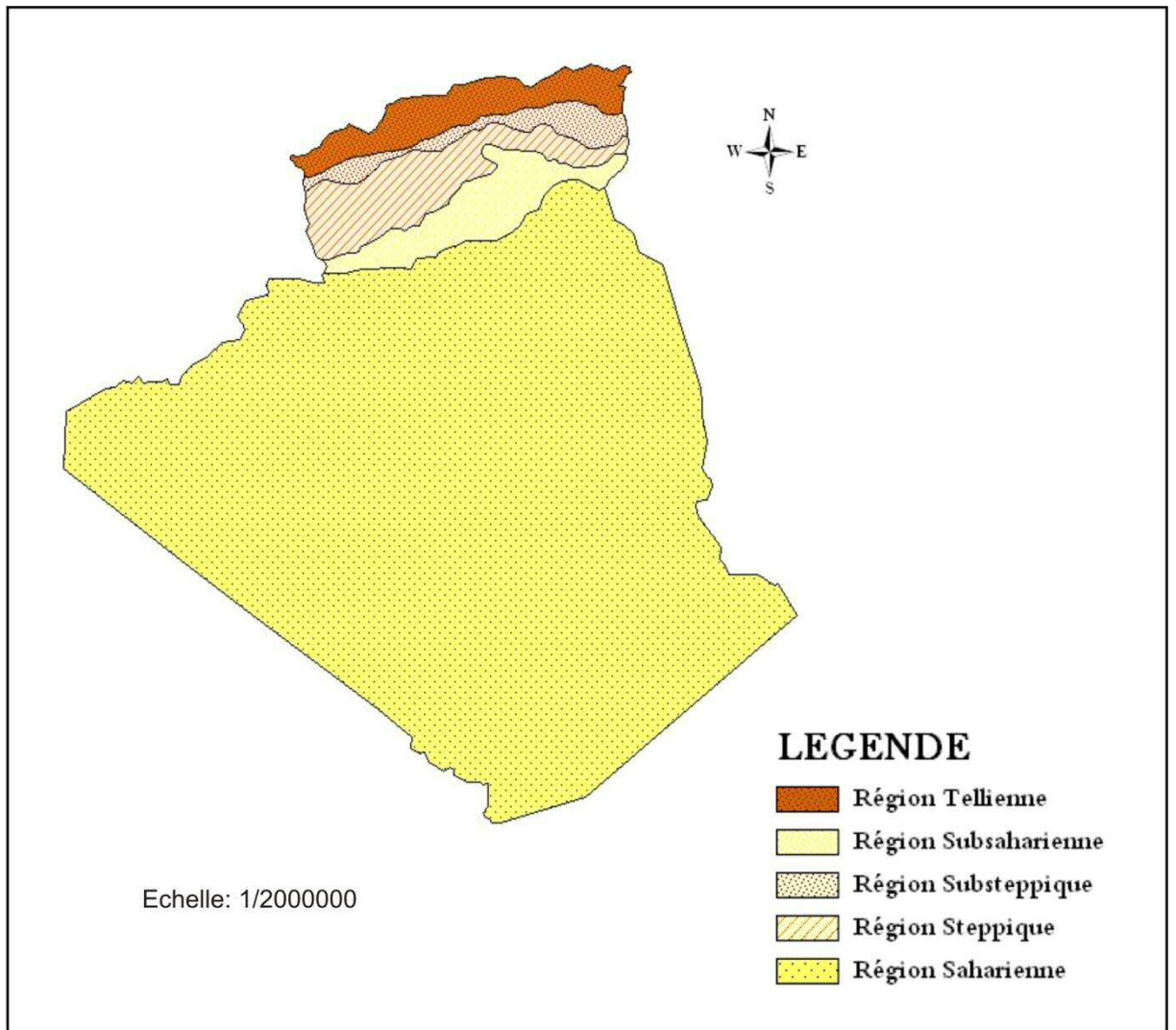
## **1.2 Délimitation géographique**

La steppe se présente comme une vaste bande régionale s'étend de la frontière Tunisienne à la frontière Marocaine sur 1000 Km de long et 300 Km de large entre les isohyètes 100 et 400 mm de pluviométrie.

Elle s'étend sur une superficie d'environ 20 millions d'hectares, située entre le Tell et précisément l'Atlas tellien et le désert saharien, (Pouget, 1980).

Elle est limitée au nord par l'atlas tellien et au sud par l'atlas saharien. Cette délimitation est en fonction d'éléments du climat (pluviométrie et température), et de la végétation pour la classification des étages bioclimatiques(fig n°1).





**Figure n°01 : Délimitation de la Steppe Algérienne**

## **2. Aspects climatiques**

Le climat de l'Algérie a fait l'objet de nombreuses études analytiques et synthétiques. C'est le cas de :Angot (1881), Thevenet (1889), Seltzer (1946), Emberger (1951), Bagnouls et Gausson (1952), Stewart (1968 paru en 1969), Mahrouf (1970), Chaumont et Paquin (1971), pour l'Algérie du nord, Capot-Rey (1952-1953), Dudief (1959-1963), Barry et Celles (1972-1973) pour le sahara.

Selon Djebaili (1984), la zone steppique se caractérise par deux périodes :

- la première, pluvieuse, s'étale de Septembre à Mai avec un premier maximum en Octobre et un deuxième en Avril.
- la seconde, sèche, coïncide avec la saison la plus chaude. Elle présente un premier maximum de sécheresse en Juillet. Le deuxième maximum de sécheresse se situe en Août.

### **2.1.La pluviométrie**

« De faibles pluies réparties sur un grand nombre de jours produisent un effet tout différent de celui d'une pluie tombant en une journée et fournissant à elle seule le même total ». Cette remarque d'Angot (1914) illustre toute l'importance de la fréquence des pluies en écologie notamment.

Selon Djebaili (1984), le nombre de jours de pluie est plus faible sur les piémonts sud de l'Atlas Saharien. Les jours de pluie y sont plus fréquents en automne et au printemps. Sur les plaines steppiques, le nombre de jours de pluie est variable et semble diminuer d'Ouest en Est. Les pluies y sont plus fréquentes en hiver et en automne.

Selon Le Houerou (1975), les Hautes plaines algéro-oranaises reçoivent entre 200 et 400 mm en moyenne.

Elle diminue dans la région du Chott El Hodna, et beaucoup plus sur les piémonts de l'Atlas saharien. Seuls les sommets des massifs montagneux reçoivent des quantités d'eau plus importantes qui peuvent atteindre 500mm.(Djellouli et Djebaili, 1984).

### 2.1.1 Variations annuelles de précipitations

Si, comme le signale Seltzer(1946)et le note Djebaili (1984), les variations annuelles dans les hautes plaines et l'Atlas Saharien sont toujours moins sensibles que dans leTell (cas de Saïda avec un écart maximum de 73 mm) et sur le littoral, il n'en demeure pas moins que les écarts maximums sont situés entre 29 et 14 mm.

**Tableau n°02 : Ecart maximums moyens des précipitations annuelles(Djebaili, 1984)**

Stations	Précipitations minimales en mm	Précipitations moyennes en mm	Ecart maximum en mm	Ecart moyen en %
Saïda	350	432	73	19,1
El Bayadh	309	323	14	4,4
Djelfa	284	308	24	8,1
Mécheria	264	276	29	10,4

### 2.2. Les températures

La steppe connaît le gel en hiver et la canicule en été dû à l'influence continentale et une altitude forte. L'amplitude des températures moyennes annuelles (différence entre les températures moyennes du mois le plus froid : Janvier et les températures moyennes du mois le plus chaud : juillet) est supérieur à 20°C.

Selon LeHouerou (1977), l'Algérie steppique reste entre les isohyètes +1°C et +3°C et entre 34 et 37°C.

### **2.3. Les vents**

Le vent est un paramètre climatique agissant sur la végétation et qui influe également sur le déplacement du sable et des particules fines, entravant le développement des plantes et la composition du sol superficiel. Ce facteur est d'autant plus agressif pour les écosystèmes en place qu'il accentue le phénomène de désertification. La steppe est considérée comme un espace privilégié de rencontre pour les masses d'air, en raison des immenses étendues et des couloirs qu'elle comporte. Elle est traversée par les courants de vent glaciaux en hiver, et en été par des courants d'air secs et chauds.

Le sirocco :est un vent chaud et sec à pouvoir desséchant élevé par l'augmentation brutale de la température, et l'abaissement simultané de l'humidité de l'air qu'il provoque. Le sirocco en Algérie est lié aux perturbations de nature orageuse. Indépendamment de son caractère local, le sirocco est plus fréquent à l'Est (30 j/an en moyenne) qu'à l'ouest (15 j/an en moyenne) ; Rare en hiver, il souffle surtout en été. (Djebaili, 1984)

### **2.4. Les orages**

Surtout dans l'Atlas saharien pendant la saison chaude (90% des orages entre Mai et septembre à Djelfa). (Pouget, 1980).

### **2.5. La grêle**

Quelques jours par an en moyenne, donc assez négligeable d'autant que les grêlons, de taille réduite, n'occasionnent pas de dégâts sérieux aux cultures. (Pouget, 1980).

### **2.6. La neige**

A la faveur d'une température pas trop basse, l'eau de neige inhibe le sol, plus la durée d'enneigement au sol persiste plus le potentiel hydrique du sol augmente. Ainsi, plus que sa fréquence, la durée d'enneigement moyen au sol (nombre de jours où le sol est couvert de neige), est donnée la plus utile à connaître. Selon Djebaili(1978), le nombre de jours d'enneigement varie de 5 à 19 jours.

Dans les hautes plaines, l'épaisseur de la couche de neige au sol est très mince ; elle ne dépasse les 10 cm. Dans les hautes plaines steppiques, Elle est par contre plus dense et d'après Seltzer (1946), on estime qu'elle fournit le cinquième de sa hauteur en tranche d'eau, c'est-à-dire dans les meilleurs cas un apport d'eau de l'ordre de 20 mm par an. Ceci est d'autant plus appréciable lorsque la fusion intervient au début du printemps. En réalité, la neige ne dure que très peu de temps ; jusqu'à 1500m d'altitude, elle fond aussitôt tombée.

### 2.7. Lagelée

La moyenne est de 40 à 60 jours de gelées blanches par an; elles sont plus fréquentes dans les hautes plaines (30jours par an) et dans l'Atlas saharien (50 jours par an). Le risque de gelée commence quand le minimum de la température tombe au dessous de 10°C et il dure tant que ce minimum reste inférieur à cette valeur. En pratique, pour la végétation, le risque de gelées persiste pendant toute la moitié de l'année, en général de Novembre à la fin Avril.

**Tableau n°03: Nombre de jours annuels moyens pour quelques stations (Seltzer, 1946)**

Stations	Nombre de jours par an		
	Enneigement	Gelées blanches	Sirocco
El Bayadh	13,1	17,8	--
El Kreider	3,0	48,2	22
Djelfa	7,8	31,2	12,8

### 2.8. Evaporation et Insolation

Dans la région où l'eau est un facteur déterminant, l'évaporation est très importante et atteint son maximum en été. La tranche d'eau évaporée annuellement est presque toujours supérieure à la quantité totale de pluie tombée. Seltzer (1946).

### **3. Aspect bioclimatique de la steppe algérienne**

De nombreux auteurs se sont attachés à synthétiser les données climatiques en recherchant une classification des types de climats qui puisse rendre compte au mieux le comportement de la végétation, particulièrement dans les zones arides. Le problème étant de « mettre en évidence les zones homoclimatiques où les conditions climatiques de la croissance et la production végétale soient sensiblement identiques». (Le Houerou,1975).

Les nombreuses classifications proposées se basent le plus souvent sur le calcul d'un indice climatique tenant compte de la pluviosité, des températures, de l'ETP, etc.

Les indices climatiques les plus classiques sont :

#### **3.1.Indice annuel d'aridité de De Martonne(1923)**

P = Pluviosité annuelle moyenne en mm.

T = Température annuelle moyenne en °C.

#### **3.2.Indice xérothermique de Bagnouls et Gaussen(1957)**

En fait, cet indice complète les diagrammes ombrothermiques qui montrent l'importance de la période sèche ; un mois est considéré comme « sec » si la pluviosité P (mm) est égale ou inférieure au double de la température en degré Celsius c'est-à-dire  $P \leq 2T$ .

Selon Pouget (1980), l'indice  $I_x$ , tenant compte de l'humidité atmosphérique, module la durée de la saison sèche en donnant le nombre de jours « biologiquement secs » au cours de la période sèche.

#### **3.3.Quotient pluviométrique d' Emberger(1954)**

Les valeurs de  $Q_2$  sont reportées sur un climagrammepluviothermique avec : m en abscisse et  $Q_2$  en ordonnées. Sur ce graphe, Emberger trace les limites des différents étages bioclimatiques tels que l'indique l'étude de la répartition de la végétation. L'usage a très largement consacré cette caractérisation des bioclimats méditerranéens. (Daget, 1977).

Selon Le Houerou (1995), Toutes les Hautes Plaines entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien appartiennent à la zone aride moyenne ou supérieure, à l'exception du centre de la dépression hodnéenne. Les piedmonts sud de l'Atlas Saharien, sur une largeur de 20 à 50 km font partie de la zone aride inférieure de Khanga Sidi Naji à Béchar (Biskra, El Abiod, Laghouat, O.Djellal, Ain Sefra).

Les étages semi-aride et aride, en particulier, couvrent de vastes étendues et caractérisé par une végétation très diversifiée, en passant par des nappes homogènes à alfa aux mosaïques à sparte et armoise blanche pour rencontrer des faciès à alfa et retama. (Bouchetata, 2001).

Pour expliquer les causes de la distribution des végétaux de la zone steppique, du moins pour la région méditerranéenne, il faut se baser sur deux composantes principales, ceux sont les précipitations et les températures du fait qu'elles constituent des facteurs déterminants, mais cela n'exclut pas l'influence d'autres composantes telles que : la neige, les vents et les gelées (Duvignaud, 1984).L'application des gradients pluviométriques et thermiques de Gharzouli (1977) confirme deux hypothèses faites à partir de l'étagement de la végétation :

- la présence du subhumide froid, au djebel Mâadar dans les Aurès et en même temps son absence le long de l'Atlas saharien.
- la présence du bioclimat semi-aride froid sur les versants nord de l'Atlas saharien.

**Tableau n°04: Valeurs approchées calculées à partir des gradients de Gharzouli de P et m pour les sommets des monts de l'Atlas saharien et des Aurès (Djebaili (1984)**

Lieu	Altitude (m)	P (mm)	m (°C)	Bioclimat
Djebel Aïssa	2200	473,0	- 7,3	Semi-aride froid
Djebel Ksell	2008	497,5	- 6,1	Semi-aride froid
Sommet Senalba Gharbi	1660	408,0	- 2,8	Semi-aride froid
Djebel Mâadar	1863	552,0	- 2,4	Semi-aride froid
Djebel Belezma	2094	692,0	- 6,0	Sub-humide froid
Djebel Ichmoul	2071	680,0	- 5,6	Sub-humide froid

Tableau n°05 :Zonation bioclimatologique des steppes algériennes

(LeHouerou, Claudinet Pouget, 1977/1979)

ZONES BIOCLIMATIQUES		Hivers	très froids	Froids	Frais	Tempérés	Doux					
		m	-1	+1	+3	+5	+7					
		T° diurne	micro	micro	meso	micro	meso	macro	meso	macro	mega	mega
		M1	10	10	12	10	12	15	12	15	20	20
Semi aride	sup.	600										
	inf.	500										
Aride	sup.	400										
	moy.	300	NA					NA				
	inf.	200	NA					NA				
Saharien	sup.	100	NA	NA	NA							
	inf.	50	NA	NA	NA	NA						
Erémittique		25										
		0										

Emberger a bien précisé que, sur le diagramme, les limites ont été tracées là où le changement de la végétation a été observé.

Le quotient d'Emberger est spécifique du climat méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord. Le quotient  $Q_2$  a été formulé de la façon suivant :

$$Q_2 = [2000 P / M^2 - m^2]$$

La valeur  $(M + m)/2$  du fait de son expression de degrés kelvin varie peu, Stewart l'assimile à une constante  $K = 3,43$ , d'où le quotient :

$$Q_3 = 3,43 \times [P / M - m]$$

M et m s'expriment en degrés Celsius, Emberger a mentionné qu'un climat ne peut être caractérisé si à la valeur de  $Q_2$  ne vient pas s'ajouter celle de m, (Emberger, 1971).



Pouget (1980), a démontré que les steppes sud algériennes offrent un bel exemple de la dégradation du climat méditerranéen et de son passage progressif à un climat franchement désertique, quoique encore de type méditerranéen.

Il a mis en évidence également que cette dégradation correspond à une aridité croissante :

- la pluviosité annuelle diminue progressivement et devient de plus en plus irrégulière.
- les températures augmentent et soulignent une sécheresse estivale toujours plus longue, accentuée encore par les caractères de continentalité.

Les steppes sud algériennes s'intègrent dans une séquence bioclimatique dont l'aridité augmente globalement du Nord au Sud à savoir :

- les régions telliennes et sud-telliennes subhumides et semi-arides ( $P > 400$  mm environ).
- les steppes sud algéroises arides ( $100 \leq P \text{ mm} \leq 400$ ) avec les trois principales subdivisions : aride supérieur, aride moyen, aride inférieur.
- les régions sahariennes ( $P < 100$  mm) nettement plus au sud de Laghouat.

#### **4. Aspects biogéographiques**

Djebaili (1984) s'inspirant des travaux de Maire (1926), confirme que la végétation de la zone steppique appartient au domaine mauritanien steppique subdivisé en trois secteurs :

- Secteur des Hauts plateaux orano-algérois.
- Secteur du Sud constantinois.
- Secteur de l'Atlas saharien.

A l'exception des sommets de monts du Hodna et des Aurès, le domaine mauritanien steppique correspond à l'aire de distribution des steppes des Hauts plateaux et des forêts claires à chêne vert et à pin d'Alep de l'Atlas saharien et des piémonts sud des Aurès. Il s'agit donc de division chronologique sans références à aucune classification biologique ou écologique.

Après, c'est la préoccupation essentiellement floristique qui a été abordée par les travaux de Quezel et Santa (1962), Barry et Celles (1974), ils ont modifié les subdivisions en domaines et secteurs et sous-secteurs.

Quezel et Santa (1962) ont distingué des sous-secteurs dans les hautes plaines et l'Atlas Saharien. Pour Barry et Celles (1974), ils ont démontré que la végétation des hautes plaines steppiques appartient aux formations climatiques de la région méditerranéenne subdivisée en deux sous régions : eu-méditerranéen et Saharo-sindienne.

Emberger (1971) a noté que « L'étage de végétation tel que nous entendons est une unité ayant ses caractéristiques propres, entièrement indépendantes de l'altitude ».

Ozenda (1982) souligne à propos de la notion d'étage de végétation et en évoquant les facteurs d'humidité « En plaine et plus particulièrement dans les pays arides et semi-arides, ils interviennent en première ligne ». Il a interprété aussi le complexe des steppes situées à 1000 m d'altitude en moyenne, et à base d'alfa, de sparte et d'armoïse blanche comme une forme semi-aride du méso-méditerranéen.

## **5. Principales caractéristiques des sols de la steppe**

La zone steppique, selon les travaux édités par la commission de pédologie et de cartographie des sols (C.P.C.S) de France en 1967, est caractérisée par les classes des sols suivants :

### **5.1. Les sols minéraux bruts**

Ils sont localisés sur les versants, à forte pente des djebels de l'Atlas saharien, soumis à une érosion hydrique intense. C'est le domaine des matorrals et des steppes arborées. Suivant la nature de la roche mère, on distingue deux groupes :

- Les lithosols sur roches dures (grès, calcaires).
- Les régosols sur roches tendres (marnes).

### **5.2. Les sols peu évolués**

Sont pauvres en matière organique, trois groupes de sol peu évolués se rencontrent suivant l'origine de l'apport :

- Les sols d'apport alluvial à textures variables, assez profondes, pauvres en matière organique, à teneur moyenne en carbonates de calcium et à pH voisin de 8, est plus répandu dans les talwegs ; ce sont des sols généralement cultivés et on trouve une végétation naturelle réduite (*Lygeum spartum*, *Artemisia compestris*).
- Les sols d'apport colluvial à profil très faiblement développé constitué d'un mélange de pierre, de graviers et de sable, et colonisé par les matorrals ou les steppes arborées à *Juniperus phoenicea* et *Stipa tenacissima*.

- les sols d'apport éolien de texture moyenne (teneur en calcaire inférieur à 0,5%). Ces sols forment des sebkhas qui sont colonisés par différentes espèces telles que *Lygeumspartum*.

### **5.3. Les sols calcimagnésiques**

Se rencontrent sur roches mères calcaires ou magnésiennes. Dans cette classe trois groupes de sols se distinguent :

- Les rendzines.
- Les sols bruns calcaires : trois sous-groupes s'y distinguent :
  - a- Sous-groupe sol brun calcaire à croûte calcaire.
  - b- Sous-groupe sol brun calcaire xérique.
  - c- Sous-groupe sol brun calcaire sur calcaire lacustre.

Le sous-groupe de sols brun calcaire xérique et à croûte sont les plus répandus. Ils occupent les glacis polygéniques du quaternaire ancien et moyen. Dans l'étage aride, principalement là où les précipitations annuelles varient entre 200 et 300 mm, ils sont colonisés par des groupes variés à base de *Stipa tenacissima*, de *Lygeumspartum* et d'*Artemisiaherba-alba* avec tous leur faciès de dégradation.

- les sols gypseux, leur répartition est limitée à de petites superficies sur grès alternant avec marnes et argiles versicolores.

### **5.4. Les sols iso-humiques**

Dont le groupe le plus présenté est les sierozems qui s'étendent sur les glacis d'érosion polygénique du quaternaire moyen et récent ainsi que sur les terrasses. Ils sont colonisés par les groupements à *Lygeumspartum* et surtout *Arthrophytumscoparium*. La présence d'un voile sableux plus ou moins continu favorise la présence de *Thymelaeamicrophylla*, *Arthrophytumschmittianum*.

### **5.5. Les sols halomorphes**

Sont localisés dans les chotts et les sebkhas. Ces sols sont généralement profonds à texture et structure variable. Leur teneur en calcaire est faible (inférieur à 30%), pauvres en matière organique (0,5%), pH voisin de 8 et leur conductivité électrique comprise entre 3 et 40 mmhos/cm à 25°C. Ils sont colonisés par de nombreuses espèces telles que *Salsolatetrandra*, *Atriplexglauca* et *Frankeniathymifolia*, (Djebaili S., 1984).

## **6. Aspects phyto- écologiques**

### **6.1. Définition et répartition des principales formations végétales steppiques**

Le code pastoral algérien de 1975, définit le territoire steppique sur 20 millions d'hectares dont 15 millions sont constitués d'espèces végétales palatables, se décomposant comme suite :

- 4 millions d'hectares d'alfa.
- 3 millions d'hectares d'armoïse (Chih).
- 2 millions d'hectares de sparte (Sennagh).
- 1 million d'hectares d'atriplex (Guettaf).
- 5 millions d'hectares de groupement végétaux divers.

Sur le plan administratif, la steppe englobe une dizaine de wilayas (Tebessa, M'sila, Djelfa, Tiaret, Saïda, El Bayadh, Naâma, Khenchela, Oum El Bouaghi, Tlemcen, dans la partie Sud, Laghouat et Biskra dans la partie Nord).

### **6.2. Particularités de la végétation en zone aride**

Une steppe aride est un milieu qui, par définition, n'offre que des conditions extrêmes pour l'établissement et le maintien d'une végétation pérenne (Aidoud et Touffet, 1996). Ces formations steppiques sont caractérisées par la précarité du milieu, lié au déficit pluviométrique et à l'extrême variabilité interannuelle des pluies. La variabilité annuelle de la production primaire est plus élevée que celle de la pluviosité d'environ 50%, en moyenne, cette variabilité croît avec la dégradation de la végétation et du sol (LeHouerou, 1995).

En revanche, ces écosystèmes sont très « résilients », c'est à dire qu'ils retrouvent facilement leur état d'équilibre après une perturbation. Cependant, si la perturbation est trop importante et que certains seuils de réversibilité sont dépassés, le nouvel équilibre dynamique a un niveau de productivité inférieur au précédent. En effet, LeHouerou(1995) rapporte que la productivité exprimée en coefficient d'efficacité pluviale (CEP) varie d'un facteur de 5 à 10 Kg Ms épigée ha-1 an-1 mm-1 dans les steppes en bon état dynamique à 0.1 – 1.0 dans les zones désertisées.

L'Algérie, selon des auteurs russes (1978), ne possède pas de vraie steppe mais des pré-déserts.

La végétation steppique est à base de graminées (*Stipa tenacissima*, *stipa parviflora*, *Lygeumspartum*, *Aristidiapungens*,.....) et de chaméophytes vivaces (*Artemisia herba-alba*, *Artemisiacampestris*, *Helianthemumhirtum*) et auxquels s'ajoute un cortège varié d'espèces annuelles.

### **6.3. Les principales formations végétales steppiques**

Selon Aidoud et Lounis (1997), la communauté steppique à *Stipa tenacissima*, à *Lygeumspartum* et à *Artemisia herba-alba*, constitue les principales formations végétales ayant marqué, durant plus d'un siècle, le paysage végétal des Hautes plaines. Celles-ci constituent un ensemble orotopographie homogène, enserré entre les reliefs de l'Atlas tellien et de l'Atlas saharien. On y distingue :

#### **6.3.1. Steppes à graminées**

- à base d'Alfa (*Stipa tenacissima*)
- à base de Sparte (*Lygeumspartum*)
- à base d'Aristidia (*Aristidia pungens*)

#### **6.3.2. Steppes à Chaméphytes**

- à base de « Chih » (*Artemisia herba-alba*)
- à base de « Zefzaf » (*Helianthemum hirtum ssp ruficomum*)
- à base de « Choubrouk » (*Noaea mucronata*)
- à base de « Sarr » (*Atractylis serratuloïdes*)

#### **6.3.3. Steppes crassuléscentes**

Sur les terrains salés, les espèces halophiles se présentent assez souvent en peuplement d'allure mono spécifique :

- peuplement à *Arthrocnemum*
- peuplement à *Salsolatetrandra*
- peuplement à *Atriplexhalimus*

#### 6.4. Principaux faciès

Par son extension, son abondance et son utilisation comme aliment naturel des troupeaux ovins, l'armoise blanche tient une place de première importance en milieu steppique (Aidoud, 1983).

##### 6.4.1. Faciès à Armoise (*Artemisia herba-alba*)

C'est une espèce chaméphyte ligneuse qui se développe en touffe, très ramifiée dès la base. La partie épigée peut être séparée en deux catégories. La partie ligneuse et la partie verte constituée par les pousses de l'année qui, avant leur lignification sont velues et pâles d'où le nom de l'espèce.

La morphologie générale de la touffe d'armoise dépend des conditions de milieu mais surtout de l'intensité de son exploitation. Lorsqu'elle est peu pâturée, elle se présente en touffe ronde bien développée d'une hauteur d'environ 25 à 30 cm et d'un diamètre moyen de 30 à 40 cm. Sur les terrains sur-pâturés, elle est en touffe de taille réduite (tiges rampantes en raison du piétinement) et fragmentée.

En plan climatique (essentiellement la pluie et la température), l'armoise blanche présente une plasticité relativement grande. Elle est citée dans la tranche de 20 à 600 mm de pluviosité annuelle moyenne par Le Houerou (1969) et (Zouhary, 1971).

Il semble que l'espèce trouve son optimum (en tant qu'espèce dominante physiologique), dans l'étage bioclimatique aride (avec une pluviosité moyenne de 200 à 300 mm) à l'hiver frais ou froid.

Au plan édaphique, selon Maire (1926); la texture du sol pour cette espèce est argileuse ou limoneuse, et relativement lourds. Mais en Algérie d'après Djebaili (1978), Pouget (1980) et Aidoud (1983) la texture la plus répandue de l'armoise est plutôt limono sableuse.

##### 6.4.2. Faciès à Alfa (*Stipa tenacissima*)

La steppe à *Stipa tenacissima* constituent le système dont sont issu par dégradation, la majorité des groupements steppiques, Le Houerou (1969); Celles (1975); Le Houerou et al. (1975); Djebaili (1978); Aidoud – Lounis (1984, 1997).

En Algérie on trouve les plus belles nappes d'alfa dans la steppe du sud Oranais. Dans la wilaya de Saïda, celles-ci s'étendent sur plus de 1,7 millions d'hectare sur les glacis encroûtés du quaternaire moyen et ancien. Elles s'adaptent à un climat semi-aride inférieur variant à l'hiver froid et aride supérieur variant à l'hiver froid et frais. Les sols sont de type brun calcaire et calcimagnésique.

D'après Djebaili (1988), le constat actuel sur terrain est inquiétant car les sécheresses répétées ces dernières années ont entraîné le dessèchement total et qui a conduit par la suite à la mort de nombreuses touffes sur de grandes étendues.

#### **6.4.3. Faciès à Alfa et à sparte (*Stipa tenacissima* et *Lygeum spaetum*)**

L'alfa occupe des sols bien drainés alors que le sparte occupe des sols sableux.

Ce faciès se localise entre Sebkhate Oum-Ledmam et Djebel Mellah, autour du Djebel Antar, entre Tousmouline et El Megrane ; Il est localisé dans le semi-aride inférieur frais à 1050m d'altitude avec une pluviosité de 250 mm et « m » de +1,9°C. Le sol est peu épais, de 35 cm de profondeur, sa texture est sableuse en surface avec un recouvrement de la végétation de 40%.

#### **6.4.5. Faciès à *Lygeum spaetum* et *Peganum harmala***

Il se trouve sur la bordure Ouest du Chott Ech Chergui, autour de Mekmen Ben Amar, à l'Est entre Ain El Moulen. Ces deux espèces dominantes se développent dans un sol où le taux de nitrate est important, il se localise au niveau des reposoirs d'animaux, épandus autour des points d'eau C.R.B.T (1978).

### **6.5. Classification des formes biologiques**

On trouve la classification la plus utilisée est celle de Raunkier (1905), c'est la classification des formes de vie ou bien des types biologiques, elle prend en considération la disposition des organes assurant la pérennité de la plante : bourgeon, bulbe et les organes renfermant les tissus méristématiques.

Selon Ramade (1984), on distingue, par rapport à la surface du sol, 05 grandes catégories ou de types biologiques :

#### **6.5.1. Les Phanérophytes**

Ce sont des végétaux ligneux dont les bourgeons sont disposés à plus de 25 cm au-dessus du sol. Selon Raunkier (1905), cette hauteur correspond à l'épaisseur moyenne de la couche hivernale de neige dans les pays froids).

### 6.5.2. LesChamaephytes

Ce sont des plantes ligneuses buissonnantes ou à des demi-buissons dont les bourgeons sont disposés à moins de 25 cm au-dessus de la surface du sol, ce qui les protège du froid et du vent, car ils sont enfouis sous la neige pendant la mauvaise saison.

### 6.5.3. LesHémicryptophytes

Ce sont des plantes pérennes dont les organes autorisent la survie à la période hivernale, les bougeons se situent à la surface du sol et protégés par les feuilles mortes et la litière qui les recouvrent.

### 6.5.4. LesGéophytes

Ce sont des plantes pérennes dont les organes de survie sont souterrains.

### 6.5.5. LesThérophytes

C'est l'ensemble des plantes annuelles et assurent leur survie pendant la période défavorable sous forme de graines.

**Tableau n°06 :Les formes ou les types biologiques (Raunkier, 1905)**

Formes biologiques	Noms courants	Hauteurs des organes de régénération
Macrophanérophytes	Arbres	>20 m
Mésophanérophytes	Arbres	$6 - 7 < H < 20$ m
Nanophanérophytes	Buissons – Arbustes	$0,5 - 1 < H < 6 - 7$ m
Chamaephytes	Buissons – Sous Arbustes	$0 < H < 0,5 - 1$ m
Hémicryptophytes	Herbacées vivaces	A ras du sol
Géophytes	Herbacées vivaces	Souterrains
Thérophytes	Annuelles	Souterrains



## **7. Aspects Socio-économiques**

### **7.1. Les changements dus à des facteurs socio-économiques**

Les facteurs socio-économiques impliqués dans les bouleversements qui ont marqué le monde pastoral steppique semblent complexes et se situent à des niveaux divers. Un des premiers facteurs est la croissance démographique, elle est responsable de besoins supplémentaires en nourriture et en terrains agricoles. Cette pression a conduit à déboiser les terres couvertes de forêts pour les cultiver. Le taux de croissance démographique particulièrement élevé dans les hautes plaines et les steppes a entraîné :

- la surexploitation des ressources naturelles ;
- la dégradation de l'environnement ;
- l'amplification du phénomène de déboisement ;
- la détérioration des conditions de vie et l'émigration rurale.

Cette situation a entraîné un déséquilibre entre le rythme de croissance biologique des pâturages et les besoins du pastoralisme. La steppe est exploitée « comme une mine », pour un troupeau pléthorique qui ne survit que grâce aux apports supplémentaires d'aliments subventionnés par l'état. Ce système spéculatif, considéré comme une activité hors sol, a contribué à la désertification des terres.

Les fluctuations du marché suivent la variabilité climatique, en année sèche, la production agricole chute et les prix augmentent (Aidoud, 1992).

Dans le Sud-Oranais, la population a été multipliée par 2.4 entre 1966 et 1993. Les efforts de l'état en vue d'améliorer la gestion des parcours et de lutter contre la dégradation des terrains de parcours et la désertification ont été très importants (Badrani, 1996) mais la réalité du terrain ne reflète pas les efforts consentis. Les décisions prises au début des années 1980 ont eu tendance à accentuer la pression sur les parcours car une période de sécheresse prolongée s'est installée sur la région. C'est ainsi que toutes les coopératives d'élevage dont certaines dataient des années 1960, ont été dissoutes. Les nappes alfatières, rattachées normalement au domaine forestier, ont été ouvertes au pacage durant les périodes sèches (Aidoud, 1989). Non seulement, l'interdiction de la céréaliculture (cas particulier du Sud-Oranais) a été levée mais la steppe a été ouverte à l'accession à la propriété foncière (APF) instaurée en 1983.

Le déficit fourrager déjà chronique, s'est aggravé et pour le combler, les éleveurs ont eu recours aux aliments concentrés (essentiellement l'orge) en grande partie importés et bénéficiant d'une subvention de l'Etat.

Cette complémentation qui a été instaurée avant tout pour aider les éleveurs durant les périodes de sécheresse, s'est généralisée peu à peu, devenant une pratique courante. La culture de l'orge a été d'ailleurs favorisée pour des raisons spéculatives (Benfrid, 1998). La production d'orge a évolué de façon corrélée avec le cheptel alors que celle du blé dur, principale source alimentaire dans le monde rural, a eu tendance à stagner et même à diminuer.

Au même titre que l'aliment du bétail, les denrées dites «de première nécessité» ont été subventionnées. Cela a introduit de nouvelles pratiques d'alimentation du bétail qui ont entraîné une modification profonde du mode d'utilisation des plantes pérennes. A l'époque du nomadisme dominant, les parcours steppiques n'étaient utilisés que durant la bonne saison lorsque la végétation éphémère (l'acheb), la plus appréciée, était plus abondante. Les plantes pérennes n'étaient consommées qu'occasionnellement. C'est ainsi qu'en cas de sécheresse, en particulier durant les périodes d'agnelage, les brebis sont traditionnellement complémentées en orge. C'est ainsi que, dans le cas des parcours alfatiens, les limbes verts d'alfa étaient fournis aux brebis comme aliment d'encombrement.

## **8. Les facteurs de la dégradation de la steppe**

Les principaux facteurs de dégradation de l'espace steppique ont été étudiés par plusieurs auteurs : LeHouerou (1962), Djebaili (1988), Pouget (1980), Aidoud (1983), Benabdeli (2002), Mederbal (1996,1997,2002) et il est possible de les synthétiser comme suit :

- La colonisation et les entraves d'accès à la propriété foncière ;
- Le régime foncier Arch encore mal défini ;
- L'effectif ovin induisant une surcharge pastorale (entre 15 et 18 millions de têtes) ;
- L'importance de la superficie ;
- L'absence de plans de protection et de mise en valeur cohérents ;
- Fragilité des acteurs écologiques ;
- Défrichement et exploitation anarchique ;

- Le climat caractérisé par son aridité et ses caprices ;
- Les systèmes d'élevage pratiqués ;
- Doublement de la population entre 1987 et 1996.

Avec la généralisation de l'utilisation des aliments concentrés (orge et maïs), la ration d'encombrement nécessaire à cet apport massif d'aliment, couvrant jusqu'à près de 90% des besoins énergétiques des troupeaux, a été assuré par l'alfa, ce qui explique la rapidité de sa destruction. De plus, le recours à l'alfa comme aliment d'encombrement a pu être favorisé par l'augmentation du prix des pailles (Benfrid, 1998 in Aidoud, 1992).

C'est ainsi que de principale ressource fourragère, la végétation steppique est très rapidement devenue elle-même un «complément». Pour reprendre une image utilisée par Boutonnet (1992), la steppe, dans son ensemble, s'est transformée en véritable «bergerie à ciel ouvert».

Le mode de faire valoir qui a prédominé l'espace steppique n'a engendré que perte fourragère et disparition de l'activité d'élevage pour les petits éleveurs. De tout temps l'état n'a jamais tenté de mettre en place des moyens juridiques efficaces pour permettre aux parcours steppiques d'être mieux utilisés et valorisés selon des critères de production de façon à ce que la production soit la plus performante possible.

Toutefois le discours officiel, les textes et en particulier le code pastoral ont toujours incité théoriquement à une gestion efficace.

Le décalage entre la réalité du terrain et les décideurs n'ont jamais été résolus ce qui maintient l'organisation pastorale sur le terrain au niveau des réglementations anciennes et traditionnelles.

Les raisons sont à rechercher surtout au niveau de la sociologie steppique pour reconsidérer l'équilibre social. Il faut noter que la mosaïque sociale ainsi que son organisation au niveau de la steppe répond plus à une organisation tribale et aux décisions du chef de famille pour son fonctionnement qu'aux autorités des structures administratives.

Selon Aidoud (1989), l'impact du surpâturage sur la végétation se traduit par :

- Le développement dominant des espèces indésirables, refusées ou très peu consommées par les ovins.
- La régression du couvert végétal en général, et particulièrement les pérennes.
- Le développement d'une flore post-pastorale riche en thérophytes, favorisée par la concentration des animaux (plantes nitrophiles).

Plusieurs auteurs s'accordent que l'herbivorie est la force majeure qui guide les changements dans les terrains de parcours.

La présence de *Tapsiagarganica* et du *Penumharmala* bien vert avec *Mrribiumdeserti* et l'*Hlianthémumlippi*, au niveau de la région d'Ain Ouraka, fortement broutés en forme de coussinet sont autant dessignesdesurpâturage.

La plupart des auteurs perçoivent l'impact du pâturage comme négatif et conduit à la dégradation. D'autres indiquent les mérites du remplacement des herbivores sélectifs par d'autres qui ont des habitudes alimentaires alternatives dans les systèmes dégradés.

L'appréciation sur le rôle favorable ou défavorable de l'herbivorie doit être corrélé avec certains autres critères tels que : intensité, durée, etc. cette appréciation est aussi fonction des objectifs assignés aux terrains de parcours.

- La nature de l'herbivorie n'est pas uniforme et elle varie avec les espèces animales.
- La production (pastorale) et protection ne sont pas deux objectifs obligatoirement incompatibles. Ainsi le pâturage permettant la survie de certaines espèces, favorise le maintien d'une diversité biologique et donc la protection.

Le surpâturage est une action qui consiste à prélever sur une végétation donnée une quantité de fourrage supérieur à la production annuelle. (LeHouerou, 1968)

Dans le plateau de Rogassa (El Bayadh), la nappe d'alfa a connu une régression vertigineuse de 95%. Les touffes sont réduites à des mamelons noirâtres n'ayant conservé que la nécro-masse sous l'action érosive du vent et du piétinement. Au-delà de la disparition de la plante, c'est tout un système qui disparaît en raison du rôle joué par l'espèce (alfa, sparte...) dans la protection du sol et de la biodiversité.

Selon LeHouerou (1985), l'absence d'une réglementation d'accès aux parcours a favorisé et encouragé les labours et les défrichements des parcours par la mise en place d'une céréaliculture aléatoire et épisodique.

### **9. Etude critique des actions entreprises**

L'importance de l'espace steppique et l'intérêt qu'a offert pendant quelques décennies l'alfa ont été à l'origine de plusieurs plans de développement de cette zone.

A partir de 1970, des mesures ont été prises pour gérer les steppes et rationaliser la pâture. Parmi celles-ci, on peut citer:

- Le programme « barrière verte » conçu en 1972 pour lutter contre le phénomène de désertification prévoyait un reboisement des zones allant de la frontière marocaine à la frontière tunisienne, sur une bande de 20 km de large située le long de l'Atlas saharien. Ce programme a été confié à l'Armée Nationale Algérienne. Sur les 160.000 hectares prévus, 123.000 ont été effectivement plantés, avec un taux de réussite de 42%. Le reboisement en pins d'Alep en représente 86%, les améliorations pastorales 12% et les plantations d'arbres fruitiers 0,5%. Une partie des plantations en pins d'Alep a été détruite par les chenilles processionnaires et le « pine twister ». Ces mauvais résultats sont également imputables au manque de suivi, à la pâture des troupeaux et à l'absence de participation des populations avoisinantes.

- Entre 1974 et 1977 c'était l'application de la révolution agraire spécifique à la steppe qui a créé un nouveau cadre de réflexion et de recherches des solutions applicables aux problèmes de la steppe. L'année 1975 a vu la promulgation du code pastoral avec une stratégie basée sur trois volets pour tenter de résoudre les problèmes de la steppe :

- Sédentarisation des populations.
- Mise en défens des parcours.
- Valorisation exclusive de pacage des terres steppiques, d'où l'institutionnalisation de la mono-activité.

En 1982, la création d'un Haut-Commissariat pour le Développement de la Steppe (HCDS) dans la région de Djelfa. Il était chargé de la conception et la mise en œuvre d'une politique d'aménagement de l'espace pastoral et d'arrêter les dégradations du patrimoine steppique, et en même temps de créer les conditions d'un équilibre économique nouveau au moyen du développement de l'hydraulique pastorale, et d'une diversification judicieuse des ressources de la steppe. Malheureusement, leur réalisations ont été timides et parfois stoppées en cours de route, faute de moyens, de suivi et de partenaires adéquats.

Entre 1985 et 1989, c'était la mise en place de deux plans de développement steppique : viandes rouges et steppe. Ils devaient permettre la mise en place d'une organisation adaptée à la steppe (organisation technico-administrative, structures de réalisation et d'appui à la production) ainsi que la lutte contre la désertification et la régénération du couvert végétal, par notamment une mise en valeur en sec et en irrigué et aussi protection des surfaces sensibles, etc.;

A partir de 1994 et dans le but était de lutter contre la dégradation des steppes avec un programme devant permettre la régénération de 700.000 hectares de pâturages, le développement des pâtures en plantant 100.000 hectares, l'intensification des points d'eau (350 puits) et la réhabilitation des palmeraies dans 7 wilayas.

Nous pouvons conclure que l'Etat a mobilisé des moyens financiers importants mais en l'absence de stratégie et de politique à moyen et à long terme, toutes les opérations se sont soldées par un échec plus ou moins total.

---

***PARTIE N° II***  
***IMPACT DES FAÇONS CULTURALES SUR***  
***LES ECOSYSTEMES STEPPIQUES***

---

***CHAPITRE N°I***

***ETUDE DE L'EVOLUTION NATURELLE DE  
L'ECOSYSTEME STEPPIQUE***



**CHAPITRE N°I : Etude de l'évolution naturelle de l'écosystème steppique**

**I. Présentation du milieu physique de la zone d'étude**

Pour bien suivre l'évolution naturelle de l'écosystème steppique, nous avons choisi la zone de Maâmora.

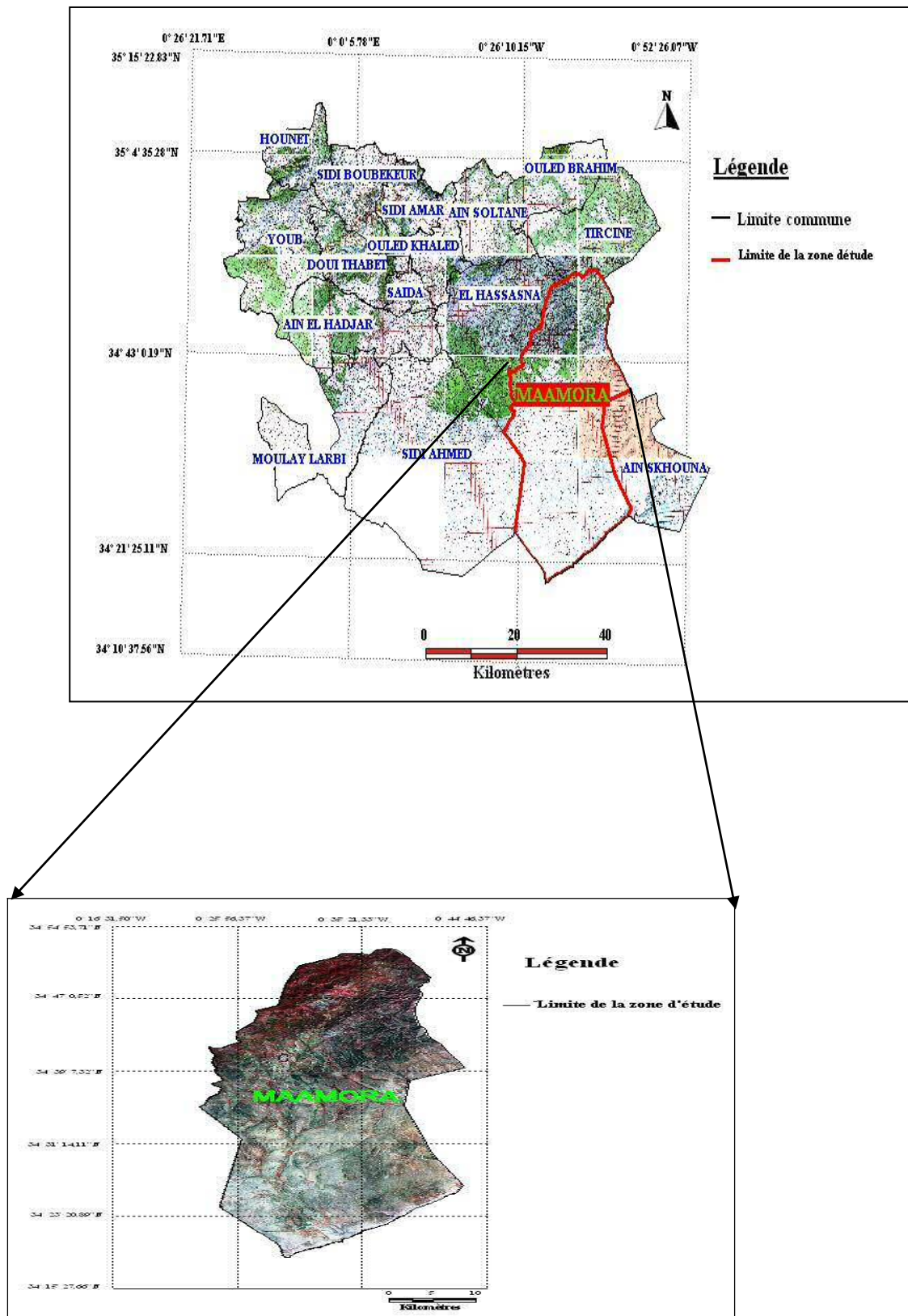
**1.1. Localisation de la zone d'étude**

La commune de Maâmora est localisée au Sud –Est de la wilaya de Saida et dépend administrativement de la Daïra d'El Hassasna, qui est l'une des daïras les plus importantes de la wilaya de Saida, tant sur le plus agricole que forestier (voir figure n°2)

Elle s'étend sur une superficie de 1216.50 km<sup>2</sup>, Elle se limite

- Au nord par la commune de Tircine.
- Au nord-est par les communes de Medna et Rosfa (wilaya de Tiaret).
- A l'est par la commune d'Ain Skhouna.
- Au sud par la commune de Rogassa (wilaya d'El-Bayadh).
- Au sud-ouest par la commune de Sidi-Ahmed.

