

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



Université de El Hadj Lakhdar
- Batna -



Faculté des sciences
Département d'agronomie

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Magister en Sciences

Agronomiques

Spécialité : Protection de l'environnement

Option : Gestion des ressources naturelles

Et environnement

Présenté par :

Madani Djamilia



Devant la commission d'examen :

Pr BOUDOUKHA A

Professeur Université de Batna

Président

Dr BENSALD R.

Maitre de conférences Batna

Rapporteur

Dr KRIBAA M

Maitre de conférences Sétif

Examineur

Dr. MALKI H

Chargé de cours Batna

Examineur

2007 / 2008

Table des Matières :

Introduction	01
Première partie : Etude bibliographique	
Chapitre I : Généralité sur les zones à déficit hydrique	
1-la notion d'aridité	03
2-répartition des zones arides	05
2-1-dans le monde	05
2-2-dans l'Algérie	06
3-Conclusion	07
Chapitre II : Les sols en zone à déficit hydrique	
Introduction	08
1-les sols salés	09
Introduction	09
1-1-définition et dénomination des sols salés	09
1-1-1-les sols salés	09
1-1-2-les sels	10
1-1-3-le sodium	10
1-2-origine de la salinité des sols	10
1-2-1-facteurs intervenant dans le processus de salinisation	10
1-2-2-salinisation primaire	11
1-2-2-1-salinisation géologique	11
1-2-2-2-salinisation marine et lagunaire	11
1-2-3-salinisation secondaire	11
1-3-principales caractéristiques des sols salsodiques	12
1-3-1-salinité globale	12
1-3-2-pH	12
1-3-3-composition en sels	13
1-3-4 – SAR	13
1-3-5 – ESP	14
1-4-type de profils salins	14
1-5-répartition des sols salés	15
1-5-1-dans le monde	15
1-5-2-en Algérie	17
1-6-classification des sols salsodiques	19
1-7-effet de la salinité sur le sol et les végétaux	20
1-7-1-effet sur le sol	20
1-7-2- effet sur les végétaux	20
1-8- Conclusion	21
2-les sols gypseux	21
Introduction	21
2-1-définition et dénomination des sols gypseux	21

2-1-1-gypse.....	21
2-1-2-sols gypseux.. ..	21
2-2-origines des accumulations gypseuses.....	22
2-2-1-origine de nappes.....	22
2-2-2-origine lagunaire.....	22
2-2-3- origine éolienne.	22
2-3-formes d'accumulations gypseuses.	23
2-4-caractéristiques des sols gypseux.. ..	23
2-4-1-propriétés physiques.....	23
2-4-1-1-texture.....	23
2-4-1-2-structure.....	24
2-4-1-3-porosité.....	24
2-4-2-propriétés chimiques de sols gypseux.	24
2-4-2-1-conductivité électrique.	24
2-4-2-2-pH.....	25
2-4-2-3-capacité d'échange cationique.	25
2-4-2-4-composition du complexe absorbant et de la solution du sol.	25
2-4-2-5-interaction gypse –calcaire.....	26
2-5- répartition des sols gypseux.....	26
2-5-1-dans le monde.....	26
2-5-2-en Algérie.....	29
2-6-classification des sols gypseux.	29
2-6-1-classification française.	29
2-6-2- classification américaine.....	30
2-6-3- classification FAO.....	30
2-7-effet du gypse sur le sol et la végétation.....	31
2-8- Conclusion.....	31
3-les sols calcaires.....	32
Introduction.....	32
3-1-définition et dénomination de sols calcaires.....	32
3-1-1-le calcaire.....	32
3-1-2-sol calcaire.....	32
3-2-origine du calcaire dans le sol.....	33
3-3-formes du calcaire dans le sol.....	34
3-3-1-distribution diffuse.	34
3-3-2-concentrations discontinues.....	34
3-3-3- concentrations continues.	35
3-4-propriétés des sols calcaires.....	35
3-4-1-pH.....	35
3-4-2-taux d'argile.....	36
3-4-3-matière organique.....	36
3-4-4-CEC.....	36
3-5-sols calcaires en Algérie.....	37

3-6-classification de sols calcaires	37
3-7-effet de calcaire sur le sol et les végétaux	37
3-8-Conclusion.	38
Conclusion.....	39

Chapitre III : Végétation en zone à déficit hydrique

1-les formations forestières et dégradation forestières	41
1-1- les forets.....	41
1-2-matorrals	41
2-les formations steppiques.....	41
2-1-les steppes à chamaephytes.....	42
2-2-les steppes à crassulescentes.....	42
3- les principaux groupements végétaux.....	43
3-1-les groupements végétaux de type zonal	43
3-2- les groupements végétaux de type azonal.	44
3-2-1-groupements halophiles.....	44
3-2-2- groupements des sols à encroutements gypseux.	45
3-2-3- groupements gypseux –halophiles	46
3-2-4- groupements psammophiles.	46
4-caractéristiques générales des espèces végétales	46
4-1-types biologiques.	47
4-2-adaptation morphologique et anatomique	48
4-3- adaptation physiologique.....	48
4-4 Augmentation du rapport parties souterraines / parties aériennes.....	48
5-action de l'homme.....	49
5-1-le surpâturage.....	49
5-2-extension des surfaces cultivées (principalement en céréales).....	50
5-3-l'éradication des espèces ligneuses.	50
6- Conclusion.	50

Deuxième partie : Etude de milieu et méthodologie

Chapitre I : Etude de milieu

1- le climat.....	52
1-1- les précipitations.	52
1-1-1 – Variation annuelle	52
1-1-2 – Variation saisonnière	53
1-2 La température.	54
1-2-1 – Variation saisonnière.....	56
1-3 - L'évapotranspiration potentielle (ETP).....	57
1-4 – Humidité relative.	59
1-5 – L'insolation.....	59
1-6 – Le vent.	60
1-7 – Les indices climatiques.....	61
1-7-1- Indice Demartonne (Ia).....	61
1-7-2 – Indice xérothermique de Bagnoulis et Gaussen (Ix)	63

1-7-3 – Le climagramme d’Emberger.....	65
1-8-Conclusion.....	67
2- Géologie	67
3- La géomorphologie.....	69
3 -1 – Les reliefs.....	69
3-2 – Les Surfaces plus ou moins plane (Glasis et terrsses)	70
3- 3 – Les dépressions.....	70
3-4- Les Accumulations sableuses	70
4- L’ Hydrologie.....	70
4-1 L ‘Hydrologie superficielle.....	70
4-2 L’Hydrogéologie	71
5- Présentation de la zone d’étude.....	71

Chapitre II : Méthodologie

1-analyse bibliographie des documents de base.....	73
2- les travaux sur terrain.....	73
2-1-description de la végétation existante (la flore).....	73
2-2-le sol.....	74
3 -Etude au laboratoire.....	74
3-1 Etude Floristique.....	74
3-1-1 La densité.....	74
3-1-2 La fréquence.....	75
3-1-3 Le coefficient d’abondance dominance.....	75
3-2 Les analyse de sol.....	75
3-2-1 mesures physiques.....	75
3-2-2 mesures chimiques et physico-chimiques	75

Troisième partie : Résultat et discussion

Chapitre I : Caractérisations physico-chimiques des sols

1- pH.....	78
2- le taux du calcaire total.....	78
3- les teneurs en matière organique.....	79
4- le gypse.....	81
5- étude de la salinité.....	82
5-1-conductivité électrique.....	82
5-2-bilan ionique de la solution du sol.....	83
5-2-1-concentration en cations.....	83
5-2-2- concentration en anions.....	83
6-étude de complexe adsorbant.....	85
6-1-les cations échangeables.....	85
6-2-la capacité d’échange cationique.....	86
7-le phosphore assimilable.....	88
8-la texture des sols.....	89
9- Conclusion.....	93

Chapitre II : Caractérisation floristique

1- composition floristique.	95
2- la richesse floristique.	95
3- la densité.	100
4- types biologiques.....	102
5- origine et affinité phytogéographique.....	103
6- Conclusion.	104

Chapitre III : Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques

1- Relation entre la densité végétale et quelques facteurs édaphiques.	105
1-1 Station 1.	105
1-1-1 Relation entre la densité végétale et le taux de calcaire total.	105
1-1-2 Relation entre la densité végétale et le taux de gypse.	106
1-1-3 Relation entre la densité végétale et la salinité.....	106
1-1-4 Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin.....	107
1-1-5- Conclusion.....	107
1-2-station 2.....	108
1-2-1-relation entre la densité végétale et le taux de calcaire total.....	108
1-2-2- relation entre la densité végétale et le taux de gypse.....	108
1-2-3- relation entre la densité végétale et la salinité.....	109
1-2-4- relation entre la densité végétale et le taux de sable fin.....	110
1-2-5-Conclusion.....	110
1-3-station 3.	110
1-3-1-relation entre la densité végétale et le taux de calcaire total.....	110
1-3-2- relation entre la densité végétale et le taux de gypse.....	111
1-3-3-- relation entre la densité végétale et la salinité.....	112
1-3-4-- relation entre la densité végétale et le taux de sable fin.....	113
1-3-5- Conclusion.....	113
1-4- station 4.....	113
1-4-1- relation entre la densité végétale et le taux de calcaire total.....	113
1-4-2- relation entre la densité végétale et le taux de gypse.....	114
1-4-3- relation entre la densité végétale et la salinité.....	115
1-4-4-relation entre la densité végétale et le taux de sable fin.....	116
1-4-5- Conclusion.....	116
2- Détermination de corrélations entre la densité végétale et quelques propriétés physico- chimiques du sol.....	116
2-1 Relation entre la densité végétale et le taux de gypse.....	116
2-2 Relation entre la densité végétale et le taux de calcaire.....	117
2-3 Relation entre la densité végétale et la salinité.....	117
2-4 Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin.....	117
Conclusion générale.....	118

Références bibliographiques.

Annexes.

Liste des tableaux :

N	Titre	P
1	Superficies des zones arides du l'Algérie en 10 ³ Km ² (Le Houerou, 1995, modifié).	07
2	classe de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux à 25 °c cité in Mathieu et al (2003).	12
3	Répartition des sols salés dans le monde (Szablocs, 1994).	17
4	Distribution des sols gypseux dans le monde (F.A.O., 1990).	28
5	les sols gypseux dans la classification française (CPCS, 1967).	29
6	Calcul de l'indice de Demartonne pour les trois stations.	62
7	Classification des trois stations selon Demartonne (Guyot, 1999).	62
8	Résultat D'analyse du pH –eau 1 / 2.5)	78
9	Résultat D'analyse du taux en Calcaire Total en %	79
10	Résultat D'analyse du taux en matière organique	81
11	Résultat D'analyse du taux en gypse en %	82
12	Résultat D'analyse de la CE 1/5 à 25 ° c (DS/ m)	83
13	Résultats d'analyse de bilan ionique de la solution du sol (ions en meq/l) du profil n°2	84
14	Résultats d'analyse de bilan ionique de la solution du sol (ions en meq/l) du profil n°3	84
15	Résultats d'analyse de bilan ionique de la solution du sol (ions en meq/l) du profil n°4	84
16	Résultat d'analyse du complexe absorbant et la CEC du profil n°1	87
17	Résultat d'analyse du complexe absorbant et la CEC du profil n°2	87
18	Résultat d'analyse du complexe absorbant et la CEC du profil n°3	87
19	Résultat d'analyse du complexe absorbant et la CEC du profil n°4	88
20	Résultat d'analyse du phosphore assimilable en ppm	89
21	Résultat d'analyse granulométrique du profil n°1	92
22	Résultat d'analyse granulométrique du profil n°2	92
23	Résultat d'analyse granulométrique du profil n°3	92
24	Résultat d'analyse granulométrique du profil n°4	93
25	Espèces inventoriées suivant les différentes familles .	95
26	Espèces inventoriées suivant les différentes catégories biologiques (vivaces et éphémères) .	96
27	Richesse totale des 4 stations.	97
28	Richesse stationnelle des 4 stations	98

29	Espèces inventoriées dans la station 1 (Richesse floristique en %)	98
30	Espèces inventoriées dans la station 2 (Richesse floristique en %)	99
31	Espèces inventoriées dans la station 3 (Richesse floristique en %)	99
32	Espèces inventoriées dans la station 4 (Richesse floristique en %)	100
33	Répartition des familles suivant les 04 stations	100
34	Densité en plantes de différentes stations.	101
35	Répartition des espèces selon leur type biologique.	102
36	Distribution de l'appartenance phytochrique (d'après le Houerou, 1995).	103

Liste des Figures :

N	Titre	P
1	Carte des zones arides dans le monde (Wri, 2002).	05
2	répartition des précipitations dans le nord de l'Algérie FAO 2005	06
3	type de profils salins (SERVANT, 1976)	15
4	Distribution des sols salés en Afrique (classification de Aubert, 1970).	17
5	Représentation schématique de la distribution de quelques domaines pédologiques dans le nord de l'Algérie (Djili, 2000)	18
6	Carte des sols dominants de l'Algérie (FAO, 2005)	18
7	Distribution des sols gypseux dans le Nord et l'Est de l'Afrique, sud de l'Europe et dans le Sud Est de l'Asie (Van Alphan et Romero, 1971).	27
8	schéma de l'évolution de la végétation dans l'étage aride (d'après Claudin et al., 1975).	40
9	Zones écologiques de l'Algérie (Salamani <i>in</i> Nedjraoui, 2003, modifiée).	44
10	Variation mensuelle moyenne de la hauteur des pluies au niveau des trois stations	53
11	Variation saisonnière de la hauteur de pluies au niveau des trois stations.	54
12	Variation mensuelle moyenne de la température pour les trois stations étudiées.	56
13	Variation saisonnière de la température au niveau des trois stations.	57
14	Evapotranspiration mensuelle moyenne selon la formule Thornthwaite au niveau des trois stations.	58
15	Humidité relative mensuelle moyenne en (%) au niveau des trois stations.	59
16	Le nombre moyen d'insolation au niveau des trois stations.	60
17	Vitesse mensuelle moyenne de vents au niveau des trois stations.	61
18	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Batna.	64
19	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Barika.	64
20	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Biskra.	65
21	Le climagramme du quotient pluviométrique Q_2 d'Emberger de trois stations d'étude.	66
22	Carte Géologique de la zone d'étude	68
23	Situation géographique de la zone d'étude.	72
24	Nombre des espèces par catégories biologiques de quatre stations	97
25	Nombre des familles par différentes stations	98
26	Densité des plantes de 04 stations.	101
27	Spectre biologique de Raunkier.	102

28	Relations entre la densité végétale et le taux de calcaire total (Station n1)	105
29	Relation entre la densité végétale et le taux de gypse (Station1).	106
30	Relation entre la densité végétale et la salinité (station1).	107
31	Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin (station1).	107
32	Relations entre la densité végétale et le taux de calcaire total (Station 2)	108
33	Relation entre la densité végétale et le taux de gypse (Station 2).	109
34	Relation entre la densité végétale et la salinité (station2).	109
35	Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin (station2).	110
36	Relations entre la densité végétale et le taux de calcaire total (Station 3)	111
37	Relation entre la densité végétale et le taux de gypse (Station 3).	112
38	Relation entre la densité végétale et la salinité (station3).	112
39	Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin (station3).	113
40	Relations entre la densité végétale et le taux de calcaire total (Station 4)	114
41	Relation entre la densité végétale et le taux de gypse (Station 4).	115
42	Relation entre la densité végétale et la salinité (station4).	115
43	Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin (station4).	116

Remerciement

Avant de présenter les résultats de ce modeste travail, qu'il me soit permis de remercier tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.

Je remercie avant tout ALLAH tout puissant, de m'avoir guidé toutes les années d'étude et m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Mes remerciements vont d'abord à mon rapporteur Mr **BENSAID R.**, du département d'Agronomie, pour avoir accepté de diriger ce travail tout le long de sa réalisation.

Mr le professeur **BOUDOUKHA**, université de Batna, qui a bien voulu présider mon jury. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Mr **KRIBAA**, maître de conférences à l'université de Sétif et au **Dr MALKI**, du département d'Agronomie de Batna pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Enfin, quelques pensées vont à mes amies et tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Introduction

Introduction :

Les zones à déficit hydrique occupent une position charnière bien particulière en Algérie. Elles reçoivent de 100 à 300 mm de pluie moyenne annuelle (Nedjraoui,2003) et couvrent de très grandes surfaces. Elles sont caractérisées par une longue sécheresse estivale (4 à 6 mois) et par des conditions édapho-climatiques très contraignantes à la survie spontanée des êtres vivants

Néanmoins, cet écosystème reste un milieu vivant pourvu d'un couvert végétal particulier, adapté aux stress édapho-climatique d'une part et anthropogène d'autre part. Donc les sols dans ces régions exercent une influence sélective sur la végétation et inversement la végétation influence le sol à chacune d'elles correspondent des sols typiques

Le présent travail entrepris sur le terrain s'est traduit par une observation conjointe de la végétation et du sol selon deux principes de base qui ont été respectés tout au long de l'ensemble de la prospection où à chaque relevé de végétation est associé systématiquement un profil de sol et le choix de l'emplacement du relevé procède d'un accord d'homogénéité écologique, floristique et physiologique.

L'objectif de ce travail est de faire ressortir l'impact de la végétation sur le sol et vice-versa dans le milieu à déficit hydrique et de donner d'autres informations utiles, de contribuer ou d'expliquer la structure en mosaïque de la végétation de ce milieu.

Cette étude prend en compte d'une part, l'analyse des principaux facteurs édaphiques (caractéristiques physico-chimiques du sol) qui déterminent la distribution des communautés végétales et l'inventaire de la flore à travers une analyse quantitative et qualitative (densité d'espèce, fréquence, types biologiques) et d'autre part, les relations entre les facteurs édaphiques et la végétation.

Introduction

Le présent travail est scindé en 03 parties :

- la 1^{er} partie : aperçu général sur les sols et les végétaux de la zone à déficit hydrique.
- La 2^{eme} partie : une présentation des caractères généraux de la zone d'étude et la méthodologie.
- La 3^{eme} partie : les résultats et discussions et enfin une conclusion générale.

Première Partie: Etude Bibliographique

Chapitre I : Généralité sur les zones à déficit hydrique:

La zone aride est caractérisée à la fois par son climat toujours peu pluvieux, et parfois très sec, et très irrégulier, et par sa végétation herbacée ou frutescente, rarement arborée.