**PARTIE N° II    IMPACT DES FAÇONS CULTURALES SUR LES ECOSYSTEMES  
STEPPIQUES**



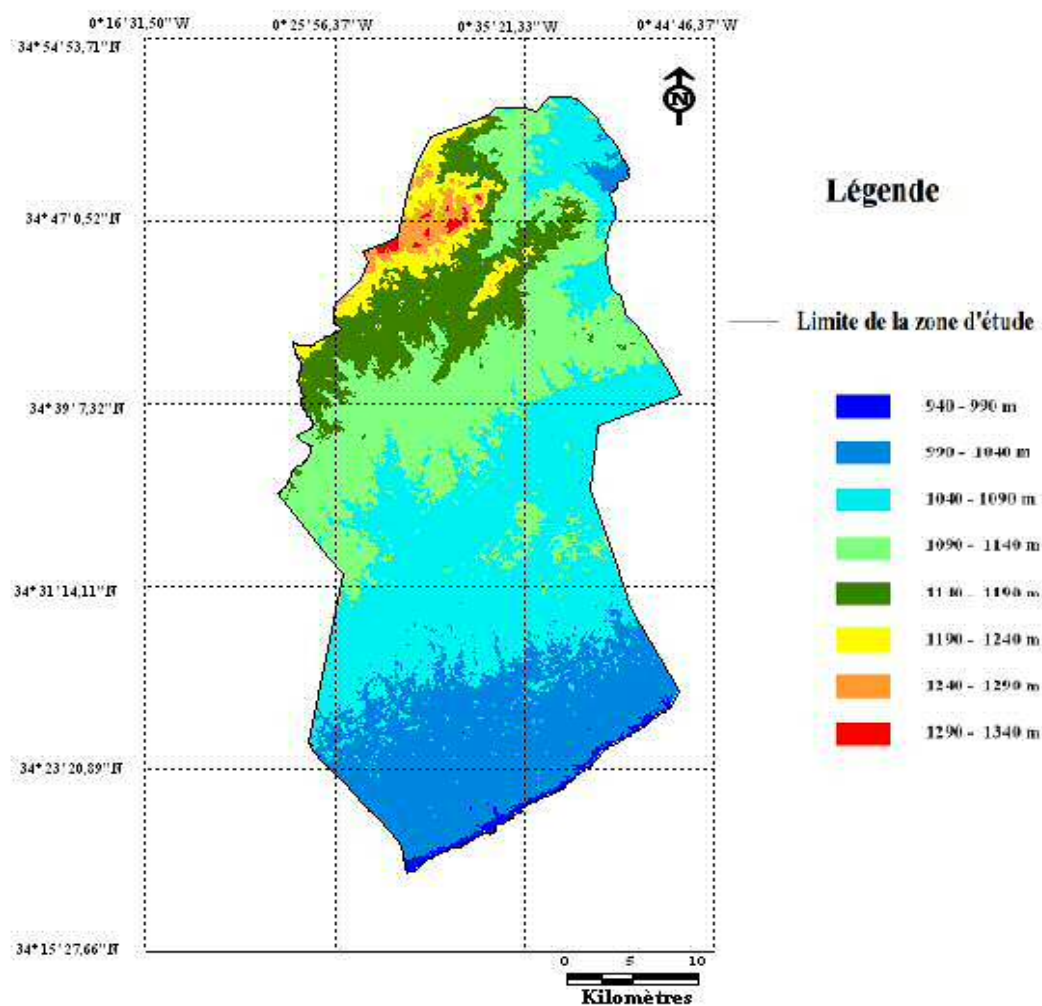
**Figure n°02 : Carte de la localisation de la commune de Maàmora**

## **1.2. Topographie**

### **1.2.1. Altitude**

La carte hypsométrique de la commune de Maâmora qui est jointe à ce travail a été construite d'après (Source : MNT SRTEM PATH 197 ROW 036).

Cette carte d'échelle 1/50 000 à une valeur intégrale qui fournit des renseignements précis, elle constitue des unités topographiques hétérogènes. Les côtes varient plus ou moins selon que l'on est aux plateaux 940 à 990 m d'altitude à l'extrémité du Sud de la daïra, aux côtes 990 à 1040 m d'altitude au Sud, aux piémonts l'altitude varie entre 1040 à 1240 m, Ouest, Nord et Est et le centre de daïra. L'altitude en montagne varie entre 1240 à 1340 m Nord-Ouest, nous avons pu utiliser non seulement cette carte qui parue jusqu'à ce jour, mais a mesuré à nouveaux les classes altitudinales de la zone d'étude (fig n°3).

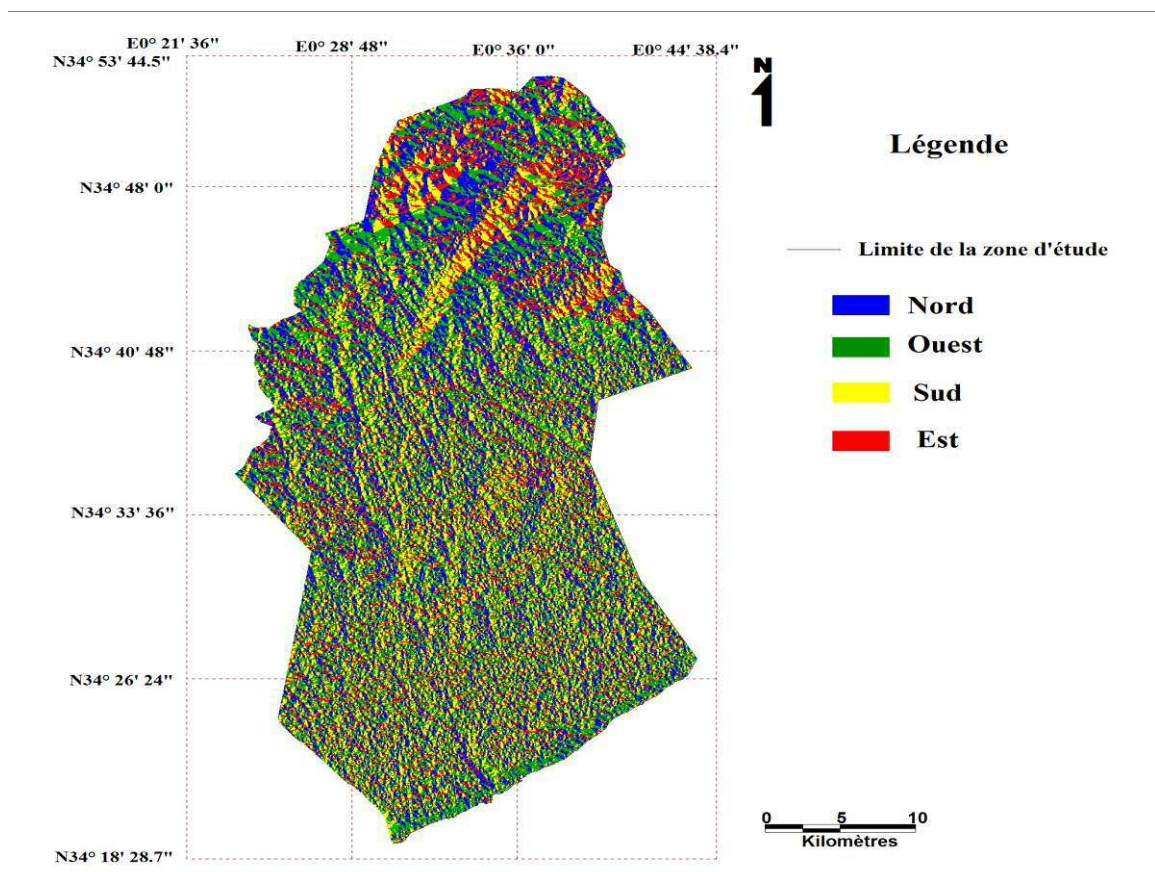


**Figure n°03 : La carte hypsométrique de la commune de Maâmora**

### 1.2.2. Expositions

Conjuguée à des altitudes importantes du point de vue impact sur les précipitations, l'humidité et l'ensoleillement, l'exposition ont un effet sur les conditions écologiques de la commune de Maâmora. Les orientations égales des versants sur les quatre directions de la zone d'étude, nous donnent une idée générale sur la répartition des précipitations, la nature du couvert végétal (dense ou clair), sur l'exposition nord ou sud.... etc.

De point de vue interprétation, nous pouvons dire que le versant Nord bénéficie de conditions climatiques et édaphiques plus clémentes, peut avoir une quantité importante d'humidité vue qu'elle reçoit l'air de la mer, avec ses effets adoucissants en été, une faible évaporation. Tandis que la partie exposée au Sud et Est reçoit une quantité importante d'ensoleillement avec un sol relativement dégradé ou dominant les dolomies des calcaires (fig n°4).



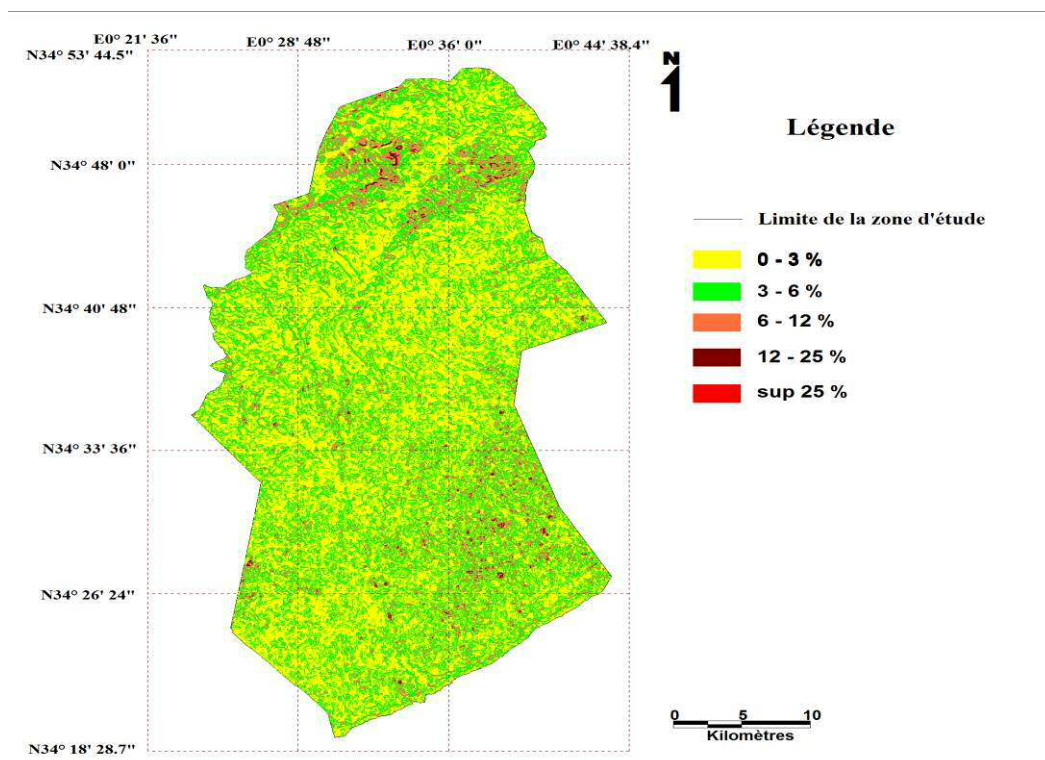
**1.2. 3. Les pentes**

La commune de Mâamora se caractérise par des différentes classes des pentes qui illustrent bien la topographie générale. Quatre classes de pentes ont pu être identifiées pour l'étude topographique dans tableau suivant :

**Tableau n°07 : Répartition des classes des pentes dans la commune de Mâamora  
(B.N.E.D.E.R., 1999).**

Classes des pentes (%)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
0 - 3	115350	90,8
3 - 6	5426	4,3
6 - 12	5058	4,0
12- 25	1252	1,0
Total	127086	100,0

Selon le tableau n°05 nous remarquons la dominance des terrains plats avec 90.8% ; cependant les terrains à pentes réduite (classe 2 et classe 3 le pourcentage est de 4% ; cependant la classe 4 ne représente que 1% (Voir fig. n°05).

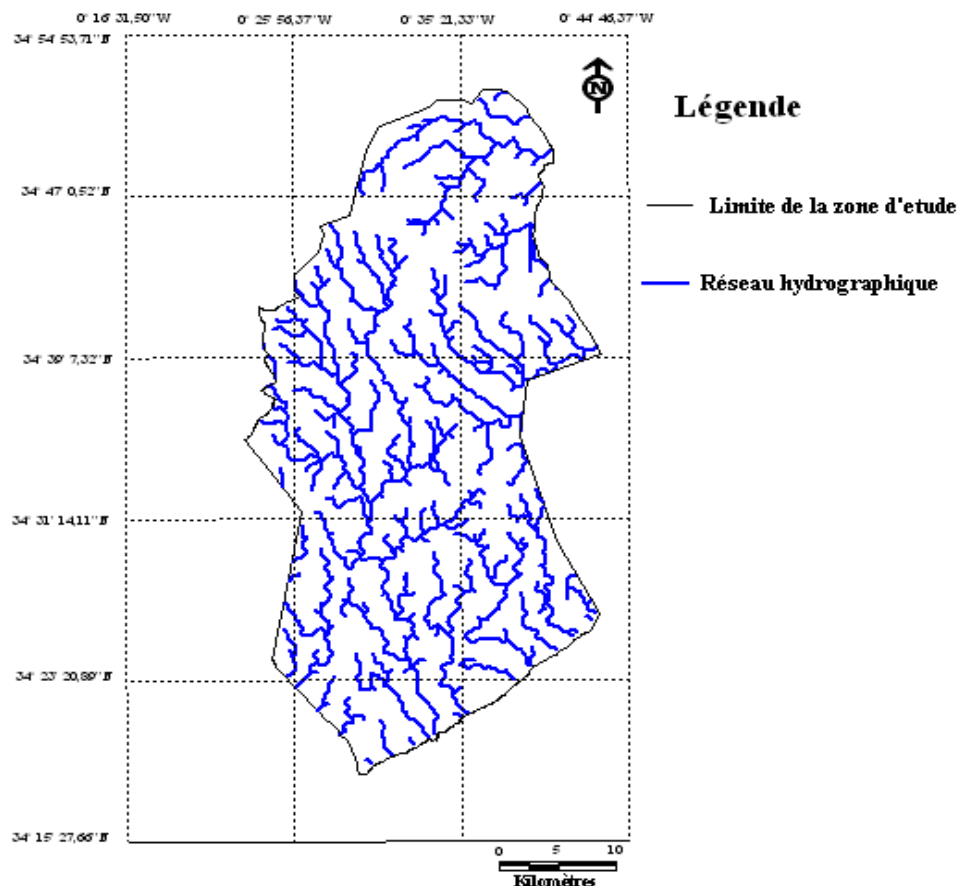


**Figure n° 05 : La répartition des classes des pentes de la commune de Mâamora**



### 1.3. Hydrographie et ressources hydriques

Les écoulements des eaux se font en direction du Chott Chergui sauf pour la partie Nord des massifs ou les eaux sont drainées par Oued Foufot affluent d'Oued Tifrit. Le réseau hydrographique est en général très disséqué. Les plus importants oueds sont ceux qui descendent vers le chott à savoir : Oued El Aouedj, Oued.Amar, Oued Aouali, Oued Abter et Oued Er-mel. Les autres Oueds de moindre importance, sont soit limités dans leur extension, soit ils sont sous forme de Dayets, soit ils constituent des affluents des Oueds cités précédemment. Leur action érosive est plus ou moins marquée notamment pour l'Oued Amar, Oued Er-R'mel et Oued Abter. En fait l'érosion mécanique est assez prononcée à travers le territoire : les fortes variations de température, la ventosité en sont les éléments les plus dynamiques, ces effets sont d'autant plus marqués dans les zones où la végétation est absente, Ainsi sur le massif forestier du Nord. C'est les clairières en hautes altitudes qui sont les plus touchées. (F.A.O 1980).



**Figure n°06 : Carte Hydrographique de la commune de Mâamora**

## **1.4- Géomorphologie**

### **1.4.1. Ensemble du massif montagneux et de piémonts pré-steppe**

Ce milieu est assimilé au domaine des montagnes atlasique, il occupe 30% du territoire nord de la commune (s'étendent sur une bande de 30 km environ). Il se caractérise par une série de Djebels orientés du Nord au Sud, avec Djebel de Sidi Youssef à une altitude de 1338 m à Kouidi et Sidi Elkebir et Djebel Harchoune à 1259 m d'altitude. Ces ensembles montagneux sont disposés selon une direction grossière Sud-Ouest et Nord- Est pour s'incliner au Sud en direction des hautes plaines steppiques. Cette partie constitue une barrière naturelle aux masses d'air humide.

### **1.4.2. Ensemble des hautes plaines steppiques**

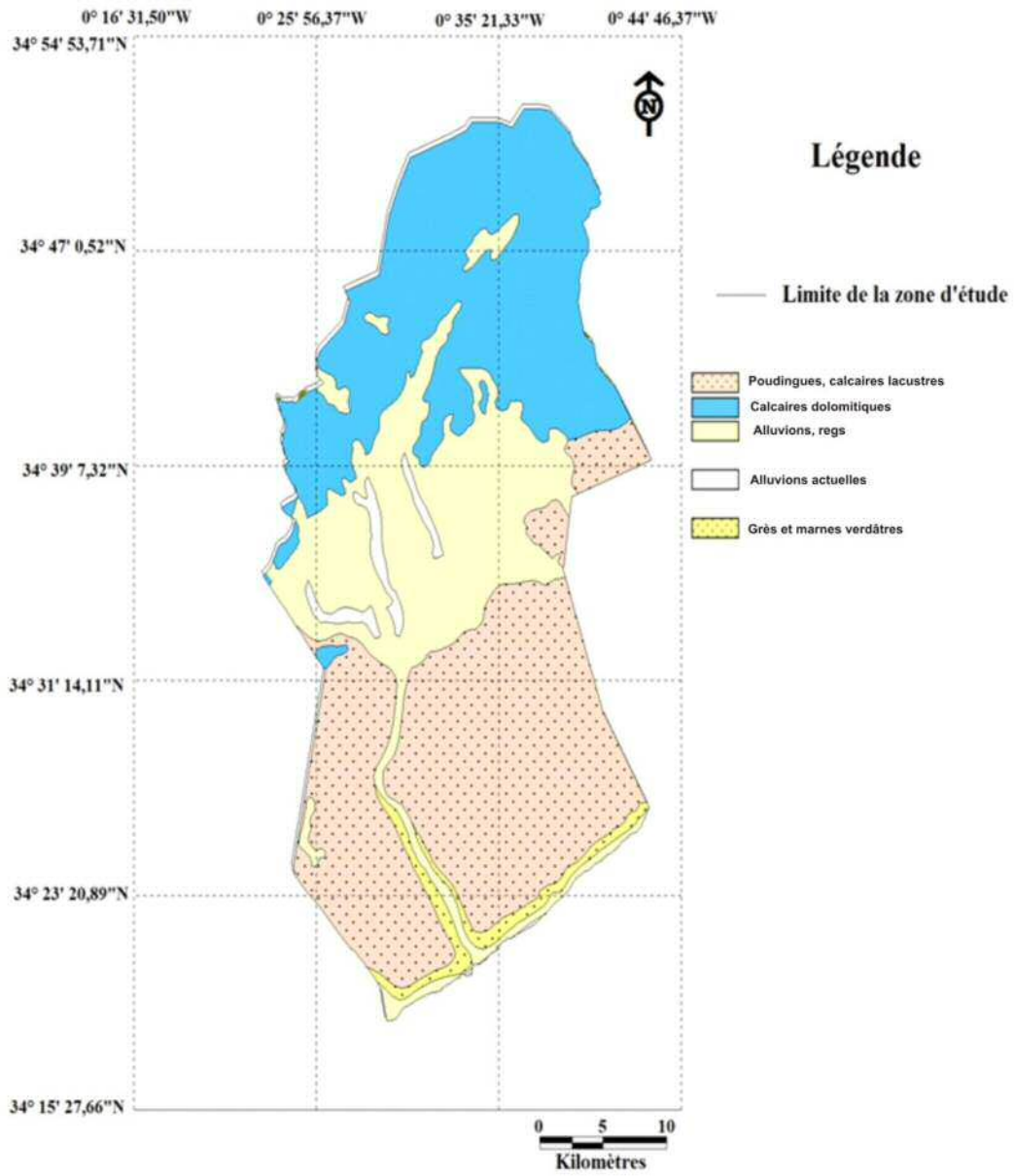
Ce milieu s'étend sur 70% du territoire communale moins nuancées il est subdivisé en deux sous ensembles.

#### **A/ Sous ensemble sub-steppe**

Cet espace qui est en contact direct avec le milieu pré- steppe occupe 16% de superficie communale soient 203.6 km<sup>2</sup> avec des altitudes très peu variables d'une moyenne de 1100 m. Cette partie englobe +50% de terres sous forme de SAU (surface agricole utile), 48% de terres de parcours et 2% environ relevant du domaine des terres improductives.

#### **B/ Sous ensemble steppe**

Le milieu steppe représente 54% de la superficie totale de la commune. Cet espace se caractérise au plan physique par un relief plat possédant une altitude moyenne de 1000 m (l'altitude varie de 1050 m, à sa limite Nord à 1020 m en plein chott Chergui au Sud).



**Figure n°07 : Carte géologique de la commune de Mâamora**



## **1.5. Occupation du sol de la commune**

### **1.5.1 La couverture pédologique**

Les sols de la zone d'étude sont le produit de l'interaction entre la topographie, la roche mère, la couverture végétale et les conditions climatiques. Ces sols sont vulnérables, pauvres en matière organique et riches en calcaire. La topographie et l'aspect de la surface du sol favorisent l'écoulement des eaux pluviales. Parmi les grands types de sols rencontrés, nous avons :

#### **1. Les sols à minéraux bruts non climatiques d'érosion**

##### **1.1 Les Lithosols**

Se retrouvent presque dans tous les versants dénudés, ils sont peu épais (moins de 20 cm généralement et très morcelés (ou discontinus) laissant la place aux affleurements rocheux, ces sols portant parfois une broussaille ou un maquis très dégradé, outre les affleurements de la roche mère (calcaire, grès ou dolomite).

##### **1.2 Les sols peu évolués**

###### **1.2.1 Les sols alluvionnaires**

Ils comprennent les sols alluviaux de plaine ou de terrasses alluviales, les sols remaniés de Dayas Z'raguet, les sols alluviaux de bordures de Chott et les sols alluviaux de lits d'Oueds.

###### **✓ Les sols alluviaux de plaines ou de terrasses alluviales**

Ces sols sont les plus intéressants du point de vue de leur qualité édaphique, de leurs textures souvent équilibrées ; leurs profondeurs dépassant les 80 cm. Ils évoluent sur des terrasses alluviales, dans les vallées d'Oued de Saïda de l'Oued de Tifrit.

###### **✓ Les sols remaniés de Dayate Z'raguet**

D'origine alluviale, avec une profondeur qui varie de 50 à 80 cm au maximum dans les bas fonds ; ces sols sont souvent à texture lourde à moyenne par endroit l'hydromorphie voir même des traces de salinité sont apparentes, leurs problème majeur est le mauvais drainage.

###### **✓ Les sols alluviaux de bordure de chott**

Ils sont localisés en bordures du Chott Ech-Chergui, suite aux dépôts d'alluvions sableuses et limoneuses, ce sont des sols minéraux bruts, sans matières organique, de profondeurs inférieures à 50 cm et en général couverts par une mince pellicule de sable ou voile sableux, du à la déflation éolienne au plan agronomique.

✓ **Les sols alluviaux de lits d'oueds**

Ce sont les sols d'origine alluviale (limons et sables) déposés dans les larges des lits d'Oueds de la zone steppique (Oued Fayet) ; ils sont peu épais moins de 20 cm. Ces sols permettant de réaliser des emblavures de céréales et fourrages qui profitent de leur humidité en relation avec les argiles et les limons.

**1.3 Les sols calci-magnésiques**

Parmi ces sols, on distingue les sols bruns calcaires, largement étendue au nord de la wilaya et les sols bruns à caractère vertique de Moulay Larbi.

**1.3.1 Les sols bruns calcaires**

Ces sols sont assez étendus sur les collines de Nord et Nord -Ouest de la wilaya de Saïda (secteur de Youb), ils sont peu épais et pauvres en matière organique, leur épaisseur est variable, même si elle atteint rarement les 50 cm et ce sont les sols travaillés ou supportant des céréales, pierres et cailloux de surface présentent en minimum 80% de ces sols, ils sont plus profonds que les sols occupés par les parcours.

✓ **Les sols bruns calcaires à caractère vertique**

Ils s'étendent entre Moulay Larbi et Oum Djerane, sur ce que l'on appelle le plateau de Hassasna, Moulay Larbi, ces sols ont une profondeur variable de 50 à 80 cm, leurs texture est lourde, à caractère vertique (hydromorphie de surface), ils conviennent bien aux cultures céréalières par endroits, ce sont de véritables Dayates qui se sont installées (au Nord -Est de Moulay Larbi).

✓ **Les sols bruns rouges**

a. **Les sols bruns rouges à horizon humifère**

A l'origine des sols bruns rouges à deux horizons (A et B) et horizon humifère, ces sols ont connu un processus de brunification de l'humus de l'horizon superficiel, ce qui leur confèrent un caractère uniforme par endroit, ils sont des rendzines franches, bien développés, (forêt dense), évoluent quelques fois dans des formations forestières, dans les clairières cultivées en rendzines dégradées; la profondeur des sols est de 80 cm dans les profils des rendzines bien développées, la texture est moyenne à lourde et la strate poly hydrique en profondeur notamment la couverture végétale sus-jacents, on observe aussi une micro faune, traduisant une bonne activité biologique dans le profil, des terrasses calcaires et une humidité moyenne localisée sur les versants pentus et les sommets.

**b. Les sols bruns rouges méditerranéens sous formations steppiques**

Les sols fersialitiques de steppe, ce sont des sols particulièrement riches en silice, la matière organique est faible à très faible quantité et leurs épaisseurs excède rarement les 20cm.

A cette faible profondeur s'ajoute comme facteur limitant une dalle de calcaire, assez épaisse (carapace calcaire pléistocène), même sur pente douce voir dans des conditions de topographie plane (le long de la route du Moulay Larbi et Khalefella).

**c. Les sols bruns rouge méditerranéenne peu évolués**

Ils occupent les versants moyennement pentus (à mi - versant des reliefs élevés) mais aussi un grand espace des plateaux de Balloul et Tircine jusqu'aux versant Nord du Djebel Sidi Youssef, ils sont pauvres en matière organique de texture généralement équilibrée à lourde ; des traces de calcaire s'y retrouvent (ils ont probablement des taux de calcaire actif notable et leur profondeur avoisinant facilement les 50cm, le décapage est la seule contrainte de ses sols.

**d. Les sols bruns rouges méditerranéens à texture légère**

Ces sols se développent sur des anciens dépôts de sables rouges ; ce sont des sols à profil de type « A.C » ; la texture est légère, faible teneur en matière organique, leurs profondeurs est variable selon les conditions de et peuvent dépasser les 80cm.

**1.3.2. Les sols halomorphes**

On les retrouve dans la zone du Chott chergui, à Dayet Z'raguet, où ils sont peu étendus et surtout conséquents à un mauvais drainage, à texture limoneuse et portent une végétation halophile non apétale ; ils sont aussi de peu d'intérêt pour la mise en valeur agricole.

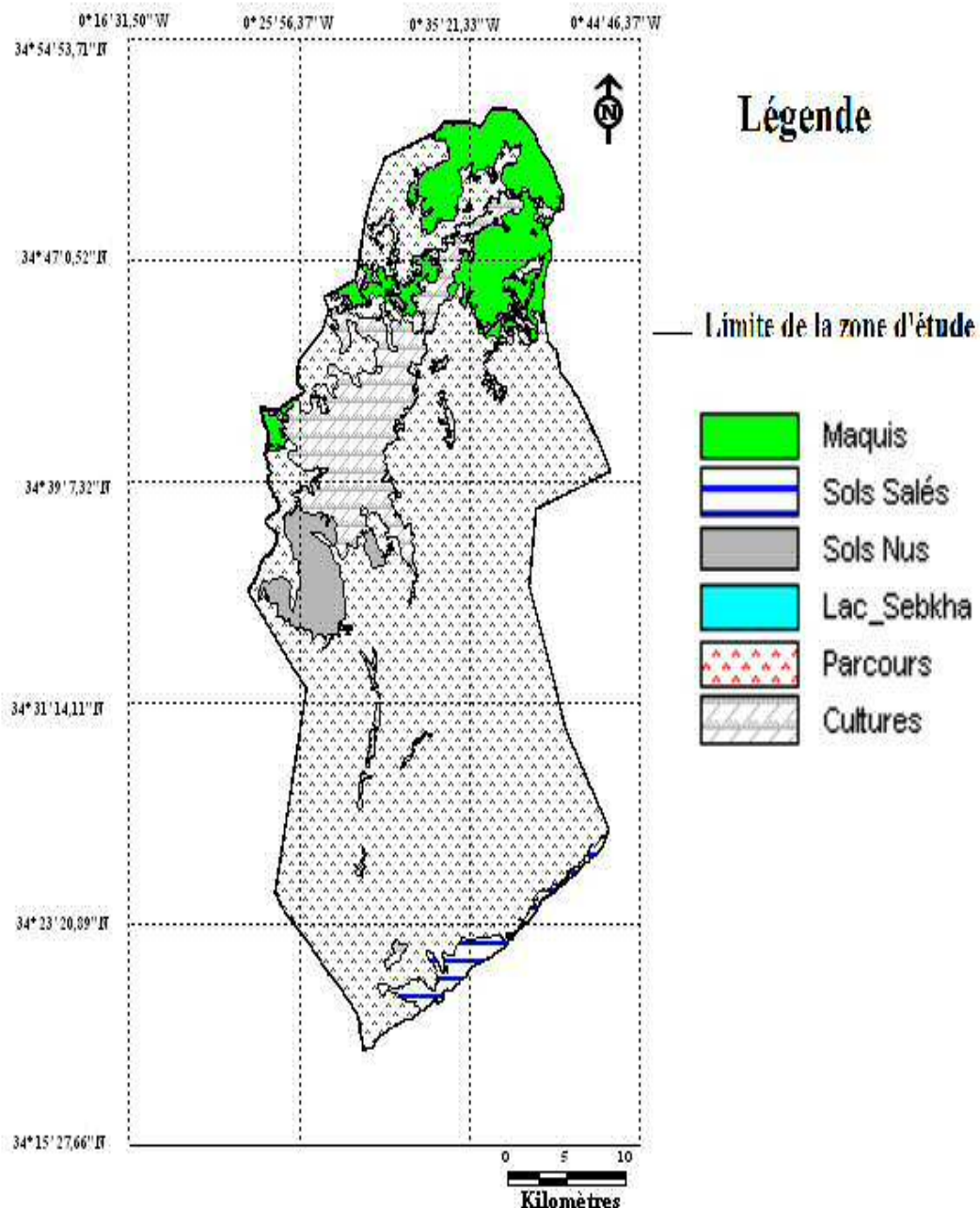
**1.3.3 Les sols hydromorphes**

Ils sont exclusivement localisés dans les zones steppiques et constituent les sols de bas fonds dans les Dayates, leur texture est lourde et ils sont peu profonds (entre 20 et 50 cm), ces sols sont mis a profit par les éleveurs pour faire des emblavures de céréales, (B.N.E.D.E.R., 1992).

### 1.5.2 Le couvert végétal

D'après la carte de la figure n°8, la plus grande superficie de la zone d'étude est occupée par les parcours ainsi les cultures en deuxième position les autres superficies sont des maquis et des sols nus.

L'absence de politique globale en matière d'exploitation des espaces et d'utilisation des sols c'est le principal caractère de l'occupation du sol en la zone d'étude, Un déséquilibre entre les trois espaces : agricole, forestier et pastoral.



**Figure n°08 : Carte d'occupation de sol de la zone étude**

## **2. Description de climat de la région**

### **2.1. Facteurs climatiques et bioclimatiques**

La connaissance du climat est l'élément fondamental de l'approche du milieu. Il est basé sur la température et les précipitations du fait qu'elles constituent les facteurs limitant, mais cela n'exclue pas l'influence d'autres composants comme la neige, les vents et les gelées.

En Algérie, les aires climatiques sont très diversifiées et le climat varie du type méditerranéen au type saharien. Elle a enregistré en 1987 une élévation de la température de l'ordre de 1°C à 2°C sur l'ensemble de son territoire par rapport à la moyenne de température portant sur la période 1950-1980.

### **2.2. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude**

Les données utilisées concernant seulement le macroclimat ; « le macroclimat est en fait le climat régnant sur l'ensemble d'une région géographique », (Djebaili, 1984).

Le climat de la commune de Maâmora et celui des hautes plaines Telliennes en général, est méditerranéen continental, avec des hivers froids et des étés chauds et secs. Dans notre zone d'étude il n'y a pas de station météorologique de ce fait nous avons pris les données climatiques de la station de Rabahia, station plus proche de la zone d'étude, que nous avons complété par des données locales de l'A.P.C de Maâmora.

Les principaux paramètres utilisés dans notre étude sont : Les précipitations, les températures, la gelée et les vents.

#### **2.2.1. Précipitations**

Les pluies au niveau de la zone d'étude sont très contrastées. Pour mieux cerner les cumuls pluviométriques une tranche altitudinale de 32 ans a été prise en compte. Les calculs des moyennes enregistrées ont porté sur :

- a- Régime annuel des précipitations,
- b - Régime saisonnier des précipitations,
- c – Répartition saisonnière des précipitations.

**a- Régime annuel des précipitations**

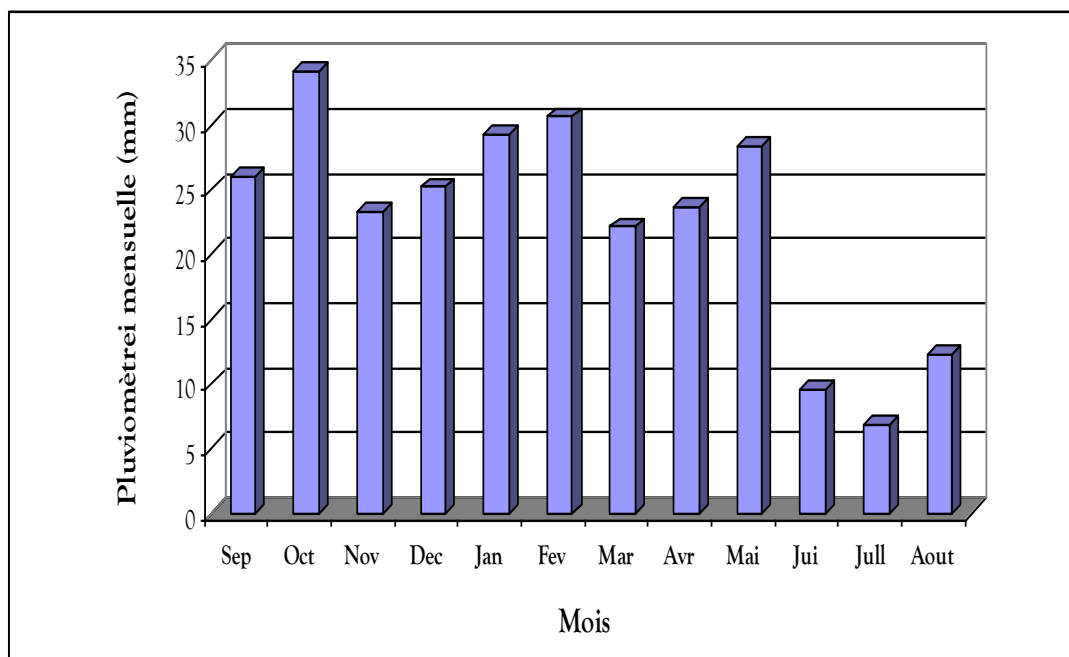
La période choisie nous permettra sans aucun doute d'apprécier les perturbations climatiques survenues au niveau de la commune.

L'analyse des données montre que cet ensemble appartient à la classe pluviométrique 200-300 mm/an compte tenu à la fois de l'altitude de son relief et de son éloignement des influences humides.

**b- Régime saisonnier des Précipitations**

La variation saisonnière des pluies indique que la saison pluvieuse s'étale de septembre à Mai, la période estivale est caractérisée le plus souvent par la sécheresse.

Le mois le plus pluvieux est le mois d'octobre, avec une moyenne de 41.8 mm, tandis que le mois de juillet est le plus sec avec une valeur de 5.4 mm. (Fig.n° 9)



**Figure n° 9 : Moyennes mensuelles des précipitations (1978 – 2010).  
(Station météorologique de Rebahia, 2011)**

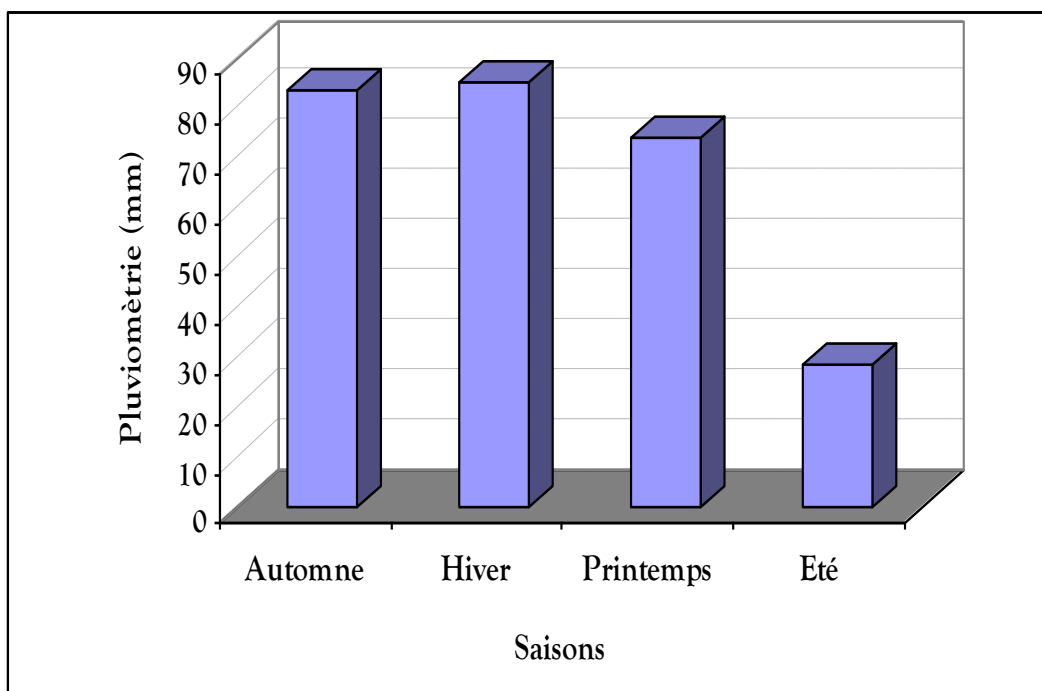
**c- Répartition saisonnière des précipitations**

Pour le végétal, l'eau utile est celle disponible durant son cycle de développement.

La connaissance des saisons les plus arrosées est très importante. Selon Aidoud (1989), les pluies d'Hiver contribuent à maintenir l'humidité du sol, alors que les pluies du Printemps interviennent en phase de croissance, et même les précipitations d'Automne ont un rôle important dans le cycle biologique annuel.

L'année pluviométrique peut être divisé en quatre saisons : automne (A), hiver (H), printemps (P), été (E). Pour mieux évaluer les précipitations nous avons travaillé en régime saisonnier. Les calculs des précipitations ont été répartis selon les saisons.

Cette méthode permet de caractériser le régime de notre zone d'étude : Maâmora est caractérisée par un régime de type de : H A P E (fig. n°10).

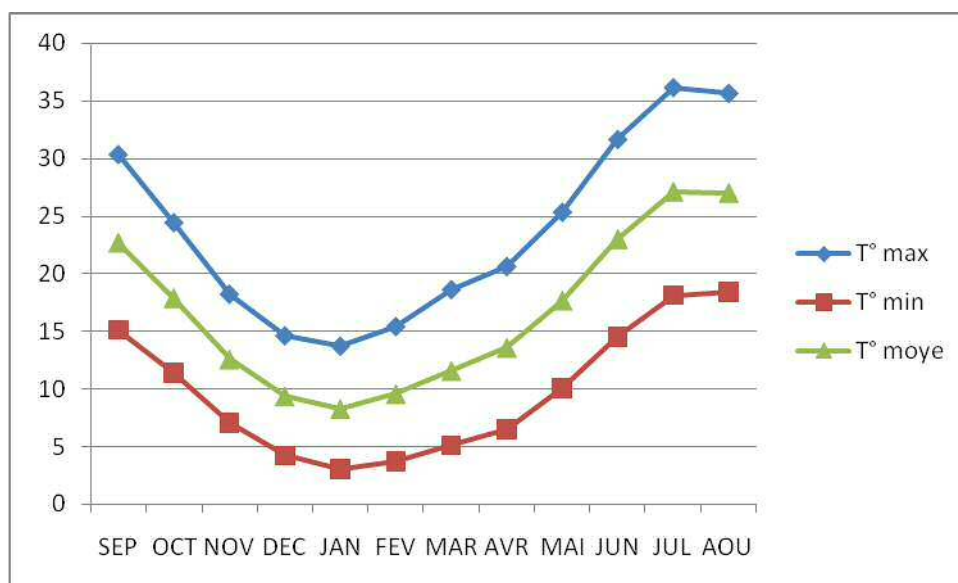


**Figure n° 10 : Histogramme des régimes pluviométriques (1978-2010)**

### 2.2.2. Température

Il ressort de l'analyse du tableau de la figure n°11 ce qui suit :

- Juillet est le mois le plus chaud.
- Janvier est le mois le plus froid.
- La température moyenne de maxima du mois le plus chaud (M) est de 27.1 °C.
- La température moyenne de minima du mois le plus froid (m) est de 3 °C.
- Les températures les plus élevées coïncident avec la période estivale et les plus faibles avec la période hivernale.



**Figure n°11 : Répartition des températures sur 32 ans (1978-2010)**

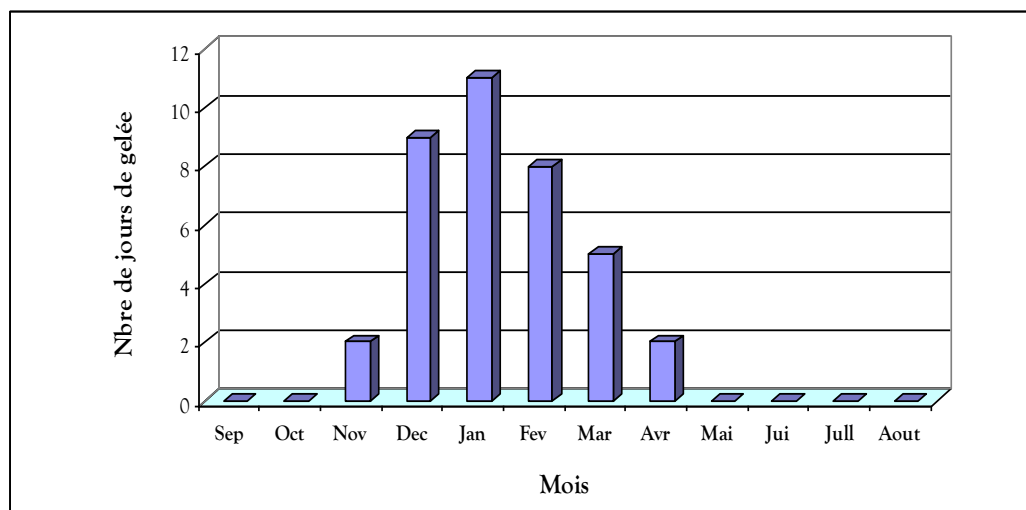
### 2.2.3. La gelée

Dans cette région le risque de gelée commence lorsque le minimum de la température tombe au-dessous de 10 °C et il dure tant que ce minimum reste inférieur à cette valeur, en pratique pour la végétation, le risque de gelée persiste pendant toute la moitié de l'année, en général de novembre à la fin du mois d'avril.

L'analyse des données montre qu'au niveau de la zone d'étude la gelée totalise 38 jours et se répartie entre le mois de novembre (3 jours) et le mois d'avril (2 jours). Les mois durant lesquels le nombre de jours de gelée est important sont les mois de décembre (8 jours), mois de janvier (11 jours) et le mois de février (6 jours).



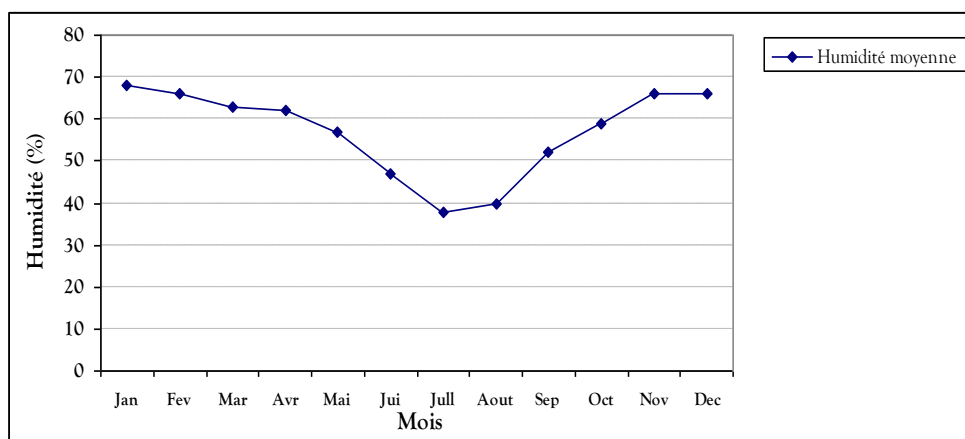
Cette durée de 38 jours influe énormément sur les phases phénologiques des plantes de la région (fig.n°12). Les basses températures hivernales inférieure à +3 ° C freinent l'assimilation chlorophyllienne et retardent la germination de l'alfa (Harche, 1978).



**Figure n° 12 : Répartition et nombre de jours de gelée (sur 20 ans).**

#### 2.2.4. L'humidité de l'air

Elle peut favoriser le maintien des structures végétales en place, si elle est importante. Ce paramètre a été pris en compte et les moyennes sont représentées dans la figure. n°13. Selon les données, la période estivale est marquée par une régression de l'humidité atmosphérique. Ces valeurs coïncident avec la chaleur de l'été.



**Figure n°13 : Répartition des moyennes d'humidité (Période : 1995-2008)**

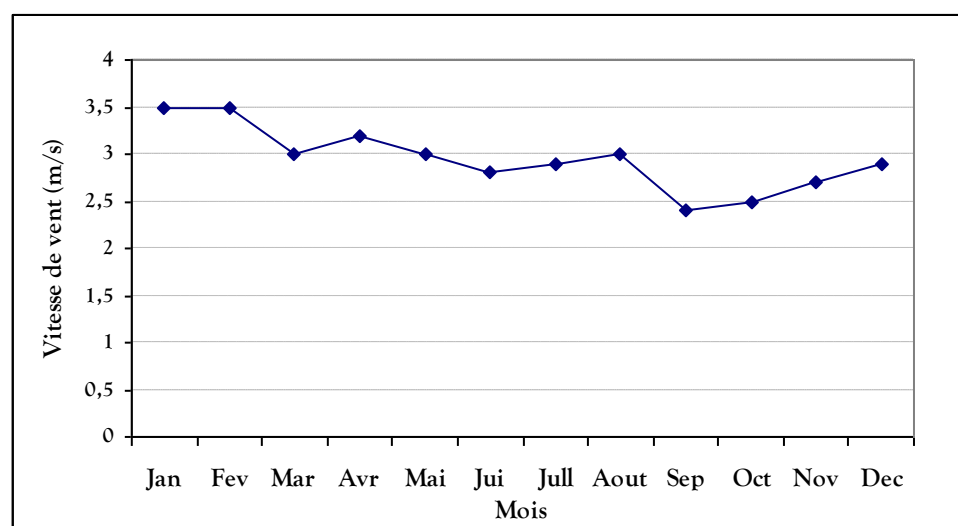
### 2.2.5. Les vents

Les vents qui dominent notre zone d'étude sont les vents de Nord et Sud qui soufflent de 2 à 20 jours/ mois, depuis le printemps jusqu'à l'automne.

Le vent est un facteur érosif et de déplacement du sable (phénomène assez marqué de la désertification). Le vent agit directement sur le sol et sur les plantes, particulièrement en période de sirocco. Les 48,9% restants sont des vents calmes.

**Tableau n° 08 : Fréquence des vents (Station météorologique de Rebahia 2011)**

Direction	Nord	Nord-Est	Est	Sud-est	Sud	Sud-ouest	Ouest	Nord-Ouest
Fréquence	05	03	04	03	06	03	07	09



**Figure n° 14 : Répartition de la vitesse moyenne du vent (1990-1999).**

### 2.2.6. Le sirocco

Vent chaud et sec à pouvoir desséchant élevé par l'augmentation brutale de la température et l'abaissement simultané de l'humidité de l'air qu'il provoque. Le sirocco en Algérie est lié aux perturbations de nature orageuse.

**Tableau n°9 : Nombre moyen de jour de sirocco**

Mois	Jan.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Nombre de jours	00	00	01	01	02	02	02	02	01	00	00	00

(Source : Station météorologique de Rebahia 2011)

Dans notre région le sirocco peut apparaître du mois de Mars au mois de Septembre. Sa fréquence est plus importante du mois de Mai à Aout, cette période coïncide avec la sécheresse estivale, durant laquelle les températures augmentent et les pluies enregistrées sont réduites. Selon les données recueillies une moyenne de deux par mois entre Mai et Aout. Ceci n'est pas sans danger pour la végétation. Durant cette période les structures végétales souffrent plus et entrent en stress climatique.

### 2.2.7. L'évaporation

On constate dans le tableau n°10 que la plus grande valeur a été enregistrée le mois de Juillet (419 mm) et Aout (407 mm).