Elle est subdivisée en zone désertique (hyper aride), zone aride proprement dite et zone subaride (semi aride), en fonction des conditions climatiques, et, partant, des caractères de la végétation, à chacune d'elles correspondent des sols typiques (Aubert, 1960).

L'aridité ne doit pas être confondue avec la sécheresse, concept météorologique à référence temporelle- phénomène conjoncturel (période, année sèche).

L'aridité a de fortes implications hydrologiques et édaphiques dont elle est indissociable (Aggoussine, 2003).

L'Algérie est classée comme étant une zone semi- aride à aride du fait de l'importance de l'évapotranspiration par rapport aux précipitations. Selon Halitim (1988), la zone aride couvre près de 95% du territoire national, dont 89,5% dont le domaine hyper aride (saharien) (Nedjraoui, 2003).

1- La notion d'aridité :

Malgré l'importance des travaux (De Martonne, 1926; Tornthwaite, 1948 ; Emberger, 1955 ; Bagnouls et Gaussen, 1957 ; Du bief, 1963 ; Vernemmen, 1969 ; Le Houerou, 1975) cités in Halitim (1988) et consacrés à l'aridité et en particulier à sa définition et à sa quantification, ce concept n'est pas encore bien connu.

Il est difficile de définir un milieu aride, une telle définition tient compte des notions diverses relevant de la climatologie, de la morphologie et de la biologie (surtout végétale) (Le Houerou, 1995).

Selon Aggoussine (2003), l'aridité ne peut être définie uniquement par de faibles précipitations moyennes annuelles, mais aussi par leur irrégularité dans l'espace et dans le temps et par une forte évapotranspiration. Les jours où il ne tombe que des gouttes ou des précipitations non mesurables (inférieur à 5 mm) peuvent être 3 à 4 fois plus nombreuses que les jours de précipitations mesurables, Ces jours sont d'autant plus nombreux que l'aridité est grande.

En effet, pour une répartition identique de la pluviosité au cours de l'année et pour une même hauteur annuelle des précipitations efficaces, les différents types de sols ne présentent pas les mêmes réactions à l'aridité climatique. C'est ainsi que certains sols permettent au végétal d'avoir une période de végétation plus longue et ceci uniquement en fonction des caractéristiques physico- chimiques de leurs horizons (Floret et Pontanier, 1984)

L'aridité n'est pas due uniquement au climat, mais essentiellement à une action humaine (le déboisement, l'incendie, le pâturage intensif, etc.) : la dégradation anthropique du tapis végétal entraîne une augmentation des maximums des températures et celle du sol à pour effet de diminuer les capacités de stockage de l'eau : ce type de dégradation concluent Stewart (68), Daget (1977 a), Pouget (1980 b), Floret et Pontanier (1982), Conjuguent les effets pour renforcer l'aridité d'origine climatique.

Généralement la zone aride est subdivisée en trois domaines comme suit (Emberger 1955 ; le Houerou, 1975) :

- Le domaine hyper aride dont la pluviométrie est inférieure a 100 mm.
- Le domaine aride proprement dit dont la pluviométrie est comprise entre 100 et 300- 400 mm.
- Le domaine semi- aride dont la pluviométrie est comprise entre 300- 400 mm et 600 mm. Selon certains écologistes, le terme désert vrai devrait être réservé de façon exclusive aux zones à climat hyper aride (Ramade, 2003).

2- Répartition des zones arides :

2-1- Dans le monde :

Wri (2002) vient de proposer pour classer la zone aride de considérer les valeurs du rapport ratio précipitation annuelle / évapotranspiration potentielle moyenne annuelle (Figure 1), le monde à été divisé en :

- La zone hyper aride couvrant environs 11 millions de Kilomètres carrés, soit 8% des terres totales et elle correspond principalement au désert du Sahara.
- Les zones arides, semi-arides et subhumides sèche et couvrent près de 54 kilomètres carrés, se rencontrent surtout dans continents, mais elles sont principalement concentrées en Asie et Afrique

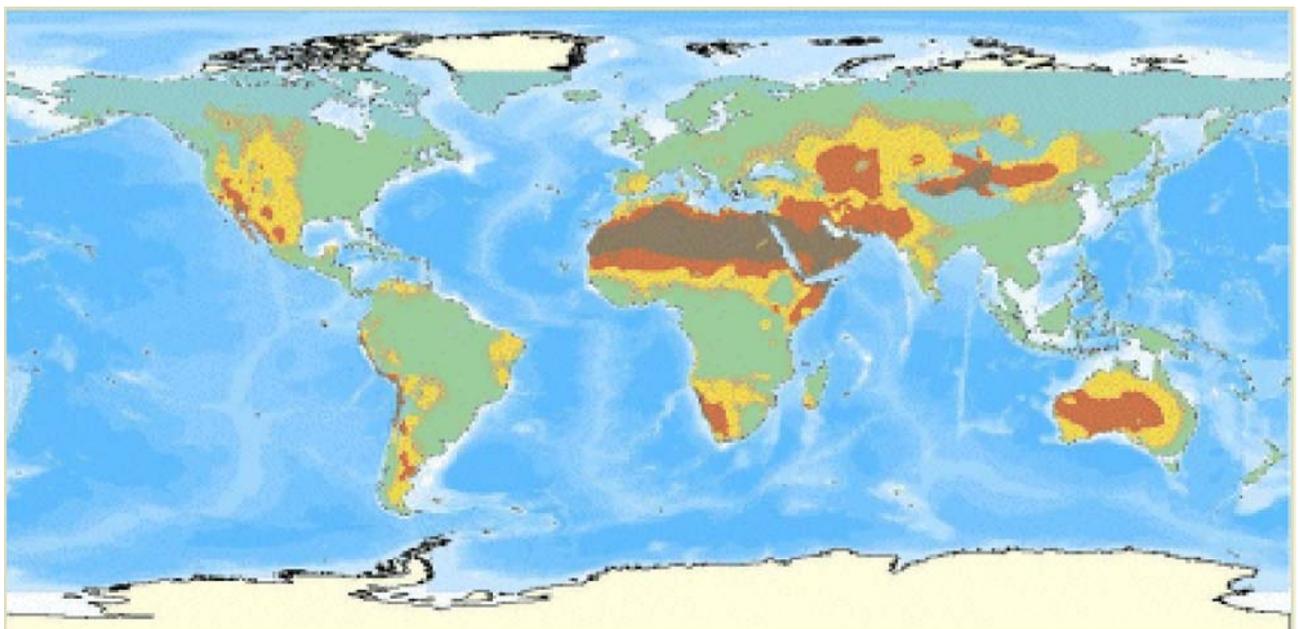


Figure 1 : Carte des zones arides dans le monde (wri, 2002)

2-2- Dans l'Algérie :

La classification bioclimatique d'Emberger et sauvage a été largement adoptée en régions méditerranéennes. Cinq étages du bioclimat méditerranéen ont été définis pour l'Algérie : Saharien, aride, semi aride, sub- humide et humide (Figure 2).

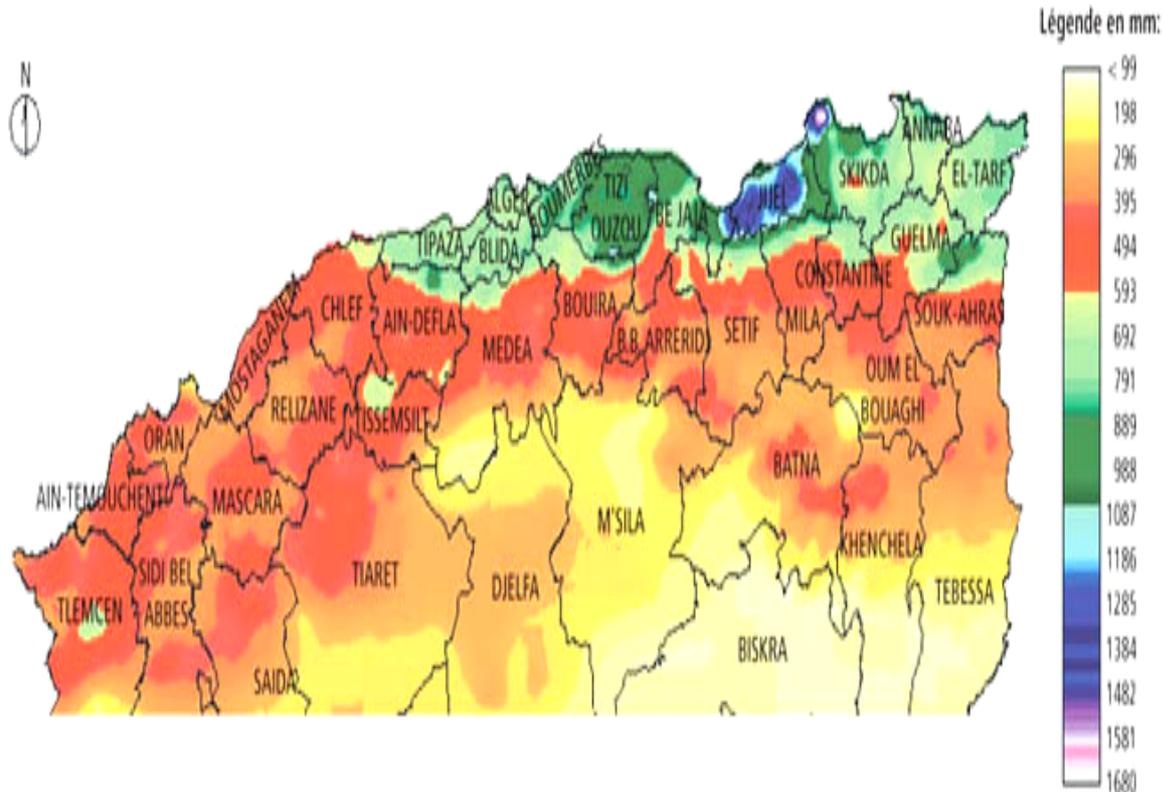


Figure 2 : Répartition des précipitations dans le nord de l'Algérie FAO 2005.