**Tableau n° 10 : Evaporation moyenne mensuelle (1978-2010)**

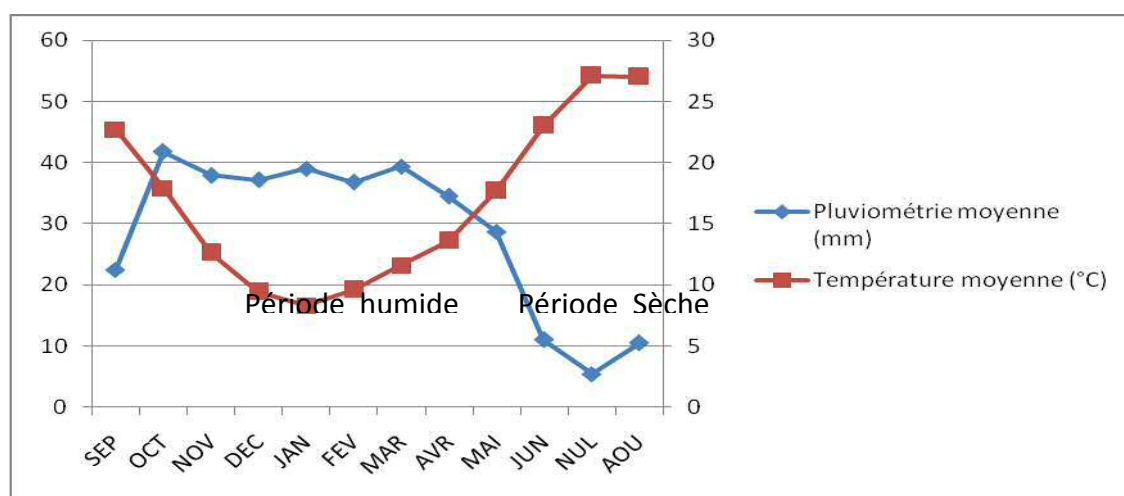
Mois	Jan.	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Evaporation en (mm)	124	126	167	172	249	332	419	407	270	197	136	112

(Source : Station météorologique de Rebahia 2011)

## 2.3. Synthèse climatique

### 2.3.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Ces auteurs considèrent que la sécheresse s'établit lorsque pour un mois donnée,  $P \leq T$ . A partir de cette hypothèse, il est possible de tracer des diagrammes ombrothermiques dans lesquels, on porte en abscisses les mois et en ordonnées la température moyenne et la pluviosité avec une échelle double pour la première. La saison sèche apparait nettement sur ces diagrammes (Fig. n° 15).



**Figure n° 15 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен**

## **PARTIE N° II    IMPACT DES FAÇONS CULTURALES SUR LES ECOSYSTEMES STEPPIQUES**

---

D'après le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (Fig. n° 17), On remarque que la saison sèche s'étale entre la fin de mois de Mai jusqu'au début du mois de Septembre en comptabilisant 4 mois sur les 12 mois de l'année concernée. L'amplitude de la période sèche est importante, ceci se traduit par un écart important entre les températures et les précipitations enregistrées.

### **2.3.2 Indice d'aridité de De Martonne**

De Martonne en 1933 a introduit un indice d'aridité, il est représenté par la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

*I* : indice d'aridité de De Martonne.

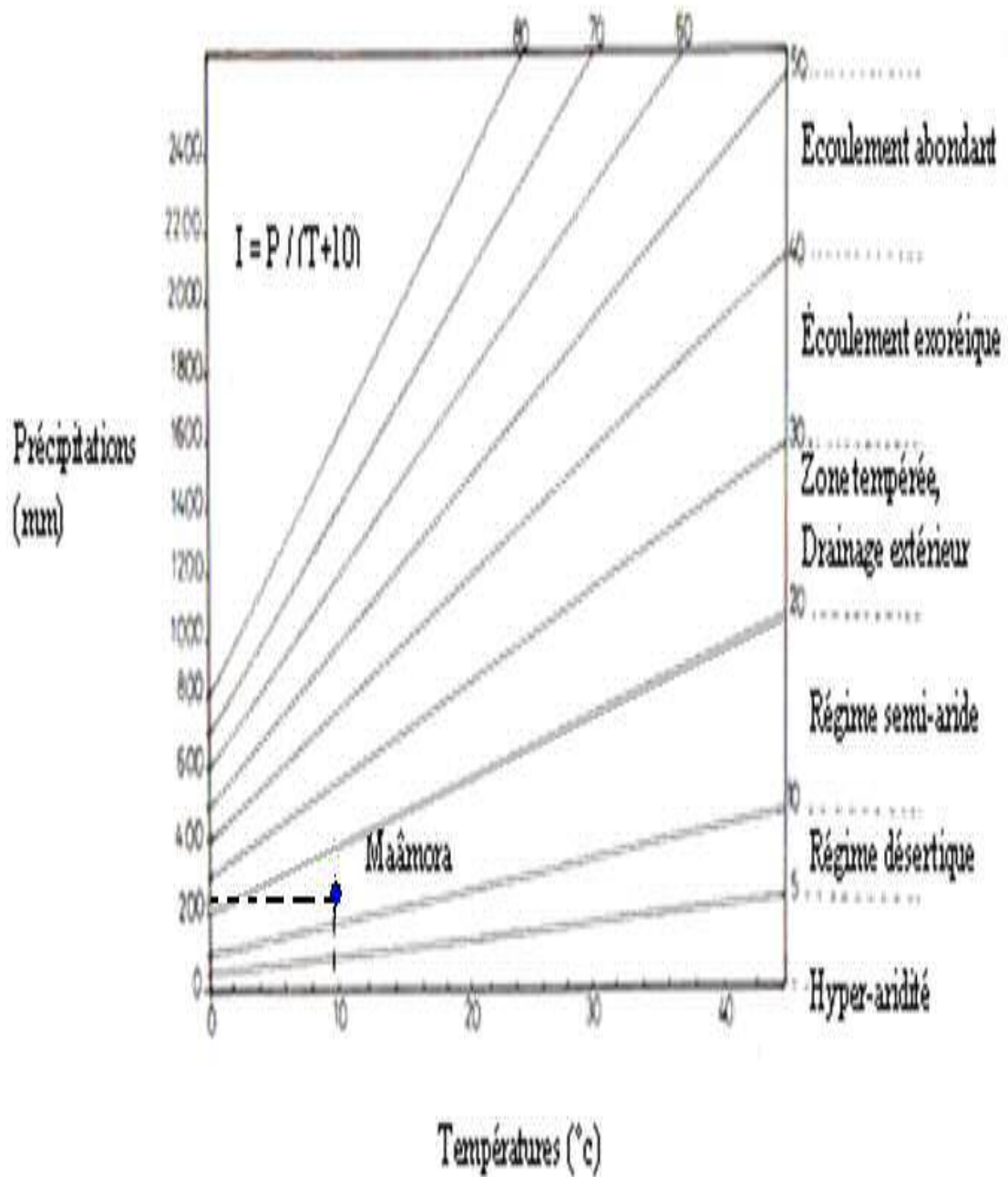
*P* : précipitation moyenne annuelle (mm).

*T* : température moyenne annuelle (°C).

**Tableau n°11 : Détermination du type de climat pour la station de Maâmora**

Station	P (mm)	T (°C)	I	Type de climat
Maâmora	239.03	16.3	9.08	Semi aride

Selon l'indice de De Martonne, notre zone d'étude présente un régime semi-aride moyen (fig n°16)



**Figure n°16 : Localisation de la zone de Maâmora dans le climagramme de De Martonne**

### 2.3.3 Quotient pluviométrique d'Emberger

Le  $Q_2$  est inversement proportionnel à l'aridité, ce climagramme nous permet de déterminer les étages bioclimatiques et les variantes thermiques, Emberger a défini les étages bioclimatiques et les variantes suivantes :

Etages bioclimatiques :

- Humide,
- Sub Humide,
- Semi Aride,
- Saharien,

Les variantes thermiques :

- Hiver froid  $m < 0$  °C.
- Hiver frais  $0 < m < 3$  °C.,
- Hiver doux ou tempéré  $3 < m < 5$  °C.
- Hiver chaud  $m < 7$  °C.

Ce quotient est spécifique au climat méditerranéen, il est le plus utilisé au Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). La formule utilisée est la suivante :

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

$Q_2$  : indice d'Emberger (Quotient Pluviométrique)

$P$  : précipitation moyenne annuelle en (mm).

$M$  : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en (°K)

$m$  : Température moyenne minimale du mois le plus froid en (°K)

**Tableau n°12 : Résultats obtenus par la méthode d'Emberger**

Station	P (mm)	M (°K)	m (°K)	$Q_2$	Type de climat
Maâmora	239.03	308.7	275.9	24.93	Semi aride

**PARTIE N° II    IMPACT DES FAÇONS CULTURALES SUR LES ECOSYSTEMES  
STEPPIQUES**

La station de Maâmora présente un bioclimat Semi Aride inférieur avec  $Q_2$  réduit (24.93) à Variante thermique à Hiver frais (fig. n° 17). Le résultat obtenu, après l'application de la formule d'Emberger, confirme le résultat de l'indice de De Martonne.

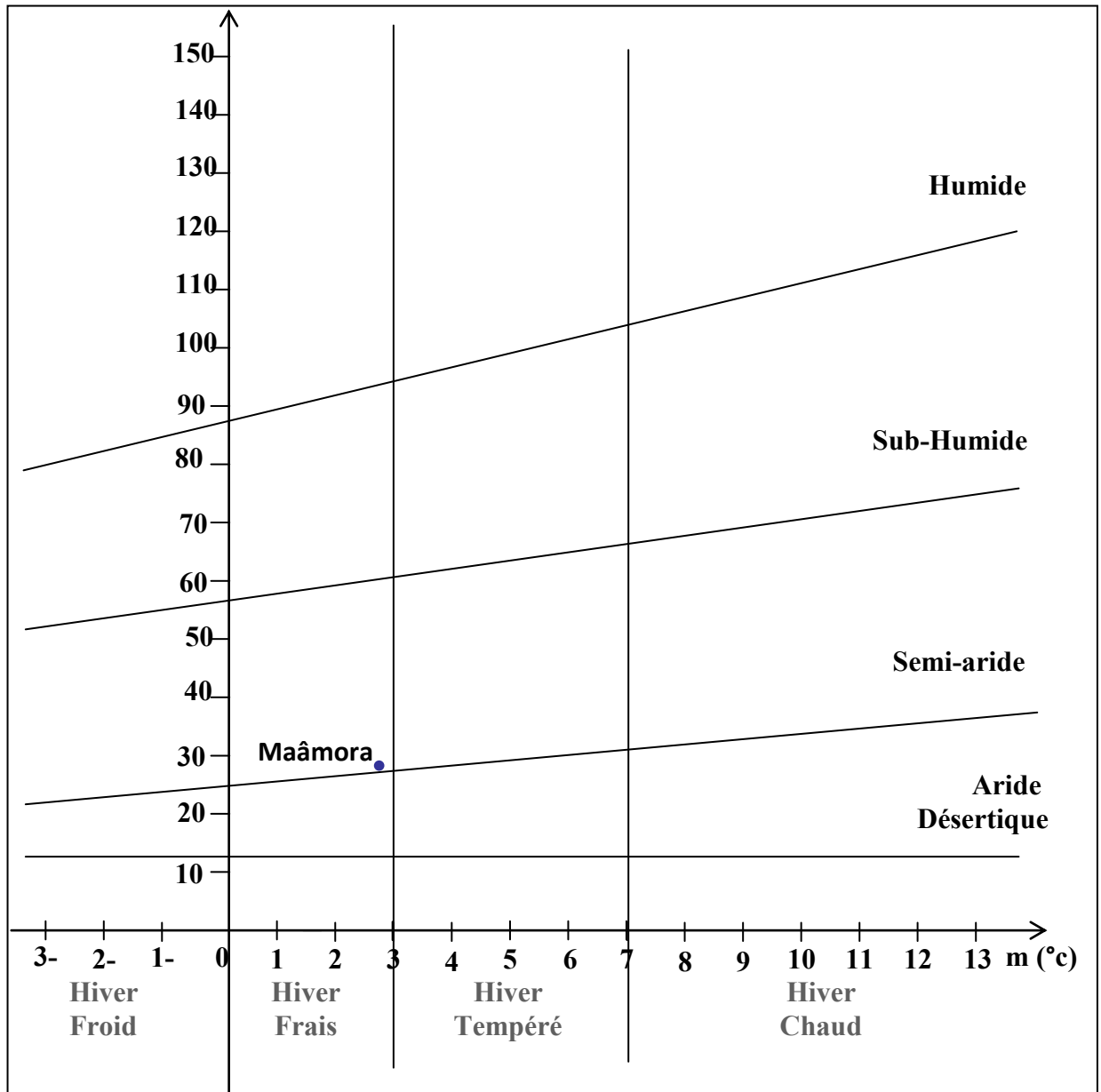


Figure n° 17 : Situation de la zone d'étude sur le climagramme d'Emberger

### **3. La végétation**

La steppe algérienne possède, selon l'occupation des sols, deux grands ensembles végétaux. Sur les 20 millions d'hectares c'est les formations à alfa, armoise, le spart et quelques formations mixtes qui dominent l'occupation du sol.

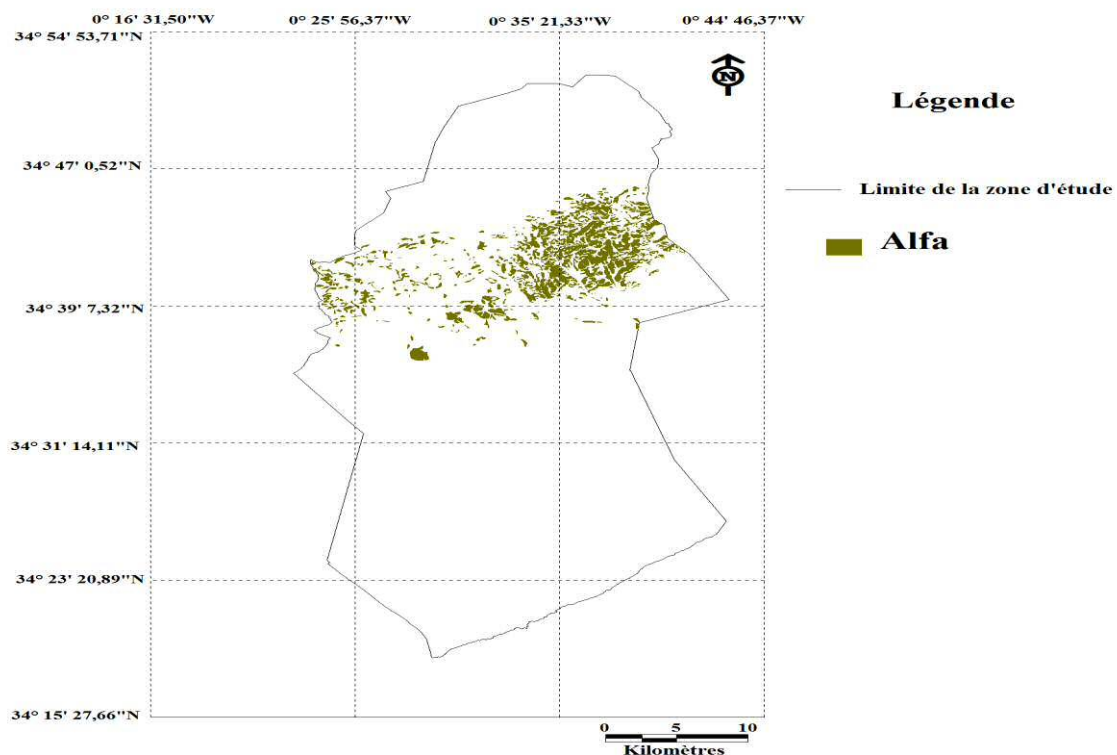
#### **3.1. Les principales formations végétales de la zone d'étude**

La zone d'étude est caractérisée par la végétation suivante :

##### **3.1.1. L'alfa (*stipa tenassicima*)**

Les parcours d'alfa couvrent 14 707 ha représentant 11,75 % de la superficie totale de la commune et 49,05 % de la superficie totale de la wilaya. Ces parcours bénéficient de sites favorables, ils sont localisés sur un glacis (contact Tell-Steppe) et reçoivent une pluviométrie appréciable ainsi que des sols drainants.

Certains auteurs pensent que la steppe à alfa n'est pas climacique et ne représente qu'un des stades de dégradation de groupements végétaux forestiers à Genévrier de Phénicie, chêne vert et pin d'Alep, voir même thuya ou d'une savane à betoum et jujubier.



**Figure n°18 : Répartition de la formation Alfatière dans la commune de Mâamora  
(2011)**



L'alfa est considéré comme une espèce d'intérêt médiocre, qui végète toute l'année ; les feuilles de l'alfa présentent une valeur fourragère qui diminue avec l'âge, en moyenne de 0,20 à 0,35 UF / kg M.S

### **3.1.2. L'armoise blanche (*artemesia herba alba*)**

C'est une plante polymorphe sur des sols argilo-limoneux et elle a une bonne valeur fourragère. La phytomasse consommable varie avec la saison, elle est faible à la fin de l'hiver et au début du printemps. Les parcours d'armoise blanche sont associés généralement à l'astragale (*Astragalus sp*) et au sparte (*Lygeum spartum*), ils occupent presque 54 021 ha, ce qui représente 43,16 % de la superficie de la commune et de 41,71 % de la superficie totale de la wilaya. Ces parcours connaissent une régression de leur étendue, due essentiellement à l'avancée des emblavures vers le Sud.

### **3.1.3. Les salsolacées**

Ce sont plus essentiellement des plantes des terrains salés tels que *Fructicossa* et *Salsola*. Les parcours de salsolacées couvrent une superficie de 917 ha qui représente 0,73 % de la commune et de 19,12 % de la superficie totale de la wilaya.

## **4. Etude socio-économique**

### **4.1. Mouvements des populations**

La population de Mâamora a subi une sédentarisation en grande partie. L'effet de cette sédentarisation sur les systèmes de production s'est fait ressentir dès les années 1990. Toutefois la mobilité tant du cheptel que de la population n'a pas pour autant cessée mais s'est cantonnée aux communes limitrophes.

Le phénomène de mobilité sociale chez les éleveurs de Mâamora est lié à l'activité pastorale. Le transfert de population d'une commune à l'autre explique parfois la diminution du nombre d'habitants d'une commune à l'autre. Pour la commune de Mâamora, le nombre est passé de 7052 habitants en 1977 à 6088 en 1987 et au dernier recensement, de 2014, la population est de 7586 habitants. Par contre la commune voisine d'Ain S'khouna a vu le nombre d'habitants passer de 4500 habitants en 1977 à 7896 habitants en 1987 et 8500 en 2014. Cette situation s'explique surtout par le fait que la population pastorale a toujours été en quête de conditions agro-économiques favorables à leur élevage.

#### **4.2. Activités économiques de la commune de Mâamora**

Les principales activités relevées au niveau de la commune sont par ordre d'importance, l'élevage, l'agriculture traditionnelle et le commerce. Les activités agricoles sont intimement liées à l'élevage, elles se résument à un système basé sur l'association connue dans la région "céréale-élevage", elle occupe 70% de la main-d'œuvre de la commune. Pour comprendre l'activité pastorale, il est important de connaître le processus agricole bien qu'il soit réduit à la céréaliculture.

Quant à l'activité commerciale et administrative, elle ne représente que 25% de la population active de la commune. Le reste est représenté par le secteur de la construction soit 11% de la main-d'œuvre occupée.

#### **4.3. L'agriculture**

Au regard des statistiques de la commune, la surface agricole totale est estimée à 121650 hectares (SAT) et de 37374 ha, pour la surface agricole utile (SAU). La céréaliculture conduite selon le système de rotation biennale (céréales - jachère) occupe la quasi-totalité des terres.

L'examen du rapport de la daïra d'El-Hassasna, montre que la culture d'orge occupe plus de 70% de la superficie, ce qui expliquerait que cette céréale joue un rôle très important dans l'alimentation du cheptel ovin.

#### **4.4. Le commerce**

La commune de Mâamora est un village créé vers les années 1970 avec l'avènement de la révolution agraire. Il regroupera les attributaires de la révolution agraire dans le cadre de la troisième phase celle concernant le développement de l'élevage. Ce village a donc vu une mise en place de structure commerciale de première nécessité.

#### **4.5. L'élevage**

La commune de Mâamora compte, selon les données de la coopérative agricole et de service de la commune (2010), près de 90 000 ovins, 1200 caprins, 380 bovins et une vingtaines d'équins. Au regard des statistiques de la commune nous constatons une diversité de classes de cheptel ovin ainsi qu'un nombre d'éleveur en évolution.

Nous avons pour des raisons d'analyse, classé le cheptel en quatre catégories. La première est celle où se regroupent tous les éleveurs ayant moins de 50 têtes, la seconde est celle où le cheptel est compris entre 51 et 100 têtes, la troisième est celle où le cheptel est entre 101 et 200 têtes, et enfin la quatrième représente les éleveurs ayant plus de 200 têtes. Ainsi 47,7% sont représentés par la première catégorie, 38,2% par la seconde catégorie, 10,6% par la troisième et 03,5% par la quatrième. Il faut noter que la quatrième catégorie tient à elle seule 40,1% du patrimoine ovin de la commune qui est entre les mains de 35 gros éleveurs (Tableau n°13).

**Tableau n°13 : Répartition des éleveurs par nombre de têtes  
(DSA de Mâamora, 2010)**

<b>Classes ou catégories</b>	<b>Nombre d'éleveurs</b>	<b>Pourcentage %</b>
< de 50 têtes	475	47,7
51 – 100 têtes	380	38,2
101 – 200 têtes	105	10,6
> de 200 têtes	35	3,5
Total	995	100,00

Mais selon le recensement de 2002, le nombre d'ovin est diminué à 60 000, et le bovin à 240, le caprin est passé à 12500 et l'Equin à 253.

Ces données nous informe par ailleurs sur l'évolution des systèmes de production dans cette zone. Ainsi il faut rappeler que les systèmes de production ovin, malgré la diminution du nombre, en zone steppique en générale se définissent par deux pratiques de la production ovine à savoir la production extensive qui se définit par la transhumance sur le territoire national et la sédentarisation sur des surfaces réduites pour les troupeaux dont le nombre n'est pas important.

Ces systèmes ont évolué en fonction de la demande du marché, de la disponibilité fourragère, et des prix des intrants. Les éleveurs steppiques au même titre que les éleveurs de la zone de Mâamora ont adopté des stratégies de fonctionnement, afin de ne pas subir les effets du changement que la société algérienne influencé par la présence du libre marché et des prix.

## ***PARTIE N° II IMPACT DES FAÇONS CULTURALES SUR LES ECOSYSTEMES STEPPIQUES***

---

Après quelques années de subvention et de régulation du marché de l'alimentation du bétail et de la viande par l'Etat, l'Algérie connaît une libéralisation du marché qui a directement affecté les systèmes de production en steppe et particulièrement en zone de Mâamora. L'orge subventionné a permis de "gonfler" le nombre d'éleveur par zone et ce en raison de spéculation sur l'orge par des individus déclarés au niveau communal, comme étant des éleveurs mais ces derniers ne possèdent pas de troupeau (constat selon les déclarations du responsable du service agricole de la commune de Mâamora).

Néanmoins il faut signaler que le nombre d'éleveurs déclarés par les autorités communales ne cesse d'augmenter (Tableau n°20). Durant les années 1980 à 1990 les déclarations ont été importantes, c'est l'une des raisons de spéculation. À ce sujet, Berchiche (1992) a constaté sur les listes de la commune vers le mois de juin 1987 la présence de noms de jeunes de la commune ayant été déclarés éleveurs, des cartes d'éleveurs étaient d'ailleurs en leur possession, mais ne possédant point de troupeau. Certes cette situation a engendré la rareté des aliments sur le marché normalisé et a provoqué un prix très élevé du produit en marché parallèle. Ce dernier a eu une répercussion inévitable plus tard sur le prix de la viande. Notons que ce contexte s'est estompé de lui même par l'ouverture au marché libre et surtout à l'absence de subventions sur l'orge et les aliments du bétail

Autrement dit la spéculation sur l'espace steppique n'a pas disparu. Aujourd'hui elle se manifeste au niveau foncier. L'occupation d'un territoire devient un enjeu capital pour l'élevage et surtout de la survie des petits éleveurs. Le problème de la gestion des ressources naturelles de la commune qui a bénéficié d'actions de développement à travers quelques projets du HCDS (Haut Commissariat au Développement de la Steppe) mais qui n'ont été d'aucune ampleur à développer les parcours ni a redonner un souffle à la bonne gestion de l'espace, l'espoir de voir cette zone se développer n'est pas impossible mais ce développement doit être durable (Berchiche, 1992).

## **II. Diagnostic de l'écosystème steppique**

L'écosystème steppique est caractérisée par une variabilité importante dans ces composantes, édaphiques et végétales, pour avoir une étude détaillée sur ce milieu, nous présentons dans ce chapitre un diagnostic sur les sols, le couvert végétal et par suite calculer le taux recouvrement, déterminer, et la phytomasse pour enfin avoir une idée sur les potentialités fourragères de cette zone.

### **2.1. Analyse du sol**

#### **2.1.1. Prélèvement des échantillons**

L'échantillonnage du sol a été réalisé au niveau de la zone d'étude en précisant des points géo-référenciés, les prélèvements sont effectués au niveau de l'horizon superficiel dont la profondeur ne dépasse pas 30cm, c'est un horizon relativement exploré par le système racinaire de la végétation steppique.

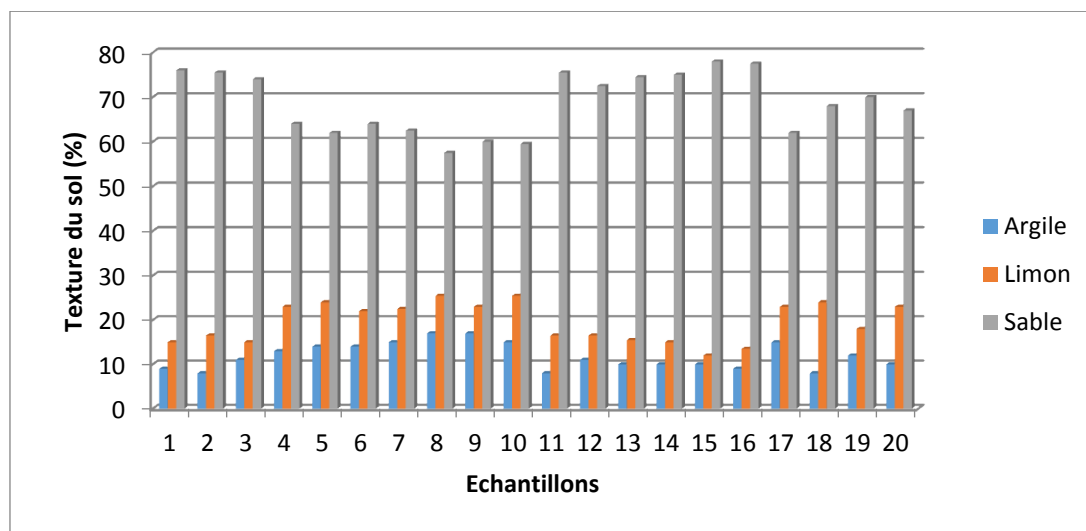
#### **2.1.2. Analyse des échantillons**

Un nombre de 20 échantillons de différents taxons ont été retenus pour la caractérisation pédologique, l'estimation des paramètres édaphiques a été faite par des méthodes standards adaptées à chaque élément.

La granulométrie par la méthode internationale à la pipette de Robinson, le calcaire total par calcimétrie, le degré d'acidité par pH-métrie avec un rapport sol/eau (1/2,5), le carbone organique par la méthode d'Anne, l'azote total par la méthode de Kjeldahl, les cations solubles sont extraits à partir de la pâte saturée et dosés par spectroscopie et le phosphore assimilable par chlorométrie. (Soltner, 2015).

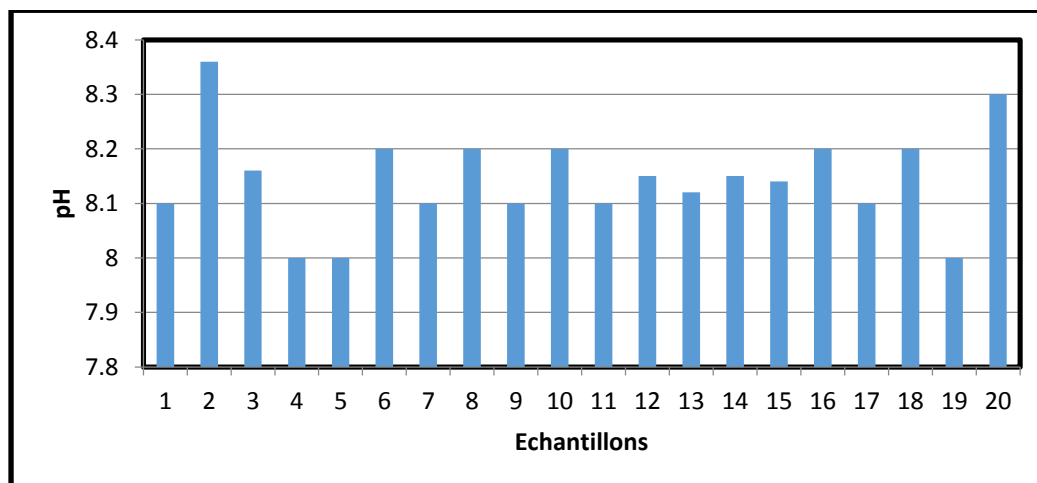
#### **2.1.3. Résultats des analyses du sol**

De point de vue textural, les analyses granulométriques démontrent un caractère grossier où le pourcentage des sables peut atteindre 75%, les limons varient de 15 à 25 %, alors que les teneurs en argiles ne dépassent guère 10% dominées par des fractions non expansibles, fibreuses de faible surface spécifique, caractéristique géochimique des sols calcaires (Tessier 1984, Halitim 1988). Cette organisation génère un comportement pédologique particulier (stabilité structurale mauvaise, faible rétention en eau, faible humification, variabilité qualitative et quantitative du couvert végétal (fig n°19).



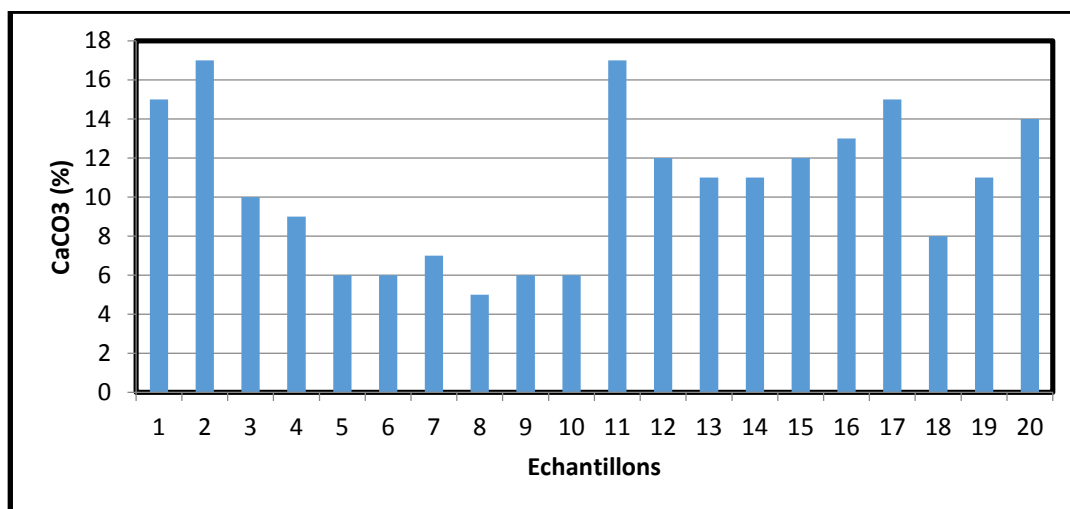
**Figure n°19 : Variation de la texture des échantillons**

Le pH du sol reste sensiblement constant et il varie entre 8 et 8.3 (figure n°20). Cette stabilité de l'acidité est due non seulement à l'aridité édaphique et la faible décarbonatation du profil pédologique, mais aussi à la richesse des sols en cations alcalino-terreux particulièrement les ions calciques et magnésiens ce qui donne un pouvoir tampon élevé entravant la variation du pH de ces sols (Dinon E., Gerstmans,2008).



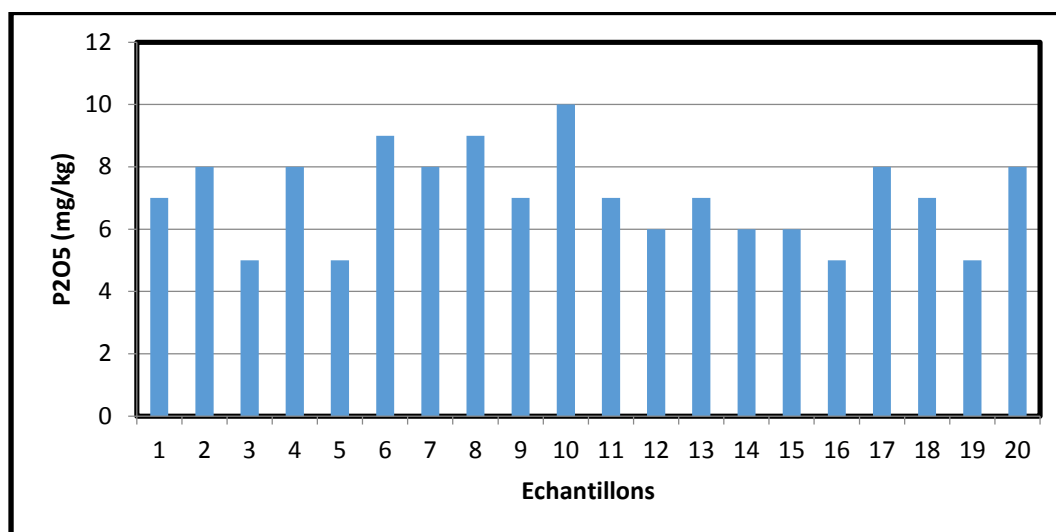
**Figure n°20 : Variation du pH des échantillons**

Le taux moyen du calcaire total ( $\text{CaCO}_3$ ) est de 5 à 17 % (figure n°21). , ces teneurs sont en concordance avec la voie pédogénitiquelcalcimorphe des régions arides, un caractère diagnostic de ces sols, d'ailleurs toutes les formes de précipitation du calcaire peuvent se présenter dans les sols de cette région (de la forme diffuse jusqu'à la dalle calcaire) (Ruellan 1980).



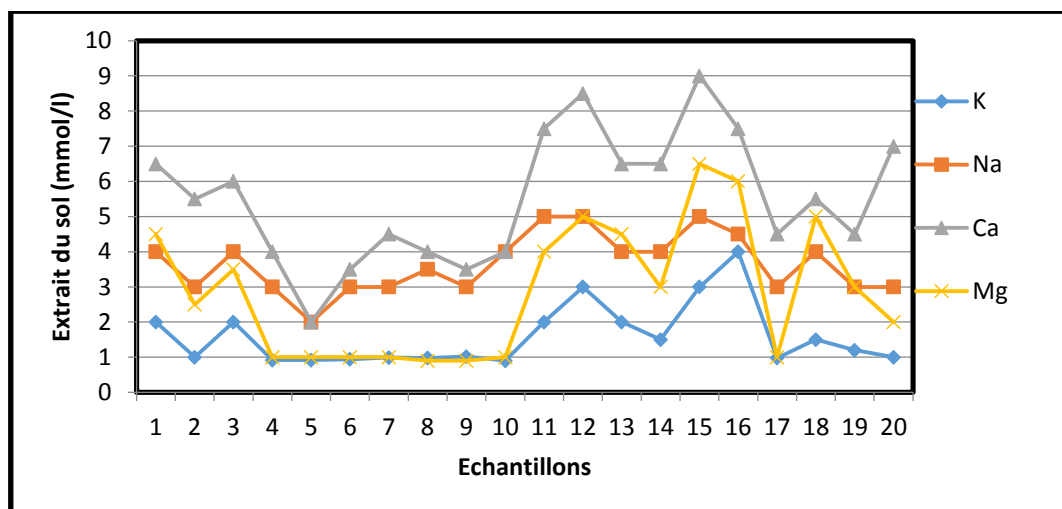
**Figure n°21 : Variation du pourcentage du calcaire total des échantillons**

Le phosphore assimilable ( $P_2O_5$ ) varie entre 4 à 10 mg/kg (figure n°22), ces teneurs restent au-dessous des valeurs qui améliorent la fertilité phosphorique, ceci pourra être expliquée par le mécanisme de précipitation des ions phosphatés par l'excès du calcaire en formant l'apatite tricalcique insoluble  $Ca_3(PO_4)_2$ .



**Figure n°22 : Variation de la teneur en phosphore assimilable des échantillons**

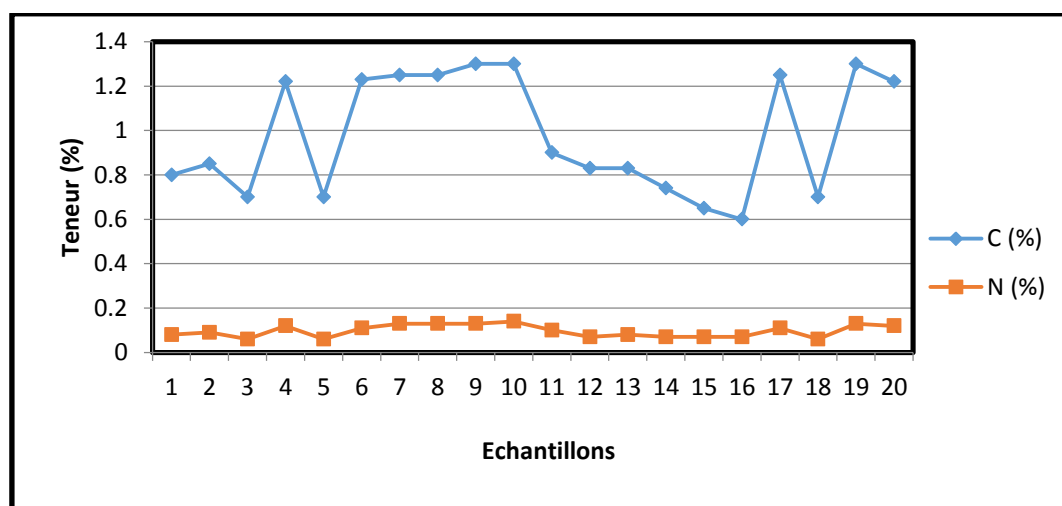
L'analyse de la garniture ionique de la solution du sol démontre le degré de saturation de cette solution en cation alcalino-terreux qui proviennent d'une solubilisation partielle de la roche mère, la moyenne des éléments chimiques solubles dans le sol (Ca,Na et Mg,K) varie entre 1 et 5 mmol/l (figure n°23), qui restent en équilibre ionique (réaction de réversibilité entre la matrice minérale et sa solution (Droubi et al.1976).



**Figure n°23 : Variation du pourcentage des éléments chimiques (Ca,K,Na,Mg) des échantillons**

Les paramètres biochimiques particulièrement l'azote et le carbone organique marquent généralement des faibles teneurs (figure n°24), à l'exception des zones d'épandage des crues des oueds et les dépressions fermées où s'accumulent certaines alluvions organiques, mais sans qu'il y'aura obligatoirement une forte maturation de cette fraction organique suite aux conditions pédologiques et climatiques défavorables. Les faibles valeurs pour ces deux éléments sont liées principalement aux réductions des apports organiques d'une végétation steppique en régression permanente (surpâturage et désertification)

Tous ces paramètres édaphiques témoignent par eux même les conditions défavorables du biotope auquel la vie biologique s'y trouve confrontée.



**Figure n°24 : Variation du pourcentage du carbone et de l'azote des échantillons**



## **2.2. Quantification de la biodiversité végétale**

### **2.2.1. Choix de type d'échantillonnage**

Un échantillon, pour être valable, doit fournir une image complète, qualitative et quantitative de l'objet étudié ; l'échantillon pour être qualitativement satisfaisant doit donc contenir tous les éléments, strates et espèces constatées de la communauté. (Gounot, 1969). L'idée fondamentale est que l'étude de la végétation doit se faire de façon orientée, (Gounot, 1961) ; (Godron, 1966) ; (Corre, 1970) et (Corre et Rioux, 1969).

Les groupes écologiques imbriqués en écailles Godron (1967), reflètent au plan spatial les liaisons végétation – milieu, concurrence entre les espèces. Ainsi on a été amené à effectuer des tournées pour connaître notre terrain d'étude et il s'est avéré que l'échantillonnage par la ligne transect method est la méthode la plus appropriée à notre objectif et au type de végétation de la zone d'étude. La technique utilisée est celle de transect ; c'est le dénombrement par espèce des individus ou des touffes dans une série de placettes alignées sur le transect ou ligne transect method qui donne une vue analytique du milieu et de la végétation, et elle rapporte aussi des arguments objectifs permettant de discuter les limites floristiques et écologiques (Corre, 1970).

### **2.2.2. Choix des sites tests**

La zone d'étude a été divisée en trois sites : Site de Lebeibet d'une superficie de 6 956 ha, de Hassi Cedra d'une superficie de 8 065 ha et d'El Mechaouih d'une superficie de 4 092 ha. Soit une superficie globale de 19 113 hectares, espace assez important pour apprécier la biodiversité d'autant plus que chaque site à ses caractéristiques et son utilisation.

Les relevés localisés sur la base d'un échantillonnage par un transect linéaire Sud-Nord de 25 km de long allant de Lebeib et au sud à El Mechaouih Nord. Vu l'homogénéité des parcours steppiques de la région d'étude, des relevés phytocologiques sont disposés tous les 1000 m selon la variabilité de la végétation et des conditions stationnelles du milieu (topographie, exposition,...).

L'information est prélevée suivant la structure de la végétation dans une aire homogène. Cette technique d'échantillonnage se situe entre un échantillonnage raisonné et un échantillonnage statistique à deux degrés (transect et relevés), un compromis dicté par le milieu, par la disposition des crêtes, par l'importance des structures géomorphologiques et par la variabilité de l'étagement de la végétation (Lacompte, 1973).

### **2.2.3. Réalisation des Relevés phytoécologiques**

Selon Godron M. (1969), un relevé est un ensemble d'observations écologiques et phyto-sociologiques qui concernent un lieu déterminé. Pour cela, les relevés de la zone d'étude passe d'abord par une description du milieu biotique (les espèces végétales rencontrées et leur recouvrement) et abiotique (variables écologiques : les pentes, l'exposition, les caractères édaphiques).

Au sein de chaque station, un relevé phytoécologique a été effectué, ce dernier est un ensemble d'observations brutes et synthétiques sur le milieu et sur la végétation qui s'y développe. Ainsi, 20 relevés phytoécologiques réparties sur le transect retenu ont été réalisés et décrivent assez fidèlement la végétation tant dans sa diversité que dans sa structure. La période de réalisation de ces relevés est la saison où ont observé le pic de végétation, dans la zone c'est la période Avril-Mai).

Dans un but d'uniformiser la collecte d'informations un modèle de relevé phytoécologique a été retenu.

### **2.3. Résultats des analyses du couvert végétal**

Le type de végétation de la zone d'étude est une steppe basse très ouverte, elle est formée de essentiellement de graminées désertiques telles que *Stipa parviflora*, de Composées, de Chénopodiacées, ainsi que d'espèces indésirables et toxiques telles que *Peganumharmala*, et la présence de quelques sujets de *Juniperus oxycedrus*, témoin de la végétation ligneuse et de la forte pression anthropozoogène. Le nombre d'espèces inventoriées dans toutes les stations n'est que de 10 espèces (tableau n°14).

**Tableau n°14 : Les principales espèces dans les stations d'étude**

N°	Espèces	Nom courant	Nom Biologique
01	<i>Artemisia herba alba</i>	Chih	Chamaephyte
02	<i>Atractylis humilis</i>	K'nouda	Hemicryptophyte
03	<i>Atriplexnumularia</i>	Gatfa	Phanérophyte
04	<i>Asphodelusmicrocarpus</i>	Bellouse	Chamaephyte
05	<i>Lygeumspartum</i>	Sennaghe	Cryptophyte
06	<i>Noaeamucronata</i>	Choubrouk	Chamaephyte
07	<i>Peganumharmala</i>	El Harmel	Chamaephyte
08	<i>Plantagoalbecans</i>	Lalma	Hemicryptophyte
09	<i>Stipa parviflora</i>	Zoaire	Chamaephyte
10	<i>Stipa tenacissima</i>	El Halfa	Chamaephyte

L'exploitation des relevés de végétation montre une remarquable présence de deux espèces : *Stipa tenacissima* (El Halfa) avec un taux de 31% et d'*Artemisia herba alba* (Chih) avec un taux de 27% ; l'*Asphodelus microcarpus* (Bellouse), qui est une espèce indicatrice de surpâturage, est aussi présente avec un taux de 08%.

#### **2.4. Mesure du recouvrement**

Selon Gounot (1969), au sein de chaque parcelle, la mesure du recouvrement se fait par :

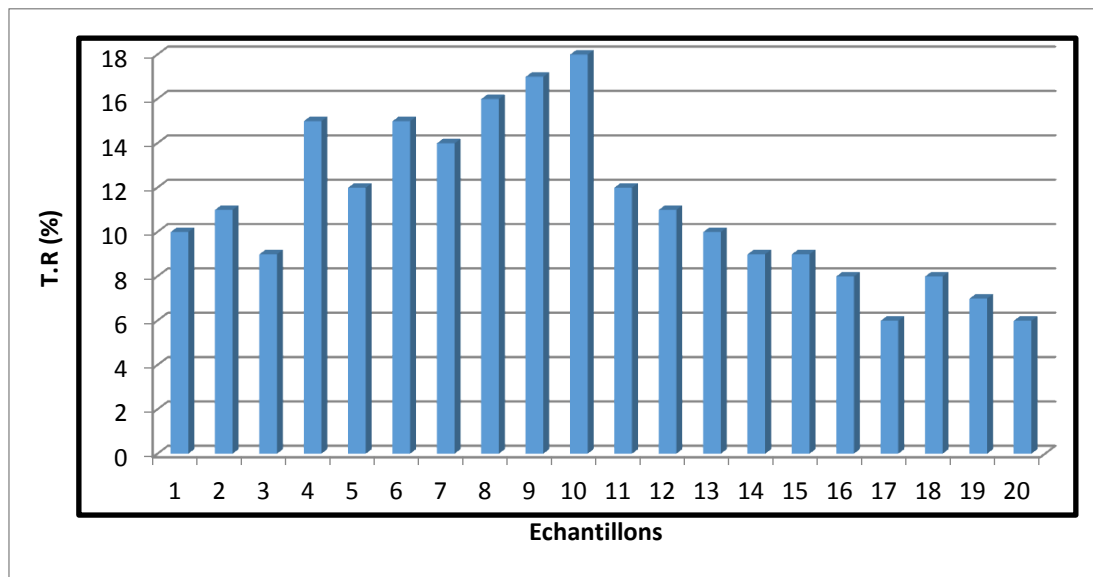
- le recensement du nombre de touffes existantes.
- la mesure du diamètre de la petite, moyenne et de la grande touffe afin d'avoir le diamètre moyen.
- la mesure de la surface de la touffe ( $S = \pi R^2$ ).

- l'appréciation du recouvrement (en %) par la formule suivante :

$$R = \frac{\text{Surface de la touffe} * \text{Nbre des touffes}}{\text{Surface de la parcelle}} \times 100$$

Le recouvrement de chaque espèce est un autre indicateur important de l'état de la végétation et bien sûr de la diversité biologique. Ce paramètre est caractérisé par des coefficients très diversifiés entre les relevés confirmant l'hétérogénéité de la formation végétale. Le relevé R17 présente le plus faible taux de recouvrement soit 6, 12% avec toutes ses conséquences sur la pérennité de la végétation et la préservation du sol. C'est le relevé R10 qui a la plus forte valeur : 17,18%.

Le recouvrement est différent d'un site à l'autre, il est le plus faible dans le site d'El Mechaouih et le plus important dans celui de HassiCedra. Cette différence pourrait être expliquée par les conditions édaphiques (profondeur du sol, aération), le type d'utilisation, la charge pastorale et le système d'élevage.



**Figure n°25: Variation du taux de recouvrement dans les 20 stations**

### **3. Interaction entre les facteurs édaphiques et recouvrement**

Pour trouver cette interaction, nous avons fait recours aux analyses statistiques les plus utilisées.

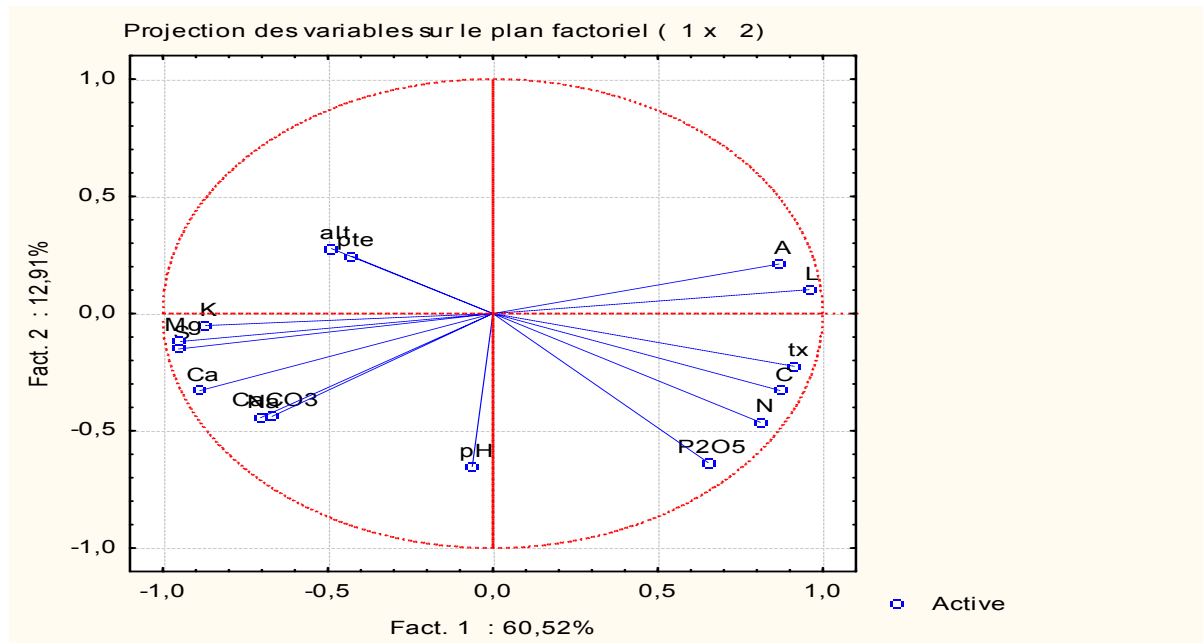
#### **3.1. L'analyse statistique**

Les analyses multivariées sont actuellement les outils par lesquels on étudie les données issues de nombreuses observations faites sur plusieurs variables. Elles ont pour but de résumer l'information contenue dans les données reflétant aux mieux les proximités entre les observations et les variables (Lincy, 2003).