On distingue selon Nedjraoui (2003) :

- Le semi- aride : 300- 600 mm.
- L'aride : 300- 100 mm.
- Le Saharien < 100 mm qui occupe 89,5% la superficie totale de l'Algérie. La superficie des zones arides en Algérie selon le Houerou (1995) est de 216000 Km², et 386000 Km² de zones hyper arides supérieur (Tableau n1).

Tableau 1 : Superficies des zones arides d'Algérie en 10³ Km²**(Le Houerou, 1995, modifie) :**

Pluviosité moyenne	La superficie
Semi- aride à humide P> 400	181
Aride supérieur 400> P> 300	59
Aride moyenne 300> P> 200	70
Aride inférieur 200> P> 100	87
Zone aride total	216
Hyper aride supérieur	386

3-Conclusion :

L'aridité se manifeste surtout par ses conséquences :

- édaphiques : extrême dénuement de la végétation, raréfaction et adaptations des êtres vivants.
- hydrologiques : faiblesse et irrégularité extrême des écoulements.
- géomorphologiques : processus d'érosion et d'accumulation spécifiques, pauvreté des sols.

Chapitre II : Les sols en zone à déficit hydrique

Introduction :

Dans les régions arides, les sols, d'une manière générale, posent d'énormes problèmes de mise en valeur. Ils présentent souvent des croûtes calcaires ou gypseuses et sont la plupart du temps salés et sujets à l'érosion et à une salinisation secondaire (AUBERT, 1960).

Les sols seront classés en fonction du niveau des sels, selon Halitim (1988) on distingue les types de sols suivants :

- Les sols accumulation de sels (au sens très large du terme sels)
- Les sols calcaires.
- Les sols gypseux.
- Les sols calcaires et gypseux.
- Les sols salés.

1- Les sols salés :

Introduction

Les sols salés ou sols halomorphes appelés actuellement sols salsodiques représentent un pourcentage important de la surface totale des sols dans le monde (Cherbuy, 1991). Ils se différencient naturellement sous les climats plus ou moins aride, mais aussi tempérés, maritimes ou continentaux, là où l'évaporation excède, les précipitations pluviales de façon permanente ou temporaire (Bouteyre et loyer , 1992). Par ailleurs le développement mondial de la culture irriguée entraîne et toujours une extension secondaire des terres salées liée à la dégradation chimique et physique des sols et à une mauvaise conduite de l'irrigation (Shainberg I, et Shalhevet J, 1984 ; Sumner, 1993 ; Gassemi et al, 1995 ; Cheverry et Bourrie ; 1998) cités par Claud et al (2005).

1-1-Définition et Dénomination des sols salés :

1-1-1-les sols salés : sont ceux dont l'évolution est dominée par la présence de forte quantités de sels solubles – plus solubles que le gypse- ou par la richesse de leur complexe absorbant en ions provenant de ces sels et susceptibles de dégrader leurs caractéristiques et propriétés physiques, en particulier leur structure, qu'ils rendent diffuse. Ces deux caractères de ces sols modifient également et diminuent le développement de leur végétation et des cultures que l'on peut y faire.

Certains des sols « salés » n'ont que l'un de ces caractères, d'autres présentent les deux à la fois (Aubert, 1983).

On parlera en général de sol salé lorsque la concentration en sels des solutions dépasse 0.5 g/ l cette concentration est le plus souvent mesurée par la conductivité électrique (CE) de la solution du sol saturée exprimée en mmhos/cm ou actuellement en décisiem en s/m (Robert, 1996).

Selon Calvet (2003) un sol est dit salé quand la conductivité électrique, est supérieure à 4 dS/m. Cependant la salinité d'un sol s'apprécie plus par le

comportement des plantes de sorte que cette limite peut être très différente selon la sensibilité des espèces végétales.

1-1-2- Les sels : les sels solubles sont tous les sels plus solubles à l'eau que le gypse. Leur concentration globale est généralement exprimée par la conductivité électrique qui représente en réalité la conductivité électrolytique (Halitim, 1988).

Les plus fréquents dans les régions arides et semi-arides sont surtout les chlorures et les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et à un moindre degré les carbonates de sodium (Servant, 1978 ; Halitim, 1988).

1-1-3- le Sodium : en excès dans le complexe absorbant du sol, peut dégrader la structure. Ces sols à structure diffuse sont souvent dénommés sols à alcali ou sodique (Aubert, 1983). Il apparaît que dans certains cas (richesse en humus, type d'argile) le magnésium peut aussi provoquer l'apparition de cette structure diffuse (Samoiloya, 1979).

1-2-Origine de la salinité des sols :

1-2-1- Facteurs intervenant dans le processus de salinisation :

Selon Wyn-jones et Gunston (1991), la salinisation des sols peut être due à :

- Lixiviation des sels solubles et / ou à l'évaporation qui déposent leurs sels dans les sols.
- En régime, non saturé, la remontée capillaire entraîne un transport des sels par flux de masse vers la surface du sol ou ils s'accumulent après évaporation de l'eau (Raju et al, 1993). Dans les mêmes conditions You et al (1999) cité in Djili et Daoud (1999) ont étudié expérimentalement la remontée capillaire et l'accumulation des sels en surface. Ils suggèrent que cette accumulation dépend de la profondeur de la nappe et la texture du sol.

D'après Cherbuy (1991), la salinisation d'un milieu implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire, et une salinisation anthropique, généralement liée à l'irrigation, que l'on appellera secondaire.

1-2-2- Salinisation primaire :

1-2-2-1- Salinisation géologique :

Les sels solubles peuvent provenir :

- Soit de l'altération des roches contenant des minéraux sodiques potassiques et magnésiques. En région arides et semi-arides, ces sols se concentrent sur place ; dans les dépressions fermées.
- Soit de dissolution des évaporites contenant des chlorures, des sulfates, etc., les évaporites se localisent essentiellement dans les bassins élémentaire (Trias, terrains et quaternaire).
- Soit de l'altération des roches volcanique (Servant, 1975)

1-2-2-2 -Salinisation marine et lagunaire :

L'origine des sels peut se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents qui peuvent être eux-mêmes des roches mères des sols et fournir leurs sels aux oueds qui les transportent jusqu'aux nappes superficielles plus ou moins profondes sous les sols des vallées et basses plaines ou les déposent à leur surface (Gaucher et Burdin ; 1974).

La salinisation d'origine géologique, marine ou lagunaire correspond à une salinisation liée au fonctionnement naturel des terrains, sous l'influence du climat, de l'altération des roches, de dynamique des eaux.

D'après Szablocs (1986) et la FAO cité in Robert (1996), la superficie totale concernée par cette salinisation naturelle est proche de mille millions d'hectares (995 ha) soit près de 5 % de la surface du globe.

1-2-3 - Salinisation secondaire :

Dans les zones à climat aride et semi- aride, la pratique de l'irrigation représente l'une des plus importantes causes de la salinisation secondaire.

Actuellement il y a environ 350 millions d'hectares irrigués dans le monde (Szablocs, 1994). Ces chiffres sont susceptibles d'être augmentés à l'avenir.

En effet, Hamdy et al (1995) ont constaté que les terres irriguées affectées par la salinité correspondent à 27% de la surface irriguées dans le monde. Plus de la moitié des terres irriguées du monde sont salées, sodiques ou sujettes à l'engorgement. Cette menace selon Chevery (1995) occasionne, chaque année des pertes de terres variables selon les auteurs de 10- 12 millions d'hectares.

En Algérie, près de 10-15 % de terres irriguées, sont concernées par ces problèmes. Bien que le problème d'alcalinisation, selon Daoud et Halitim (1994) ne se pose plus, on estime que les terres salinisées seront difficilement récupérables.

1-3-principales caractéristiques des sols salsodiques :

1-3-1- Salinité globale : Pour caractériser la salinité des sols, on met habituellement l'accent sur la détermination de la composition ionique de la solution d'un extrait aqueux de sol (Halitim, 1988) . Obtenir à partir d'un échantillon de terre, soit une pâte saturée en eau distillée (méthode de Richards (1954), soit une solution d'extraction aqueuses en prenant soin de veiller à ce que le rapport sol/eau soit constant (1/ 5 ou 1/ 10) exprimée en mm hos/ m à 25°C.

Le tableau (2) donne quelques classifications de salinité.

Tableau2: classe de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux à 25 °c cité in Mathieu et al (2003).

mmhos.cm ⁻¹ dS.m ⁻¹	0,6	1	2	3	4
CE _{1/5}	non salé	légèrement salé	salé	très salé	
CE _{1/10}	non salé	légèrement salé	salé	très salé	extrêmement salé

1-3-2-pH : le pH est indicateur de la réaction du sol, les sols salés présentent des pH basiques (> 7) car les hydroxydes sont plus prépondérants que les hydrogènes.

Certains auteurs ont établi que l'accroissement du pH reflète la saturation du Na^+ sur le complexe d'échange et l'état de la saturation du sol (Aubert, 1983 ; Bridges, 1978 ; Duchauffour, 1969)

- Un pH compris entre 8 et 9 est retenue, généralement comme limite de la dégradation de la structure (Aubert, 1983 ; Bridges, 1978)
- La valeur de 9 atteinte lorsque Na^+ représente 30 % de la CEC et la pH 10 correspond à une ESP > 15 % (Aubert, 1983).
- Le pH peut dépasser 10 ; après précipitation du carbonate de calcium, les ségrégations salines sont fortement sodiques et renferment des sels alcalins (NaHCO_3), Na_2CO_3 , Na_2SO_4) (Servant, 1975).

1-3-3 - Composition en sels :

Les sels les plus couramment représentés sont les sels sodiques qui sont également les plus solubles.

A partir de la composition ionique, les solutions peuvent être classées sur le diagramme de piper (Cherbuy, 1991), qui permet de déterminer différents faciès selon le type anionique ou cationique de la salure.

1-3-4 - SAR (Sodium adsorption ratio):

Il représente le taux de sodium adsorbable par rapport aux autres cations (Ca^{++} et Mg^{++}). La relation entre les trois cations est proposée par le laboratoire de Riverside (Richards, 1954), et s'exprime comme suit :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

$\text{Na}^+, \text{Ca}^{++}, \text{Mg}^{++}$ exprimés en meq/l de la Solution dosée.

Le SAR est un critère utilisé pour prévoir l'évolution de la composition du complexe d'échange et on peut distinguer deux cas : (Cherbuy, 1991).

* Si le SAR > 10 , il y a sodisation * SAR < 10 , il y pas enrichissement du complexe d'échange en sodium

D'après Rieu et al (1992) le SAR constitue un critère d'appréciation de la qualité des eaux d'irrigation car il définit leur pouvoir alcalinisant

1-3-5 ESP (échange sodium pourcentage) :

Il s'agit du pourcentage de sodium échangeable sur le complexe d'échange est exprimé par la formule qui suit (Richards, 1954) :

$\text{ESP} = \frac{\text{Na}^+}{\text{CEC}} \times 100$	Na^+ : exprimé en meq/100 g CEC : exprimé en meq/ 100g
--	--

La norme retenue par l'USSS (1954) pour le taux de sodium échangeable est de 15 % de la capacité d'échange cationique (CEC). Selon la FAO (1984) la limite de classe pour le taux de sodium échangeable est donnée comme suit :

- ESP < 5% alcalinité légère
- 5% < ESP < 20 % alcalinité modérée
- 20 % < ESP < 45 % alcalinité grave
- ESP > 45 % alcalinité très grave.

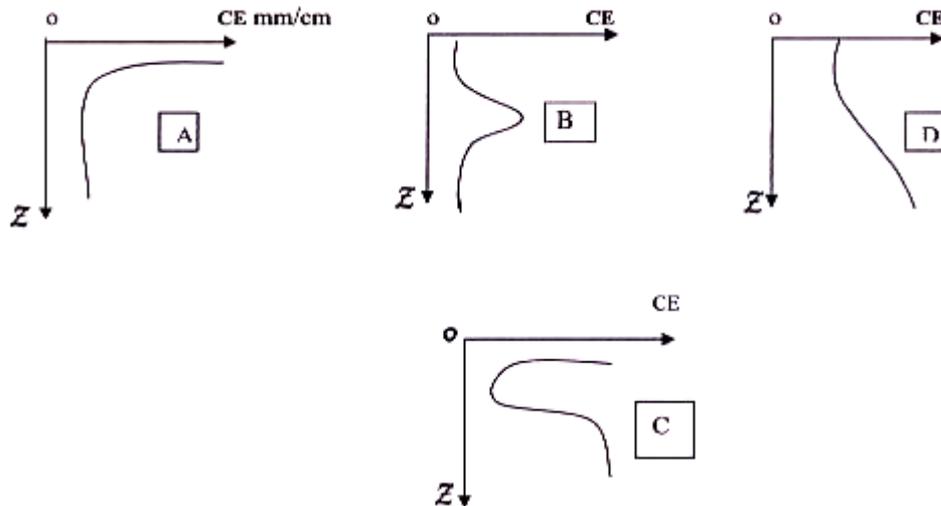
De nombreux travaux ont tenté d'établir une relation entre ESP et SAR (Richards, 1954 ; Servant, 1970 ; Creusi, 1970). Ces relations sont en fait peu fiables pour déterminer précisément la composition chimique du complexe d'échange (Claud et al, 2005). Rieu et al (1992) ont proposé de nouveaux concepts pour le calcul du SAR.

4- Type de profils salins :

La distribution quantitative de la salinité peut dans tous les cas revêtir plusieurs modalités et conduit indépendamment à des types de sol (servant, 1973 ; 1975).

Selon servant (1976), il est possible de distinguer quatre formes principales figure (3).

- La forme A est une salinisation.
- La forme B est une désalinisation temporaire.
- La forme D est une désalinisation permanente
- La forme C est une résalinisation



Z : profondeur en centimètre

CE : conductivité électrique en mmhos/cm

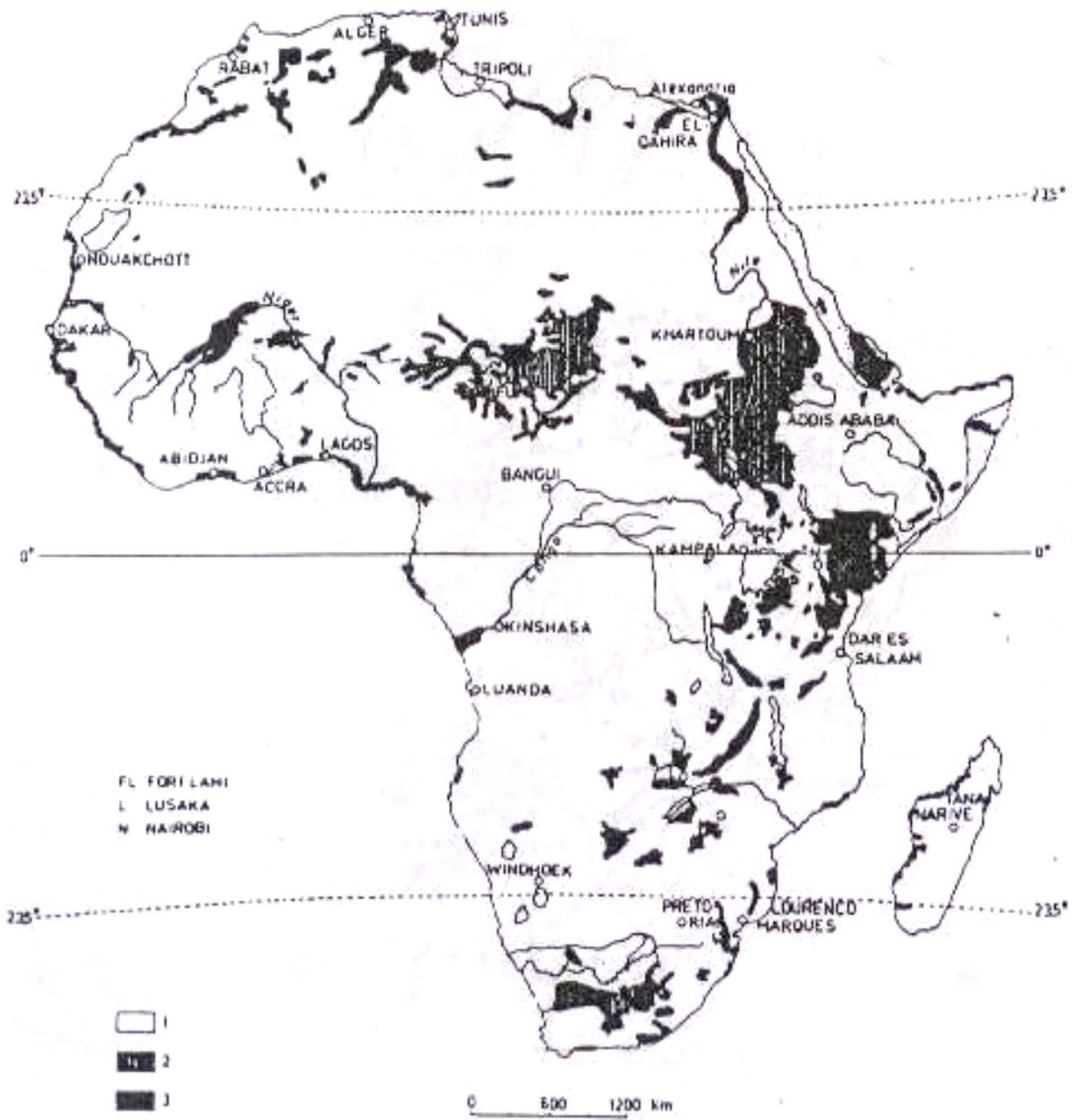
Figure 3 : type de profils salins (Servant, 1976)

1-5 Répartition des sols salés :

1-5-1 Dans le monde :

Les estimations de la superficie totale représentée par les sols salsodiques dans le monde sont très variables d'un auteur à l'autre : pour Szablots (1994), elle atteint 954832 millions d'hectare, pour Claud et al (2005) la superficie est estimée à environ 9.55 millions de Km^2 , soit 6.4 % des continents ou 19 fois le territoire français.