L'analyse en composantes principales (A.C.P) est une technique utilisée dans les statistiques multivariées (Lebart et al., 1997). Cette méthode de classement informatique permet de regrouper des taxons ou des sites ayant des caractéristiques semblables. (GrayetPearson, 1982).

Dans notre cas, on applique l'A.C.P pour voir l'affinité entre les relevés floristiques et les caractéristiques édaphiques.

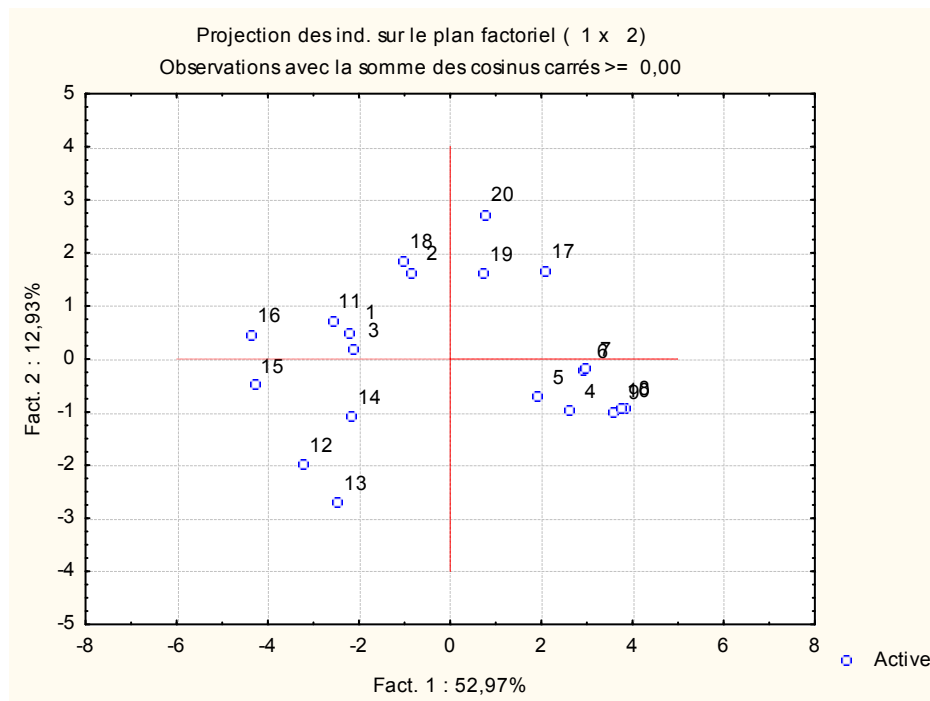
L'ACP montre une inertie totale de 73,43 respectivement 60,52 et 12,91 pour F1 et F2 ; par rapport au F1 montre une opposition entre les facteurs de la productivité des écosystèmes steppique (les éléments qui influencent la fertilité et le taux de couverture végétale tels que l'azote, le carbone organique et le phosphore) d'une part et d'autre part avec les facteurs qui opposent cette production tels que les sels (par augmentation de la pression osmotique) et la pente (qui accélère l'érosion et limite le développement du profil pédologique) ; de même l'assimilation du phosphore est bloquée par l'excès du calcaire qui inhibe la maturation et l'humification de la matière organique (figure n°26).



**Figure 26: Projection des paramètres phyto- pédologiques**

Par rapport à F2, on note une opposition entre le calcaire et les teneurs en argiles (excès du calcaire détruit les éléments argileux seul la polygorskite peut résister à cette calcimorphie) (Halitim,1988 ). Dans le cadran en haut à gauche, nous trouvons que les stations 1,2,3,16 et 18 se caractérisent par des pentes et des altitudes qui influent négativement sur le taux de recouvrement, les stations 4,5,6,7,9 et 10 s'opposent diamétralement aux stations précédentes et se caractérisent par une richesse en azote et en phosphore, ce qui a donné un taux de recouvrement intéressant (fig°27)

En se basant sur les caractéristiques phyto- pédologiques d'une part et sur la distribution des 20 stations dans notre zone d'étude, nous pouvons dire que nous avons un groupement des stations 17,19 et 20 qui présentent une certaine homogénéité en fonction du taux d'argile et du limon qui sont diamétralement opposés aux stations 12,13,14 et 15,, qui présentent une richesse en éléments chimiques Na, Mg, et CaCO<sub>3</sub>, qui sont des facteurs contraignant de la fertilité.



**Figure 27: Projection des 20 stations de prélèvement**

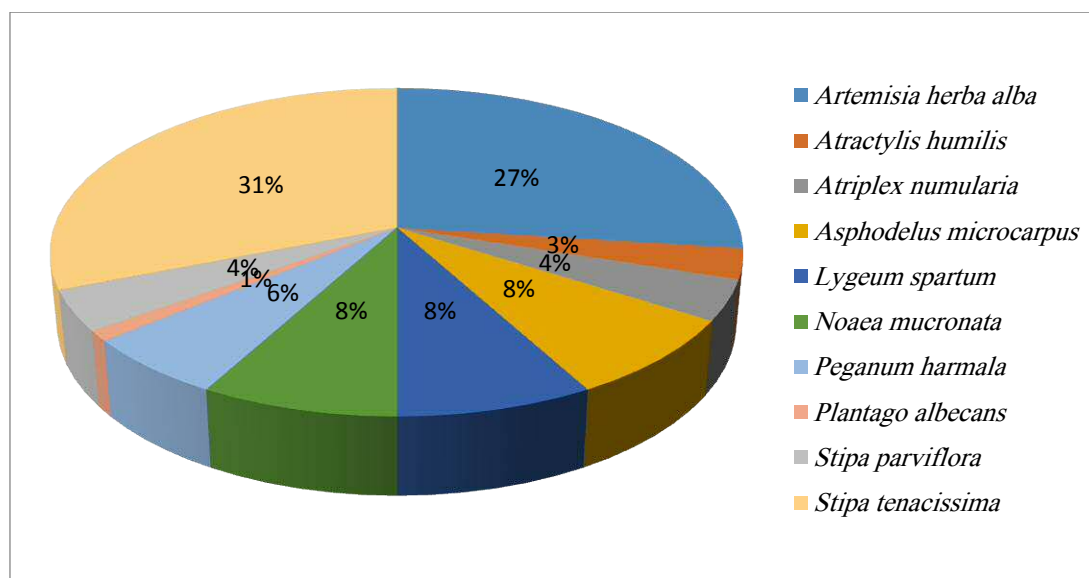
L'étude du sol à travers les échantillons prélevés, nous a permis de constater que la région d'étude est caractérisée par une prédominance de la texture sableuse, un pH basique, un taux important de calcaire et très pauvres en éléments minéraux. Ces données justifient la présence d'un taux de recouvrement moyen, ce couvert végétal qui est exposé aux principaux facteurs de dégradation tels que le surpâturage et l'érosion.

L'analyse en composantes principales (ACP) réalisée sur 20 stations, a montré que le taux de matière organique et la texture du sol sont les facteurs les plus déterminants pour le développement d'un couvert végétal important. Ce qui est confirmée par la présence en grande partie des Chamaephytes ; les Cryptophytes, les Hémicryptophytes et les Phanérophytes qui sont les moins présents.

### 3.2 Analyse du spectre végétale

Du point de vue floristique, nous avons pu déterminer deux groupes: le premier groupe avec les espèces végétales : *Stipa tenacissima*, *Atractylis humilis*, *Artemisia herba alba*, *Asphodelusmicrocarpus*, *Stipa parviflora*, *Peganumharmala*.

Le deuxième groupe, avec les espèces végétales : *Artemisia herba alba*, *Plantagoalbecans*, *Noeaemucronata*, *Asphodelusmicrocarpus*, *Lygeumspartum*, *Stipa tenacissima*, *Atractylis humilis*, *Peganumharmala*, *Atriplexnumularia*, *Stipa parviflora*. L'analyse du spectre des espèces végétales dans la région d'étude est donnée dans la figure n°28.



**Figure n°28 : Répartition des espèces végétales dans la zone d'étude**

Ce spectre montre une dominance des espèces *Stipa tenacissima* et *Lygeumspartum* deux espèces endémiques qui vivent dans leurs sites écologiques, cependant la présence des espèces : *Peganumharmela*, *Noeaemucronata* et *Atractylis humilis* témoigne de la tendance à la dégradation de ces parcours même remarque a été faite par (Aidoud A., 1996).



#### **4. Evaluation de la phytomasse**

##### **4.1. Techniques d'évaluation de la phytomasse**

La phytomasse est la quantité de végétation par unité de surface à un instant donné. Elle s'exprime en Kg de matière sèche à l'hectare (Lasloudji K. et al., 1990), Elle comprend :

- La phytomasse aérienne : partie aérienne de la plante (tige, feuilles, fruits).
- La phytomasse souterraine : partie souterraine de la plante (racine, rhizomes, bulbes).

Pour son évaluation, il existe deux méthodes qui sont : Méthode directe et méthode indirecte.

##### **4.1.1. Méthode directe:**

La végétation coupée au ras du sol, est mise dans des sacs en papier ou en tissu fin, numérotés et pesés. La première étape du traitement des récoltes est d'en effectuer la pesée, celle doit être fait dès la récolte pour avoir la masse à l'état frais avant que commence la dessiccation naturelle; ensuite sécher les échantillons dans l'étuve soit à une température de :

- 80°C pendant 24h.
- 120°C pendant 8h.
- 80°C jusqu'à poids constant.
- 105°C jusqu'à poids constant.

Pour chaque échantillon, on dispose de sa masse avant dessiccation et de sa masse après dessiccation, c'est-à-dire deux séries de valeurs correspondant à la production de la matière sèche.

Une analyse statistique permettra la comparaison des valeurs obtenues dans chaque faciès. (Daget et Godron, 1995).

##### **4.1.2. Méthode indirecte**

C'est la méthode de corrélation, méthode allométrique, ou alors d'analyse de dimension. C'est la relation entre la phytomasse et les mesures des paramètres tels que la densité, la hauteur, le diamètre, le recouvrement ou les contributions spécifiques des espèces. (Aidoud, 1996).

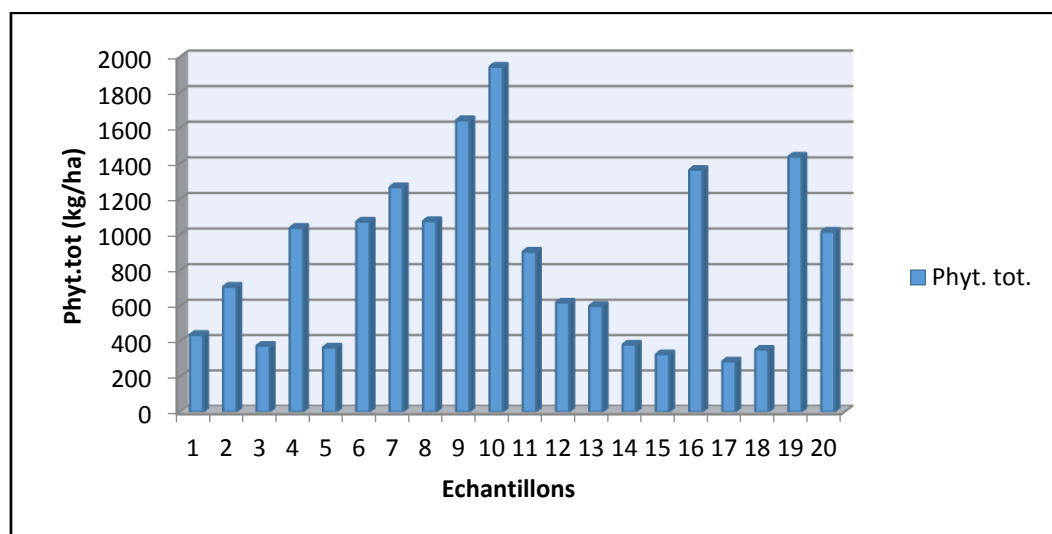
Selon Lemee (1978), dans les cas des arbres et des formations forestières, les chercheurs élaborent des relations allométriques entre le volume du bois et des paramètres dimensionnels, en général, le diamètre (**D**) et la hauteur (**H**), puis ils passent des volumes aux masses par établissement de la densité spécifique. La formule utilisée est :

$$\text{Log } 10 \text{ B} = a + b \log \text{D}^2\text{H}$$

B : Biomasse, D : Diamètre, H : Hauteur, a,b : Constantes

Il est important de tenir compte de la dépense énergétique pour la production, l'exploitation et le transport de la biomasse dans les bilans énergétiques et les études économiques. Dans ce volet il est important de prendre en considération l'impact écologique sur les sols forestiers des différentes formes d'exploitation de la biomasse pouvant exporter des éléments nutritifs (Pollanshotz, 1983). La phytomasse diffère considérablement selon les facteurs écologiques (notamment le climat et le sol) et l'utilisation qui en est faite (charge pastorale, exploitation).

L'évaluation de la phytomasse totale des stations étudiées révèle une grande différence. La valeur la maximale se trouve à la station R19 avec une valeur de 1942.85 kg/ha, ou le taux de recouvrement est très important. La plus faible phytomasse est celle de la station R16 avec une valeur de 285.71kg/ha, C'est la station où le recouvrement global est également le plus faible, mêmes valeurs trouvées par Benabdeli K. (1996) et Bencherif S. (2011).

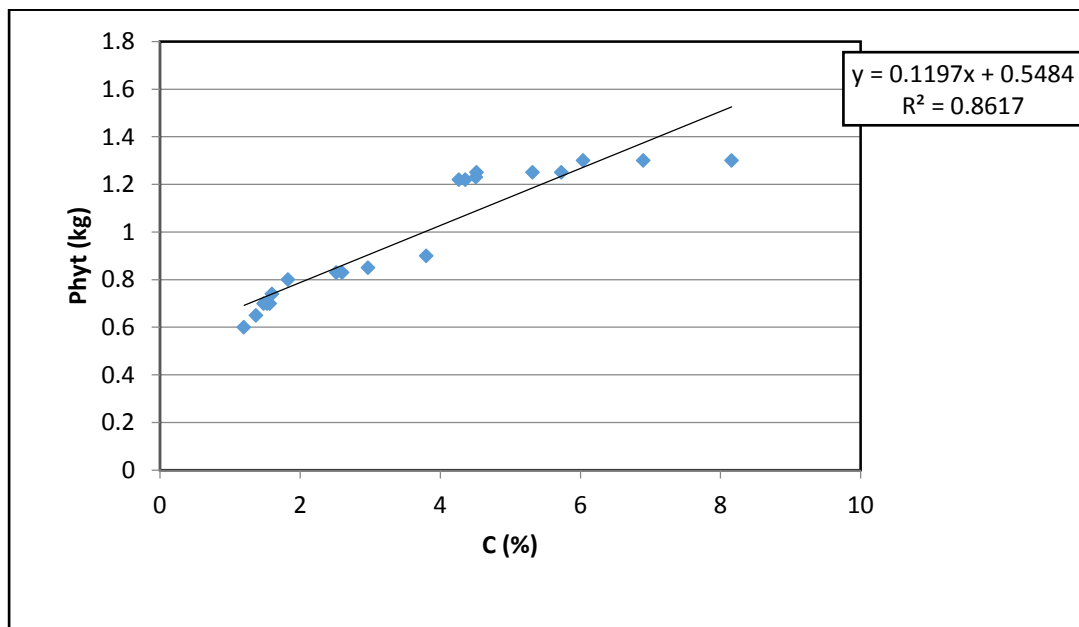


**Figure n°29: Evaluation de la phytomasse totale.**

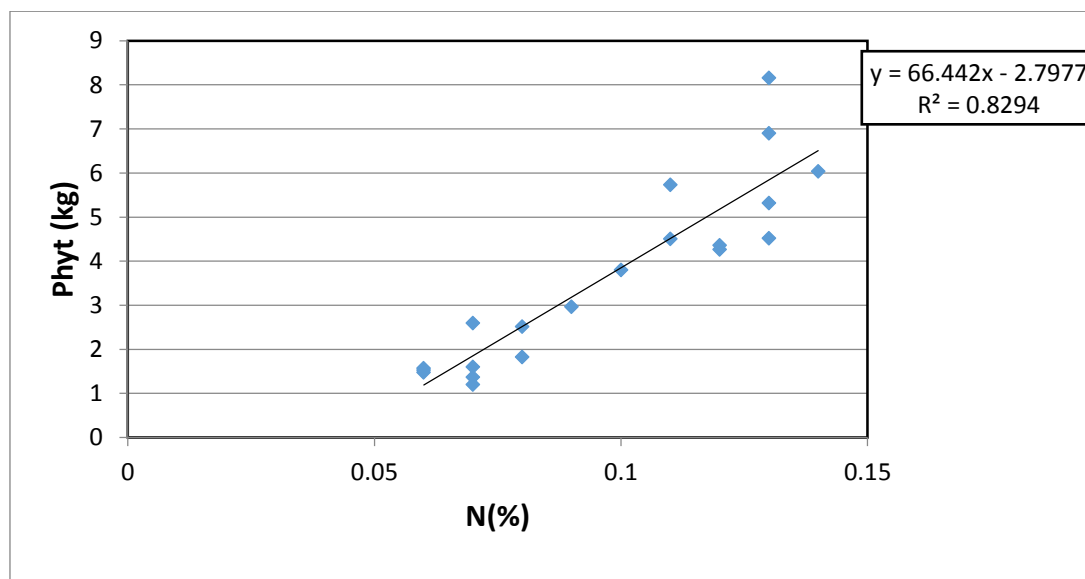
### **5. Interaction entre la phytomasse et les paramètres pédologiques**

Au niveau de la zone d'étude la biomasse qu'elle soit aérienne ou souterraine reste relativement faible et ne constitue qu'un indicateur des conditions édaphiques, climatiques et des fortes pressions qui s'y exercent en permanence, ce qui semble inquiétant c'est le très faible développement de la partie souterraine, elle est assez équilibrée avec la phytomasse aérienne. Dans un tel écosystème le système racinaire devait connaître un développement plus important, l'analyse du sol a apporté quelques réponses à ce constat : les caractéristiques physiques et chimiques du sol ne permettent pas un bon développement du végétal, conjugué à une pluviométrie très dérisoire et des températures hivernales et printanières très basses. (Nedjimi, 2012 ; Le Houerou, 1977 ; Pouget, 1980 ; Claudin et al, 1975)

L'interaction entre la phytomasse totale et la teneur en carbone, nous a donné une bonne corrélation avec un coefficient de détermination  $R^2=0.86$ , la deuxième interaction est confirmée avec la teneur en azote avec un  $R^2=0.82$ , ce qui vérifie l'importance de ces deux éléments nutritifs dans la répartition de la phytomasse totale (fig n°30 et 31).



**Figure n°30: Interaction entre la phytomasse totale et la teneur en carbone**



**Figure n°31 : Interaction entre la phytomasse totale et la teneur en azote**

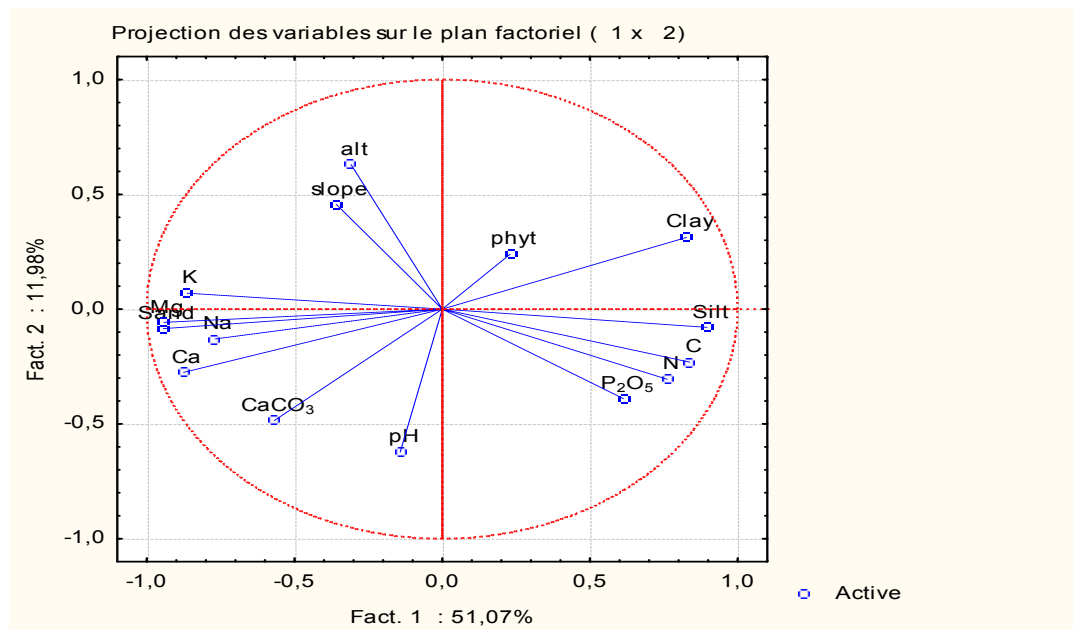
D'une manière générale, la phytomasse est faible dans toutes les stations, et nous pouvons dire que cette situation des zones steppiques explique la forte destruction du couvert végétal qui entraîne une plus grande fragilité du sol à l'érosion. (Mederbal K ,Josa R, 2010)

### **5.1. L'effet des facteurs édaphiques sur la répartition de la phytomasse**

L'analyse de l'ACP, nous a montré qu'il y'a une interaction directe entre les caractéristiques physico-chimiques du sol et la répartition de la phytomasse totale:

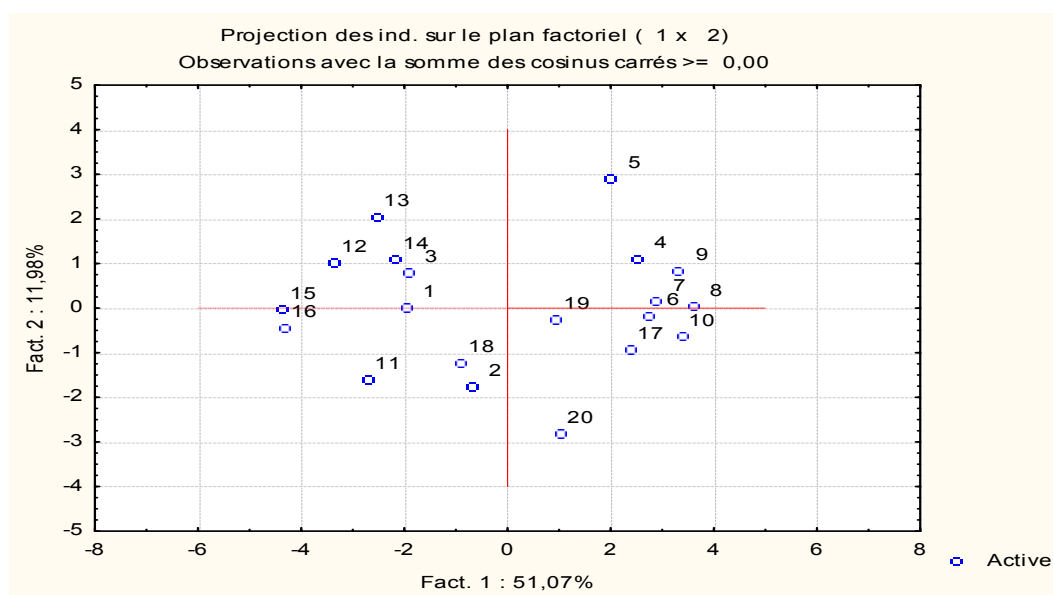
Le premier axe résume 51,07%de l'information et montre une corrélation positive entre tous les paramètres de la fertilisation du sol, tels que la texture limono-argileuse, les teneurs en Carbone, le phosphore et l'azote qui favorisent le développement d'une importante phytomasse qui peut atteindre jusqu'à 8,16kg/42m<sup>2</sup>.

Le deuxième axe résume 11,98% de l'information reflétant la présence d'un deuxième groupe qui représente tous les paramètres favorisant l'aridité édaphique à savoir la salinité et la teneur en calcaire, car les sels diminuent la mobilité de l'eau libre dans le sol et par conséquent la phytomasse totale diminue.(Halitim,1988, Bourahla,2015) (figure n°32)



**Figure 32:Projection des paramètres phyto- pédologiques**

Pour la répartition des stations, le premier groupe englobe 10 stations (4,5,6,7,8,9,10,17,19 et 20) qui présentent une phytomasse importante, diamétralement opposé au groupe renfermant les 10 autres stations avec un moyen à faible taux de phytomasse totale, ceci confirme la répartition des éléments fertilisants des sols dans le premier groupe et la présence des éléments d'aridité édaphiques dans le deuxième groupe (figure n°33).(Kadi-Hanifi H, 2003., Mederbal K ; Josa R, 2010).



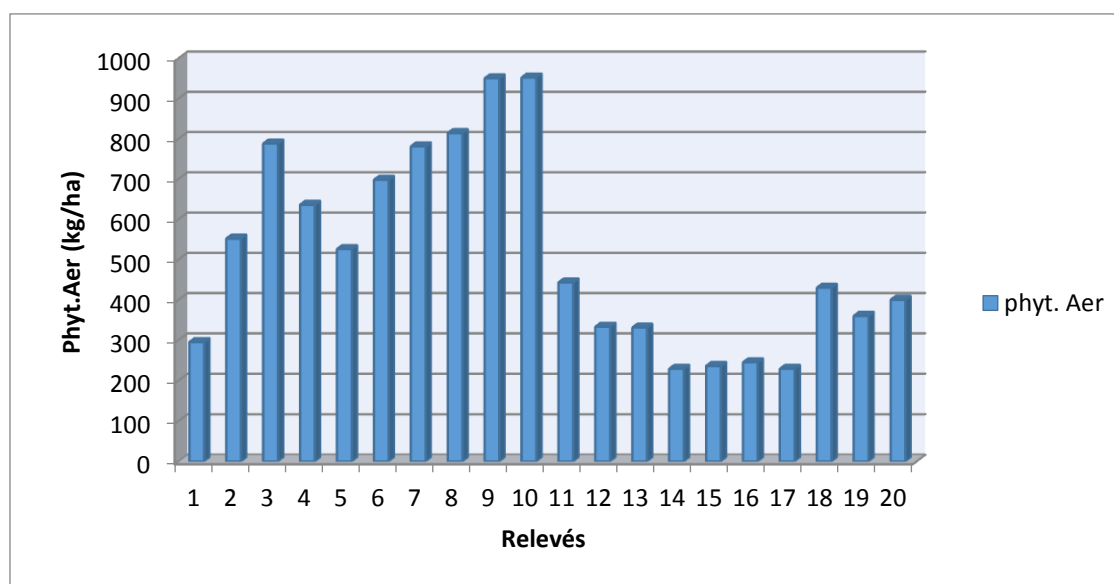
**Figure 33: Projection des stations de prélèvement**

L'impact de nos résultats permettra une meilleure connaissance du milieu steppique de la région, il en découlera la mise en point d'une approche de réhabilitation de la végétation.

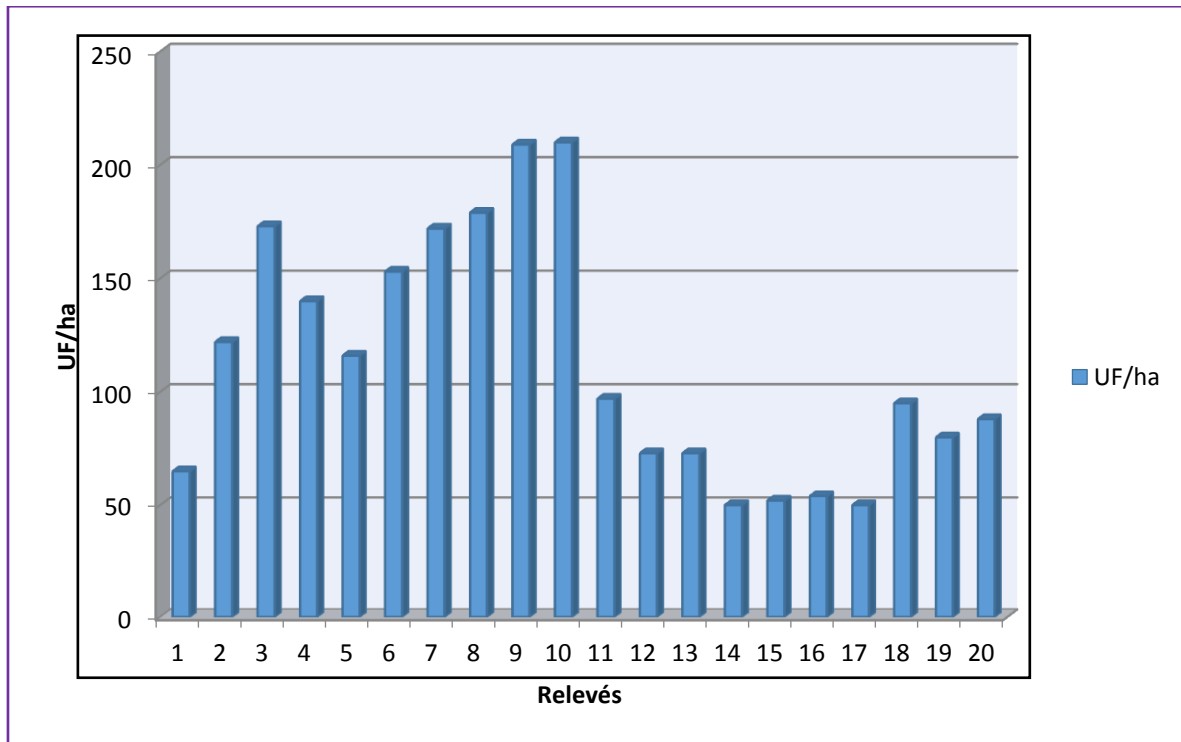
La stratégie globale est urgente reposera essentiellement sur la mise en défens sous ses différentes formes selon les caractéristiques écologiques et socio-économiques de cette zone.

### 6. Evaluation de la valeur énergétique

L'évaluation de la valeur énergétique exprimée en unité fourragère (UF) est calculée en fonction de la phytomasse aérienne par le facteur 0.22, pour avoir des valeurs par hectare, en prenant en considération le facteur de conversion 42m<sup>2</sup> en Ha (238\*42=1ha), (fig n° 34)



**Figure n°34: Evaluation de la phytomasse aérienne**



**Figure n°35 : Variation de l'Unité fourragère pour les 20 relevés**

A l'exception des relevés 9 et 10 qui présentent des valeurs en offre fourragère acceptable, les autres relevés se caractérisent par des valeurs très faibles en source énergétique qui est due non seulement au faible taux de recouvrement, mais aussi à la faiblesse du cortège floristique, ce qui témoigne d'un état de dégradation avancée des parcours steppiques.

***CHAPITRE N°II***  
***ETUDE DE L'ACTION ANTHROPIQUE***  
***SUR L'EVOLUTION DE L'ECOSYSTEME***  
***STEPPIQUE***



## CHAPITRE N°II : Etude de l'action anthropique sur l'évolution de l'écosystème steppique

### 1. Choix de la zone d'étude : périmètre irrigué de Dayet- Zeraguet

#### 1.1. Localisation du périmètre

Le périmètre de Dayet- Zraguet est situé à 1050 m d'altitude dans la Commune d'Ain Skhouna, Daira d'El Hassasna, au Sud-est de la wilaya de Saïda sur le bord 68,74 km Nord-Ouest d'Alger. Administrativement, il est localisé dans la wilaya de Saida, Daira de Hassasna, commune Ain Skhouna, qui s'étend sur une superficie de 2850 Km<sup>2</sup> (figure n°36)

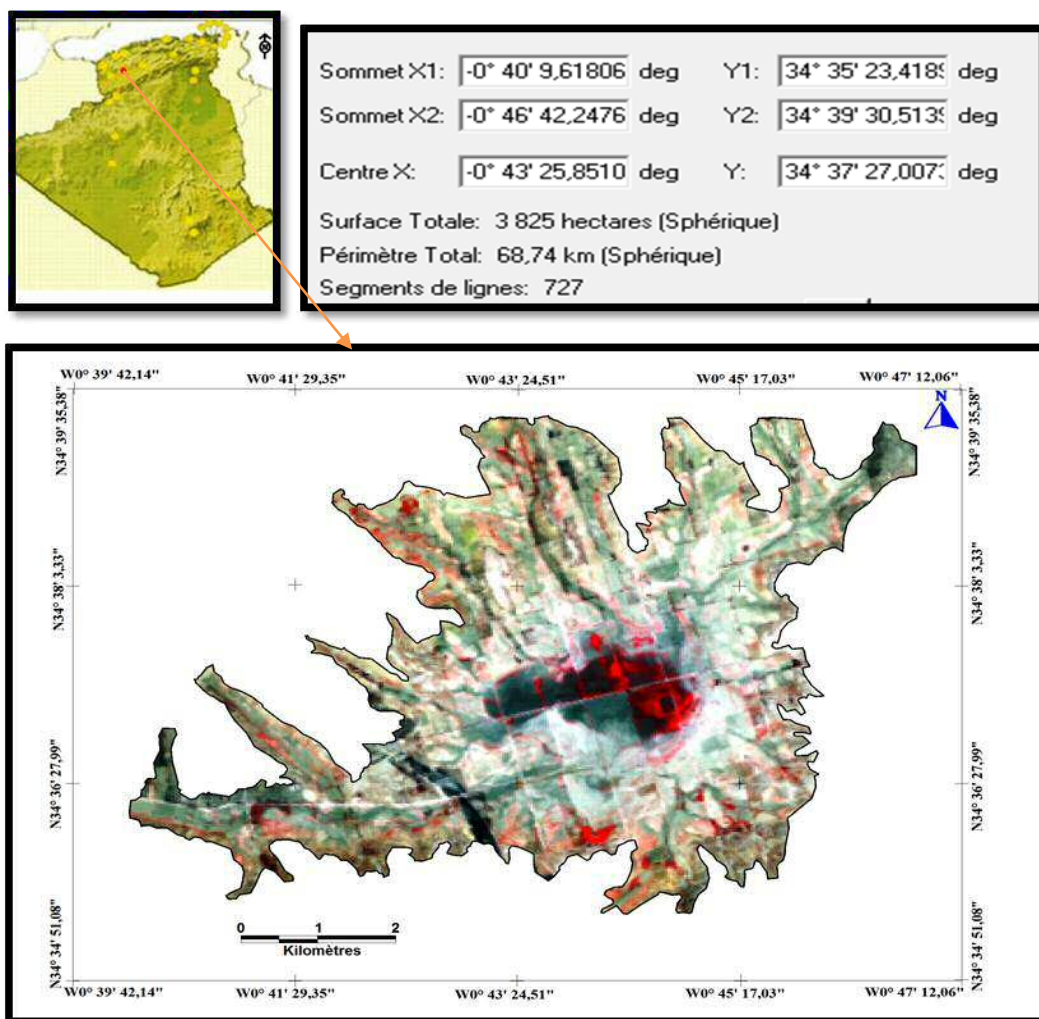


Figure n°36 : Carte de localisation du périmètre Dayet Zeraguet (O.P.I, 2014)

**1.2. Consistance et composition territoriale**

Le territoire communal d'Ain Skhouna regroupe les localités suivantes :

- Agglomération chef lieu : Ain Skhouna.
- Agglomération secondaire : Dayet Zraguet.

Le périmètre de Dayet- Zeraguet s'inscrit entre les coordonnées suivantes :

X1 : E.0°40 9,61806

Y1 : N34°35'4189

X2 : E.0°46 42, 2476

Y2 : N34°39'30 ,5139

**1.3. Historique du périmètre**

Après l'indépendance et à partir de ces données concrètes fut conçu le projet d'irrigation de périmètres situés près du chott.

- Le périmètre de la dayet Zeraguet (17 km d'Ain Skhouna) dans la wilaya de Saida avec 2850 ha
- En 1972 /1973, Seul l'aménagement du périmètre de la dayet Zeraguet pour la Wilaya de saida fut retenu dans le cadre du programme spécial de cette dernière.
- Des études sur ce périmètre furent lancées par les services de l'hydraulique par l'intermédiaire d'un projet autonome rattaché directement à l'administration centrale du secrétariat d'Etat à l'hydraulique.
- En 1974, les travaux de réalisations confiés à un groupement d'entreprises françaises sont entamés.
- En 1982. Et avant l'achèvement total des travaux d'assainissement et d'essais de conduites, il fut crée un office d'aménagement et de mise en valeur des terres du périmètre de dayet Zeraguet : opération qui devait s'entendre sur cinq années.
- En 1985, il y'a eu la loi de l'APFA (l'Accession à la Propriété Foncière Agricole) et on passa directement à l'exploitation du périmètre pas les attributaires installés en place.

## 2. Caractéristiques physiques de la zone d'étude

### 2.1. Caractères géologiques

Trois formations géologiques sont représentées au niveau du chott chergui.

**a. Le Tertiaire continental :** Constitué par des dépôts d'argiles rouges fréquemment gypseux et présentant souvent des niveaux détritiques grossiers et des bancs de calcaires, cette formation a une épaisseur variant de 5-10 m à plus 100 m.

**b. Le Crétacé supérieur et Sénonien :** Il se trouve dans la région recouverte par le Tertiaire continental. Ce sont des calcaires très fissurés avec au sommet des dépôts détritiques calcaires.

**c. Le Bajo-bathonien :** Qui constitue le substratum marin de la région, constitué principalement par des calcaires, et dolomies avec des intercalations marneuses.

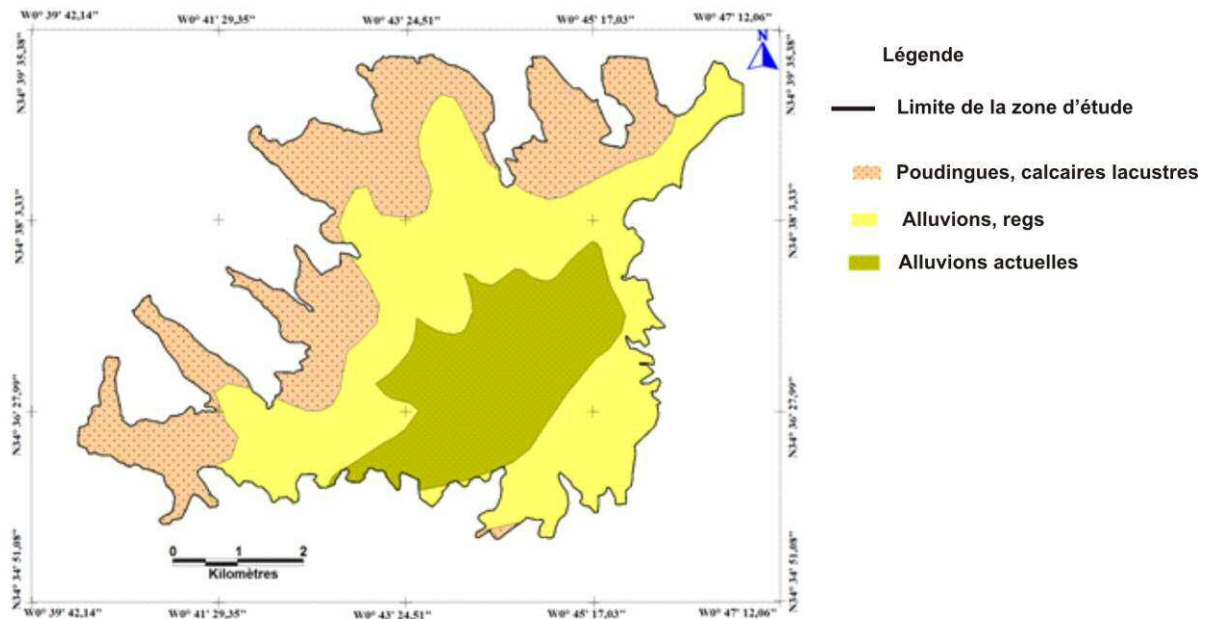


Figure n° 37 : Formations géologiques du périmètre de Dayet Zraguet

## 2.2. Caractères topographiques

### 2.2.1. Pente

Le périmètre de Dayet Zeraguet est représenté par différentes classes des pentes illustrant la topographie générale, il y'a en tout 4 classes de pentes identifiées dans la figure n°38.

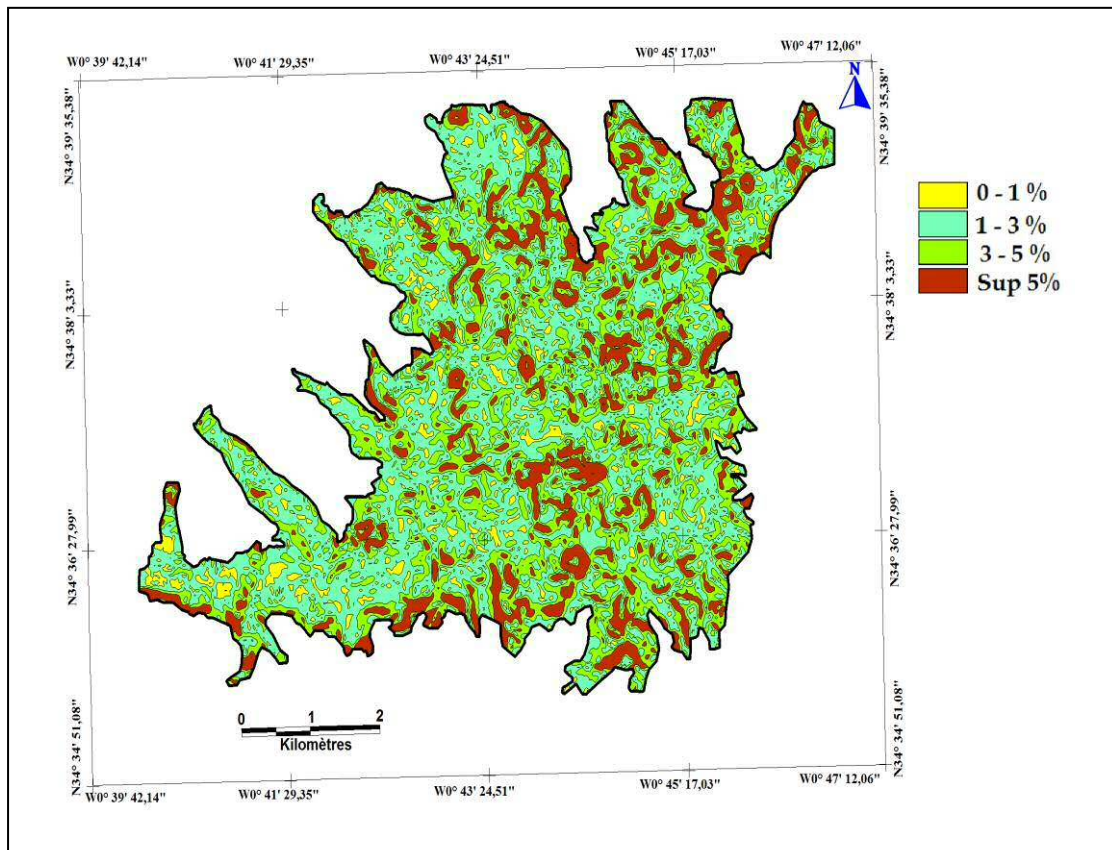


Figure n°38 : Carte des pentes de la zone d'étude

### 2.2.2. Exposition

L'exposition d'un sol en pente modifie fortement le microclimat, et par suite l'humidité et le risque de gel, ainsi que l'ensoleillement, secondairement la flore et les rendements agricoles ou sylvicoles. Dans le cas de Le périmètre de Dayet- Zeraguet les quatre expositions (Nord, Sud, Est, Ouest) sont réparties sur toute la zone d'étude.

Un versant exposé au Nord bénéficie de conditions climatiques et édaphiques plus agréables en raison des masses d'air venant de la mer accompagnée d'humidité qui servent à favoriser la faible évaporation, en revanche le versant exposé au Sud ou au Sud-est peut favoriser une productivité accrue, mais peut aussi être plus vulnérable aux sécheresses grâce à la quantité importante d'ensoleillement avec un sol relativement dégradé ou dominant les dolomies des calcaires.

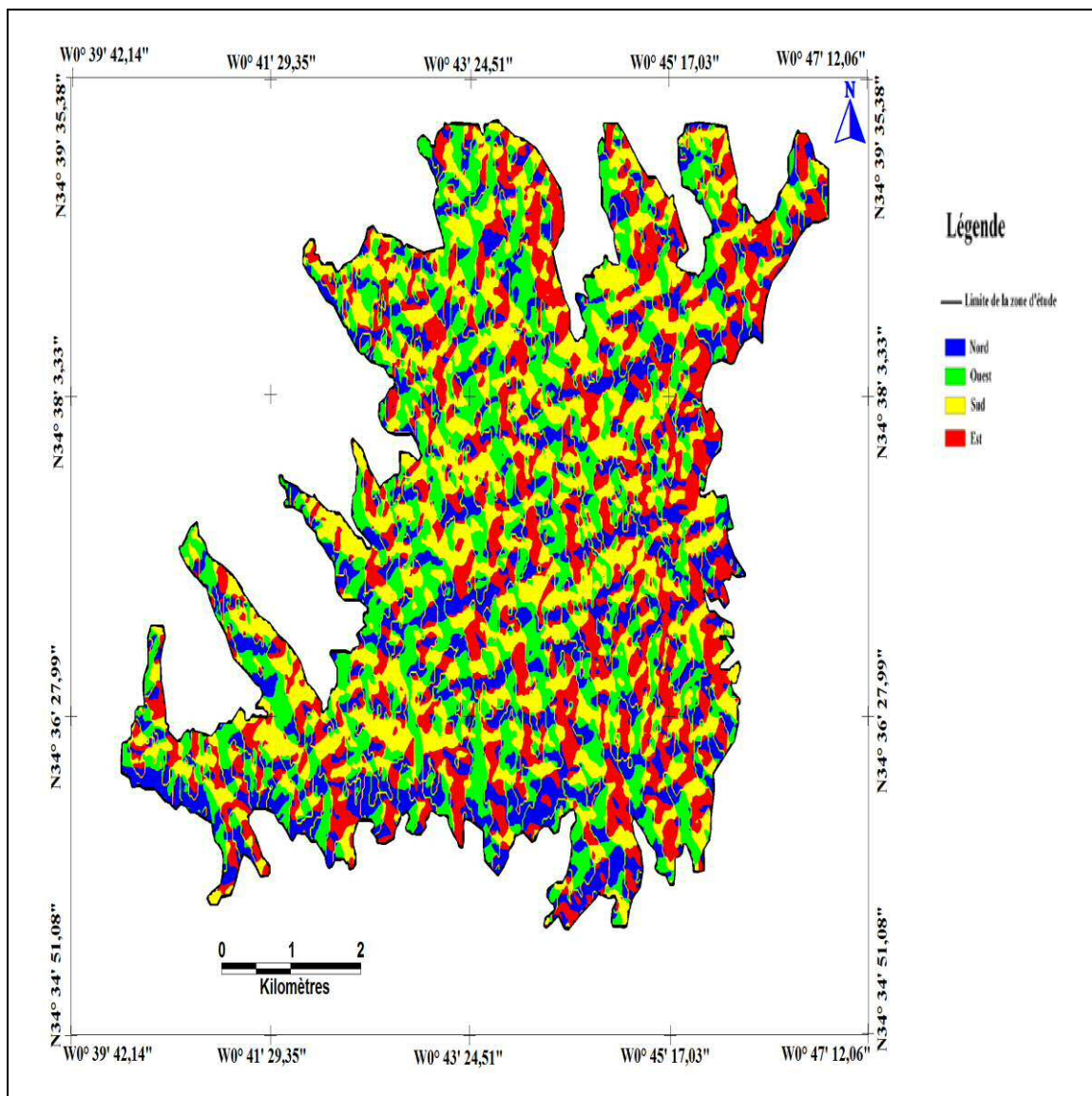


Figure n °39 : Carte d'exposition de la zone d'étude



### 2.2.3. L'altitude

Avec l'altitude on peut caractériser une station car elle fait la synthèse de plusieurs phénomènes tels que la température, la pluviométrie ou l'ensoleillement. Quand on parle des effets de l'altitude, il faut prendre aussi en considération les effets de versant et certaines situations de confinement qui ont un effet vis-à-vis du vent, du brouillard, mais peuvent aussi se comporter comme des « trous à gelées ». Quand l'altitude augmente, les précipitations deviennent plus importantes mais les températures diminuent (d'environ  $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ). C'est pourquoi elle constitue un facteur limitant pour le développement d'une essence.