Tous les continents présentent de vastes surfaces de sols salsodiques figure(4)



- 1. Potentially salt-affected soils
- 2. Alkali soils
- 3. Saline soils

Figure 4 : Distribution des sols salés en Afrique (Classification de Aubert, 1970) .In Cherbuy,1991

Selon Szablocs (1994), La répartition de ces zones sur les continents serait la suivante (Tableau 3) :

Tableau 3 : Répartition des sols salés dans le monde (Szablocs , 1994).

Sols affectés par les sels des différents continents et S/ continents (10 ³ hectares)	
* Amérique du Nord	15755
* Mexique et Amérique centrale	1965
* Amérique du sud	129163
* Afrique	80608
* Asie du sud	87608
* Asie du Nord et du centre	211686
* Asie du Sud est	19983
* Australie	357330
* Europe	50804
Total	954832

Les sols salés ont un caractère azonal. Ils se rencontrent dans toutes les parties du monde (servant, 1976 ; Durand, 1983)

L'Afrique présente de vastes régions affectées par les sels (notamment les zones arides et a proximité des grands fleuves) (Cherbuy, 1991)

1-5-2 En Algérie :

Selon le Houerou (1993), les sols salés occupent de vastes superficies (3.2 millions d'hectares de la superficie totale). Ils sont localisés au Nord qu'au sud ils s'expriment mieux entre les isohyètes 450mm semble être la limite supérieure des sols fortement sodiques (Djili, 2000).

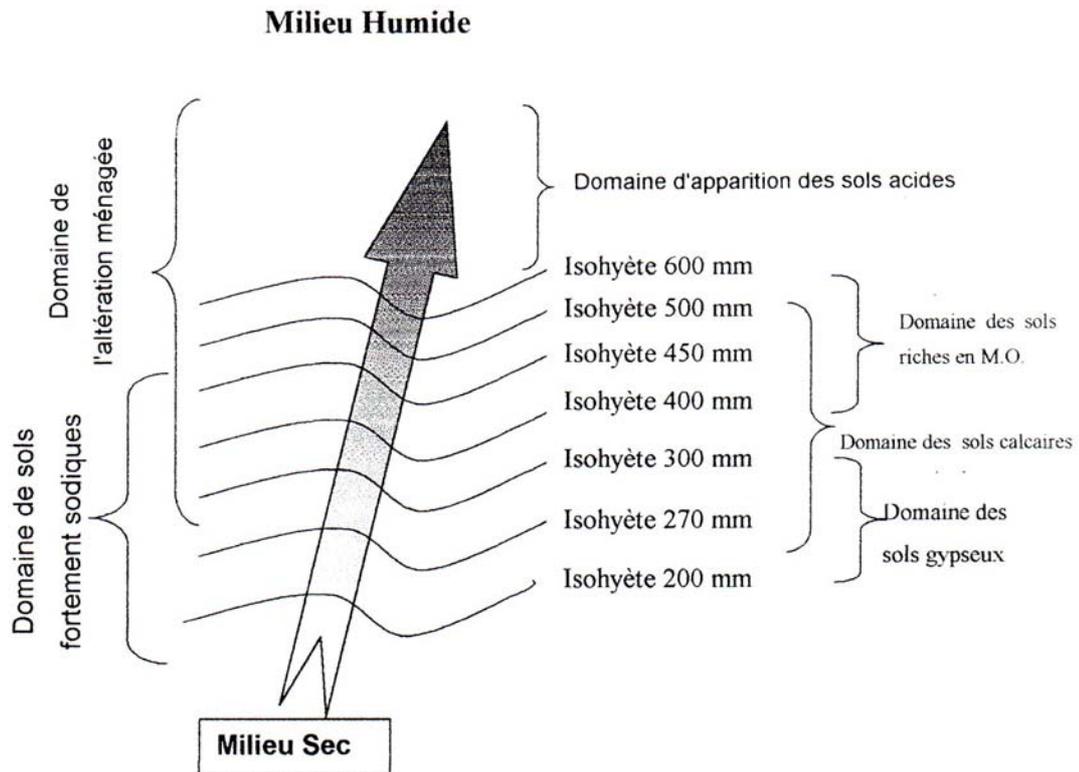


Figure 5 Représentation schématique de la distribution de quelques domaines pédologiques dans le Nord de l'Algérie (Djili , 2000)

Selon FAO (2005) Figure (6) , On rencontre plusieurs type de sols salés en Algérie localisés surtout dans les étages bioclimatiques arides et semi- arides.

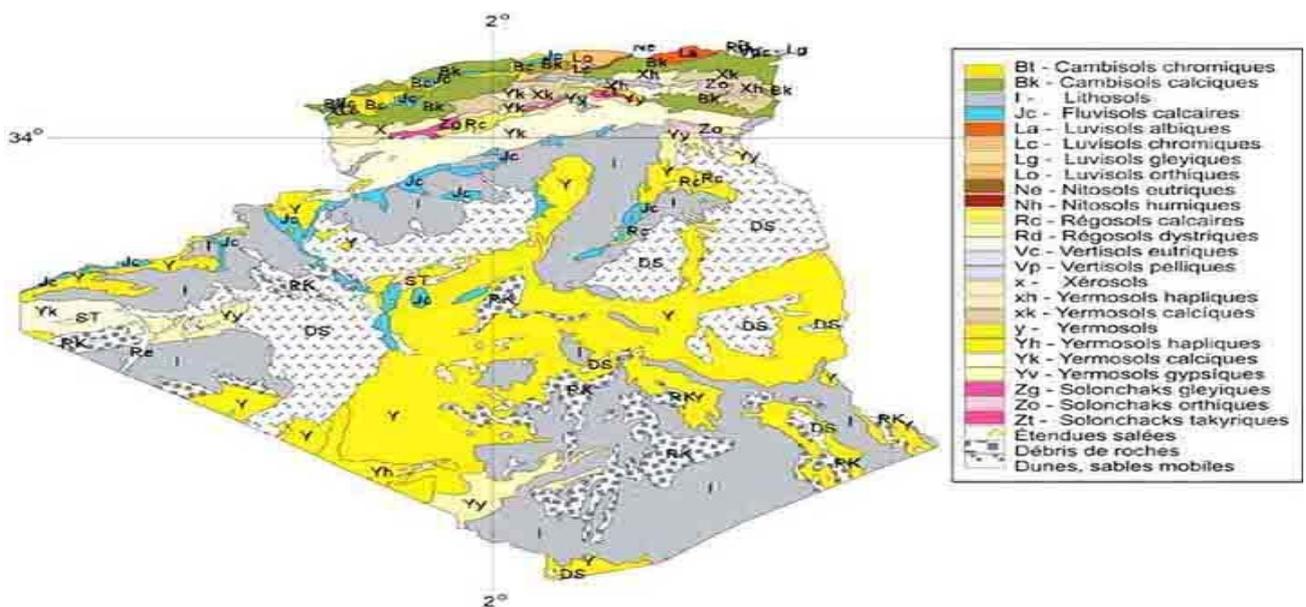


Figure 6 : Type de sol en Algérie (FAO, 2005)

1-6-Classification des sols salsodiques :

La classification Française paraît la plus appropriée dans les zones arides et en particulier pour les sols salés, puisque selon Halitim (1988), la classification Américaine est pragmatique et classe les sols dans des ordres différents en fonction d'une faible variation de l'évapotranspiration ou de la pluviométrie.

Dans la classification Française, les sols salés sont rangés dans la classe des sols salsodiques, elle – même subdivisée en deux (02) sous classes :

A. Sous classe des sols sodiques à structure non dégradée :

Ce sont des sols salins (solonchak), soumis à l'influence d'une nappe salée peu profonde, riches en sels de sodium, caractérisés par une conductivité électrique supérieure à 4 mmhos/cm (Duchauffour, 1988).

A-1. Sols salins à complexe calcique (solontchaks) :

Très fréquents en Algérie (FAO, 2005), caractérisés par :

ESP < 15% et un profil peu différencié (Servant, 1975 ; Duchauffour, 1976) .

Ils se rencontrent dans les zones steppiques ou désertiques dans les quelles des nappes salées contiennent à l'instar des sels solubles, une quantité importante de calcium qui alimente le profil (Halitim, 1973).

A-2 Sols salins à complexe sodique (Solontchak sodique) :

Ce type de sol est caractérisé par un ESP > 15% se rencontre en bordure de mer, ou dans les lagunes cotières, sa structure tend à se dégrader et devient poudreuse (Duchauffour, 1988).

B. Sous classe des sols sodiques à structure dégradée :

Ce sont des sols alcalins, et une structure détruite (Duchauffour, 1976) .

Selon Duchauffour (1988), on distingue trois (03) groupes selon les étapes d'évolution des profils :

B- 1 : Sols alcalins non lessives (stontchaks solonetz) : leur profil est de type AC ou A (B) C. Ils sont fréquents en Algérie (Durand, 1983).

B-2. Sols alcalins lessives de type ABC. L'horizon de surface A, pauvre en argile (migration par l'effet de lessivage) (Duchauffour, 1983) . Ces sols

existent en Algérie, mais sont très localisés dans les zones humides (Durand, 1983).

B-3. Sols alcalins dégradés (Solods) :

Présentent une structure dégradée complètement en surface avec un pH de 4 à 5 en profondeur un pH élevé de 9 à 10.

Selon Loyer (1995) , l'appellation de ces sols salés, sols « Halomorphes » est remplacée par une autre appellation « Solums salsodiques » et on distingue selon le référentiel pédologique Français (Baize et Girard, 1995) Sept (07) références : Sali sols (1 référence), et salisodisols (1 référence), Salisols (2 références), sodisols (3 référence).

1-7-Effet de la salinite sur le sol et les végétaux.

1-7-1- Effet sur le sol :

Une grande quantité de sels solubles peut affecter les propriétés pédologiques, notamment la dispersion des colloïdes, la stabilité structurale et la chute de la perméabilité hydraulique (Servant, 1970 ; Chevery, 1972 ; Agassi et al 1981 ; Aubert 1983 ; Halitim, et al 1984 ; Daoud, 1993).

1-7-2- Effet sur les végétaux :

La richesse en sels solubles ou les mauvaises qualités physiques des sols salsodiques conduisent à une spécialisation de la végétation, et même à sa disparition totale lorsque, dans la solution du sol, la pression osmotique créée par les sels (FAO, 1988) ou la toxicité spécifique de certains ions devient trop élevée comme le bore et surtout l'ion chlore (Ayers, 1978 ; Bernstein, 1964, 1965 ; Calvet, 2003).

Les plantes résistantes appartiennent à un nombre limité d'espèces et occupent assez peu le sol.

Les halophytes les plus caractéristiques sont les salsolacées, à côté de zones encore plus salées, les composées et les graminées fournissent bon nombre d'espèces moins résistantes, qui sont souvent qualifiées de préhalophytes.

1-8-Conclusion:

Les sols salés présentent vis-à-vis de leur environnement naturel ou anthropisé des contraintes variées dans leur intensité et leur extension.

La salinité des sols présente trois manifestations :

- Soit une hypersalinité de la solution du sol qui limite le développement des végétaux.
- Soit une dégradation de la structure généralement associée à une alcalinisation.
- Soit une destruction des minéraux argileux et une toxicité vis-à-vis de la végétation (Cherbuy, 1991).

2-Les sols gypseux :

Introduction

Les sols gypseux (au sens large) sont largement répandus et apparaissent typiques des régions arides et semi- arides, Ils sont répandus dans les régions à régime hydrique xeric, ustic et aridic (Khademi et Mermut, 2003) : Tunisie, Syrie, Irak, sud de l'URSS et de l'Espagne, Mexique, Algérie, etc

L'origine du gypse en qualité importante dans le sol est en relation avec la présence de roches sédimentaires gypseuses, la topographie et l'aridité du milieu (Bellanca et Neri, 1993)

Dans le sol, le gypse peut se présenter sous différentes formes en fonction des conditions dans les quelles il précipite.

2-1-Définition et dénomination des sols gypseux :

2-1-1-gypse : le gypse constitue la forme la plus répandue du sulfate de calcium dans le sol (Eswaran et al, 1981).

C'est un sel soluble (Sulfate de calcium hydraté) (Herero et porta, 1990), il peut se déshydrater pour donner d'autres sels.

2-1-2-Sols gypseux : Van alphen et Rios romero (1971) désignent sous sols gypseux, les sols à teneur supérieure à 2 % de gypse.

Alors que la classification FAO (1998) nomme gypsisols, les sols à teneur supérieur à 5 % de gypse.

2-2-Origine des accumulations gypseuses :

Le gypse s'accumule suite à l'évaporation d'une eau minérale et de sa précipitation, il peut être hérité d'un matériau parental ou précipité de solution de sol hypersaturée ; il se dissout en saison humide et se précipite en saison sèche, il peut être transporté par l'eau et par le vent et se déposer par la suite.

2-2-1- Origine de nappes : par mouvement « per ascensum», cette théorie implique des mouvements par ascension capillaire à partir d'une nappe superficielle (Watson, 1979). Selon Halitim(1988). Ce processus peut jouer pour trois raisons :

- Une ETP \gt P, la plus grande partie de l'année.
- Un niveau de la nappe proche de la surface.
- Plus généralement, une nappe saturée ou proche de la saturation vis-à-vis du gypse.

2--2-2 -Origine lagunaire :

Le dépôt de sulfate de calcium est dû à la concentration sur place de l'eau sous l'influence de l'évaporation en présence du chlorure de sodium provoquant sa précipitation sous des formes plus ou moins hydratées (Durand, 1953).

2-2-3- Origine éolienne :

Plusieurs auteurs (Coque, 1962 ; Trichet, 1963) ont démontré la contribution du vent dans la formation des accumulations gypseuses. Dans ce cas, les croutes résultent d'un poudrage intermittent de poussières surtout salines, diffusées dans l'atmosphère par le vent. La cimentation de ces dernières serait le résultat de l'infiltration des eaux pluviales dans les recouvrements éoliens. Watson (1979) qualifie ce processus de mouvement « per ascensum»

2-3-formes d'accumulations gypseuses:

D'après Djili (2000), les formes discontinues et continues constituent l'essentiel du gypse des sols du Nord de l'Algérie, elles sont respectivement de 73% et 9,6% en surface, 80,7% et 5,7% en sub- surface et, 84% et 5,8% en profondeur.

Selon le degré de précipitation du gypse au niveau du profil, on distingue :

- Des accumulations généralisées qui englobent les croûtes et les encroûtements.

- Des accumulations localisées qui regroupent les nodules, les amas friables, les racines gypsifères, les pseudomyceliums, et le gypse diffus.

2-4- Caractéristiques des sols gypseux :

Les propriétés des sols gypseux dépendent largement de la teneur en gypse et de la position de la croûte gypseuse dans le profil.

2-4-1- Propriétés physiques :

2-4-1-1- Texture :

La texture des sols gypseux influencée par la présence de teneurs élevées en cristaux de gypse (van alphen et rios remero, 1971), l'élimination du gypse, n'est possible que si la teneur en gypse est inférieure à 10%. Pour une teneur supérieure, la granulométrie établie sur une fraction seulement des constituants réels du sol, ne serait pas représentative des propriétés physiques du sol gypseux (C.I.R.A.D, 2004).

En Syrie, Stoops et Allaiwi (1981) cité in Abedssalam (1999), rapportent que la plupart des sols gypseux présentent une texture sableuse à sablo-limoneuse. Poch (1992), indique dans une étude sur les sols gypseux d'Espagne que la texture est étroitement liée à la teneur en gypse. Cependant, l'augmentation des teneurs en gypse engendre, d'une part, la formation d'une texture à dominance de limons et de sables.

Selon F.A.O (1990) grandes variétés de textures ont été observées dans les sols gypseux des régions méditerranéennes.

Les teneurs en argiles observées varient entre 2 à 50%. D'après Djili (2000), l'augmentation du taux d'argile est accompagnée d'une diminution des taux de gypse, mais le gypse peut se rencontrer en Algérie dans les sols argileux (marnes, alluvion ; des chotts et sebkha), qu'au sein des sols sableux des régions arides. (F.A.O, 1990).

2-4-1-2-Structure : La plupart des sols gypseux ont une structure peu favorable, l'horizon de surface est dominée par une couche massive ou fine, peut être fortement cimenté, avec la formation de croûtes dures, s'opposant par fois à la circulation de l'eau et au développement des racines (F.A.O, 1990).

Cependant Halitim (1988) a montré que parfois le gypse pourrait jouer un rôle dans la structuration du matériau pédologique.

Sidi et Pansu (1990) ont montré l'effet favorable d'une teneur de 1 % de gypse sur la stabilité structurale d'un sol salé et non carbonaté.

Les teneurs entre 3 et 10 % de gypse, n'interfèrent pas significativement avec les caractéristiques du sol telle la structure, alors que les teneurs entre 10 à 25% de gypse, tendent à briser la continuité de la masse du sol par l'effet des cristaux de gypse (FAO, 1990).

2-4-1-3- Porosité :

Poch (1996) a montré que l'augmentation de l'accumulation du gypse dans le sol influence l'espace poral par le remplacement des larges pores, par des pores d'entassement dont le diamètre équivalent maximum est de 20 μm . Ceci est dû au colmatage par les cristaux lorsque le gypse est présent sous forme poudreuse, la porosité est élevée, alors que les croûtes gypseuses sont dures et présentent une faible porosité.

2-4-2- Propriétés chimiques des sols gypseux :

2-4-2-1- Conductivité électrique :

Dans les sols bien drainés (à faible salinité), la conductivité électrique est faible, elle varie entre 1,3 et 4 mmhos/cm dans les horizons de surface et augmente avec la profondeur à plus de 8 mmhos/cm

La conductivité électrique est par contre élevée dans les sols peu profonds avec en dessous un horizon gypsique imperméable, elle peut atteindre plus de 12 mmhos/cm.

2-4-2-2- pH:

Les gypsisols riches en sable grossier ont des valeurs faibles avec un pH de 7,6 à 7,8 et les sols affectés par les sels avec une CE de 16 à 18 dS/m ont des valeurs élevées de pH (8,3- 8,6) (Florea et Al Joumaa, 1998).

Tous les sols gypseux du Nord de l'Algérie, quelle que soit leur teneur en gypse, ont des pH supérieures à 7 (Djili, 2000).