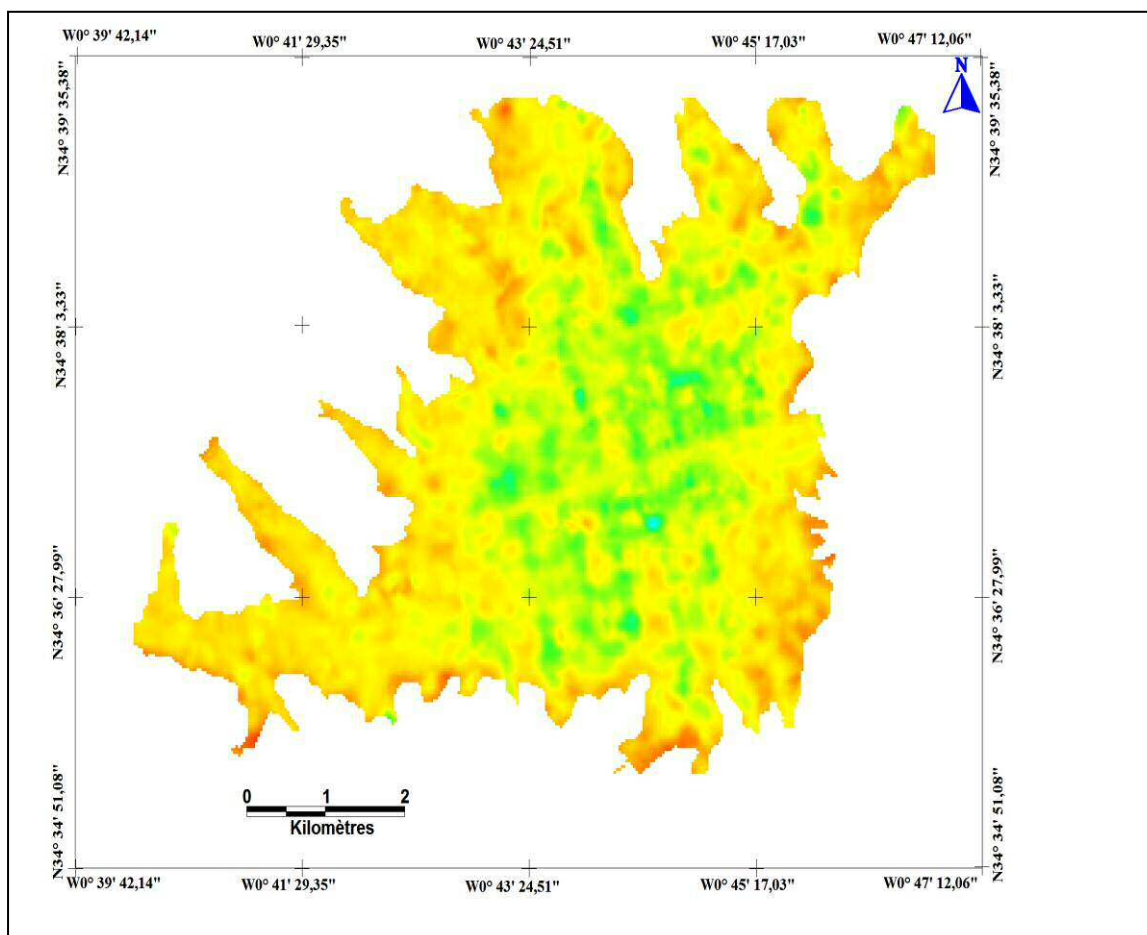


Figure n°40 : Carte hypsométrique du périmètre de Dayet- Zeraguet à partir d'un MNT

### 2.3. Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est représenté dans la figure n°41.

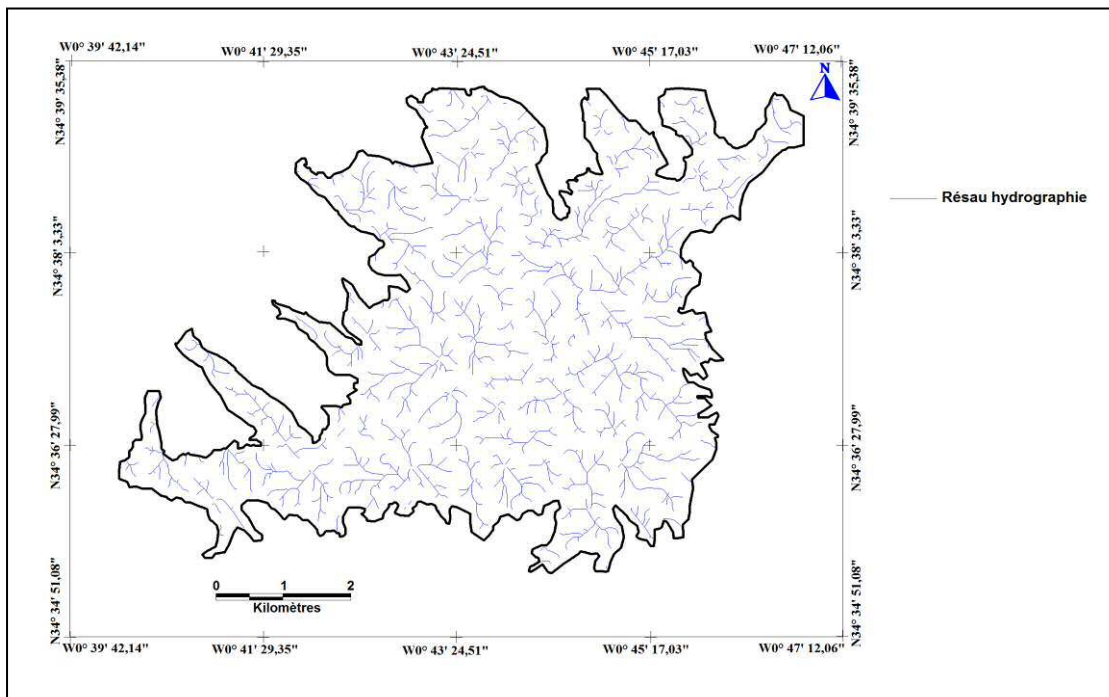


Figure n°41 : Carte de réseau hydrographique de la zone d'étude

#### 2.3.1. Le chott chergui

Il joue un rôle dans la recharge des nappes aquifères et il fait partie du système hydrologique souterrain et du système de sources qui alimentent de grandes zones humides de surfaces, en plus de son rôle hydrologique et vu l'emplacement du chott dans l'étage bioclimatique semi-aride, il renferme des zones humides uniques dans la région méditerranéenne à caractères écologiques et biologiques spécifiques. Le chott chergui renferme trois nappes importantes :

#### 2.3.2. La nappe du tertiaire continental

Cette nappe se trouve soit dans les niveaux détritiques grossiers soit dans les calcaires lacustres et constituent des nappes libres, dont le niveau statique varie entre 40 à 70m. Dans la zone d'Ain Skhouna les nappes de Tertiaire et de Sénonien sont confondues.

**2.3.3. La nappe du Sénonien**

Elle est confondue avec celle du tertiaire et ayant un niveau piézométrique de 7m c'est cette nappe qui alimente le périmètre de Dayet Zreguet. Elle est captée par six forages d'un débit de 450l/s chacun.

**2.3.4. La nappe de Bajocien-Bathonien**

Constitue la nappe la plus importante de la région et elle est captée par une trentaine de forages d'un débit de 692l/s. Cette nappe est drainée par une faille d'orientation est-ouest, marquée dans la région par la source d'Ain Skhouna d'un débit de 500 à 900 l/s.

**2.3.5. Oued khrouf**

Selon (Gaucher, 1939) oued Khrouf possède à son origine des eaux de bonne qualité, une étude détaillée de cette rivière révèle une salure progressive de ces eaux causée par les terrains argileux.

**2.4. Les forages**

Il existe plusieurs forages à Ain Skhouna qui de par leur destination sont répartis comme suit :

**2.4.1. Forage réserves LAEP C1 C2 C5**

Les forages C1 C2 C5 ont été exécutés en 1949 au carottage mécanique d'un diamètre supérieur à 1m, sur une profondeur respectivement de 134 et 120 m. leurs débit atteignent 250l/s chacun.

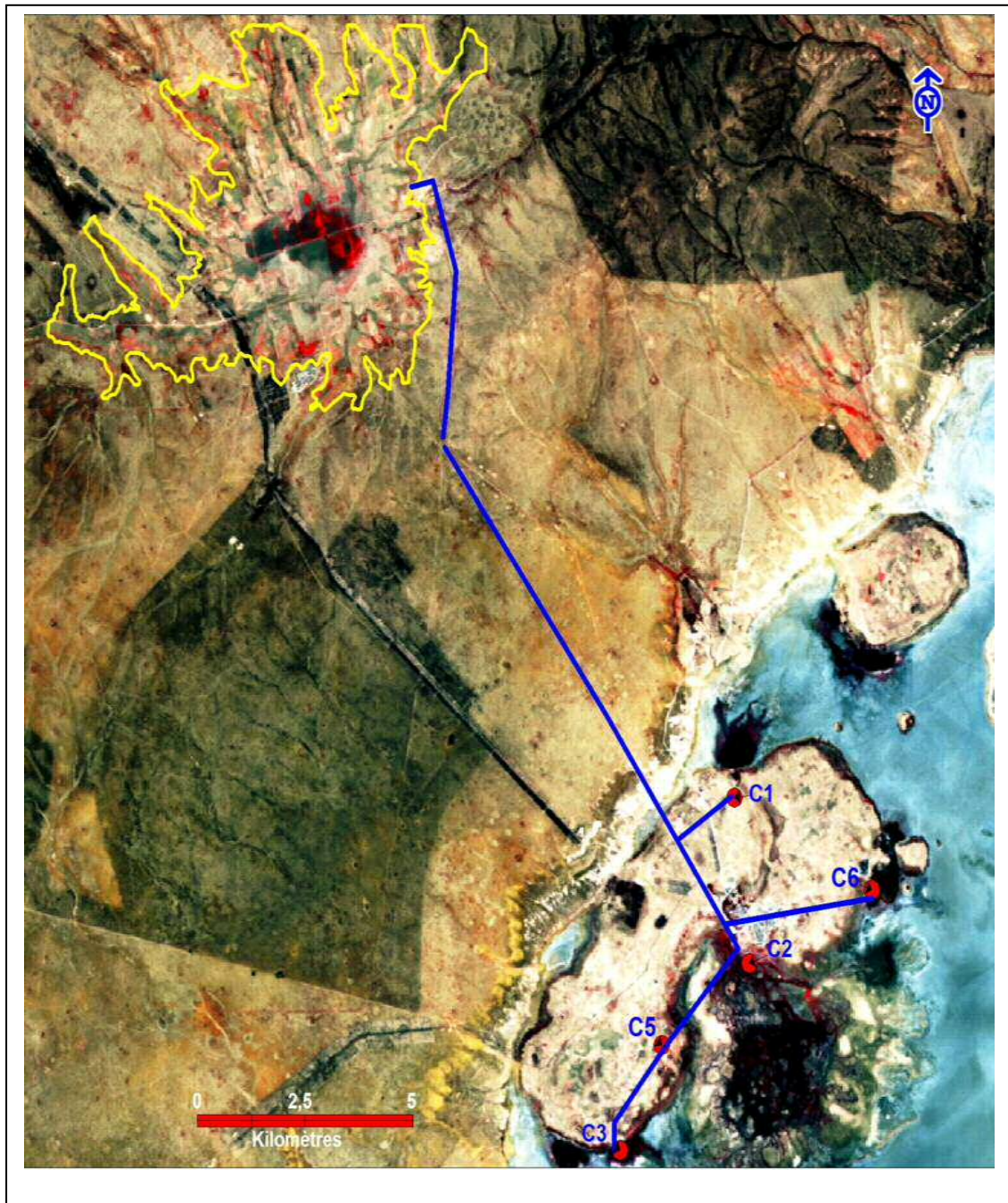
**2.4.2. Forages piézométriques**

Ce sont des forages réalisés dans le cadre de la recherche scientifique et qui déversent actuellement dans le chott.

**2.4.3. Forages pour l'irrigation**

C1 ET C6, respectivement pour l'irrigation des périmètres de Dayet Zraguet et Faidh Armel. (DGF, 2001)





**Figure n°42 : Carte de distribution des forages dans la zone d'Ain Skhouna**

### 3. Caractéristique morpho pédologiques

Les sols de cette région appartiennent aux sols semi-désertiques et steppiques à texture légère, recouverte par une végétation dégradée d'Alfa et d'armoïse. Ce sont des sols hors de l'influence de la nappe phréatique salins et formé de dépôt d'alluvions calcaire (limoneux-argilo, limono) et sableux, ils dépassent rarement les 50 cm de profondeur. La zone d'étude est caractérisée par :

- 1- Sol très-peu-profond jusqu'à 15 cm.
- 2- Sol peu-profond de 15 à 30 cm.
- 3- Sol moyennement-profond de 30 à 50 cm.
- 4- Sol profond à partir de 50 cm.

D'une façon générale le passage de la couche arable friable à la croute sous jacente est brusque.

La texture varie de sable-limoneux au limon-argileux, les sables fins sont dominants en générale (60-70%)

- La teneur en humus de sol profond est de l'ordre de 1,0 à 1,3%.
- La teneur en phosphore assimilable est faible celle du Potassium échangeable est moyenne à bonne.
- La capacité d'échange varie de 10 à 16 meq /100g de terre.
- Le complexe absorbant est saturé en calcium (90%).

Du point hydrodynamique la capacité de rétention au champ varie de 3,6 à 14,2 % et un point de flétrissement de 7 à 10 %. Les capacités de rétention les plus élevés 22 à 36% caractérisent notamment les sols profonds du fait de leur texture fine qui diminue leur perméabilité par rapport aux autres types de sol.

#### 4. Caractéristique climatiques

##### 4.1. Les précipitations

L'intensité des pluies et leur fréquence jouent un rôle déterminant sur la migration des différents ions et par conséquent sur la nutrition minérale des végétaux.

La connaissance des régimes pluviaux présente un intérêt biologique certain, car la végétation se trouve directement influencée par la répartition des pluies durant l'année. En effet un maximum pluviométrique en période de végétation n'a pas la même signification biologique qu'un maximum en période d'arrêt de végétation (hors végétation). Les données climatiques sont prises de la station d'Ain Skhouna, sur une durée de 20 ans. Les caractéristiques de la station sont :

Code n° 81901, - Coordonnées : X =329.0 et Y= 136.0.

##### 4.1.1. Précipitations moyennes mensuelles

On appelle précipitation mensuelle la somme des pluies tombées à une station en l'espace d'un mois, la station d'Ain Skhouna est caractérisée par une précipitation totale de 293,7mm.

Pour la période (1960-1998), le mois le plus humides est octobre avec 24.29mm et le mois le plus sec est juillet 4.03mm.

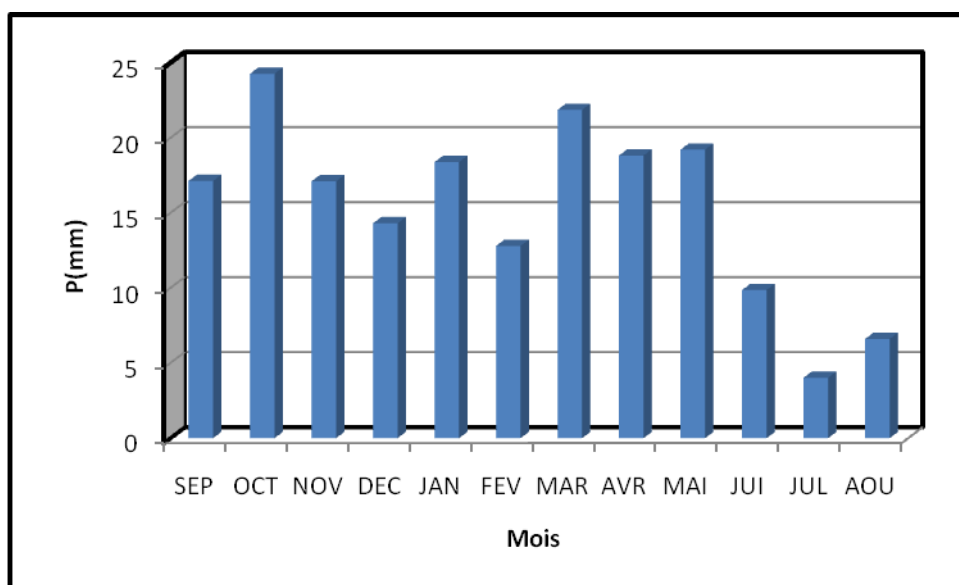


Figure n°43 : Variation des précipitations moyennes mensuelles

#### 4.1.2. Précipitations moyennes saisonnières

Pour une meilleure connaissance de la répartition au cours de l'année, nous avons essayé d'assembler les données par saison pour y arriver à faire une comparaison de la saison de l'année et de savoir le régime saisonnier

A travers ce tableau, nous pouvons constater donc, que relativement et au niveau de la station Ain Skhouna, que le printemps représente la saison pluvieuse par contre l'été est la saison la plus sèche alors le régime saisonnier est d'ordre PAHE. (Figure n°44)

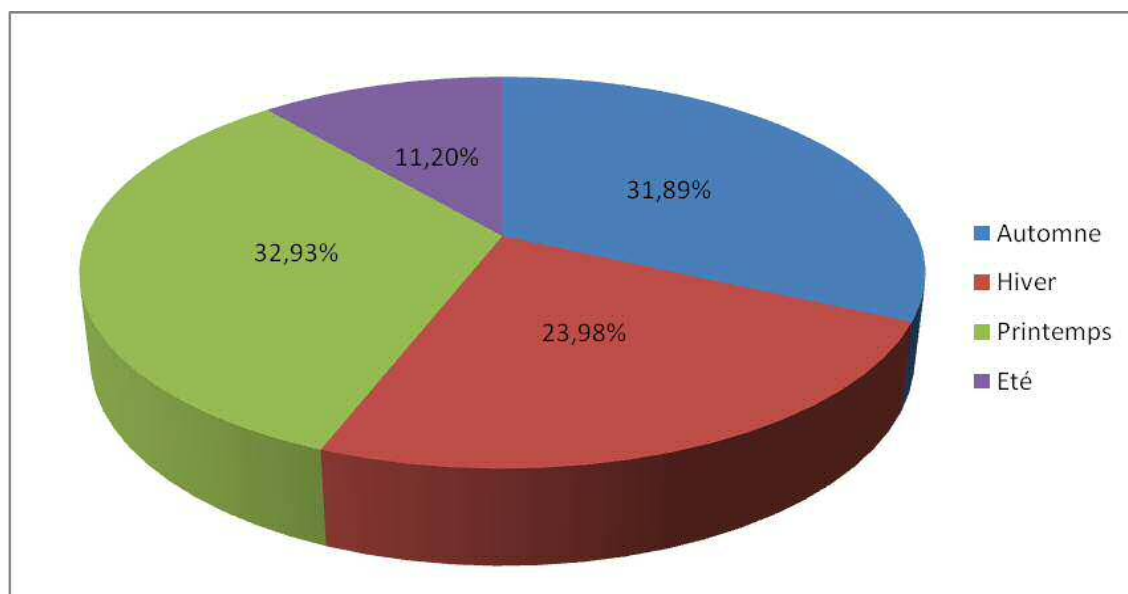


Figure n°44 : Régime saisonnier d'Ain Skhouna

#### 4.2. Les vents

D'après les résultats de dépouillement des relevés enregistrés au niveau de la station de météo d'Ain Skhouna, le régime des vents dans le bassin du Chott chergui est caractérisé par deux principales directions : Nord-ouest et Sud-est les vents soufflent particulièrement du mois d'avril au mois d'août.

Durant la période d'été c'est le sirocco qui se manifeste, essentiellement, entre juillet et août avec une fréquence moyenne de 11 jours/ mois. Le parcours moyen de vent est de 9700 Km/mois avec des écarts mensuels qui ne dépassent pas les 20Km. Ce parcours important correspond à une vitesse moyenne continue de plus de 3.5m/s.

## 4.2.1. Le sirocco

D'après le (tableau 14) le sirocco s'observe depuis le mois de mars jusqu'à octobre avec une moyenne annuelle de 12 jours.

Tableau n°15 : Nombre moyen de jours de sirocco à Ain Skhouana.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
Nb jours	01	01	00	00	00	00	01	02	01	02	02	02	12

## 4.3. L'évapotranspiration

La figure suivante résume l'importance de ce phénomène et son étroite relation avec la température, car l'évaporation est plus importante en été et l'ai beaucoup moins au printemps, automne et atteint son minimum en hiver

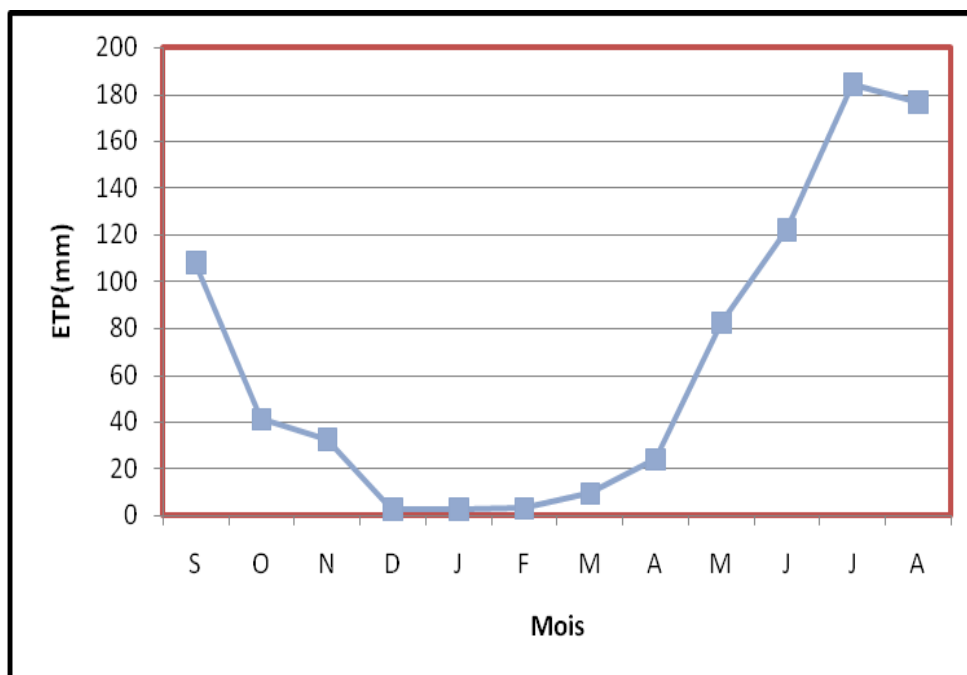


Figure n°45 : Variation de l'évapotranspiration moyenne mensuelle.

#### 4.4. Températures

La température joue un rôle important dans la vie des végétaux et des animaux, il s'agit surtout des températures extrêmes (minima et maxima). L'amplitude thermique annuelle est généralement supérieure à 20°C (le Houerou, 1969). En hiver, il gèle fréquemment et les écarts thermiques importants sont néfastes pour les sols.

Les couches superficielles peuvent s'échauffer à la transparence de l'atmosphère à cause de la nébulosité et du degré hygrométrique qui sont toujours faibles (Ozenda, 1983).

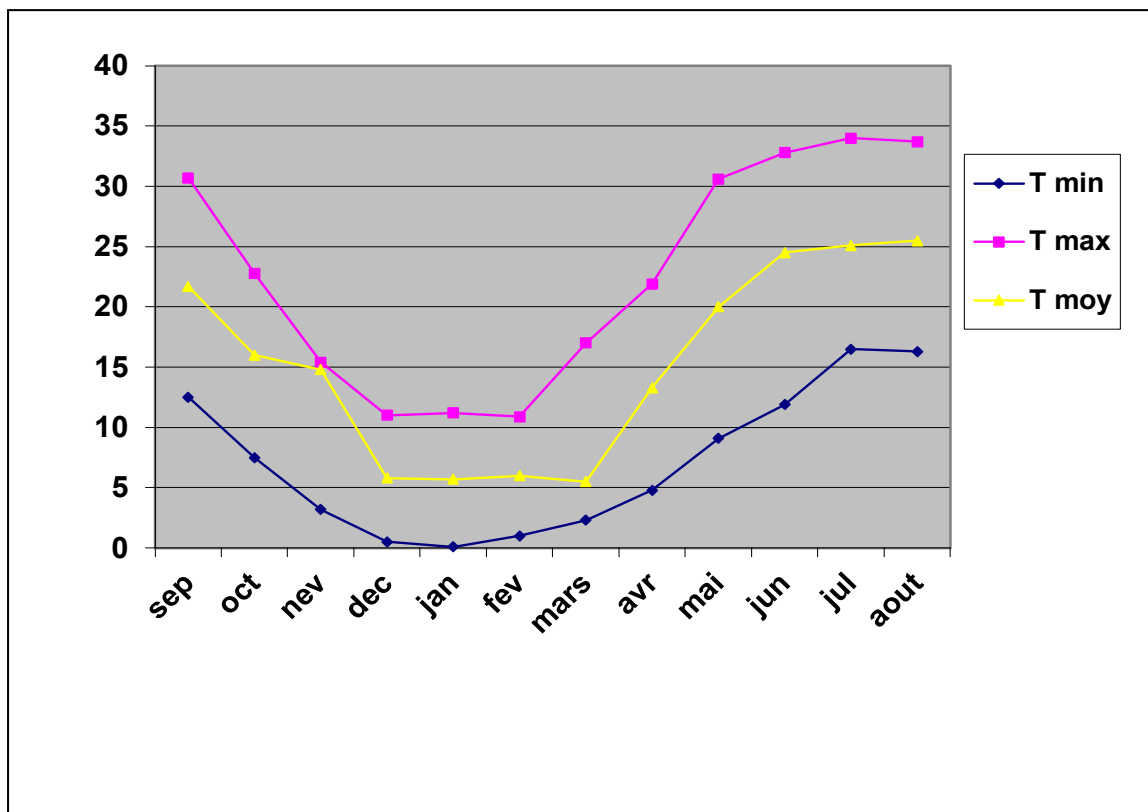


Figure n°46 : Variation des températures dans la zone d' Ain Skhouna



#### 4.5. Synthèse climatique

##### 4.5.1. Diagramme Ombro-thermique

Bagnouls et Gaussen, ont proposé de déterminer la durée de la saison sèche à l'aide d'une représentation graphique. Celle-ci consiste à tracer sur un diagramme deux courbes dont l'une représente la moyenne des températures mensuelles. L'autre représente la pluviométrie moyenne mensuelle. D'après ces auteurs, un mois est considéré comme sec lorsque la moyenne des pluies est inférieure ou égale au double de la température ( $p < 2T$ ).

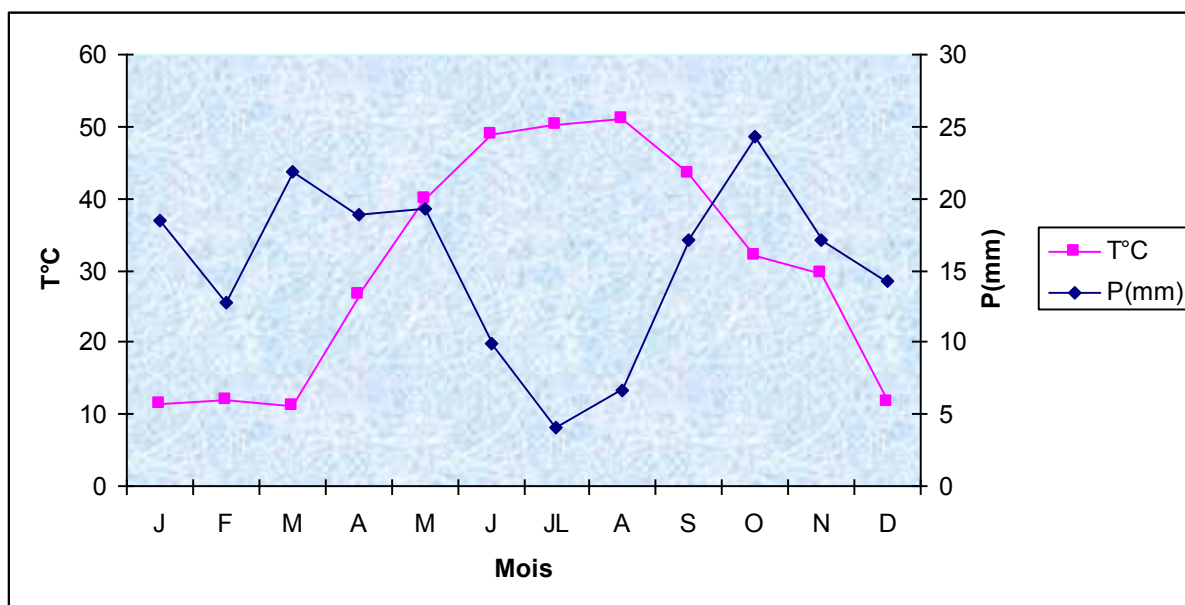


Figure n°47 : Diagramme ombro-thermique de Ain Skhouna

D'après le diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen (Figure 49). Nous remarquons que la saison sèche s'étale entre le mi-avril jusqu'à mi-septembre, en comptabilisant 6 mois secs sur tous les 12 mois de l'année concernée.

##### 4.5.2. Indice de classification climatique

Après avoir défini tous les facteurs climatiques caractérisant la région de Ain Skhouna principalement la pluviométrie et la température, nous devons déterminer le type de climat régnant. Dans ce contexte, plusieurs méthodes peuvent être employées.

## 4.5.2.1. Méthode d'Emberger

Le botaniste Emberger (1930) a proposé un quotient pluviothermique  $Q_2$  qui permet de situer la station dans l'étage bioclimatique convenable, ou il fait intervenir le total des précipitations annuelles ( $p$ ), la moyenne de maxima du mois les plus chauds ( $M$ ) et la moyenne de minima ( $m$ ) du mois les plus froids (fig 50).

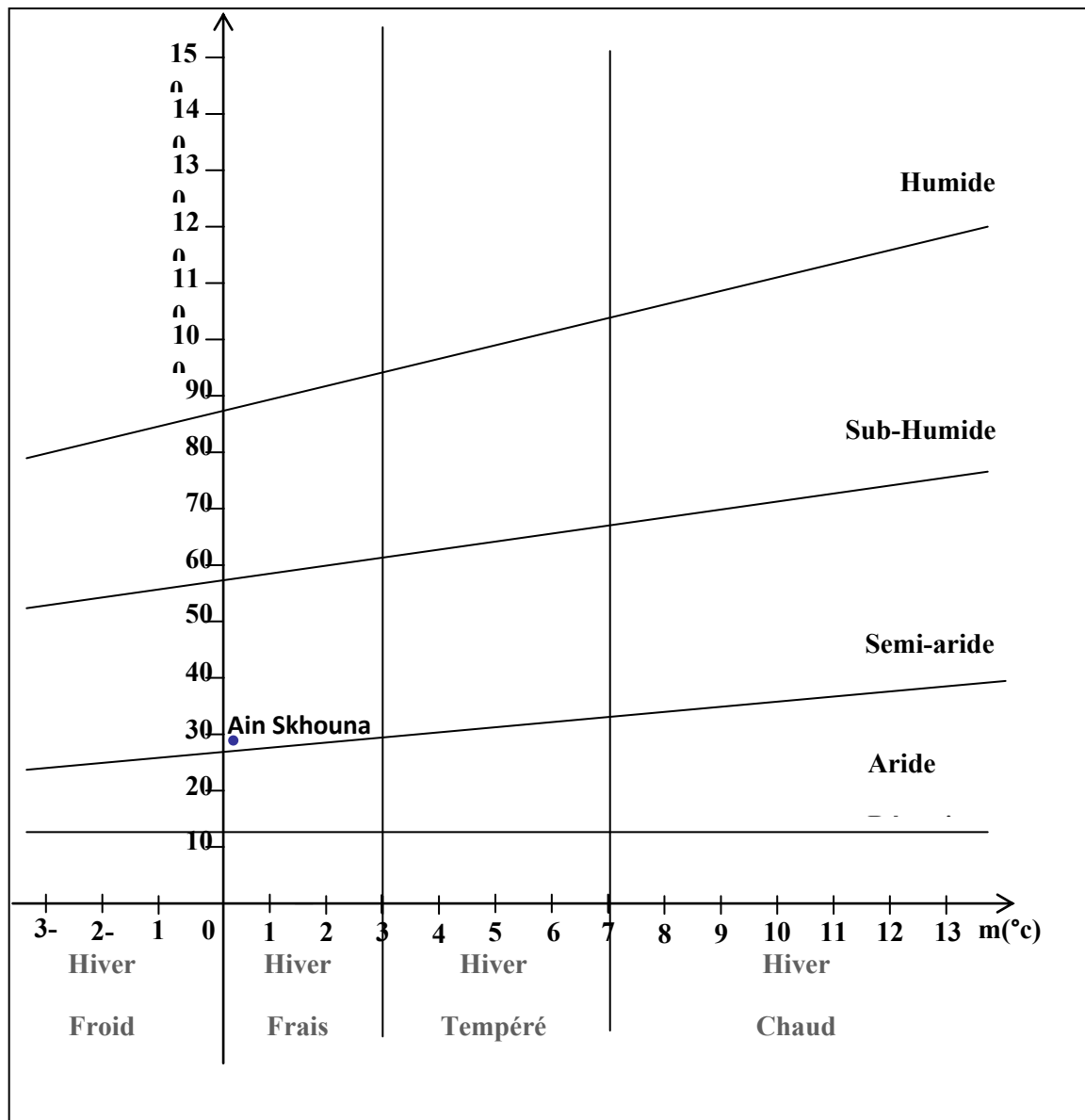


Figure n° 48 : Type de climat d'après le climagramme d'Emberger



#### 4.5.2.2. Méthode de Lang

Pour définir les grands types de climat, Lang a utilisé le rapport  $I=P/T$

- P : précipitation annuelle en mm
- T : température moyenne annuelle en degré Celsius.

Le climat peut être :

- Aride si I est comprise entre 10 et 40.
- Humide si I est comprise entre 40 et 160.
- Très humide si I est supérieur à 160.
- L'indice de Ain Skhouna est égale a 17.33 et par conséquent le climat est de type aride.

#### 4.5.2.3. Méthode De Martonne

En 1923, De Martonne a repris la formule de Lang, et a proposé d'ajouter 10 au dénominateur pour éviter d'avoir des nombres négatifs (fig34).

$$I=P/T+10$$

- I : de 10 à 20 : climat semi aride
- I : plus de 25 climats sub humide

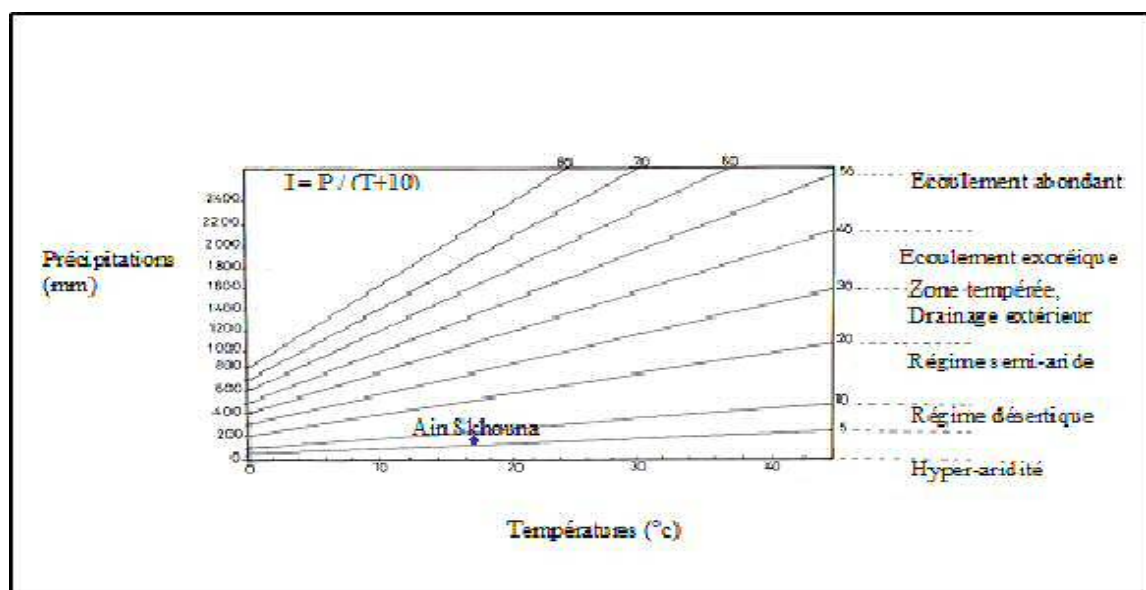


Figure n°49 : Position d'Ain Skhouna sur le diagramme de De Martonne

## 5. Données socio-économiques

Le village Dayet Zeraguet a une population de 7.000 habitants dont les principales ressources sont l'élevage ovin et les terres du périmètre de Dayet Zraguet

### 5. 1. Activités et population

La population d'Ain Skhouna est passée de 4500 habitants en 1977 à 7272 en 2009 à 7896 en 2014. la répartition de la population de la commune est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau n°16 : Répartition de la population d'Ain Skhouna.**

Commune	Chef-lieu	Zeraguet	Les nomades	Zone éparsé	Total
Nbre d'hab	4500	1900	596	900	7896

**Source : (A .P.C Ain-Skhouna)**

La région renferme deux localités, la commune d'Ain Skhouna et le village de Dayet Zraguet. On y trouve quelques activités comme le pastoralisme, l'agriculture et le tourisme, l'activité dominante étant marquée par l'élevage. Le thermalisme, quant à lui, est encore trop peu mis en valeur à l'heure actuelle.

#### 5.1.2. L'agriculture

Cette région est caractérisée par la présence du périmètre de Dayet Zraguet qui couvre une superficie de 2850 ha et distant de Ain Skhouna de 17km ce périmètre fait profiter les gens de cette zone en productions agricoles. En plus de quelques terrains utiles à l'agriculture repartis çà et là dans la région est qui servent comme sources d'alimentation pour les riverains. Source: (APC Ain-Skhouna,)

#### 5.1.3. L'élevage

L'activité principale des gens de la région est l'élevage des ovins cela est du à l'adaptation du mouton au terrain de pâturage qui sont très maigres et qui renferment une multitude de plantes appréciables par le cheptel. Les régions avoisinantes aux zones humides sont utilisées pour l'alimentation du cheptel alors que les zones humides sont des sources d'eau indispensable pour le bétail. Parmi les animaux nous citons les ovins, les bovins et les camelins.

## 6. Approvisionnement du périmètre en eau d'irrigation

La conduite de l'irrigation au niveau du périmètre irrigué se fait par des forages.

### 6.1 Les forages

Parmi les 303 forages seulement 193 sont opérationnels dont 132 destinés à l'irrigation, 61 à l'alimentation en eau potable, 23 sont des sondages de reconnaissance ou piézomètres, 34 sont inexploités soit par manque d'équipement ou à cause d'un débit jugé peu intéressant et 14 taris. Les forages à faible débit (inférieur à 10 l/s) sont les plus importants en nombre de 147, ceux à débit moyen (entre 10 et 50 l/s) sont au nombre de 19, les forages à débit très important dépassant 50 l/s sont au nombre de 6 dont deux d'un débit de 450 l/s et un d'un débit de 350 l/s (forage d'Ain Skhouna). En l'absence des données sur certains forages, une estimation globale du débit cumulé est de l'ordre de 1268,26 litres par seconde.

### 6.2. Caractérisation chimique des eaux d'irrigation

Les résultats des analyses chimiques des eaux des deux forages destinées à l'irrigation du périmètre Zraguet sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n°16 : Résultats d'analyses chimiques des eaux**

Paramètres Analysés	Forage C 1	Forage C 6	Normes algériennes	Normes O.M.S
pH	7.07	7.06	6.5 à 8.5	6.5 à 8.5
C.E (µs/cm à 25°C)	2000	2060	<2800	1000
Ca <sup>++</sup> (mg/l)	168.3	160.32	<200	<200
Mg <sup>++</sup> (mg/l)	65.6	51.03	<150	<150
Na <sup>+</sup> (mg/l)	242	249	<200	<200
K <sup>+</sup> (mg/l)	6.00	6.00	<20	<10
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	391	405	<500	<250
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	469.5	484	<500	<400
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	207.4	231.8	50	>30

**6.2.1.pH**

Le pH des échantillons analysés présente une moyenne répanant aux normes O.M.S, qui varie entre 7.06et7.07 ce qui indique que ces eaux ne présentent pas d'agressivité chimique.

**6.2.2. Conductivité électrique**

La conductivité électrique augmente lorsque la teneur en sels dissous augmente, elle varie entre 2000 et 2060 $\mu$ s/cm, valeurs conformes aux normes algériennes.

**6.2.3. Calcium (Ca<sup>++</sup>)**

Généralement, le Calcium est l'élément dominant dans une eau potable. Tous les échantillons analysés présentent des teneurs en Calcium répondant à la norme recommandée par L'O.M.S (200mg/ l). Une eau de bonne qualité renferme de 100 à 140mg /l de Calcium (Rodier J., 1984).

**6.2.4. Magnésium (Mg<sup>++</sup>)**

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature. D'après les analyses effectuées pour les échantillons, on constate queles teneurs obtenues sont toutes nettement inférieures aux normes recommandées par l'O.M.S (150mg/l).

**6.2.5. Sodium (Na<sup>+</sup>)**

Le sodium est un élément constant dans l'eau, le constituant majeur de l'écorce terrestre et il existe dans la totalité des eaux car la solubilité de ses sels est très élevée. Recommandées par l'O.M.S. Les teneurs obtenues sont largement supérieures.

**6.2.6.Potassium (K<sup>+</sup>)**

Les concentrations obtenues de potassium sont acceptables selon les normesde l'O.M.S.

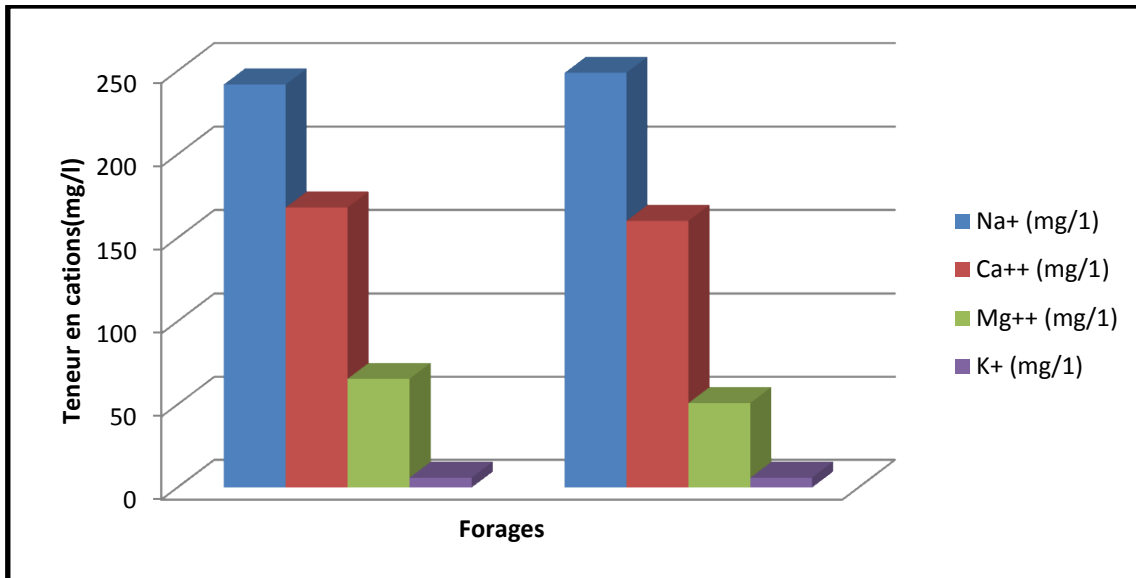


Figure n°50 : Les teneurs en cations en mg/l des deux forages

Nous déduisons que les concentrations des cations sont variables, toutefois nous remarquons pour les forages une forte concentration  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  et  $\text{Na}^+$  et une faible concentration  $\text{K}^+$

#### 6.2.7. Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) :

La teneur en Chlorures des eaux est variable, liée à la teneur existante dans les terrains traversés. Un taux élevé de Chlorure provoque une saveur désagréable des eaux.

Selon les normes l'O.M.S, la quantité des chlorures ne doit pas dépasser les 250mg/l, cette limite est largement dépassée pour les forages d'Ain Skhouna . Cependant et en considérant les normes Algériennes comme guide, ces eaux peuvent être considérées comme étant potables.

#### 6.2.8. Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :

Les résultats obtenus démontrent que la quantité de Sulfates est supérieure aux normes admissibles par l'O.S.M et répond aux normes Algériennes pour les points d'eau analysés.

#### 6.2.9. Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )

Les analyses ont montré que les valeurs obtenus pour les Bicarbonates sont très élevées et dépassent les exigences de l'O.M.S et les normes nationales.

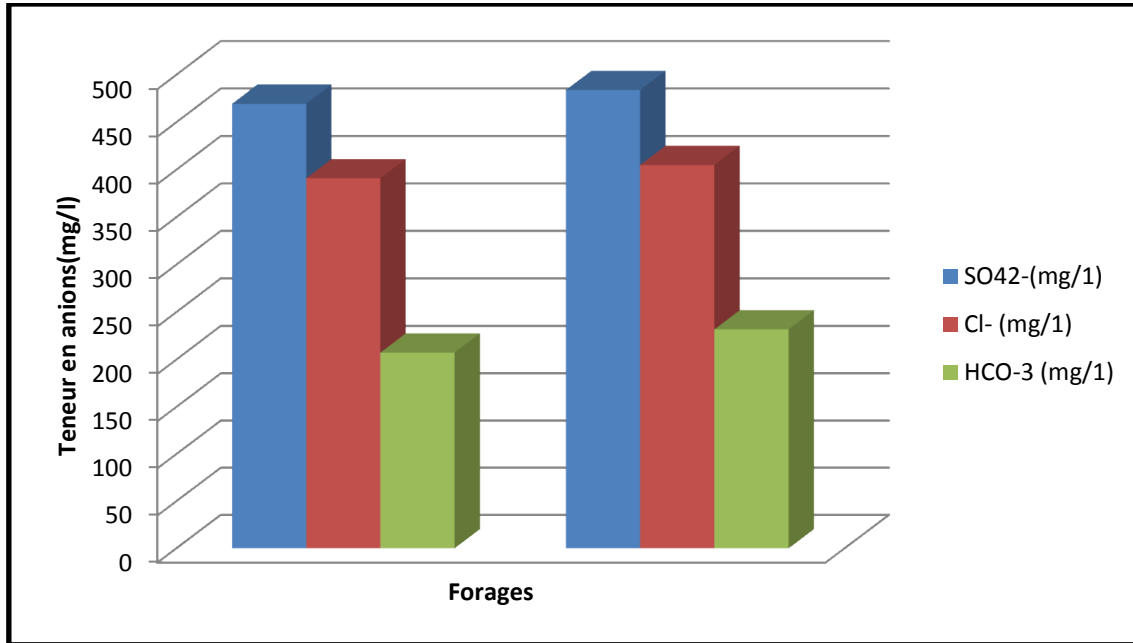


Figure n°51 : Les teneurs en anions en mg/l des deux forages

D'après la figure ci-dessus, la valeur des anions est assez variable. Toutefois nous remarquons une forte concentration de sulfates, des bicarbonates et chlorures justifiée par la nature du sol.

#### 6.2.10. Diagramme de piper

Le diagramme de piper permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eaux. Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant de faciès global.

Ce type de diagramme est particulièrement adapté, pour étudier l'évolution du faciès des eaux, lorsque la minéralité augmente ou bien pour distinguer des groupes d'échantillons.

Pour les eaux de nos deux forages sont classées dans ce diagramme, avec des cations non dominants et avec la caractéristique de chlorurée, sulfatée, calcique et magnésienne, (Zaidi, 2016). (fig n°52).

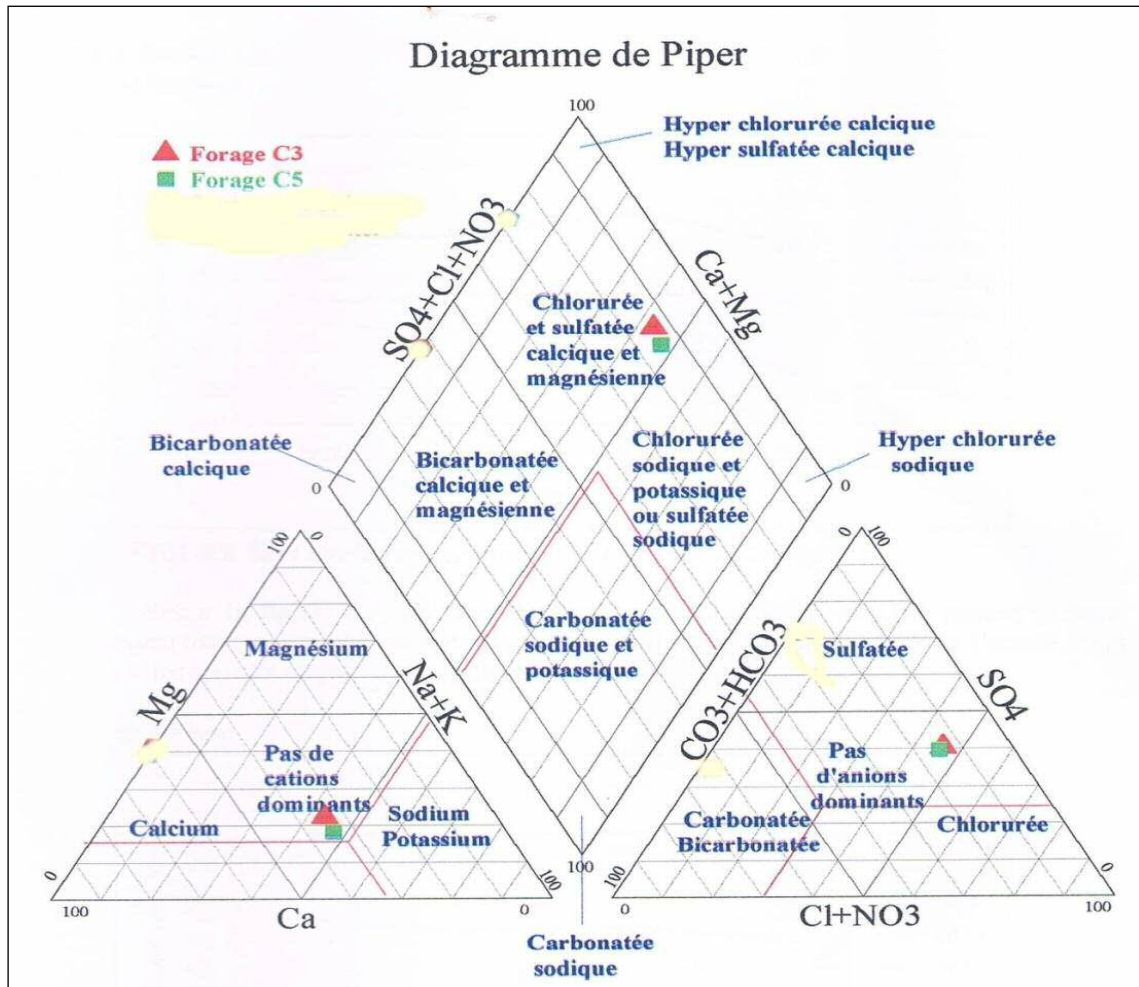


Figure n°52 : Classification des eaux dans le diagramme de Piper

## 7. Evaluation de la qualité d'eau d'irrigation

Le diagramme de Wilcox en 1955, utilise le pourcentage de sodium soluble Na% (SSP) et la conductivité pour évaluer l'aptitude des eaux à l'irrigation. Ce pourcentage de sodium est calculé par la formule suivante :

Selon la classification (FAO, 1985. "Water quality for agriculture", Bulletin Irrigation and Drainage paper n°29 rev 1. Rome. 173p). Le pourcentage de sodium varie entre 40-50%, donc il y'aura des problèmes de sodisation en croissance (growing problems) et selon le diagramme de Wilcox : les eaux sont de qualité médiocre à bonne pour l'irrigation (fig n°53).

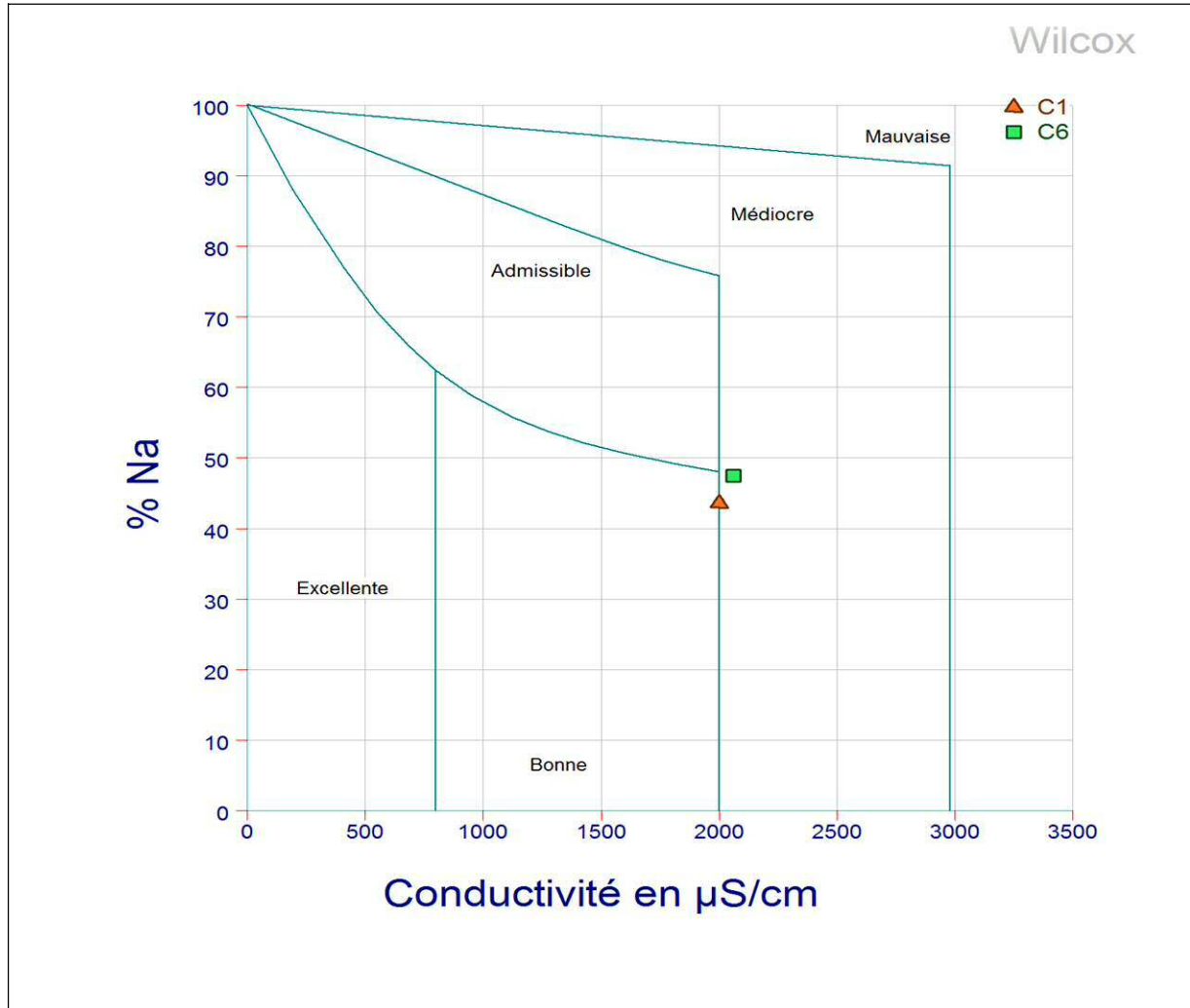


Figure n°53 : Classification de l'eau d'irrigation dans le diagramme de Wilcox

D'après ce diagramme, nous trouvons, que l'anion dominant pour les deux forages est le Chlore et le cation dominant est le Sodium. Si nous faisons la comparaison entre les teneurs en ions entre les deux forages, nous pouvons dire qu'ils ont presque les mêmes concentrations, sauf une légère Supériorité pour le Magnésium du forage C1. (fig n°54).





Figure n°54 : Classification de l'eau d'irrigation dans le diagramme SchoellerBerkaloff

Pour la classification, selon le digramme de Riverside, les eaux des deux forages en fonction du SAR et de la CE, ont un faible à moyen pouvoir alcalinisant, ce qui confirme leur précédente classification (fig n°55.)

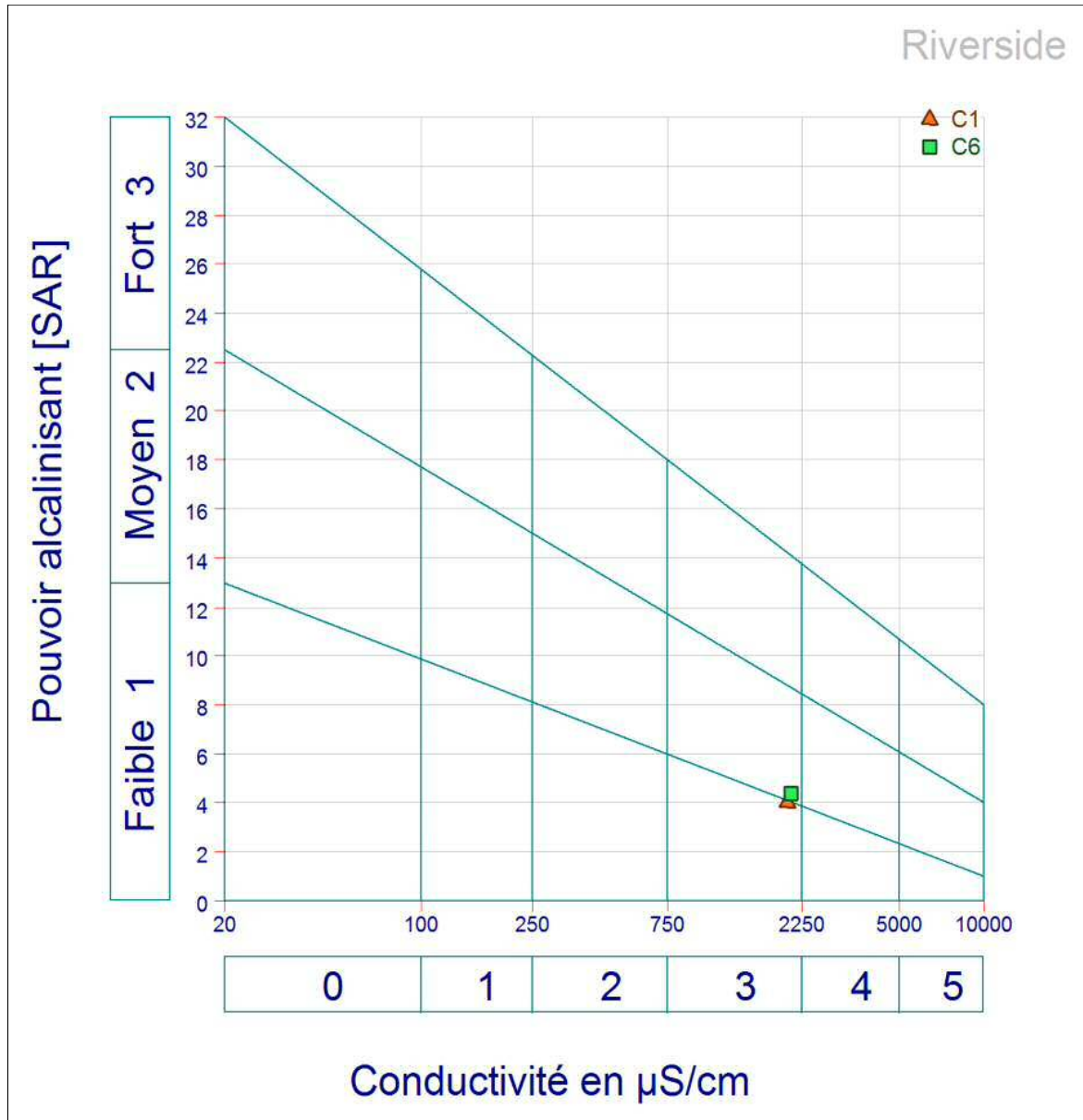


Figure n°55 : Classification des eaux des deux forages dans le diagramme de Riverside

D'après les trois précédents diagrammes, les eaux des forages C1 et C6 sont situées à la limite entre la classe C3-S1 et C3-S2 : ce sont des eaux de qualité médiocre à mauvaise, qu'il faut utiliser avec précaution pour les sols lourds et les plantes sensibles, l'emploi pour les sols légers et bien drainés nécessite une dose de lessivage et/ou un apport de gypse. (Durand, 1982),(fig.n°56).

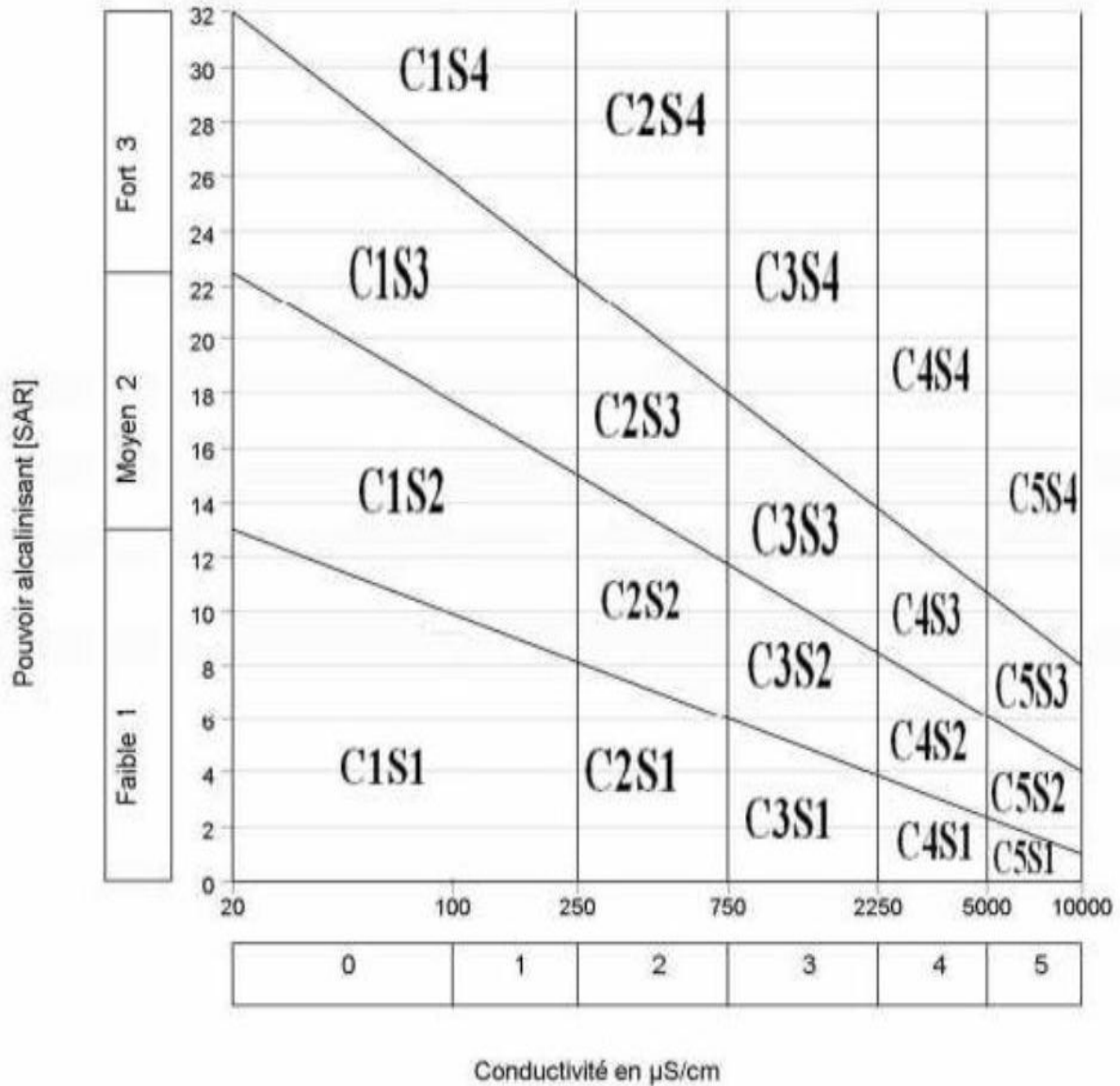


Figure n°56 : Classification de l'eau d'irrigation dans le diagramme de Riverside

## 8. Choix des cultures irriguées

Pour développer l'agriculture d'une région, la connaissance du potentiel naturel de production végétale constitue le point de départ indispensable des études à entreprendre. Dans ce mécanisme, la végétation intervient en manifestant un certain besoin en eau indispensable à son activité physiologique.

Du fait de l'expansion démographique, de la nécessité d'accroître la production végétale, de l'exiguïté des ressources hydriques, pour la plupart des régions du globe, l'eau est devenue l'élément naturel le plus précieux.

Pour avoir un rendement maximal, l'agriculteur doit maîtriser le plus possible le facteur eau. Pour cela il faut soit éliminer les excès d'eau qui ne s'écoulent pas etaturent le sol, soit augmenter artificiellement la quantité d'eau mise par la nature à la disposition des plantes. Dans le périmètre irrigué, les autorités locales ont opté pour l'installation de la céréaliculture.

### 8.1. Importance des céréales

On appelle céréales toutes les plantes de la famille des graminées dont le grain possède une amande amylacée, susceptible d'être utilisée dans l'alimentation des hommes, ou des animaux <sup>[23]</sup>. Actuellement la culture des céréales constitue la ressource de revenu principal pour un nombre important de fellahs vivant dans le monde rural.

Nous avons choisi les céréales dans le calcul des déficits hydriques (déficit pluviométrique) et le déficit agricole.

### 8.2. Les stades de développement d'une céréale

Le cycle de développement d'une céréale comprend trois grandes périodes :

- La période végétative, qui s'étend de la germination au tallage et pendant laquelle le bourgeon végétatif se transforme en futur épi ;
- La période reproductrice, qui s'étend du tallage à la fécondation ;
- La période de maturation, qui s'étend de la fécondation à la maturité complète du grain.

**8.2.1. Période végétative****8.2.1.1. La phase semis- levée**

La germination d'une céréale se caractérise par la sortie des racines séminales et la croissance de la coléoptile, manchon qui perfore le sol et protège la première feuille.

Le zéro de germination du blé, de l'avoine et de l'orge est de 0°C.

La phase semis- levée ne se réalise que si une somme de températures constante et caractéristique de la céréale (120°C pour le blé) est atteinte.

La levée d'une céréale est mauvaise lorsque l'humidité du sol est inférieure à un seuil critique de l'ordre de 35 à 40% de la capacité de rétention en eau du sol (Soltner, 1990).

**8.2.1.2. La phase levée- début tallage**

Elle est caractérisée par les apparitions successives, à l'extrémité de la coléoptile, de la première feuille fonctionnelle puis de la deuxième, de la troisième et de la quatrième.

Celles-ci, imbriquées les unes dans les autres, partent toutes d'une zone proche de la surface du sol (plateau de tallage), constituée par l'emplacement d'un certain nombre d'entre-nœuds et reliée à la semence par le rhizome.

Le tallage, qui commence pendant cette phase, est un simple processus de ramification de la plante à partir des bourgeons axillaires des feuilles.

**8.2.2. Période reproductrice**

Débutant au cours du tallage, elle comporte :

**8.2.2.1. La montaison**

A ce stade, la croissance et le développement de la céréale sont en phase exponentielle. Le jeune épi se trouve à 1 cm du plateau de tallage, durant ce stade, se différencient les ébauches de l'inflorescence (épillets, glumelles, étamines, ovaire) à partir de la zone médiane de l'épi.

**8.2.2.2. Gonflement :**

La gaine de la dernière feuille se gonfle par l'épi encore dans la tige. A ce stade, la céréale a initié une vingtaine d'épillets par épi. Durant ce stade, la méiose pollinique commence et la graine de pollen s'élabore.

**8.2.2.3. Epiaison :**

Elle correspond à la sortie de l'épi de la dernière feuille. Ce stade correspond au moment où 50% des épis sont à moitié sortis des gaines de la dernière feuille.

**8.2.2.4. Floraison :**

Elle correspond à l'apparition des étamines sur l'épi. La fécondation est déjà accomplie. Elle marque la fin de l'épiaison et le début de la formation du grain.

La croissance du grain commence avec la fécondation de l'ovule par le pollen. La tige et l'épi ont, à ce stade, achevé leur croissance.

**8.2.3. Période de maturité :**

Elle est caractérisée par l'élaboration des substances de réserves (amidon, protéines) et par la migration de celles-ci dans l'albumen du grain ; parallèlement, l'embryon se forme.

**8.3. Besoins en eau des céréales**

Généralement pour chaque espèce, il existe des normes quantitatives pour sa mise en place. Les besoins moyens annuels en eau pour le blé dur et le blé tendre varient de 350 à 500 mm avec une bonne répartition, tandis que pour l'orge et l'avoine, les besoins en eau oscillent entre 300 à 400 mm avec une bonne régularité. (Soltner, 1990).

Selon A. Benrouas et I. Benyoucef (2008), 400 mm de pluie/ an est une limite inférieure au-dessous de laquelle la céréaliculture n'est plus économique.

**8.3.1. Besoins spécifiques et les périodes critiques**

D'après Mekliche. A (1976), la consommation journalière d'une céréale pendant ses différentes phases est la suivante :

**Tableau n° 17 : Besoins spécifiques en eau**

Stades	Besoins en eau
- Montaison	3,5 à 4 mm/jour
- Epiaison floraison	6 mm/jour
- formation des grains	7,5 à 8 mm / jour
- Maturité	2,5 à 3 mm /jour

La période de la sensibilité de la céréale, au manque d'eau se situe de la montaison au grossissement du grain. La période végétative la plus sensible à la sécheresse se situe entre le stade fin montaison et le stade grain laiteux, correspondant généralement aux mois d'Avril et Mai.

Selon Clement (1981), la céréale traverse deux périodes critiques quant à ses besoins en eau : l'une dans les vingt jours précédant l'épiaison, l'autre durant le palier hydrique.

### Besoins en eau (mm/jour)

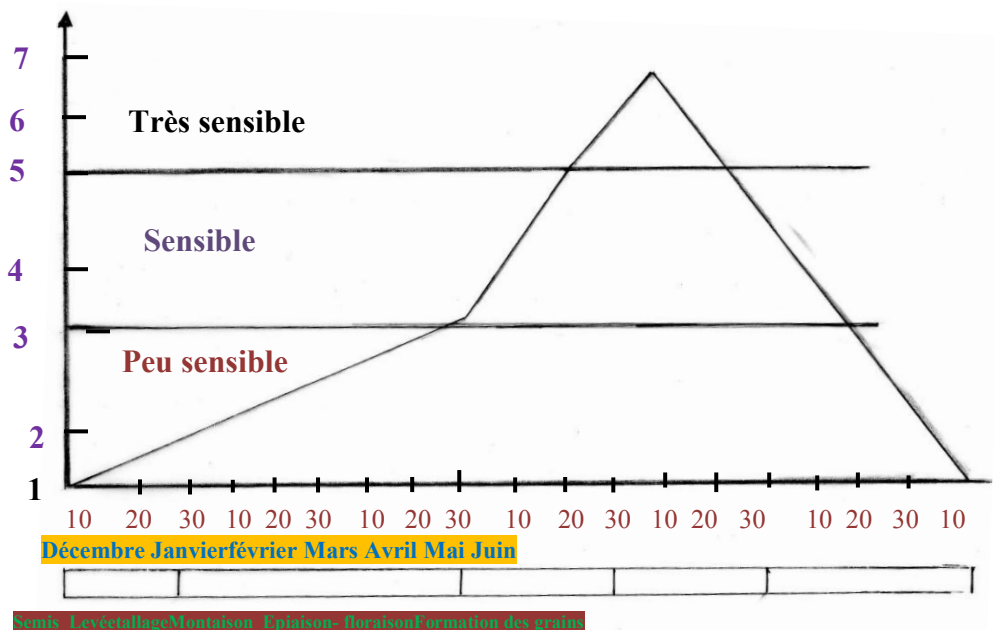


Figure n°57: Evolution des besoins en eau des céréales et les périodes critiques

### 8.4. Bilan hydrique

Le bilan hydrique permet de déterminer l'eau effectivement disponible pour une culture et de calculer, en cas de déficit, les quantités d'eau à apporter par irrigation.

Pour obtenir la demande globale en eau des cultures et du sol, il faut ajouter à la demande des plantes l'eau du sol qui s'évapore. L'ensemble de l'eau transpirée par la plante et de l'eau évaporée au niveau du sol constitue l'évapotranspiration.

L'eau disponible pour la plante (offre) est constituée par les pluies et les réserves utiles du sol. Pour déterminer de déficit pluviométrique et le déficit agricole, on doit procéder au calcul de l'évapotranspiration et de la réserve utile du sol.

**8.4.1. L'évapotranspiration**

L'évapotranspiration est la somme de l'eau qui est transpirée par la plante et évaporée par le sol. Elle dépend du climat, de la nature du sol et de la culture considérée. L'E.T.P peut être calculée en millimètres à l'aide de différentes formules ; dans notre cas on a utilisé la méthode de Thornthwaite.

On calcule l'E.T.M à partir de l'E.T.P en employant des coefficients de corrections mensuels, particuliers à chaque espèce.

En fait, une culture convenablement alimentée en eau ne présente qu'une évapotranspiration inférieure (évapotranspiration réelle ou maximale : E.T.M) ou parfois égale à l'E.T.P.

En pratique, on utilise plus souvent l'E.T.P que l'E.T.M, car les cultures qui présentent la meilleure synthèse de matière sèche ont pour la plupart, une évapotranspiration voisine de l'E.T.P.

**8.4.2. Choix du coefficient cultural :**

La consommation réelle en eau des plantes est égale au produit de l'évapotranspiration potentielle par un coefficient cultural  $K_c$ .

Le coefficient  $K_c$  varie selon les périodes de l'année et le stade végétatif de la culture considérée.

**Tableau n°18 : Valeurs de  $K_c$  selon les différentes phases végétatives**

	Phases	$K_c$	O.B.S
1 <sup>er</sup> stade	Levée montaison	0,3 à 0,4	L'évapotranspiration maximale réelle de la culture représente une fraction de l'E.T.P
	Epiaison	0,9 à 1,0	
2 <sup>ème</sup> stade	± 40 jours autour de la floraison	1 à 1,2	L'évapotranspiration est au maximum
3 <sup>ème</sup> stade	Formation des grains	0,9	Les besoins en eau diminuent
	Maturité	0,4 à 0,5	

Concernant le choix de  $K_c$  pour les calculs du déficit agricole nous avons choisi  $K_c=1$  pour les cultures céréalières où l'E.T.P sera égale à l'E.T.M.



**8.4.3. la réserve utile en eau de sol**

On appelle réserve utile (RU) la quantité d'eau contenue dans la couche de sol explorée par les racines. La RU oscille entre une valeur maximale, le point de ressuyage et une valeur minimale, le point de flétrissement <sup>[32]</sup>.

$$RU = C.R. - P.F.P$$

La capacité de rétention (C.R) ou capacité au champ, c'est humidité au point de ressuyage c'est-à-dire l'humidité d'un sol qui a perdu son eau sensible à la gravité. C'est la quantité maximale d'eau retenue par le sol après ressuyage (drainage).

Le point de flétrissement permanent (P.F.P) représente l'humidité au point de flétrissement, c'est l'eau du sol qui ne peut être utilisée par la plante. Cependant, quand l'humidité s'approche du point de flétrissement, l'eau est de plus en plus fortement retenue par le sol et la plante n'arrive que difficilement à l'extraire (Duchaufour, 1988).

Au point de flétrissement, l'eau contenue dans le sol est inutilisable par la plante, car elle est retenue par des forces de capillarité supérieures aux forces de succion des racines.

**8.4.6. La réserve facilement utilisable :**

Pour avoir une évaluation plus précise du bilan hydrique il faut tenir compte de la réserve facilement utilisable (R.F.U) de sol. La RFU est une fraction de la réserve utilisable qui est plus facilement disponible pour la plante. La R.F.U représente assez souvent 60 % de la R.U.

**8.4.7. Choix de la RFU :**

Fonction de la capacité de rétention de la structure et la texture des sols, la réserve facilement utilisable (R.F.U) varie en Algérie du Nord entre 50 mm et 150 mm. La première de ces valeurs correspond à diverses formations dunaires consolidées, à des sols très peu épais et assez légers. La seconde valeur s'applique surtout aux formations épaisses, à texture fine ou même très fines qu'on rencontre dans certaines vallées alluviales.

Pour la région de Zraguet, nous avons estimé une valeur moyenne de la R.F.U qui est de l'ordre de 40mm.

Pour le calcul du déficit agricole c'est le K(R.F.U) qui nous intéresse ; le coefficient K (entre 0 et 1) indique la fraction de la réserve facilement utilisable du sol. Dans notre cas, nous avons choisi K égal à 1.

#### 8.4.8. Calcul du déficit pluviométrique

Le déficit pluviométrique ne tient pas compte de l'apport phréatique et des réserves constituées dans le sol au départ de la végétation. On ne doit tenir compte que de la pluviométrie et de l'E.T.M.

$$D_p = E.T.M - P$$

$$E.T.M = K_c. (E.T.P)$$

$$D_p = K_c.(E.T.P) - P$$

$D_p$  : Déficit pluviométrique de la période donnée, exprimé en mm.

E.T.M : Evaporation réelle ou maximale, exprimée en mm.

E.T.P : Evaporation potentielle de la période donnée exprimée en mm.

$K_c$  : Coefficient cultural.

P : Module pluviométrique exprimé en mm.

Le déficit pluviométrique annuel sera la somme de tous les déficits pluviométriques mensuels.

$D_p > 0 \rightarrow$  le déficit représente les besoins d'irrigation pour le mois considéré.

$D_p < 0 \rightarrow$  l'irrigation n'est pas nécessaire.

#### 8.4.9. Calcul du déficit agricole

L'agriculteur doit apporter la différence hydrique entre la demande mesurée par l'évapotranspiration, et l'offre, mesurée par la réserve utile en eau (du sol et de pluies). Cette différence s'appelle le déficit agricole en eau.

$$Da = E.T.M - P - K(R.F.U)$$

$$E.T.M = Kc. (ETP)$$

$$Da = Kc. (ETP) - P - K(R.F.U)$$

Da : Déficit agricole (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm).

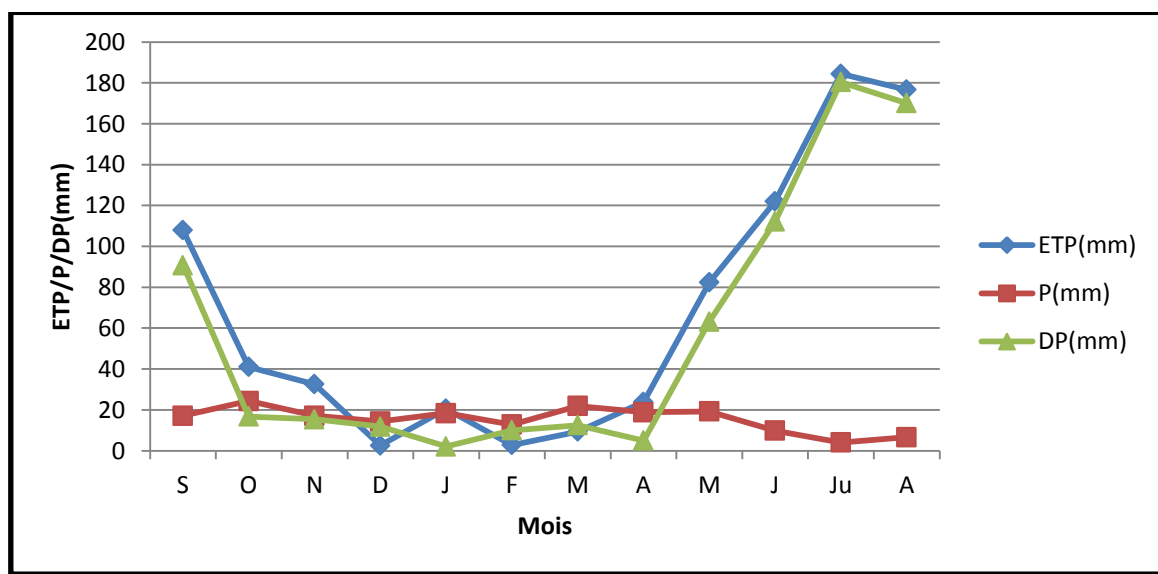
ETM :Evapotranspiration maximale où réelle (mm).

Kc : Coefficient cultural.

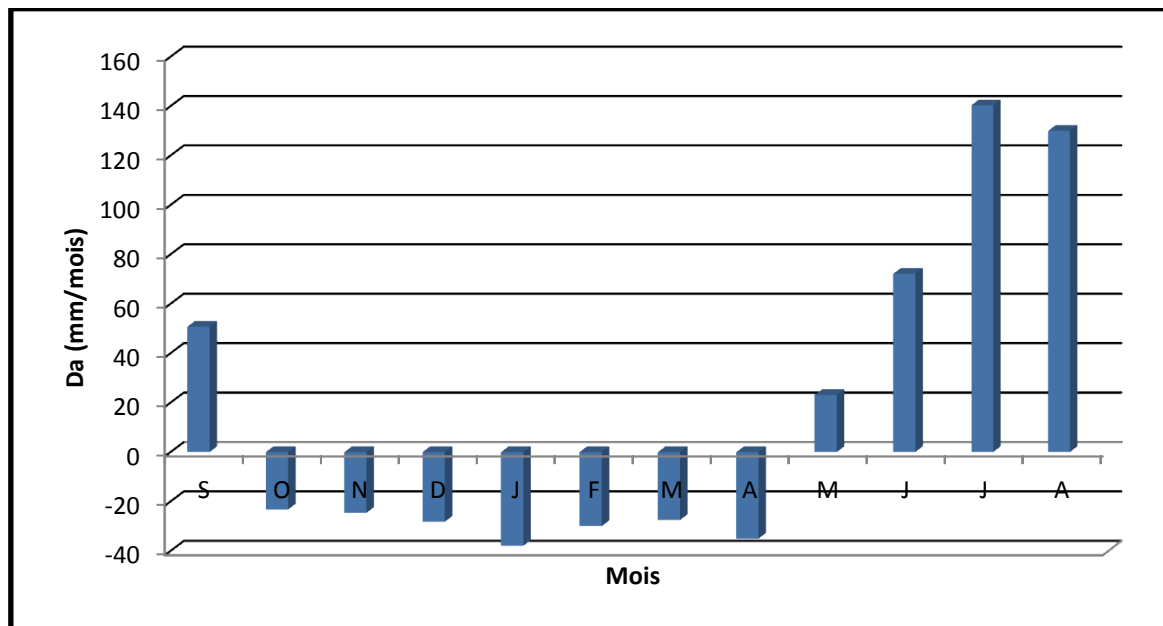
K(R.F.U) : Fraction de la réserve facilement utilisable (mm)

**Tableau n°19: Déficit pluviométriques mensuels et annuels dans la région de Zraguet**

Paramètres	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jl	A	
ETP mm/mois	107,9	41	32,51	2,56	20,45	02,8	09,37	23,83	82,36	122,02	184,42	176,64	787,87
P mm/mois	17,14	24,29	17,12	14,32	18,4	12,81	21,88	18,84	19,23	09,87	04,03	06,61	293,7
DP mm/mois	90,76	16,71	15,39	11,76	02,05	10,01	12,51	04,99	63,13	112,15	180,39	170,03	494,17
Da mm/mois	50.76	-23.29	-24.61	-28.24	-37.97	-29.99	-27.49	-35.01	23.13	72.15	140.39	130.03	454.17



**Figure n°58: Variation du bilan hydrique dans la zone de Zraguet**



**Figure n°59 : Variation du déficit Agricole mensuel dans la région de Zraguet**

D'après les calculs des déficits (tableau n°31), nous constatons que le déficit pluviométrique atteint son maximum pendant les quatre mois les plus secs : mai, juin, juillet, aout et septembre avec des valeurs supérieures à 60 mm/mois (fig n°58), ce qui coïncide avec des déficits agricoles importants durant les mêmes mois (fig n°59).

Cette situation va amener les services agricoles à augmenter la fréquence des irrigations surtout pendant le mois de pointe, juillet qui atteint un déficit maximal de 140 mm, cet apport d'eau pourra combler ce déficit et augmenter la RFU du sol.

**CHAPITRE N°III**

**ETUDE DE L'EFFET DE L'IRRIGATION**  
**SUR LES CARACTERISTIQUES**  
**EDAPHIQUES**

### CHAPITRE N°III. Etude de l'effet de l'irrigation sur les caractéristiques édaphiques

Afin de bien comprendre le comportement des sols des écosystèmes steppiques, nous avons choisi deux sites, le premier, un sol conduit à sec et le deuxième, un sol conduit en irrigué depuis quatre années.

**1. Echantillonnage :** Les prélèvements ont été géo-référenciés, de [P1 –P10] : Sol irrigué et de [P11 –P20] sol non irrigué, sur une profondeur de 20 cm.

#### 1.1. Géolocalisation des prélèvements

**Tableau n°20 : Les cordonnés géographiques des prélèvements**

Les échantillons	X	Y	Z
P1	0°3436' 34"	0° 4244' 4"	1040
P2	0°43' 4.2"	34° 36' 58.6"	1044
P3	0°43' 46.1"	34° 38' 12.2"	1051
P4	0°43' 46.1"	34° 38' 12.2"	1051
P5	0°43' 35.7"	34° 39' 21.1"	1055
P6	0°43' 35.7"	34° 39' 21.1"	1055
P7	0°45' 25.7"	34° 37' 31.5"	1046
P8	0°45'25.7"	34° 37' 31.5"	1046
P9	0°44' 5.2"	34° 36' 57.2"	1042
P10	0°44' 21.8"	34° 36' 07.9"	1047
P11	0°42' 35.7"	34° 34' 30.4"	1098
P12	0°42' 35.7"	34° 34' 30.4"	1098
P13	0°41' 02.7"	34° 33' 40.3"	1092
P14	0°41' 02.7"	34° 33' 40.3"	1092
P15	0°41' 02.3"	34° 34' 51.3"	1070
P16	0°41' 11.4"	34° 36' 16.7"	1046
P17	0°40'44.3"	34° 37' 32.1"	1062
P18	0°39'42.1"	34° 36' 45.1"	1060
P19	0° 38' 33,02"	34° 36' 51,77"	1058
P20	0° 38' 56,66"	34° 35' 34,75"	1065

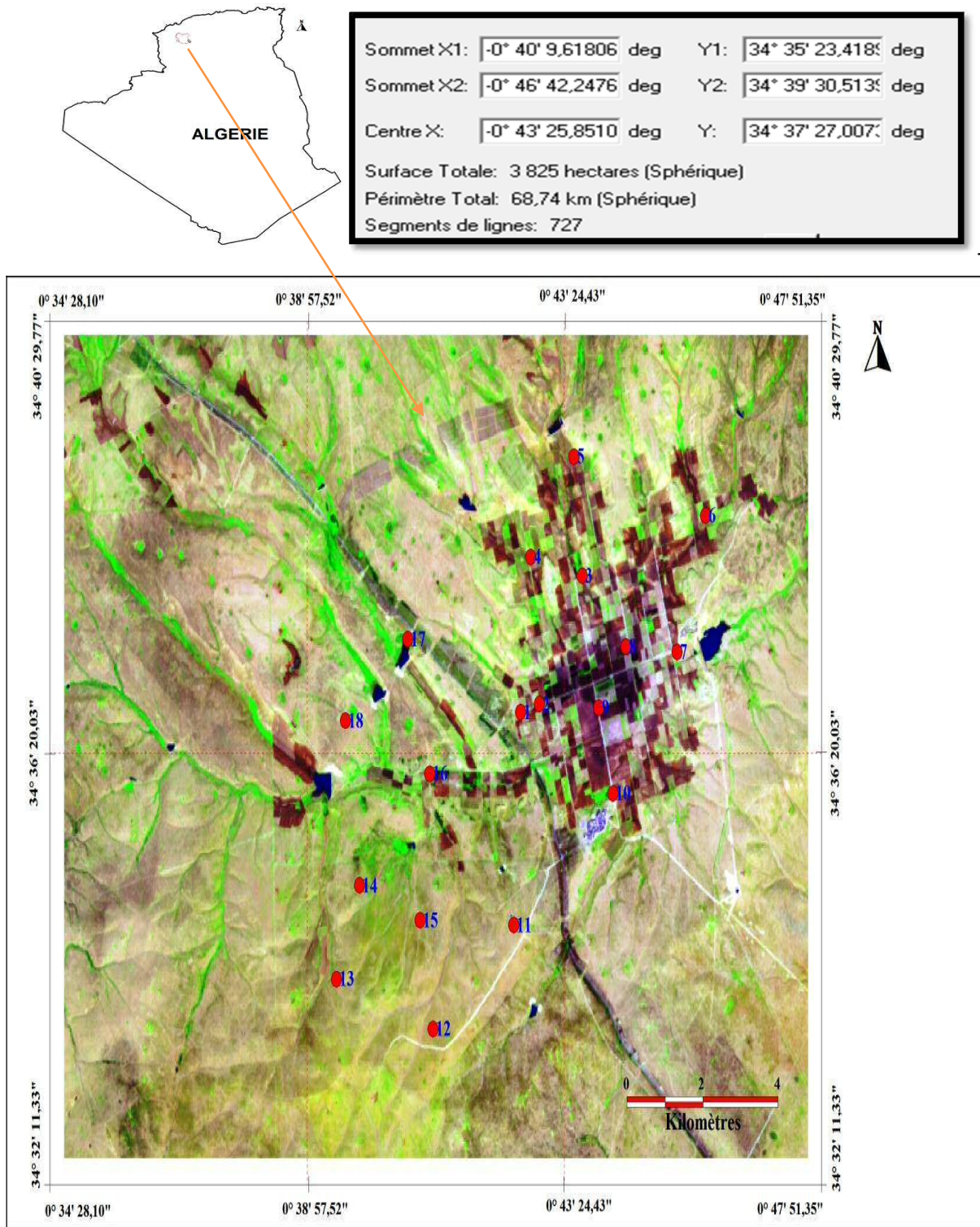


Figure n°60 : Carte de localisation de l'échantillonnage dans la zone d'étude

## 1.2. Analyses physico-chimiques du sol

Des échantillons de sols ont été effectués en parallèle de l'échantillonnage des eaux, nous avons effectué des prélèvements du sol des parcelles irriguées et non irriguées par ces eaux, nous avons procédé à un prélèvement à l'aide d'une tarière agricole dans les horizons de 20 cm. Nous avons commencé par faire sécher les échantillons à l'air libre. La matière organique non décomposée a été enlevée.

Après séchage, nous avons procédé au tamisage à sec (tamis à maille de 2 mm) afin de séparer les éléments grossiers de la terre fine.

Toutes les analyses suivantes ont été effectuées au laboratoire de pédologie de la faculté SNV de l'université de Mascara.

Les analyses faites sont les suivantes : Granulométrie, (texture), perméabilité (K), pH et conductivité électrique (CE), (tableaux n°33 et n°34).

**Tableau n°21 : Résultats d'analyses du sol irrigué après 4 ans d'irrigation**

N°	Argiles%	Limons%	Sables%	K (cm/h)	pH	C.E (mmohs /cm à 25°C)
1	9	15	76	5.2	8.00	3.14
2	8	16	76	4.2	8.01	3.01
3	11	15	74	7.3	7.96	3.52
4	13	23	64	4.6	7.90	3.20
5	14	24	62	4.3	7.85	3.42
6	14	22	64	3.2	7.61	3.28
7	15	22	63	3.6	7.76	3.33
8	17	25	68	4.5	7.53	3.15
9	17	23	60	3,5	7.49	3.52
10	15	26	60	2,3	7.45	3.15



Tableau n° 22 : Résultats d'analyses du sol non irrigué après 4 ans conduit en sec

N°	Argiles %	Limons %	Sables%	K (cm/h)	pH	C.E (mmohs /cm à 25°C)
11	08	16	76	6.21	7.24	2.44
12	11	16	73	7.19	7.51	2.38
13	10	15	75	6.14	7.40	2.36
14	10	15	75	7.12	7.32	2.35
15	10	12	78	8.17	7.50	2.34
16	09	13	79	7.19	7.50	2.33
17	15	23	62	8.20	7.30	2.29
18	09	18	79	7.16	7.25	2.44
19	12	16	72	6.15	7.32	2.32
20	10	20	70	8.14	7.22	2.30

## 2. Etude de la variabilité des caractéristiques édaphiques

### 2.1 Variabilité de la texture

En comparant les textures des sols irrigués et non irrigués (fig n°61, fig n°62) nous avons remarqué qu'il n'y'a aucune modification de la texture du sol ou il y'a une dominance de la fraction sableuse avec une valeur variant de 60 à 79 % .et une fraction limoneuse de 12 à 26%.

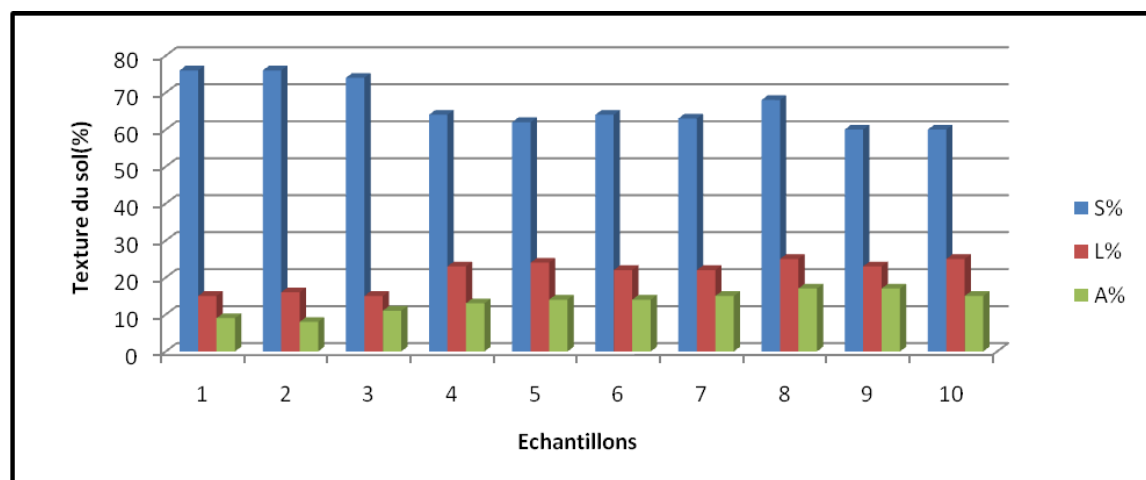


Figure n°61 : Variation de la texture pour les sols irrigués

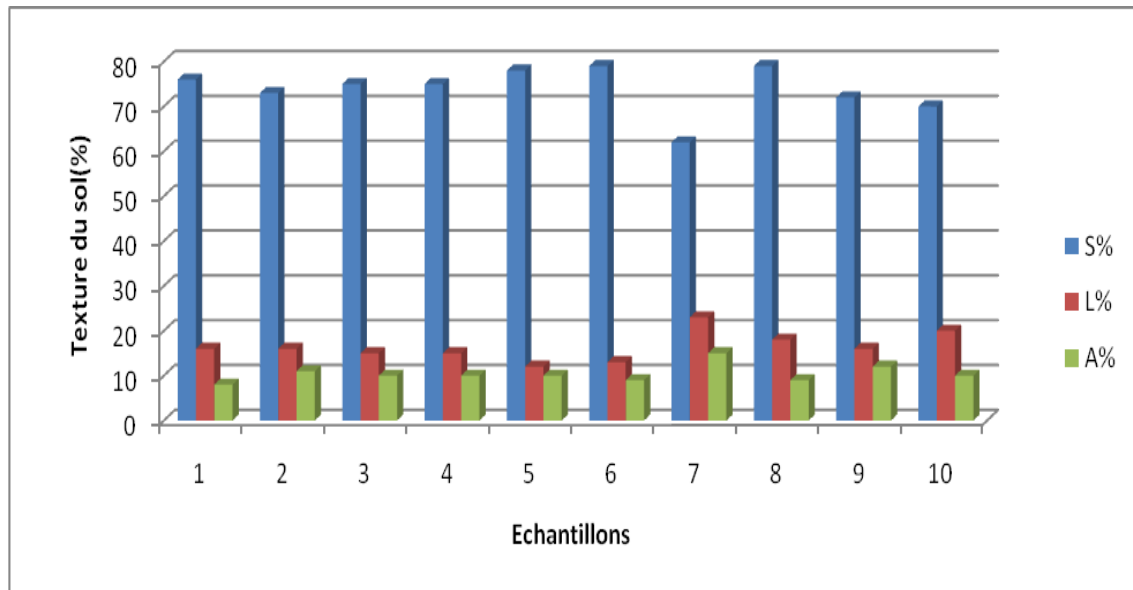


Figure n° 62 : Variation de la texture pour les sols non irrigués

## 2.2. Variabilité du pH

Le pH est un paramètre important de la dynamique du sol, c'est un clé en agronomie, car le degré d'acidité ou de basicité joue un rôle très important sur l'assimilation des éléments nutritifs par la plante, il a une influence sur trois composantes importantes de la fertilité d'un sol : la biodisponibilité des nutriments, l'activité biologique et la stabilité structurale.

La variation du pH dépend des variations saisonnières et du pouvoir tampon du sol (le nombre d'ions en réserve sur le complexe argilo-humique), l'état hydrique du sol, sa température et la présence, ou non d'une culture en période de croissance active (Dinon E., Gerstmans, ,2008).

Les résultats de l'analyse du pH sont représentés dans la figure n°63, montrant que la majorité des sols étudiés de Dayet Zraguet, ont des pH moyennement basique à tendance alcaline. Ils varient de 7.04 à 8.20 avec une moyenne de 6,40. Les valeurs de pH semblent être en accord avec le niveau d'alcalinité rencontré dans les sols étudiés qui est généralement faible. Les sols salés ont un pH qui ne s'élève pas au dessus de 8.2 pour les sols salins. L'accumulation des sels solubles, réduit le pH des sols salés, Cette faible variation du pH est due à l'effet tampon exercé par les ions calciques et magnésiens qui saturent le complexe adsorbant et la phase liquide des sols de ces régions (Gupta et Abrol.1990).

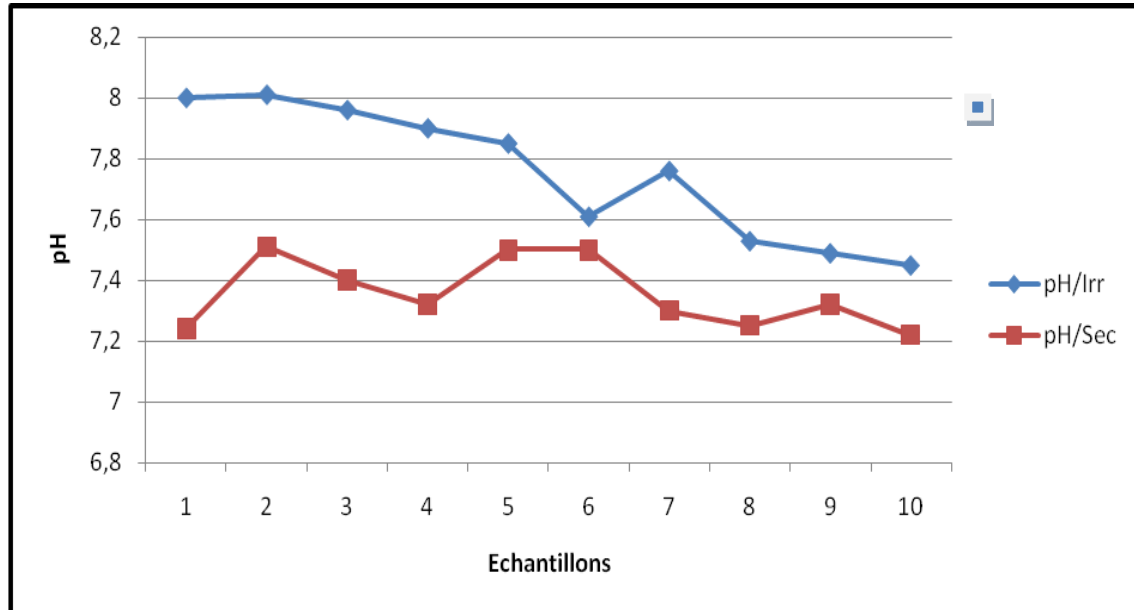


Figure n°63 : Variation du pH des échantillons du sol

Tableau n° 23 : Répartition des classes des pH des sols étudiés du périmètre de  
Dayet Zraguet selon les normes DIAEA /DRHA /SEEN (2008)

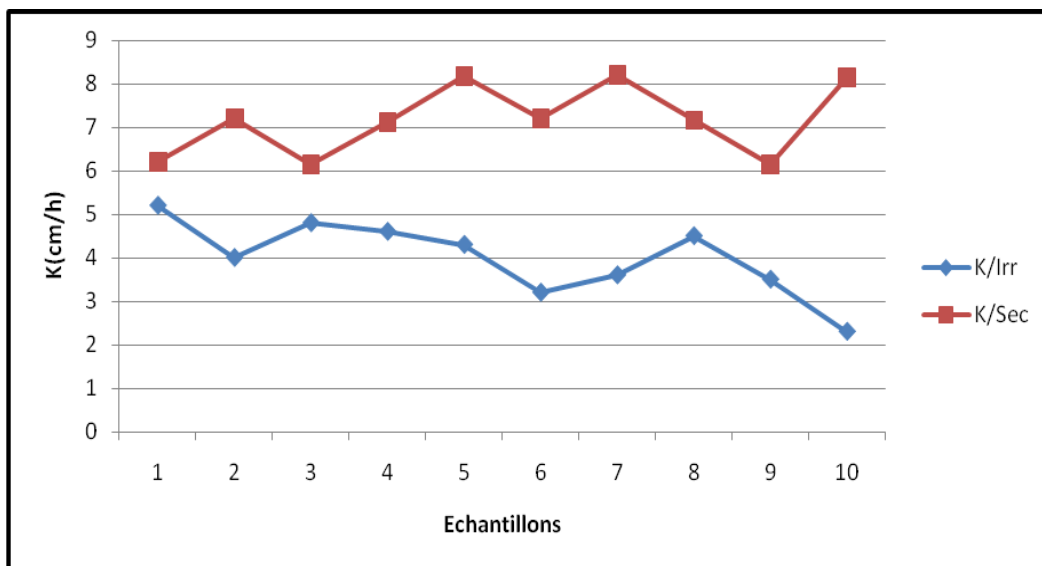
Classe du sol	pH	Désignation
Acide	< 6.0	
Faiblement acide	6.0 - 6,5	
Neutre	6,5 - 7,3	
Faiblement basique	7,3 - 7,8	
Moyennement basique	7,8 - 8,5	Moyennement basique
Tendance alcaline	8,5 – 9.0	Tendance alcaline
Très alcaline	> 9.0	

- Une valeur élevée de pH est causée par la présence de carbonate et bicarbonate de Sodium, ceci entraîne la précipitation des carbonates de Ca et Mg pendant l'évaporation et conduit à une augmentation de S.A.R de la solution du sol (Gupta et Abrol ,1990).

Aucune différence n'a été signalée pour les valeurs du pH qui reste sensiblement neutre pour les deux conduites (en irriguée et en sec), ceci pourra s'expliquer par l'effet tampon assuré par la présence des cations calciques et magnésiens fournis par une roche mère calcique.

## 2.2. Variabilité de la perméabilité

Lors de l'irrigation et suite aux faibles teneurs d'argile et faible teneurs de matière organique peu évoluée, la présence des limons engendrera une réduction de la perméabilité et formation des pellicules de battance. Selon Boiffin (1984), la formation des croûtes de battance est la conséquence de la dégradation de la surface du sol par les gouttes d'eau.



**Figure n°64 : Variabilité de la perméabilité entre les deux sols**

Le coefficient de perméabilité dans le sol irrigué varie entre 2.3 et 7.3 cm/h par contre il est dans le sol non irrigué entre 6.14 et 8.20 cm/h. Dans un sol irrigué qui a subi des travaux agricoles, présente une structure bien dispersée ce qui favorise une infiltration plus ou moins importante par rapport au sol non irrigué et non travaillé, qui présente une structure plus compacte ce qui diminuera la perméabilité.

### 2.3. Variabilité Conductivité électrique

#### 2.3.1. Variabilité spatiale de la CE

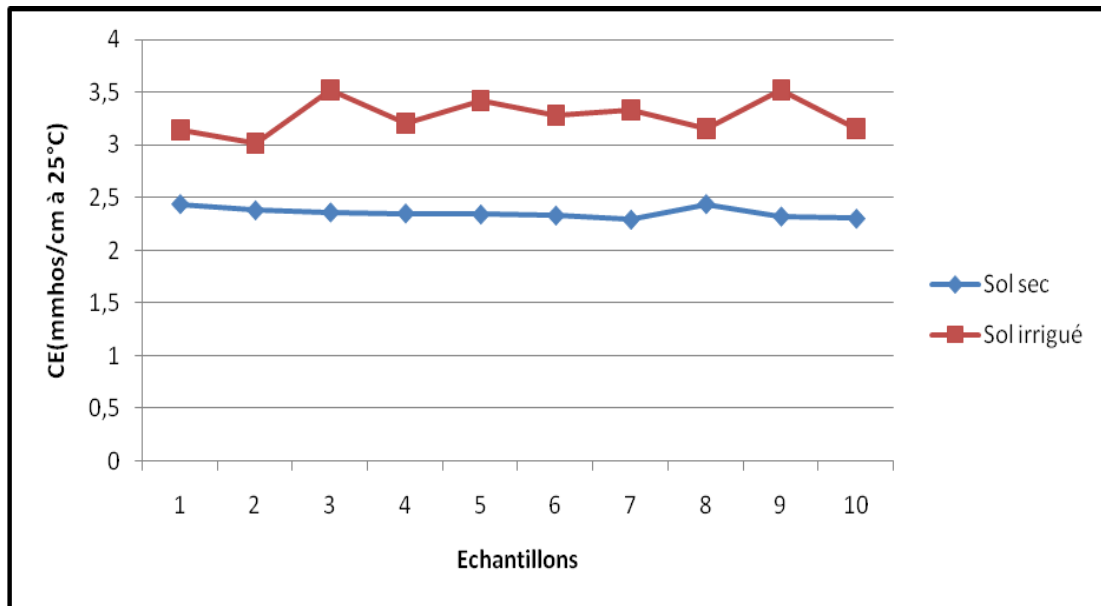
La salinité d'un sol est déterminée par la conductivité électrique 1/5 c'est-à-dire la dissolution d'une fraction du sol en 5 fractions d'eau et après on passe à la conductivité électrique sur l'extrait de la pâte saturée. Dans notre étude nous avons mesuré la conductivité de la pâte saturée en raison qu'elle est proche à l'état réel du sol.

Nous remarquons, que les valeurs de la conductivité électrique du sol varient de 2.29 à 3.52 mmhos/cm à 25°C. Ces valeurs de conductivité électrique nous permettent de classer ces sols dans la classe des sols légèrement salins, selon la classification de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

**Tableau n°24 : Classification des sols selon la FAO**

Classe des sols	CE (dS/m)	Effet sur la croissance des plantes
Non salins	0-2	Effets de la salinité négligeables
Légèrement salins	2-4	La production de certaines plantes sensibles peut être affectée (ex : tomate, haricot...)
Modérément salins	4-8	La production de la plupart des plantes est restreinte
Fortement salins	8-16	Seules les plantes tolérantes au sel produisent de façon satisfaisante (ex : asperge)
Très fortement salins	>16	Seul un très petit nombre de plantes tolérantes au sel produisent de façon satisfaisante

Source : FAO, Soil bulletin 39, 1988



**Figure n°65 : Variabilité de la CE entre les deux sols**

La courbe de l'évolution de la conductivité électrique des sols du périmètre Dayet Zraguet nous montre que ces sols deviennent de plus en plus salins, donc nous pouvons avoir un effet de salinité sur la croissance des plantes cultivées.

### 2.3.2. Variabilité temporelle de la CE

Le suivi de la salinité des sols irrigués et non irrigués dans le temps (pendant un mois et une année), nous a permis de constater une certaine variation, que nous avons pu résumer comme suit :

#### 2.3.2.1. Variabilité mensuelle de la CE

Pour le sol non irrigué et en suivant la courbe d'évolution de la CE, pendant une année (fig n°66), nous pouvons constater que les valeurs sont stationnaires, avec une moyenne de 2.5 mmhos/cm à 25°C, une légère augmentation est constatée pendant les mois les plus secs : juillet août et septembre où la pluviométrie est nulle, l'ETP atteint ses valeurs maximales d'où, nous assistons à une remontée des sels vers le profil supérieur. Ce qui va engendrer une augmentation de la C.E allant jusqu'à 2.88 mmhos/cm à 25°C.

Pour le sol irrigué, nous assistons à une augmentation régulière de la CE au fil des mois, cela peut s'expliquer de deux façons : d'une part à la remontée des sels, vu l'augmentation de la température et par suite une élévation de l'ETP, et d'autre part la teneur de sels apportée lors des pratiques des irrigations par les eaux de forage de Ain Skhouna, qui ont une CE avoisinant les 2 mmhos/cm à 25°C, déjà signalée dans le chapitre précédent.

Ces résultats trouvés confirment celles trouvés par Mathieu et Ruellan en 1987 et .Mezni et al, 1999.

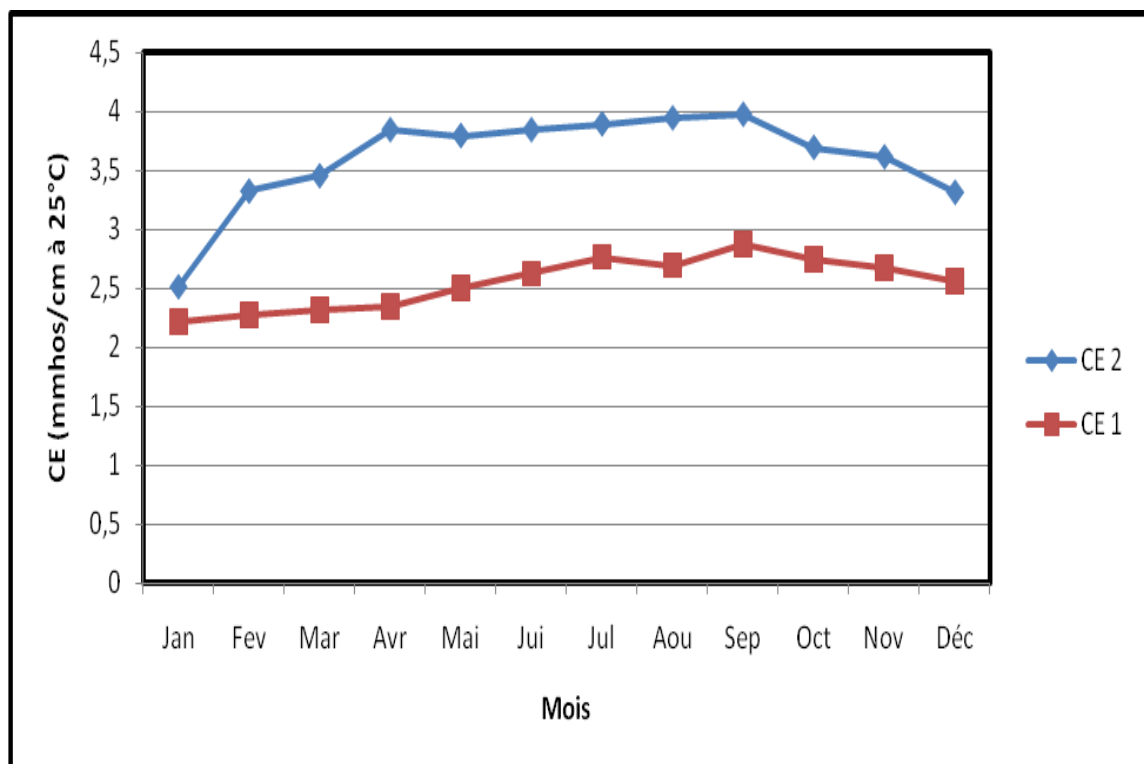


Figure n°66 : Variation mensuelle de la CE

### 2.3.2.2 Variabilité interannuelle de la CE

La prévision estime une salinisation des sols après 05 ans d'irrigation (à court terme) contrairement à la conduite en sec, les sols garderont leur niveau de salure (fig n°67). Ce phénomène de salinisation pourra atteindre des stades alarmants, si la conduite des irrigations n'est pas assurée d'une façon rigoureuse et s'il n'y'a pas de recours à des solutions diminuant ce phénomène, tels que le drainage.

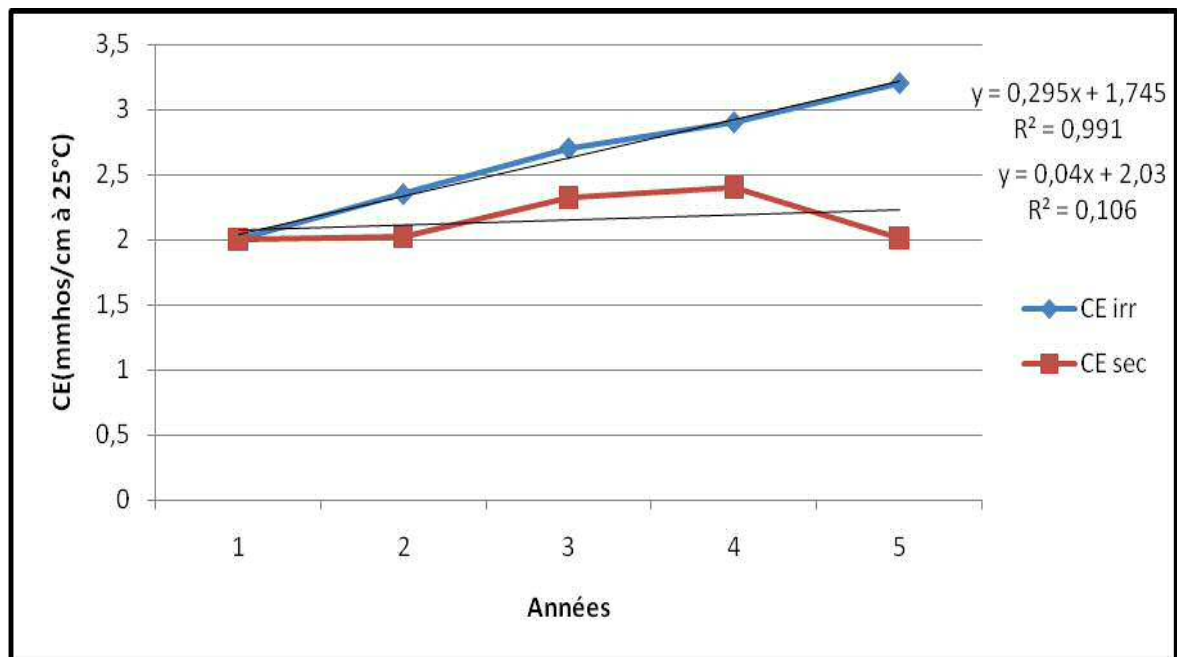


Figure n°67 : Variation interannuelle de la CE

## 2.4 Les différents risques

Les différents risques engendrés par l'utilisation des eaux d'irrigations dans notre périmètre peuvent se diviser en plusieurs catégories :

### 2.4.1 Risque de salinité des sols

Il est connu que les sels minéraux contenus dans l'eau d'irrigation ont des effets sur le sol et les plantes. Les sels peuvent perturber le développement physique des plantes. Du fait de l'absorption de l'eau, on peut observer des effets sur les processus osmotiques, ou du point de vue chimique par des réactions métaboliques, telles que celles causées par les constituants toxiques (Rouabhia et *al.*, 2010). En plus, les sels causent des changements dans la structure du sol (sur sa perméabilité et son aération), affectant directement le développement de la plante (Person, 1978).



Cet excès de la salinité réduit l'activité osmotique des plantes qui va interfère avec l'absorption de l'eau et des nutriments à partir du sol (Saleh A., et *al.*, 1999).

Doneen (1961 ; 1964) a souligné que l'aptitude des eaux à l'irrigation ne dépend pas de la concentration des sels solubles. Partant de l'idée que les sels avec une faible solubilité précipitent dans le sol et s'accumulent successivement, tandis que la concentration des sels fortement soluble accroît la salinité des sols (Doneen, 1962).

#### **2.4.2 Risques liés aux chlorures**

Les ions de Cl<sup>-</sup> dans le complexe sol-eau sont prises par les racines de la plante, et ils se déplacent dans les courants de transpiration, puis ils s'accumulent dans les feuilles. Si la concentration en ions Cl<sup>-</sup> dans les feuilles dépassent les tolérances de la plante, des symptômes de dommages se développent comme les brûlures des feuilles ou le séchage des tissus de feuilles (Ayers R. S. et *al.*, 1985)

#### **2.4.3 Risques liés au magnésium**

Les ions de calcium et de magnésium sont associés à la cohésion et la friabilité du sol, mais ils sont essentiels à la nutrition des plantes. Des concentrations élevées en Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> dans les eaux d'irrigation peuvent accroître le pH du sol, résultant de la réduction de la disponibilité du phosphore (Al-Shammiri M., et *al.*, 2005). L'excès du magnésium dans l'eau d'irrigation peut nuire au rendement des cultures et que les sols deviennent salée (Doneen, 1964).

#### **2.4.4 Risques de sodium**

Le sodium est le facteur le plus important pour l'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation. L'accumulation successive du sodium dans le sol peut le rendre alcalin, ce qui va causer de sérieux problèmes physiques au sol en réduisant sa perméabilité (Kelley P. W., 1951). Par ailleurs, l'eau d'irrigation contient de grande quantité de sodium, ceci présente une source de préoccupation particulière due à l'absorption du sodium par les racines des plantes, qui va être transporter vers les feuilles où il peut s'accumuler et entraîner des dégradations (Begum S. et *al.*, 2009).

Tous ces risques détaillés précédemment pourraient contribuer à diminuer la fertilité du sol et par suite diminuer les potentialités productives de ces sols, sans oublier la perturbation de l'équilibre de l'écosystème steppique dans son état naturel.

### 3. Recommandations et perspectives

#### 3.1. Travail du sol

La céréaliculture en sec doit diminuer au profit de la culture en irrigué, notamment fourragère. Les façons culturales, complémentaires ont pour but d'accroître la pénétration de l'eau dans le sol. A priori, une surface de mottes grossières se révèle meilleure qu'un sol travaillé plus fin, qui se colmate rapidement. Par ailleurs, la technique de labour, actuellement appliquée, est très érosive ; elle consiste à recouvrir les semences jetées sur un sol non préparé par le passage d'une charrue à disque qui pulvérise l'horizon profond plus structuré. Par conséquent, en raison de la nature dénudée du sol et de la puissance incidence des pluies, les opérations culturales doivent être exécutées par bandes selon les courbes de niveau.

Comme précaution supplémentaire contre la formation des ravines, toutes les bandes de culture doivent être fractionnées en maintenant la charrue sur une vingtaine de mètres puis en le soulevant sur 6 à 7 mètres. Chaque rang successif sur la pente couvre, au dessus et au dessous, la bande interrompue. Les bandes de 5 à 6 mètres de largeur sur 20 mètres de longueur seront disposées en quinconce. Ce système discontinu augmentera beaucoup la pénétration de l'eau, en obligeant celle-ci à séjourner plus longtemps sur la pente et à permettre à l'excédent de s'échapper, mais à vitesse réduite.

#### 3.2. Amélioration naturelle des parcours

La mise en défens, première mesure d'intervention, conduira à la restauration pastorale. Les parcours dégradés nécessitent une mise en défens de 2 à 3 années. L'effet des mises en défens est unanimement reconnu par les techniciens et bien souvent les éleveurs eux-mêmes. Ce type de mise en défens existait dans certaines structures pastorales traditionnelles telles le "Gdal". Ceci montre que le milieu peut réagir de façon très favorable et relativement rapide à la mise en défens, même en zone présaharienne. Toutefois, cette technique reste valable pour les sols perméables et profonds ; sur les sols squelettiques, la désertification est souvent irréversible (Le Houérou, 1968).

### 3.3. Amélioration artificielle des parcours

L'amélioration artificielle utilisera non des espèces isolées, dont l'emploi engendre souvent des déséquilibres, mais des mélanges d'espèces – autant que possible autochtones – équilibrés vis-à-vis du rôle biologique (pédologie, concurrence intra-spécifique) et vis à vis de la productivité. N'étant pas mono-spécifiques, ces mélanges constitueront des strates différentes qui se recouvriront mutuellement.

### 3.4. Aménagement du périmètre irrigué de Zraguet

Dans la plupart des cas les périmètres irrigués et les oasis sont voués aux cultures vivrières, maraîchères et fruitières. Les fourrages y sont généralement pratiqués de façon tout à fait marginale. Pourtant de nombreux essais à grandeur réelle ont montré que les cultures fourragères irriguées sont une spéculation économiquement intéressante, par le biais de l'embouche de jeunes animaux, et écologiquement utile en induisant une diminution de la pression sur les parcours steppiques.

Pour la mise en culture d'un périmètre en région trois conditions sont nécessaires :

- l'eau pour l'irrigation ;
- un sol équilibré et riche ;
- un matériel végétal adapté.

### 3.5. Amélioration des propriétés chimiques des sols

Les sols sahariens sont généralement riches en calcium potassium magnésium soufre et micro-éléments. Certains risquent d'être toxiques pour les plantes parce qu'ils sont chlorurés et carbonatés. Cette richesse des sols est due à la présence de colloïdes minéraux qui forment le complexe adsorbant.

Tout simplement c'est au niveau des colloïdes que s'effectuent les réactions physiques et chimiques du sol donc plus les particules sont de petites dimensions plus la surface de contact sera grande.

### 3.6. Amélioration de la vie biologique du sol

La fertilité du sol est liée à l'activité microbienne (bactéries, algues, champignons, protozoaires) ont besoin d'humidité, de chaleur, d'oxygène et d'apports nutritifs pour mener leur action de prolifère. Ces microbiens décomposent la matière organiques et la minéralisent plus vite lorsque le sol est humide et la température est élevée ce ci explique la faiblesse de la teneur en humus dans les zones sahariennes.

Jenny (1930) démontre que chaque montée de température de 10°C, double le taux de décomposition de la matière organique. Certains groupes de micro organismes dénitrificateurs sont actifs dans les sols alcalins et mal drainés (Arnon, 1972) ; les azotobacters fixent l'azote de l'air ainsi que les clostridiums).

### 3.7. Amélioration des sols par les cultures

Les fortes quantités d'eau d'irrigation très salées utilisées apportent par hectare et par an 315kg d'azote, 13kg d'acide phosphorique et 2600kg de potasse qui sont divers sur un sol léger équipé d'un bon système de drainage.

En ce qui concerne les amendements, c'est le fumier, en analysant ce dernier, sec poudre on trouve une richesse en éléments fertilisants pour 10 tonnes, en relève une moyenne de 80 unités d'azote, 15unités d'acide phosphorique, 110 unités de potasse, 35 unités de magnésium et 100 unités de chaux. (Regagba Z., 2012).

## ***CONCLUSION GENERALE***

### CONCLUSION GENERALE

Les sols des écosystèmes steppiques connaissent une dégradation permanente, liée à plusieurs facteurs, déjà relatés dans plusieurs travaux antérieurs. Même les progrès rendus actuellement possibles par les nouvelles techniques et les nouvelles politiques en matière de mise en valeur et de développement des espaces sont réduits dans leur ampleur et leur impact par l'accélération de l'accroissement démographique et des conditions climatiques.

L'extension des superficies agricoles recherchées par toutes les politiques successives pour faire face à la croissance démographique et à la stabilisation du ratio de surface agricole utile par habitant s'est souvent soldée par un échec. Souvent ces terres sont retirées au domaine steppique ou forestier entraînant une déforestation et un surpâturage qui favorisent l'érosion hydrique et éolienne.

C'est dans ce contexte, que nous avons tenté de comprendre l'évolution des écosystèmes steppiques au niveau de la région de Saida, sous ses deux formes :

- Evolution naturelle de ces écosystèmes, ne faisant intervenir que les conditions naturelles du milieu.
- Evolution de ces écosystèmes sous l'action anthropique, en impliquant l'intervention de l'homme par des façons culturales à savoir l'irrigation.

A travers le premier volet, nous avons choisi la zone de Mâamora, caractérisé par un climat semi aride, avec une pluviométrie annuelle de 200 à 300 mm, La température moyenne de maxim du mois le plus chaud (M) est de 27.1 °C. , La température moyenne de minima du mois le plus froid (m) est de 3 °C, son régime climatique est de type de : H A P E.

L'étude pédologique a montré du point de vue textural, les sols sont sablo-limoneux avec un pourcentage des sables qui peut atteindre les 75%, les limons varient de 15 à 25 %, alors que les teneurs en argiles ne dépassent guère 10% dominées par des fractions non expansibles. Le pH du sol est basique avec une valeur moyenne de l'ordre de 8 à 8.3.

Le taux moyen du calcaire total ( $\text{CaCO}_3$ ) avoisine les 20%, le phosphore assimilable ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) varie entre 4 à 10 mg/kg, ces teneurs restent au dessous des valeurs qui améliorent la fertilité phosphorique, tandis que les teneurs des éléments chimiques solubles dans le sol (Ca,Na et Mg,K) varient entre 1 et 5 mmol/l ,restant en équilibre ionique.

Enfin les paramètres biochimiques, particulièrement l'azote et le carbone organique marquent généralement de faibles teneurs. Tous ces paramètres édaphiques témoignent par eux même des conditions défavorables du biotope auquel la vie biologique s'y trouve confrontée.

L'analyse du couvert végétal, nous a permis de classer notre zone d'étude, comme une steppe basse très ouverte, elle est formée de essentiellement de graminées désertiques telles que *Stipa parviflora*, de Composées, de Chénopodiacées, ainsi que d'espèces indésirables et toxiques telles que *Peganum harmala*, et la présence de quelques sujets de *Juniperus oxycedrus*. Le nombre d'espèces inventoriées dans toutes les stations n'est que de 10 espèces

Le calcul du taux de recouvrement, nous a confirmé l'hétérogénéité de la formation végétale, le plus faible taux de recouvrement est de 6, 12% avec toutes ses conséquences sur la pérennité de la végétation et la préservation du sol. Le taux le plus élevé avoisine la valeur de 17,18%.

En se basant sur L'utilisation de l'ACP, comme analyse statistique, sur les 20 stations étudiées, nous avons trouvé que les sols qui présentent une richesse en éléments chimiques Na, Mg, et CaCO<sub>3</sub>, ont un taux de recouvrement plus important, que celui des sols où il y'a une dominance du taux d'argile et du limons, qui sont des facteurs contraignant de la fertilité.

L'évaluation de la phytomasse totale des stations étudiées révèle une grande différence. La valeur maximale peut atteindre 1942.85 kg/ha, où le taux de recouvrement est très important.

La recherche de l'interaction entre la phytomasse totale et la teneur en carbone et en azote, nous a donné respectivement de bonnes corrélations avec des coefficients de détermination  $R^2=0.86$ , et  $R^2=0.82$ , ce qui vérifie l'importance de ces deux éléments nutritifs dans la répartition de la phytomasse totale. Les valeurs en offre fourragère (UF) sont acceptables, pour servir à l'alimentation du cheptel avec un pâturage bien contrôlé.

La prise du périmètre irrigué de Dayet- Zraguet , comme site pour aborder le deuxième volet de notre étude a fait l'objet d'un diagnostic sur les ressources en eau en provenance des forages de Ain Skhouna, avec un débit qui peut atteindre les 350 l/s.

Les eaux de nos deux forages C1 et C6, destinées à l'irrigation sont classées avec la caractéristique de chlorurée, sulfatée, calcique et magnésienne, et selon la classification (FAO, 1985. "Water quality for agriculture", elles sont de qualité médiocre à bonne pour l'irrigation.

Le passage à la comparaison entre les caractéristiques d'un sol irrigué et le deuxième non irrigué, nous a révélé qu'il y'a une augmentation dans la salinité du sol exprimée par les valeurs de CE, qui ont une tendance croissante pendant une ou plusieurs années successives.

Cette augmentation est remarquée surtout pendant les mois les plus secs : juillet août et septembre où la pluviométrie est nulle, l'ETP atteint ses valeurs maximales (2.50 mmhos/cm à 25°C) d'où, nous assistons à une remontée des sels vers le profil supérieur pour le sol non irrigué, cependant pour le sol irrigué, cette montée est enregistrée surtout en période d'irrigation, la CE peut dépasser les 3 mmhos/cm à 25°C.

L'influence de l'irrigation sur les autres paramètres édaphiques n'est pas très significative, ou nous avons constaté aucune différence pour les valeurs du pH, qui reste sensiblement neutre pour les deux conduites (en irriguée et en sec), ceci pourra s'expliquer par l'effet tampon assuré par la présence des cations calciques et magnésiens fournis par une roche mère calcique.

A travers cette étude et en comparant l'évolution des écosystèmes steppiques naturellement et en faisant intervenir l'homme par la pratique de l'irrigation (action anthropique), nous pouvons sortir avec quelques recommandations, qui auront leur effet à court, moyen et long terme :

- ✓ Ne pas perturber l'évolution naturelle des écosystèmes steppiques, en introduisant de nouvelles pratiques culturales non étudiées (labour, irrigation,...etc)
- ✓ Ne pas introduire des espèces végétales non adaptées aux caractéristiques climatiques et édaphiques de la steppe.
- ✓ Réhabiliter les zones dégradées par des méthodes simples.
- ✓ Privilégier le maintien et le développement de la végétation autochtone
- ✓ Bien gérer et organiser les mises en défens dans la région.



- ✓ Interdire le défrichement et mettre en place un système permanent de surveillance
- ✓ Reboiser les zones dénudées.
- ✓ Accroître les réserves pastorales à travers l'ensemencement des espèces végétales, ayant une bonne remontée biologique au niveau de la région steppique
- ✓ Sensibiliser les pasteurs et les autorités locales.
- ✓ Elaborer un programme homogène de gestion des steppes impliquant les populations locales.
- ✓ Intégrer la planification participative, avec l'implication de l'ensemble des acteurs du développement durable : éleveurs, décideurs, agents de développement...etc.
- ✓ Intensifier la recherche scientifique dans l'étude de ces écosystèmes fragilisés.

## ***REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES***

## Références bibliographiques

- Abdelguerfi A. et Laouar M., 2000.** Conséquences des changements sur les ressources génétiques du Maghreb. Options Méditerranéennes, Sér. A, N0 39, 77-87.
- Aidoud A., 1983.** Contribution A L'étude des écosystèmes steppiques du Sud Oranais. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, U.S.T.H.B, Alger, 232p
- Aidoud A., LE Floch E., Houerou H.N., 2006.** Les steppes arides du nord de l'Afrique. Sécheresse 17, no1- 2, 22-27.
- Aidoud A., 1996.** La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima*) graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes, Vol 7, p 187-193.
- Al-Shammiri M., A. Al-Saffar, S. Bohamad and M. Ahmed, 2005.** Waste Water Quality and Reuse in Irrigation in Kuwait Using Microfiltration Technology in Treatment,
- Aubert G, 1965.** Classification des sols. Tableaux des classes, sous-classes. Applications à l'étage Méditerranéen. Thèse Doct. 3ème Cycle, Univ. Aix-Marseille III, Fac. Sci. De St Jérôme, 254p.
- Aubert G., 1978.** Méthodes d'analyses des sols, CRDP, Marseille, 189p.
- Ayers, R.S., and D.W. Westcot. (1985).** Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 29 rev 1. FAO, UN, Rome 174pp. Désalinisation, Vol. 185, No 1-3 pp, 213-225.
- Bagnouls F., Gaussen H., 1953** – Saison sèche et indice xérothermique. Doc. Cart. Prod. Vég. Ser. Gen. II, 1, Art. VIII, Toulouse, 47 p. 1 Carte.
- Bagnouls F., Gaussen H., 1957.** Les Climats biologiques et leur classification, Ann. Géog.Fr., 355 :193-220
- Barry J.P. et Celles J.C., 1973.** Le problème des divisions climatiques et floristiques au Sahara Algérien (Entre 00 Et 60 de longitude Est). Nat. Monsp. Sér. Bot., 23-24 : 5-48.
- Barry P., Celles J. C. et Faure L. 1974.** Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques, Soc. Hist. Nat. Afri. Nord. C.R.S.T.
- B.N.E.D.E.R, 1992.** Etude du développement agricole de la wilaya de Saida. Rapport final, 212-215.
- B.N.E.D.E.R. 1999.** Etude du développement agricole de la wilaya de Saida. Rapport final et annexe, 212 p.
- Benabdeli K., 1996.** Evaluation écologique des paysages, classification, potentialités et aménagement du territoire. Séminaire régional sur l'aménagement du territoire. Arzew (Algérie). 20-21 Mars 1996.

**Benabdeli K., 2002.** Conséquences phytoécologiques de la restauration d'un écosystème dunaire fixé avec le tamarix (*Tamarix gallica L.*), en Algérie, *ecologia mediterranea*, tome 28, fascicule2, 2002, p.93-99.

**Bencherif S., 2011.** L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe Algérienne : Evolution et possibilités de développement, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'environnement Paris : 295p.

**Berchiche, 1992.** Enjeux et stratégies d'appropriation du territoire steppique, cas de la zone de Mâamora (Saïda). CIHEAM - Option Méditerranéennes, Sér.A/n°39, 2000 – Rupture... nouvelle image de l'élevage sur parcours.

**Begum S. and M. G. Rasul., 2009.** Reuse of Stormwater for Watering Gardens and Plants Using Green Gully: A New Stormwater Quality Improvement Device (SQID), *Water Air Soil Pollution: Focus*, Vol. 9, No. 5-6, pp, 371-380.

**Benfrid M., 1998.** La commercialisation du bétail et de la viande rouge en Algérie. *Options Méditerranéennes (CIHEAM., Montpellier)*, sér. A, 35, 163-174

**Benreoues A., et Adda Benyoucef I., 2008.** Effet de deux outils de travail du sol sur le rendement du blé à Saida, Univ de Saida..

**Bessaih A.; B. Hellal; N. Ayad, 2014.** Réhabilitation par l'*Atriplex* des parcours steppiques du sud de la préfecture de Saida (Algérie occidentale) *European Scientific Journal* vol.10, N°32 : 80-92.

**Boiffin. J, (1984).** La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse de docteur-ingénieur de l'INAPG. 320p.

**Boutonnet J. P., 1992.** Production de viande ovine en Algérie. Est-elle encore issue des parcours ? In : *Actes duVe Congrès International des Terres de parcours (Montpellier, France, 1991)*, pp. 906-908.

**Badrani S., 1996 :** Foncier et gestion des ressources naturelle en Algérie du nord. Le cas de l'Algérie ; page 40.

**Bouchetata T.B, 2001.** Analyse et intégration des donnes écologiques dans une base de données : cas de la zone steppique de Nâama, Thèse Magister Univ.Mascara, 25- 26.

**Boudehri F., 2012.** Diagnostic phytoécologique des nappes alfatières de l'interface, région tellienne- steppique, wilaya de Saida, Algérie-Magister Univ. USTHB, Alger : 90-100.

- Bourahla L, 2015.** Microbial biomass behaviour in Algerian steppe soils, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2015, 7(11):41-47
- Celles J.P., 1970.** Biologie de la faune alfatière dans les régions steppiques de Tlemcen, thèse magister 3 sciences agronomiques, INA, Alger ; 11-22 p.
- Claudin J. et al., 1975.** Etude bioclimatique des steppes Algériennes (avec une carte au 1/1000000) *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du nord*, Alger.
- Clement J. M., 1981.** Larousse Agricole. Pp 167- 974
- Clément M, Ruellan A., 1999 :** Evolution morphologique de sols irrigués en région méditerranéenne semi-aride : L'exemple de la Basse-Moulouya (Maroc)\* *Cah. ORSTOM, sPr. Pbdol., vol. XXIII, no 1, 1987: 3-25*
- Corre J.J et Rioux J.A., 1969.** Recherches phyto-écologiques sur les milieux psammiques du littoral méditerranéen français. *OECOL. PLANT.* 4, (2), pp. 177-194.
- Corre J.J., 1970.** La méthode des "transects" dans l'étude de la végétation littorale. *Bull. Acad et soc. Lorraines des sciences .T. 9 (1) : 59-79.*
- CRBT, 1978.** Rapport phytoécologique et pastoral sur les hautes plaines steppiques de la wilaya de Saida. 256p
- Daget P., Godron M., 1995.** Pastoralisme, troupeaux, espace et société. Ed. Hatim p 76-98 et 451-454.
- Daget P., 1977.** Le Bioclimat Méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation. *Vegetatio*, Vol.34 (1) 1-20.
- Dinon E. ; Gerstmans., 2008.** L'Influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes, Université de Liège., Belgique.
- Djebaili S., 1978 –** Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines Steppiques et de l'Atlas Saharien. Thèse Doct., Univ. Montpellier, 229 p et Annexes.
- Djebaili S., 1978** Rapport phyto-écologique et pastoral (wilaya de Djelfa), U.R.B.T, 159 p.
- Djebaili S., Aidoud F. et Khelifi H., 1982.** Groupes écologiques édaphiques dans les formations steppiques du Sud-Oranais. *Biocénose*, 1 : 8-59.
- Djebaili S., 1984.** Recherches phytosociologique et écologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'atlas sahariens Algériens, Ed OPU ; Alger, 171. 17
- Djellouli Y. et Djebaili S., 1984 –** Synthèse sur les relations flore-climat en zone aride : cas de la wilaya de Saida. *Bull.Soc. Bot. Fr., 131, Actual. Bot. (2/ 3/ 4) : 249-264.*

- Donahue R., 1958** : Nature des sols et croissance végétale. Ed.d'organisation,, Paris. 312p.
- Doneen L.D., 1962.** The influence of crop and soil on percolating water. Proc. Biennial conference on Groundwater Recharge, pp. 156-163.
- Doneen L. D., 1964.** Notes on Water Quality in Agriculture. Published as a water science and engineering paper 4001, Department of Water Sci. & Engineering, Univ. of California.
- Doran J.W. et ZEISS M.R., 2000.** Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology 15(1) p.3-11..univ. de Montréal
- Dos Santos G., 2001** Classification automatique à partir de photographie aérienne, rapport de stage, Ademe, SET, 67 p.
- Droubi A., Fritz B., Tardy Y., 1976.** Equilibres entre minéraux et solutions. Programmes de calcul appliqués à la prédiction de la salure des sols et des doses optimales d'irrigation. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol, XIV, no 1, 1976 : 13-38
- Duchauffour Ph., et al., 1958.** Un exemple d'utilisation pratique de la cartographie des stations : la forêt du Ban d'Etival (Vosges). Rev. For. France, 10, 597-630
- Duchauffour Ph., 1960.** Stations, type d'humus et groupements écologiques. Rev. For. France, n° 07.
- Duchauffour Ph., 1977.** Pédologie, Pédogénèse et classification, Tome I, Ed. Mass. et Cie, 477p.
- Duchauffour P. 1988.** Pédologie : Application forestière et agricole école nationale des eaux et forêts, Nancy, 18 fig.
- Durand J.H., 1982.** Les sols irrigables. Ed. PUF – Paris. 340 p.
- Durand J., 1982** Du nouveau au sujet de la formation des croûtes calcaires. Bull. Soc. Hist. Nat.Afri. Nord, 49, pp. 196-203
- Durand J., 1958** – Du nouveau au sujet de la formation des croûtes calcaires. Bull. Soc. Hist.Nat. Afri. Nord, 49, pp. 196-20

**Duvignaud P., 1984.** La synthèse écologique. Population, Communautés, Ecosystème, Biosphère, Noosphère. Ed. DOIN.

**Duvignaud (P), 1980-** La Synthèse écologique, 2ème Ed., Doin, 380 p.

**Emberger L., 1971** - Travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson, Paris, 520 p.

**FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), 1960.** La défense contre l'érosion éolienne, Rome. 89 p.

**FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), 1980.** Conservation des ressources naturelles en zones arides et Semi-Arides, Cahiers FAO : Conservation des Sols, 135p.

**Gaucher G., 1947-** Premières observations sur la plaine des Triffa. Multi. 66p.

**Gausson H., 1963** – Ecologie et Phytogéographie. Abbayes : 952-972.

**Ghezlaoui B.E., 2001** – Contribution à l'étude phytoécologique des peuplements halophytes dans le Nord de l'Oranie (Algérie Occidentale). Thèse Mag. Ecol. Veg., Univ. Tlemcen, 94p + Annexes.

**Godron M., 1984** - Abrégé d'écologie de la végétation terrestre. Ed. Mass., 197 p

**Gounot M., 1969** – Méthode d'étude quantitative de la végétation. Ed. Mass. 314p.

**Godron M., 1966.** Application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation. OECOL. Plant. 1, pp. 187-197.

**Godron M., 1967.** Les groupes écologiques imbriqués « en écailles ». *ecologica plantarum*, 2 : 217-226.

**Gounot M., 1961.** Les méthodes d'inventaire de la végétation Bell .Serv .Carto. Phytoéc.,6 :7-73.

**Gounot M., 1969.** Méthode d'étude quantitative de la végétation. Ed. C.N.R.S. 305-310

**Gray J. S. et Pearson T. H., 1982.** Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. Comparative methodology. Marine Ecology Progress Serie 9 (1982): p119.

**Halitim A., 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. Ed. OPU, 191-225.

**Harche. 1978.** Contribution à l'étude de l'alfa croissance des feuilles, différenciation des fibres. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle .Univ ; de Lille, 78p.

**Henni M., Mehdadi Z., 2012.** Evaluation préliminaire des caractéristiques édaphiques et floristiques des steppes à armoise blanche dégradées réhabilitées par la plantation d'Atriplex dans la région de Saïda (Algérie occidentale), Acta Botanica Gallica. Vol.159 : 43-52.

- Kadi Hanifi et Achour. (1998)** L'alfa en Algérie : syntaxonomie, relation milieu-végétation, dynamique et perspectives d'avenir. Thèse Doctorat d'état, Univ. Boumediene, Alger. 228p.
- Kadi Hanifi H., 2003.** Diversité biologique et phytogéographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. Note méthodologique. Sécheresse 2003 ; 14 (3) :169-179.
- Khalidi A. et A. Dahane, 2011.** Elevage et processus de la désertification de la steppe Algérienne. Revue d'Ecologie-Environnement n° 7 :101-112.
- Khelil, 1984.** Contribution à l'étude de la végétation des confins Saharo-Constantinois (Algérie) ; thèse Doct. 3<sup>ième</sup> cycle, Univ Nice, 364 p.
- Kelley W.P., Brown S.M. and Liebig G.F., 1940.** Chemical effect of saline irrigation waters on soils". Soil Science, 49, pp, 95-107
- Lacompte, 1973** Analyse des rapport climat – végétation par une méthode d'échantillon continu **bull.** soc.sci.Nat et phys. Maroc, vol .53,n 1-2 p376
- Lasloudji K., et al., 1990.** Contribution à l'évaluation phytoécologique et pastorale dans une mise en défens dans la région d'Ain Skhouna (wilaya de Saïda).Univ-Alger. pp85-90.
- Le Houerou H.N., 1968** – La désertisation du Sahara Septentrional et des steppes limitrophes. Ann. Algér. de Géog., 6 : 2-27
- Le Houerou H.N., 1985.** La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission de consultation et d'évaluation. 18 Nov., 2 Déc. 1985, ministère de l'Agriculture, Alger.
- Le Houerou.( 1995)** -Biogéographique des steppe arides au nord de l'Afrique vol 6 , n ;p167-182.
- Lebart L., Morineau A. et Piron M., 1997** : Statistique exploratoire multidimensionnelle. DUNOD, Paris. 440p.
- Lincy J., 2003** : Méthodes en analyse multivariée. Voisinage et diversité. Mémoires D.E.A. univ. Languedoc. 60p.
- Maire R., 1926-** Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Gouv. Gén. de l'Algérie, 78p, 1 carte H.T.
- Mathieu .C, 2003.** Analyse chimique des sols .Paris, 387p. 30 fig., 40 tab.
- Mederbal K., 1996** - Recherches écologiques sur les zones arides et semi-arides : la cartographie écologique, une base nécessaire pour l'écodéveloppement. Congrès International Ecodev96 « Evaluation des Méthodes d'approche de L'écodéveloppement des Zones arides et Semi-Arides », Adrar 13-16 Novembre 1996, 10p.



**Mederbal K., 1997** - Utilisation des SIG et de la télédétection pour la prévention des risques d'incendies. Séminaire International sur l'utilisation de l'Outil Spatial pour la prévention des Risques majeurs, 5-6 Mai 1997, CNTS d'Arzew, 10p.

**Mederbal K., 2002** - Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant la diversité biologique en Algérie : cas du surpâturage, du défrichement et de la désertification. Rapport d'expertise, actes de l'atelier du PNUD sur le Thème " Evaluation des Besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant la diversité biologique en Algérie", Alger 9-10 Décembre 2002, 40p.

**Mederbal K; Josa R; Mas MT; Verdu AMC; Tedjeddine N; Regagba Z; Ouldali O; Khader M; Boukhari Y, 2010.** Ecosystèmes steppiques (cas El bayadh- Brezina ) : caractérisation et proposition d'une fiche de travail sur terrain. Séminaire International « La Préservation et la Mise en valeur de l'Ecosystème Steppique». Université de M'SILA.F.S.S.I - Département d'Agronomie. M'Sila, Algeria.

**Mezni M., Bizid E., Harnza M., 1987** Effets de la salinité des eaux d'irrigation sur la survie et la croissance de trois cultivars de luzerne pérenne, Univ de Tunis.

**Nedjraoui D, Bedrani S, 2008** - La désertification dans les steppes algériennes: causes, impacts et actions de lutte, Vertigo, volume 8, n°1,53-65.

**Ozenda P., 1982.** Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin, Paris, 432p.

**Oulbachir K., Dellal A., Bekki A., 2009.** European Jour of Scientific Research, 36(8), 407-417.

**Person J., 1978.** Irrigation et drainage en Tunisie problème posé par la salinité des sols et des eaux. Bull. BRGM (2ème série) section III, n°2 : 143- 151

**Pouget M., 1980.** Les Relations Sol-Végétation Dans Les Steppes Sud-Algéroises. Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille III, 555p.

**Quézel P. et Santa S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS. Paris. 2 Vol. 1170p.

**Quezel P., 1965.** La végétation du Sahara du Tchad à la Mauritanie. Ed. Masson, Paris, 333 p.

**Quezel P., 1979.** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour Méditerranéen. Actes Ecol. Forest., Ed. Gauthier-Villar, Paris, 61-86.

**Quézel P., 1983** – Flore et végétation de l'Afrique du Nord, leur signification en fonction de l'origine, de l'évolution et des migrations des flores et structure de végétation passées. Bothalia, 14: 411- 461.

**Quezel P., 2000.** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press Paris, 117p.

- Ramade F., 1984** : Elément d'écologie : écologie fondamentales. Mc Graw Hill, 397p
- Raunkiaer C., 1904** – Biological types with reference to the adaptation of plants to survive the unfavourable season, in Raunkiaer, 1934, 1-2
- Regagba.Z, 2012** : Dynamique des populations végétales halophytes dans la région Sud-est de Tlemcen. Aspects phytoécologiques et cartographiques, Thèse de Doctorat, Univ Abou Bekr Bekaid, Tlemcen.
- Rouabhia Aek, Djabri L., 2010.** L'irrigation et le risque de pollution saline. Exemple des eaux souterraines de l'aquifère miocène de la plaine d'El Ma el Abiod. Larhyss Journal. 08, pp. 55-67.
- Rodier .J, 1984.** l'analyse de l'eau (Eaux naturelle, résiduaires et de mer), édition DUNOD
- Ruellan A.1980.** Caractérisation des sols calcaires à régime hydrique xérique ou aridique. Third International Soil Classification Workshop. Damascus (1-7)
- Soltner D., 2015.** Les bases de la production végétale -Tome I : Le sol. 26e édition : 65-90.
- Saleh, A., Al-Ruwaih, F. and Shehata, M. 1999.** Hydro geochemical Processes Operating within the Main Aquifers of Kuwait. Journal of Arid Environments, 42, pp. 195-209.
- Seltzer P., 1946** : Le climat de l'Algérie, institut de météo et de Phys. du globe de l'Univ. d'Alger, 219 p. et une carte couleur H.T.
- Tessier D., 1984.** Etude expérimentale de l'organisation des matériaux argileux : hydratation, gonflement et structuration au cours de la dessiccation et du ré humectation. INRA 361p
- Zaidi. M (2016).** Etude de salinité des eaux et des sols de la plaine de Ghriss, Thèsede Magister, univ-Mascara.
- Zeriahene (1987) in Bakhtaoui et Djoudi .(1990)** :contribution à l'étude du système racinaire de l'alfa en relation avec l'adaptation au xérophytisme thèse magister université d'Oran.113p.
- Zohary H., 1971.** Geobotanical foundation of the Middle East. Stuttgart, Fischer, 738 p.

# ***ANNEXES***

## ANNEXE N°I

Tableau n°01 : Températures moyennes mensuelles en °C (1978-2010)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou
T° max	30.3	24.4	18.2	14.6	13.7	15.4	18.6	20.6	25.3	31.6	36.1	35.6
T° min	15.1	11.4	7	4.2	3	3.7	5.1	6.5	10	14.5	18.1	18.4
T° moy	22.7	17.9	12.6	9.4	8.3	9.6	11.6	13.6	17.7	23	27.1	27
M-m	15.2	13	11.2	10.4	10.7	11.7	13.5	14.1	15.3	17.1	18	17.2

Source : Station météorologique de Rebahia 2011.

Tableau n° 02 : Nombre de jours de gelée enregistré à la station de Saida sur une période de 20 ans

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou
Nombre de jour de gelée	0	1	3	8	11	6	6	2	1	0	0	0

Source : Station météorologique de Rebahia 2011.

Tableau n°03 : Humidité moyenne mensuelle en %

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Humidité moy (%)	68	66	63	62	58	48	37	39	50	58	65	69

Source : Station météorologique de Rebahia 2011.

Tableau n°04 : La vitesse moyenne des vents en m /s

Mois	Jan.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Vitesse moyenne m/s	3.5	3.5	3.0	3.2	3.0	2.8	2.9	3.0	2.4	2.5	2.7	2.9

Source : Station météorologique de Rebahia 2011.

**Tableau n°05: Précipitations moyennes mensuelles**

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	TOTAL
P(mm)	17.14	24.29	17.12	14.32	18.40	12.81	21.88	18.84	19.23	9.87	4.03	6.61	293.7

Source : station météo d'Ain Skhouna

**Tableau n°06: Répartition des précipitations saisonnières**

Station	Précipitation saisonnière en (mm)			
	Automne (S.O.N)	Hiver (D.J.F)	Printemps (M.A.M)	Eté (J.J.O)
Ain skhouna	60,92	45,81	62,91	21,36
	31.89%	23.98%	32.93%	11.20%

Source : station météo d'Ain skhouna

**Tableau n°07 : Température moyennes, minimales et maximales**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Tmin	12.5	7.5	3.2	0.5	0.1	1.0	2.3	4.8	9.1	11.9	16.5	16.3
Tmax	30.7	22.8	15.4	11.0	11.2	10.9	17.0	21.9	30.6	32.8	34.0	33.7
Tmoy	21.7	16.0	14.8	5.8	5.7	6.0	5.5	13.3	20.0	24.5	25.1	25.5

Source : station d'Ain skhouna

## ANNEXE N°II

Tableau n°01 : Résultats des analyses pédologiques

N° Rel	altitude (m)	Pente (%)	Texture du sol (%)			CaCO <sub>3</sub> (%)	pH 1/2,5	C (%)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg.Kg <sup>-1</sup>	extrait du sol (mmol.l <sup>-1</sup> )			
			Argile	Limon	Sable						K	Na	Ca	Mg
1	1112	5	9	15	76	15	8,1	0,8	0,08	7	2	4	6,5	4,5
2	1112	5	8	16,5	75,5	17	8,36	0,85	0,09	8	1	3	5,5	2,5
3	1113	5	11	15	74	10	8,16	0,7	0,06	5	2	4	6	3,5
4	1130	5	13	23	64	9	8	1,22	0,12	8	0,92	3	4	1
5	1120	5	14	24	62	6	8	0,7	0,06	5	0,92	2	2	1
6	1112	5	14	22	64	6	8,2	1,23	0,11	9	0,94	3	3,5	1
7	1107	5	15	22,5	62,5	7	8,1	1,25	0,13	8	0,99	3	4,5	1
8	1120	5	17	25,5	57,5	5	8,2	1,25	0,13	9	0,98	3,5	4	0,9
9	1115	5	17	23	60	6	8,1	1,3	0,13	7	1,02	3	3,5	0,9
10	1120	5	15	25,5	59,5	6	8,2	1,3	0,14	10	0,9	4	4	1
11	1117	5	8	16,5	75,5	25	8,1	0,9	0,1	7	2	5	7,5	4
12	1150	8	11	16,5	72,5	12	8,15	0,83	0,07	6	3	5	8,5	5
13	1150	13	10	15,5	74,5	11	8,12	0,83	0,08	7	2	4	6,5	4,5
14	1140	8	10	15	75	11	8,15	0,74	0,07	6	1,5	4	6,5	3
15	1130	5	10	12	78	12	8,14	0,65	0,07	6	3	5	9	6,5
16	1110	5	9	13,5	77,5	13	8,2	0,6	0,07	5	4	4,5	7,5	6
17	1090	5	15	23	62	15	8,1	1,25	0,11	8	0,98	3	4,5	1
18	1075	5	8	24	68	8	8,2	0,7	0,06	7	1,5	4	5,5	5
19	1080	5	12	18	70	11	8	1,3	0,13	5	1,2	3	4,5	3
20	1085	5	10	23	67	14	8,3	1,22	0,12	8	1	3	7	2

**Tableau n°02 : Evaluation de la phytomasse totale**

N° Rel	Phyt. tot. (kg/ha)
01	435.71
02	707.14
03	373.80
04	1038.09
05	364.28
06	1073.80
07	1266.66
08	1076.19
09	1642.85
10	1942.85
11	904.76
12	619.04
13	600.00
14	380.95
15	326.19
16	1364.28
17	285.71
18	352.38
19	1438.09
20	1016.66

**Tableau n°03 : Evaluation de l'Unité Fourragère**

Stations	phytomasse aerienne kgMS/Ha	UF/Ha
R01	295	65
R02	552	122
R03	788	173
R04	636	140
R05	526	116
R06	698	153
R07	781	172
R08	814	179
R09	950	209
R10	952	210
R11	443	97
R12	333	73
R13	331	73
R14	229	50
R15	236	52
R16	245	54
R17	229	50
R18	430	95
R19	360	80
R20	400	88
Total	10228	3351
Moyenne	512	113

**Tableau n°04: Variation mensuelle de la CE**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
CE 1	2,22	2,28	2,32	2,35	2,51	2,63	2,77	2,7	2,88	2,75	2,68	2,56
CE 2	2,52	3,33	3,46	3,85	3,8	3,85	3,9	3,95	3,98	3,7	3,62	3,32

**Tableau n°05 : Variation annuelle de la CE**

Annee	1	2	3	4	5
CE 1	2,00	2,35	2,70	2,90	3,20
CE 2	2,00	2,02	2,32	2,40	2,01

CE 1 ; Sol à sec , CE 2 : Sol en irrigué (mmhos/cm à 25°C)



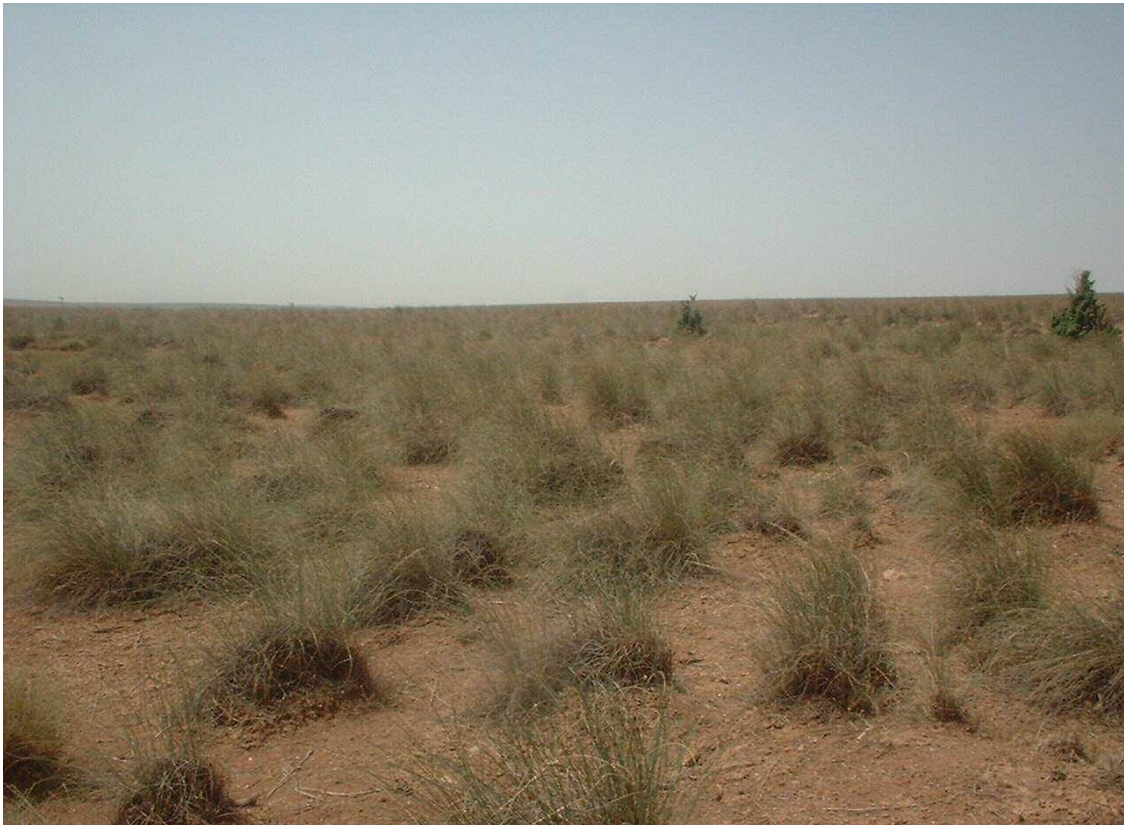
## ANNEXE N°IV

Tableau n°01 : Matrice de corrélation 20 échantillons

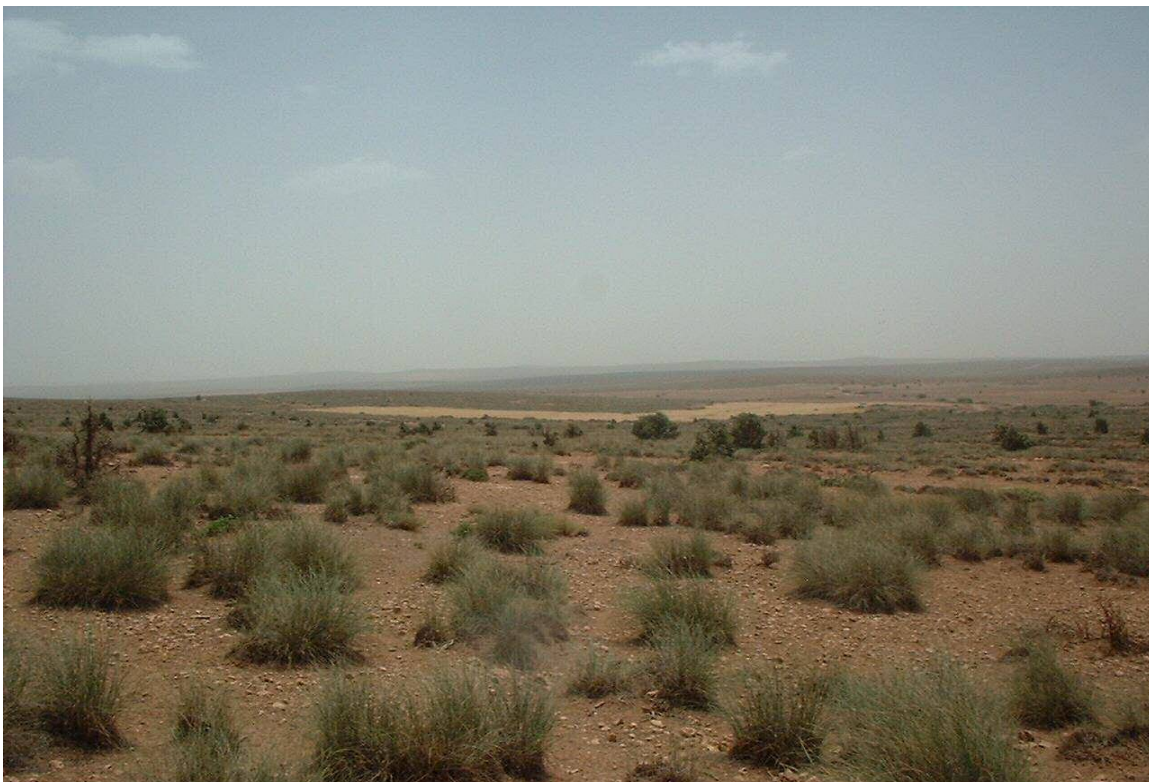
Corrélations (Feuille de données1) Corrélations significatives marquées à  $p < ,05000$  N=20  
(Observations à VM ignorées)

	alt	pte	A	L	S	CaCO <sub>3</sub>	pH	C	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Na	Ca	Mg	TR
alt	1,00	0,61	0,02	-0,36	0,23	-0,05	-0,12	-0,29	-0,25	-0,06	0,32	0,38	0,25	0,16	0,38
pte	0,61	1,00	-0,20	-0,33	0,30	0,02	-0,05	-0,24	-0,28	-0,12	0,22	0,26	0,29	0,28	-0,12
A	0,02	-0,20	1,00	0,68	-0,88	-0,68	-0,31	0,71	0,64	0,40	-0,53	-0,52	-0,72	-0,77	0,61
L	-0,36	-0,33	0,68	1,00	-0,95	-0,54	-0,05	0,68	0,59	0,61	-0,76	-0,63	-0,77	-0,79	0,47
S	0,23	0,30	-0,88	-0,95	1,00	0,65	0,17	-0,75	-0,66	-0,57	0,73	0,63	0,81	0,85	-0,57
CaCO <sub>3</sub>	-0,05	0,02	-0,68	-0,54	0,65	1,00	0,15	-0,29	-0,21	-0,18	0,34	0,43	0,61	0,43	-0,48
pH	-0,12	-0,05	-0,31	-0,05	0,17	0,15	1,00	-0,11	-0,05	0,37	0,06	0,16	0,30	0,11	-0,09
C	-0,29	-0,24	0,71	0,68	-0,75	-0,29	-0,11	1,00	0,96	0,65	-0,69	-0,50	-0,55	-0,77	0,44
N	-0,25	-0,28	0,64	0,59	-0,66	-0,21	-0,05	0,96	1,00	0,66	-0,60	-0,39	-0,46	-0,69	0,50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0,06	-0,12	0,40	0,61	-0,57	-0,18	0,37	0,65	0,66	1,00	-0,57	-0,20	-0,33	-0,57	0,55
K	0,32	0,22	-0,53	-0,76	0,73	0,34	0,06	-0,69	-0,60	-0,57	1,00	0,78	0,79	0,88	-0,37
Na	0,38	0,26	-0,52	-0,63	0,63	0,43	0,16	-0,50	-0,39	-0,20	0,78	1,00	0,84	0,79	-0,16
Ca	0,25	0,29	-0,72	-0,77	0,81	0,61	0,30	-0,55	-0,46	-0,33	0,79	0,84	1,00	0,85	-0,51
Mg	0,16	0,28	-0,77	-0,79	0,85	0,43	0,11	-0,77	-0,69	-0,57	0,88	0,79	0,85	1,00	-0,54
TR	0,38	-0,12	0,61	0,47	-0,57	-0,48	-0,09	0,44	0,50	0,55	-0,37	-0,16	-0,51	-0,54	1,00

ANNEXE N°V



**Photo n°01 : Présence de *Juniperus oxycedrus* (Tagga) dans la zone de Maâmora**



**Photo n°02 : Un parcours à alfa dans la zone de Maâmora**





**Photo n°03 : Périmètre irrigué de Zraguet (Boukhari.Y, Zahafi.B, Anteur.D,2016)**



**Photo n°04 : Introduction de l'irrigation par aspersion dans le périmètre de Zraguet (Boukhari.Y, Zahafi.B, Anteur.D,2016)**





**Photo n°05 : Profil pédologique au niveau du périmètre irrigué de Zraguet  
(Boukhari.Y, Zahafi.B, Anteur.D,2016)**



**Photo n°06 : Apparition de la dalle calcaire au niveau du profil pédologique  
(Boukhari.Y, Zahafi.B, Anteur.D,2016)**





**Photo n°07 : Parcelle conduite à sec dans la zone de Zraguet  
(Boukhari.Y, Zahafi.B, Anteur.D,2016)**



**Photo n°08 : Station de pompage destinée à l'irrigation du périmètre de Zraguet  
(Boukhari.Y, Zahafi.B, Anteur.D,2016)**

# The Phytomass Variability in Algerian Steppic Zones

Yahia Boukhari<sup>1</sup>, Khalladi Mederbal<sup>2</sup> and Lame Bourahla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences, (LRSBG), University of Mascara, Algeria

<sup>2</sup>University of Tiaret. Algeria

Received: June 25, 2016

Accepted: August 23, 2016

## ABSTRACT

The Algerian steppe environment is characterized by a specific soil ecosystems that can give a certain allocation of vegetative cover. The study of the total phytomass in these regions may be related to the physicochemical characteristics of soils. The analyzes showed that Soils have predominantly sandy texture which can reach 75% of coarse sand, low organic matter content and the presence of nutrients nitrogen, phosphorus and potassium weak. The existing vegetation cover is characterized by the presence of three main plants species: *Alfa (Stipa tenacissima)* white sagebrush (*Artemisia herba alba*) and *salsolacées (Fruticossa and Salsola)*.

The evaluation of the phytomass in relation to the physico-chemical characteristics of the soil, revealed that there's a proportional interaction between the presence of the carbon and nitrogen and the distribution of the total phytomass which can reach maximum values in soils rich in C and N and minimum values where rates in C and N are low, these results are confirmed by the application of the CPA and coefficients of determination that can reach values of  $R^2$  equal to 82 and 86%.

**KEYWORDS:** -Soil, -phytomass, -vegetal, -steppe, -CPA, -Algeria.

## INTRODUCTION

The physiognomic aspect of the plant taxon of Algerian steppe reflects the interaction of edaphic, climatic and anthropic factors [1]. This vegetation is currently subjected to stressful conditions (anthropic pressure and prolonged drought and cyclical) [2]. To adapt to these hard conditions, steppic plant species must develop a root system able to draw effectively water and soil nutrients [3,4]. In Algeria steppic environment, the various plant covers shows an advanced state of degradation, this finding is not only linked to climatic conditions but also to changes in edaphic properties [5]. Consequently, the study of soil characteristics with the variation both qualitative and quantitative of steppic vegetation will provide answers to this regressive dynamics of vegetation in this environment.

## MATERIALS AND METHODS

### 1. The study area

The study has been carried in the commune of Maamora, part of the west Algerian steppe, with arid climate on rainfall do not exceed the 250 mm / year variable in time and spatial, the minimum temperature varies from 8 to 10 ° C, and the maximum temperature can reach 37 ° C, The soils belong to the order of aridisols, they are skeletal, low in organic matter and rich in calcareous [6,7].

### 2. Sampling

Soil samples were collected at the horizon surface between the tufts of steppic vegetation. Sampling was carried out at random for each different taxon plant type. The vegetation sampling is to identify different plant species occurring in each measurement and massiquement quantifying the total phytomass of vegetation.

### 3. Methods used

Soil sampling was conducted during the winter period (February 2016), samples are taken at the surface horizon whose depth does not exceed 30cm, this is a relatively horizon explored by the root system of the steppe vegetation. A number of 20 samples of different taxa were selected for the soil characterization, estimation of edaphic parameters was made by standard methods appropriate for each element.

The granulometry by the international method with the pipete Robinson, total limestone by calcimetry, the acidity by pH metry with a soil / water ratio (1 / 2.5), organic carbon by the method of Anne, the total nitrogen by the method of Kjeldahl, soluble cations assayed using spectroscopy and assimilable phosphorus by chlorométrie [8,9].

Regarding plant biomass, evaluation was carried out by a direct method; Vegetation cut at ground level, is put into paper bags or thin fabric, numbered and weighed. The first step of crop processing is to perform the weighing, it must be done as soon harvesting for the mass fresh before begins the natural desiccant, then dry the

samples in the oven either at one temperature of 80 ° C for 24 hours or 120 ° C for 8hoursFor each sample, have its mass before desiccation and its mass after drying, that is to say, two series of values corresponding to the production of dry matter[10,11].

## RESULTS AND DISCUSSION

### 1. Results of Soil analyzes

textural point of view, the size analyzes show a coarse fraction where the percentage of sand can reach 75%, silt vary from 15 to 25%, while the clay content does not exceed 10% dominated by non-expandable fractions, Low specific fibrous surface geochemical characteristic of calcareous soils [12],This organization generates particular behavior édaphique, bad structural stability, low water retention, low humidification, qualitative and quantitative variability of the vegetation cover (Figure 1).

Soil pH remains substantially constant and varies between 8.3 and 8 (Figure 2)., the stability of the acidity is due not only to the edaphic aridity and low decarbonization of the soil profile, but also to the rich soil of alkaline earth cations particularly calcium and magnesium ions, which gives a high buffering power impeding pH variation of these soils [13].

The average rate of total limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) is 5 to 17% (Figure 3). These contents are consistent with the quality pedogenitique calcimorphe of arid regions, indeed all forms of the limestone precipitation may occur in the soils of this region (from diffuse form until calcareous slab)[14].

Available phosphorus ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) varies between 4 to 10 mg / kg (Figure 4), these contents remain below values that improve the fertility phosphoric, this can be explained by the ion precipitation mechanism phosphate by the excess of limestone, forming the insoluble tricalcium apatite  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

Analysis of the ionic complex of the soil solution demonstrates the degree of saturation of the solution by alkaline earth metal cation derived from a partial solubilization of the parent rock, the average soluble chemicals in the soil (Ca, Na and mg, K) varies between 1 and 5 mmol / l (Figure 5), which remain in ionic equilibrium (reversibility of reaction between the mineral matrix and its solution [15].

Biochemical parameters particularly nitrogen and organic carbon generally have low levels (Figure 6), with the exception of flood zones and closed depressions where they accumulate some organic alluvium, but without necessarily a strong maturation of this organic fraction due to adverse soil and climatic conditions. The low values for both are primarily related to reductions organic inputs of steppe vegetation by permanent regression (overgrazing and desertification).

All these edaphic parameters evidenced by themselves the unfavorable conditions of the biotope at which biological life faced.

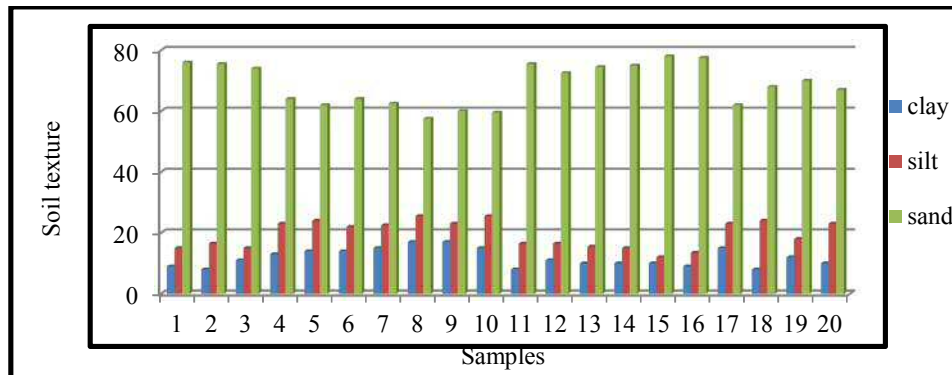


Figure n°1 : Variation of the sample texture

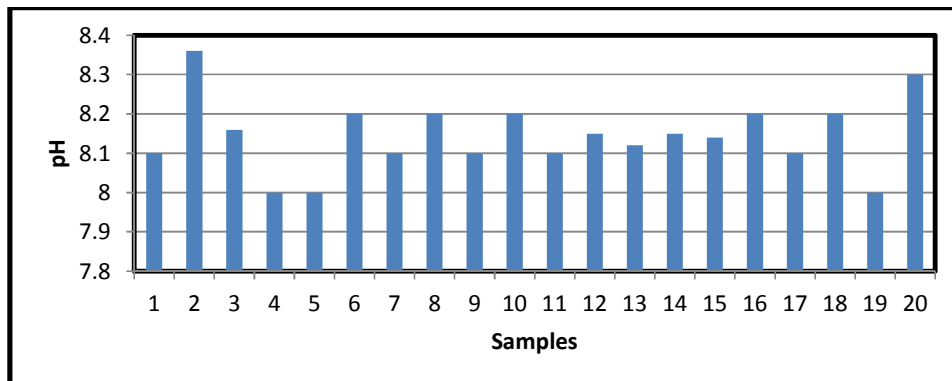


Figure n°2: pH variation of the samples

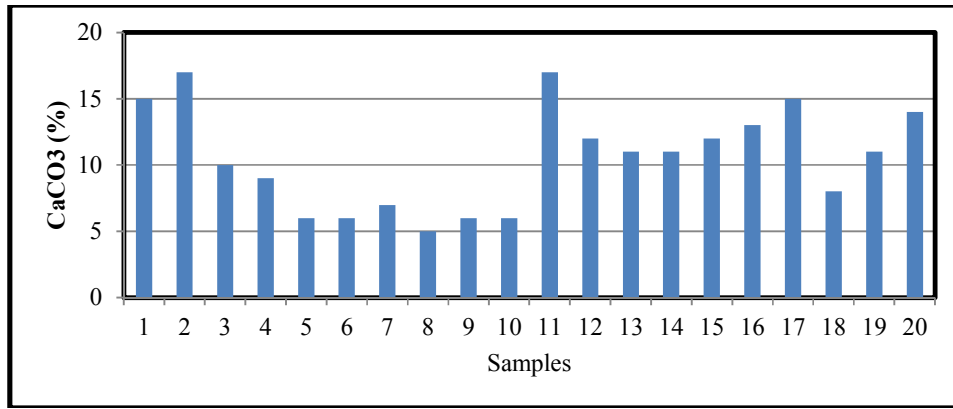


Figure n°3 : Percentage variation of total limestone of the samples

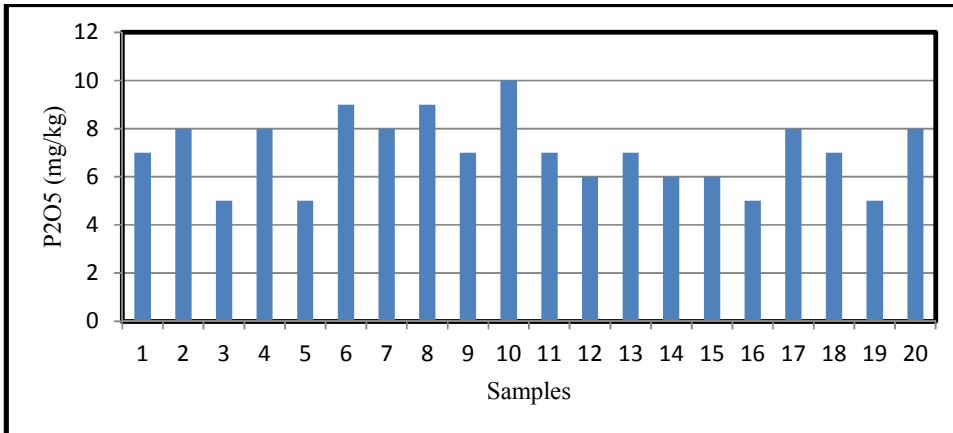


Figure n°4 : Variation of assimilable phosphorus of the samples

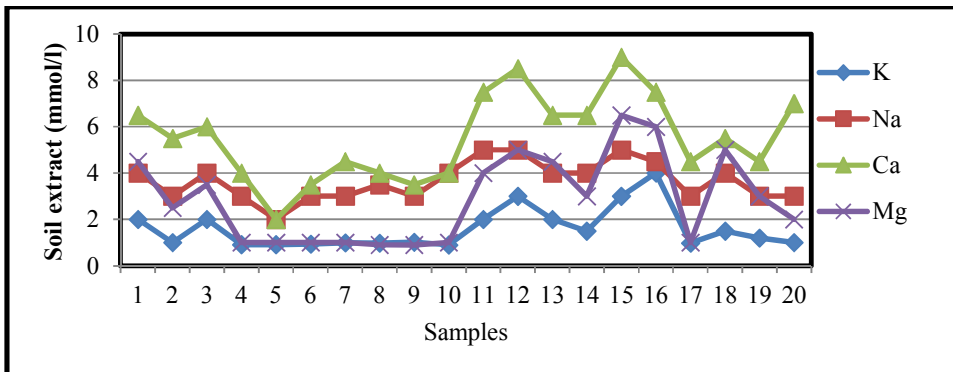


Figure n°5: Percentage variation of the chemical elements (Ca, K, Na, Mg) samples

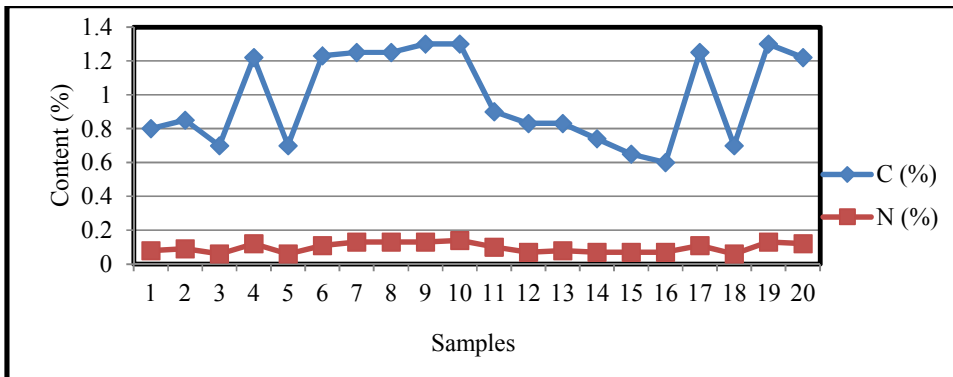
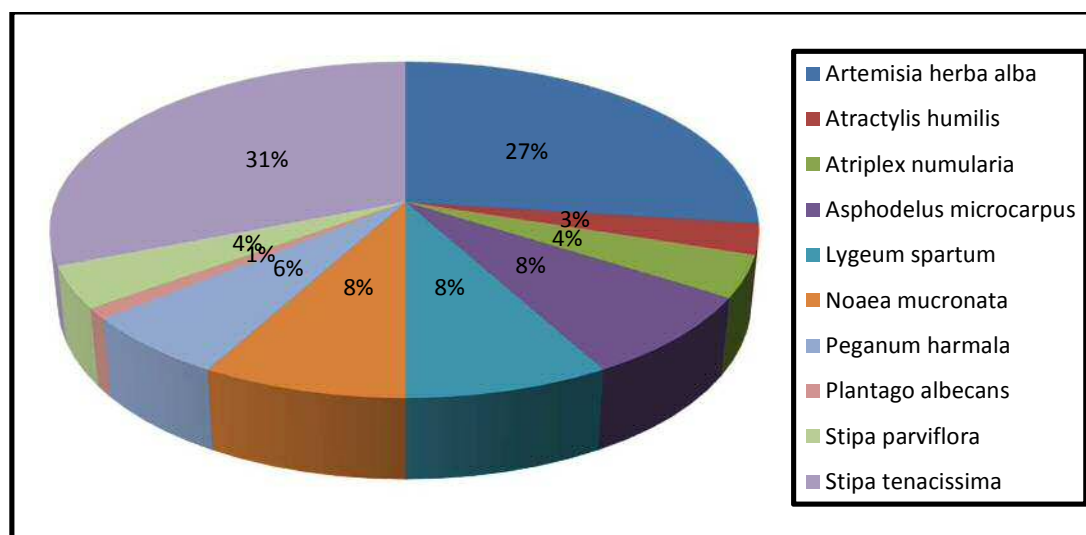


Figure n°6 : Percentage Variation carbon and nitrogen of the samples



## 2. The phytomass evolution

The analysis of the plant species spectrum in the study area is given in **Figure n°7**.



**Figure n°7:** Distribution of plant species in the study area

This spectrum shows a dominance of *Stipa* species *tenacissima* and *Lygeum spartum* two endemic species that live in their ecological sites, However, the presence of species: *Peganum harmela*, *Noaea mucronata* and *Atractylis humilis* reflects the trend of this area degradation, same remark was given by [16,17,18]. The quantitative estimation of the total phytomass for all samples is given in **Table n°1**.

**Tablen°1:** Evaluation of the total phytomass.

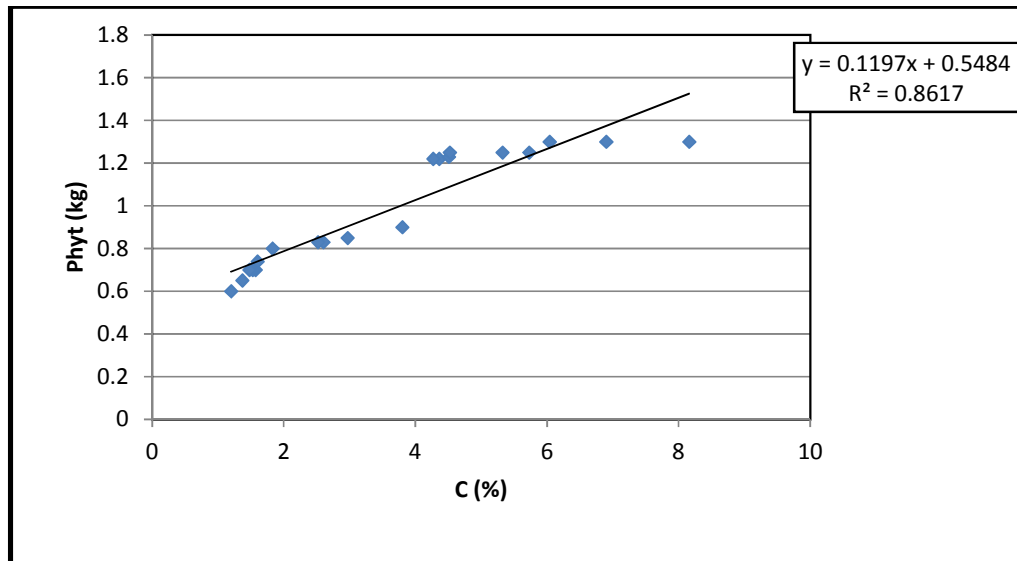
N° Rel	Tot.Phyt (kg/ha)
01	435.71
02	707.14
03	373.80
04	1038.09
05	364.28
06	1073.80
07	1266.66
08	1076.19
09	1642.85
10	1438.09
11	904.76
12	619.04
13	600.00
14	380.95
15	326.19
16	285.71
17	1364.28
18	352.38
19	1942.85
20	1016.66

The evaluation of the total phytomass of stations studied reveals a great difference. The maximum value is in R19 stations with a value of 1942.85 kg / ha. Where the recovery vegetation rate is very important. The lower phytomass is that of R16 stations with a value of 285.71kg / ha, It is the station where the global recovery is weakest. Same values found by [19,20,21].

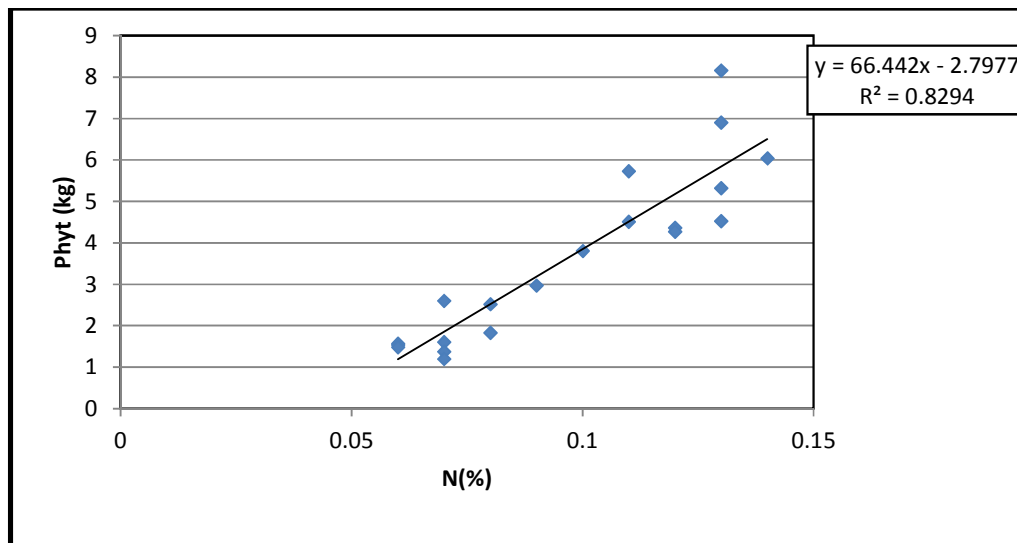
## 3. Interaction between phytomass and soil parameters

At the study area the phytomass either aboveground or underground remains relatively low and is only an indicator of soil conditions, climate and the strong pressures that constantly exert it. What seems worrying is the very weak development of the underground part, it is fairly balanced with aerial phytomass. such an ecosystem the root system should experience important development [22,23]. Soil analysis has brought some answers to this finding, physical and chemical characteristics of the soil does not allow a proper development of the plant, combined with a very paltry rainfall and very low winter and spring temperatures [24,25].

Interaction between the total phytomass and carbon content gave us a good correlation with a coefficient of determination  $R^2 = 0.86$ , the second interaction is confirmed with the nitrogen content with a  $R^2 = 0.82$ , which verifies the importance of these two nutrients in the distribution of the total phytomass (**figure n°8,9**).



**Figure n°8:** Interaction between the total phytomass and carbon



**Figure n°9:** Interaction between the total phytomass and nitrogen

In general, phytomass is low at all stations, and we can say that this steppic zones explains the significant destruction of vegetation, resulting a greater fragility of the soil to erosion[26].

#### 4. Analysis of the phytomass distribution

To analyze the distribution of phytomass at the study area, we used the statistical method of principal component analysis "PCA", which consists in finding homogeneous groups, that contain the factors having an affinity between them (**Figure n°10, 11**)

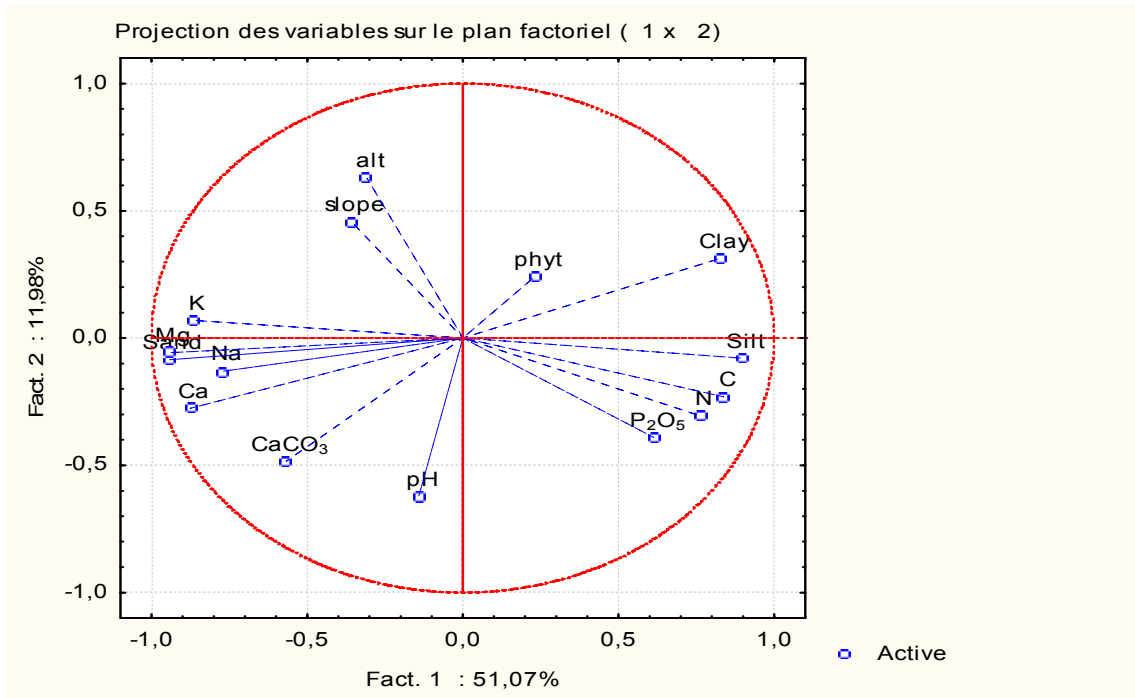


Figure n°10: Distribution of soil characteristics and the total phytomass

The analysis of the “PCA”, has shown us that there's a direct interaction between the physico-chemical soil characteristics and the distribution of the total phytomass:

The first axis summarizes 51.07% Information and shows a positive correlation between all parameters of fertilization of the soil, such as silty clay texture, the contents of carbon, phosphorus and nitrogen that promote development a large phytomass that can reach up to 8,16kg / 42m<sup>2</sup>(1942,85 kg/ha).

The second axis summarizes 11.98% of the information reflecting the presence of a second group that represents all the parameters promoting edaphic aridity,such as salinity and lime content, because the salts reduces the mobility of free water in the soil and consequently decrease the total phytomass(**figure n°4**),[27,28].

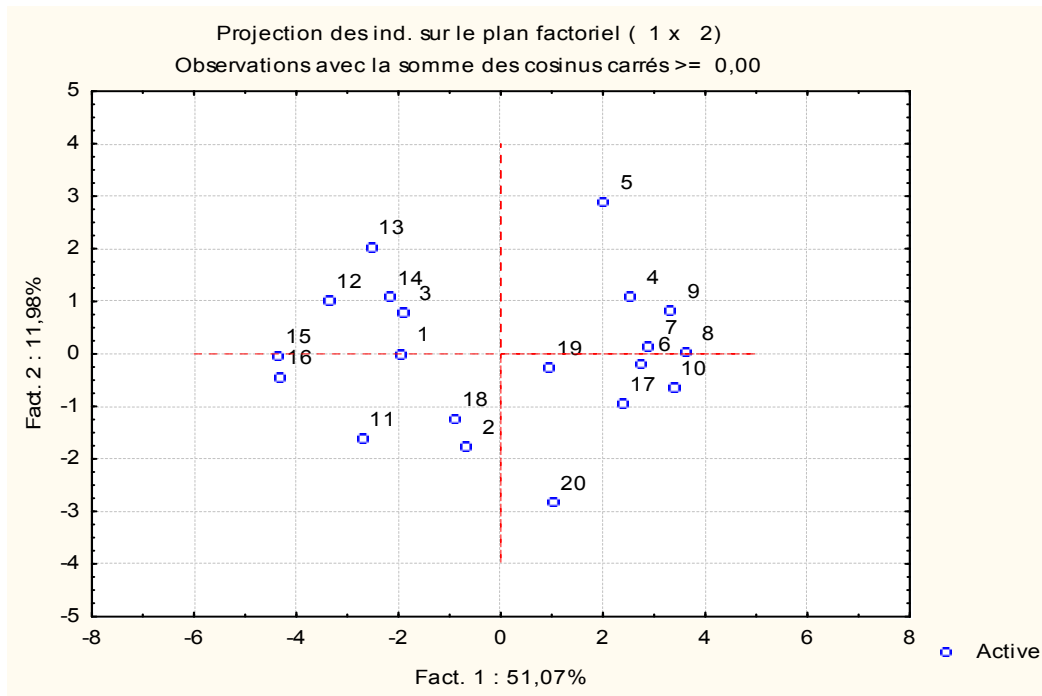


Figure n°11: Distribution of stations in area study

For the distribution of stations, the first group includes 10 stations (4,5,6,7,8,9,10,17,19 and 20) that have a high phytomass diametrically opposed to the group with the other 10 stations with an average and low phytomass, This confirms the distribution of nutrients of the soil in the first group and the presence of edaphic aridity elements in the second group (**figure n°5**).[29,30].

### CONCLUSION

In this study in the Mamoura area, we could show that the soils of the steppe zone are low in nutrients which led to the installation of a more or less vegetation cover. Searching for interactions between the total phytomass and edaphic characteristics, applying the principal component analysis "PCA" for 20 samples revealed that this phytomass is significant interaction with the soil nutrient, especially carbon with correlation  $R^2 = 0.86$  and the nitrogen with an  $R^2 = 0.82$ .

In the study area, the phytomass is relatively low and is one indicator of edaphic conditions. In such a steppe ecosystem, the root system must have a greater development. Soil analysis has brought some answers to this finding. Physical and chemical characteristics of the soil does not allow a proper development of the vegetation, combined with very low rainfall and very low winter and spring temperatures, the vegetal does not have the minimum for development according to its physiology.

### REFERENCES

- [1].Aidoud A., LE Floch E., Houerou H.N., 2006. Les steppes arides du nord de l'Afrique. Sécheresse 17, n°1-2, 22-27.
- [2].Khaldi A. et A. Dahane ,2011. Elevage et processus de la désertification de la steppe Algérienne. Revue d'Ecologie-Environnement n° 7 :101-112.
- [3].Pouget M. (1980): Relation sol végétation dans la steppe sud algéroise. Ed. ORSTOM.
- [4].Henni M., Z. Mehdadi, 2012. Evaluation préliminaire des caractéristiques édaphiques et floristiques des steppes à armoise blanche dégradées réhabilitées par la plantation d'Atriplex dans la région de Saïda (Algérie occidentale), Acta Botanica Gallica. Vol.159 : 43-52.
- [5].Nedjraoui D. et S. Bedrani, 2008. La désertification dans la steppe Algérienne : causes, impacts et actions de lutte. Vertigo (2008), vol. 8 n°1.
- [6].CRBT, 1978. Rapport phytoécologique et pastoral sur les hautes plaines steppiques de la wilaya de Saïda. 256p
- [7].B.N.E.D.E.R,1992. Etude du développement agricole de la wilaya de Saïda. Rapport final, 212-215.
- [8].Soltner.D,2015. Les bases de la production végétale -Tome I :Le sol. 26e édition : 65-90.
- [9].Boudehri.F,2012. Diagnostic phytoécologique des nappes alfatières de l'interface, région tellienne-steppique, wilaya de Saïda, Algérie-Magister Univ. USTHB, Alger :90-100.
- [10].Daget P. et Godron M., 1995. Pastoralisme, troupeaux, espace et société. Ed. Hatim p 76-98 et 451-454.
- [11].Lasloudji K., et al., 1990 . Contribution à l'évaluation phytoécologique et pastorale dans une mise en défens dans la région de Ain Skhouna (wilaya de Saïda).Univ-Alger. pp85-90.
- [12].Tessier D,1984..Etude expérimentale de l'organisation des matériaux argileux : hydratation, gonflement et structuration au cours de la dessiccation et de la réhumectation. INRA 361p
- [13].Dinon E., Gerstmans. 2008. L'Influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes, Université de Liège.
- [14].Ruellan A.1980. Caractérisation des sols calcaires à régime hydrique xérique ou aridique. Third International Soil Classification Workshop. Damascus (1-7)
- [15].Droubi A., Fritz B., Tardy Y.,1976. Equilibres entre minéraux et solutions. Programmes de calcul appliqués à la prédiction de la salure des sols et des doses optimales d'irrigation. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol, XIV, no 1, 1976 : 13-38
- [16].Oulbachir K., Dellal A., Bekki A., 2009. European Jour of Scientific Research, 36(8),407-417..
- [17].Bessaih A. ; B. Hellal ; N. Ayad,2014. Réhabilitation par l'atriplex des parcours steppiques du sud de la préfecture de saïda (Algérie occidentale) European Scientific Journal vol.10, No.32: 80-92.

- [18]. **Bouchetata T.B, 2001.** Analyse et intégration des données écologiques dans une base de données :cas de la zone steppique de Nâama, Thèse Magister Univ.Mascara, 25- 26.
- [19]. **Gounot M., 1969.** Méthode d'étude quantitative de la végétation. Ed. C.N.R.S. 305-310
- [20]. **Aidoud A.,1996 .** La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima*) graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes, Vol 7, p 187-193.
- [21]. **Bencherif S.,2011.** L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe Algérienne : Evolution et possibilités de développement, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement Paris: 295p.
- [22]. **Benabdeli K. ,1996.** Evaluation écologique des paysages, classification, potentialités et aménagement du territoire. Séminaire régional sur l'aménagement du territoire. Arzew (Algérie). 20-21 Mars 1996.
- [23]. **Nedjimi B. ,2012.** Seasonal variation in productivity, water relations and ion contents of *Atriplex halimus* spp. *schweinfurthii* grown in Chott Zehrez wetland, Algeria. *J. Saudi Soc. Agri. Sci.*, 11: 43-49.
- [24]. **Le Houerou H.N., 1985.** La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission de consultation et d'évaluation. 18 Nov., 2 Déc. 1985, ministère de l'Agriculture, Alger.
- [25]. **Claudin J. et al., 1975.** Etude bioclimatique des steppes Algériennes (avec une carte au 1/1000000) *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du nord*, Alger.
- [26]. **Mederbal K, Josa R, Mas MT, Verdu AMC, Tedjeddine N, Regagba Z, Ouldali O, Khader M ; Boukhari Y., 2010.** Contribution à l'étude de la qualité des sols de la steppe algérienne (cas du secteur « El bayadh- Brezina » Ouest de l'Algérie. Séminaire International « La Préservation et la Mise en Valeur de l'Ecosystème Steppique » . Université de M'SILA. F.S.S.I - Département d'Agronomie. M'Sila, Algeria.
- [27]. **Haltim A., 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. Ed. OPU, 191-225.
- [28]. **Bourahla L., 2015.** Microbial biomass behaviour in Algerian steppe soils, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2015, 7(11):41-47
- [29]. **Kadi-Hanifi H., 2003.** Diversité biologique et phytogéographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. *Note méthodologique. Sécheresse* 2003 ; 14 (3) :169-179.
- [30]. **Mederbal K; Josa R; Mas MT; Verdu AMC; Tedjeddine N; Regagba Z; Ouldali O; Khader M; Boukhari Y., 2010.** Ecosystèmes steppiques (cas El bayadh- Brezina ) : caractérisation et proposition d'une fiche de travail sur terrain. Séminaire International « La Préservation et la Mise en Valeur de l'Ecosystème Steppique ». Université de M'SILA. F.S.S.I - Département d'Agronomie. M'Sila, Algeria.