2-4-2-3- Capacité d'échange cationique :

La CEC est inversement proportionnelle à la teneur en gypse (Van alphen et Rios romero, 1971).

Elle dépend de la présence de la matière organique, de la texture du sol, alors que la plupart des sols gypseux sont pauvres en matière organique, et les teneurs en argile ne dépassent pas les 20% (FAO, 1990).

Il existe une corrélation négative entre la CEC et la teneur en gypse, l'équation de régression est :

$$CEC_{\text{meq}/100\text{g}} = 16,46 - 2,16 \text{ gypse avec } R^2 = 0,708$$

(Djili, 2000)

Les valeurs de la CEC dans les sols gypseux varient entre 7 et 14 meq/100 g de sol (FAO, 1990).

2-4-2-4- Composition du complexe absorbant et de la solution du sol :

Le complexe absorbant et la solution du sol sont saturés en ion Ca^{+2} et SO_4^- , la teneur de Mg^{++} et K^+ échangeable, dépend de la CEC. Dans les sols gypseux les rapports Mg/Ca et K/Ca sont faibles, le cation échangeable dominant est le calcium, suivi par le Mg, K et parfois le Na (Van alphen et Rios romero, 1971).

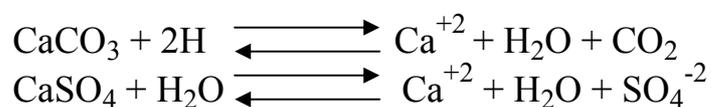
2-4-2-5- Interaction gypse- calcaire :

Plusieurs travaux (Boyadgiev, 1974 ; Baci, 1984 ; FAO, 1990 ; Florea et AL joumaa, 1998 ; Djili, 2000) ont montré que l'augmentation du taux de gypse entraîne la diminution de la teneur en calcaire et vis versa. Halitim (1985) a montré par ces études dans les zones arides d'Algérie, que le gypse est toujours postérieur à la calcite.

L'étude microscopique en zone aride de l'Algérie faite par Halitim et Robert (1987) montre qu'un envahissement de l'accumulation calcaire par le gypse avec une désintégration et une dilution au niveau de calcaire.

Ils pensent que ce phénomène est dû à la pression de cristallisation du gypse qui détruit les individualisations calcaires par suite de l'arrivée continue des solutions sulfato- calciques leurs précipitations à ce niveau.

La solubilité des deux minéraux et la composition ionique de la solution en équilibre sont dominés par le produit de la solubilité simultanée des deux réactions suivantes :



Le pH des sols gypso- calcaires est déterminé par la solubilité du gypse et du calcaire.

L'activité du Ca^{+2} est élevée, le pH est plus faible dans le système CaCO_3 – gypse- CO_2 qu'en système CaCO_3 – CO_2 .

L'effet de la pression CO_2 sur l'activité du Ca^{+2} est très faible en système CaCO_3 – gypse- CO_2 que celui en système CaCO_3 – CO_2 .

2-5- Répartition des sols gypseux :

2-5-1- Dans le monde :

Les sols gypseux se localisent dans les régions arides et semi- arides, essentiellement dans le Nord de l'Afrique, Sud et est de l'Europe, et du Sud- est de l'Asie. (figure n 7)

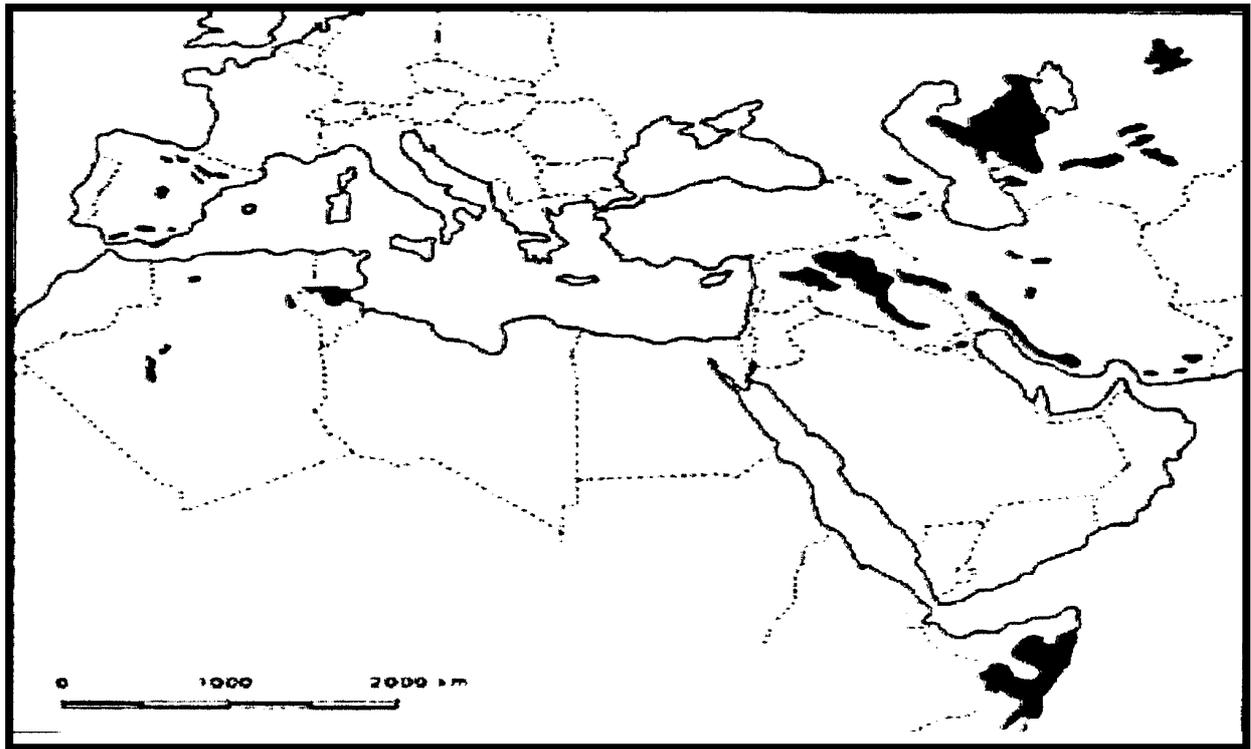


Fig 7 : Distribution des sols gypseux dans le Nord et l'Est de l'Afrique, Sud de l'Europe et dans le Sud Est de l'Asie (Van alphan et Romero, 1971).

La distribution des sols gypseux, par pays et par continent, est donnée dans le tableau (4), ce dernier révèle que 45% de ces sols sont concentrés en chine, en somalie et en Algérie.

Continent	Pays	Superficie (Km ²)	% par rapport à la superficie du pays	% par rapport à la superficie des sols gypseux dans le monde
Afrique	Maroc	1114,3	2,5	1,7
	Algérie	7966,3	3,3	12,2
	Tunisie	1439,8	9,3	2,2
	Lybie	3956,8	2,2	6,0
	Egypte	382,2	0,4	0,6
	Soudan	785,0	0,3	1,2
	Somalie	10161,2	16,2	15,5
	Ethiopie	1423,4	1,3	2,2
	Mali	2818,3	2,3	4,3
	Mauritanie	396,0	0,4	0,6
	Namibie	5327,7	6,5	8,2
Sud Asiatique	Syrie	3966,6	21,6	6,0
	Jordanie	80,5	0,8	0,1
	Arabie Saoudite	82,5	0,04	0,1
	Oman	471,6	/	0,7
	Yemen	2931,0	8,8	4,5
	Koweït	354,6	/	0,5
	Irak	4779,2	11,0	7,3
	Iran	4,2	/	/
	Pakistan	9,5	0,01	/
	Inde	182,0	0,06	0,3
Asie Centrale	Ex-U.R.S.S	5074,1	0,2	7,7
	Mongolie	60,9	0,04	0,1
	Chinie	11484,9	1,2	17,5
Europe	Turquie	64,2	0,08	0,1
	Espagne	165,5	0,3	0,3
Amérique-N	Mexique	78,0	/	0,1

Tableau (4) : Distribution des sols gypseux dans le monde (F.A.O, 1990)

2-5-2- En Algérie :

Les sols gypseux d'Algérie occupent 12,2% de la surface totale des sols gypseux du monde, ils sont estimés à 7966,3 Km² (représentant 3,3% de la surface du pays) (FAO, 1990).

Ils s'expriment mieux entre les isohyètes 300 mm à 200 mm, cette tranche pluviométrique coïncide en partie avec le domaine des sols calcaires et sodiques (Figure 5) (Djili, 2000).

La présence du gypse dans les sols du Nord de l'Algérie sont peu abondants et se localisent seulement dans les dépressions (Bernou, 1996). Cependant dans les régions de l'intérieur il peut s'individualiser sous forme visuelle (Durand, 1953 ; Boyadjiev, 1974).

La présence du gypse dans certaines zones très pluvieuses (région de Annaba par exemple) constitue, un cas particulier qui serait lié à un effet d'une micro régionalisation de cet élément (Djili, 2000).

Selon F.A.O (2005) les différents types de sols gypseux se localisent dans les bioclimats arides et désertiques (Figure 6).

2-6- Classification des sols gypseux :

2-6-1- La classification Française :

(C.P.C.S, 1967) divise les sols à des classes, sous classes, groupes, et sous groupes, les sols gypseux sont répartis dans trois classes

Tableau 5: les sols gypseux dans la classification française (CPCS 1967) :

Classes	Sous classes	Groupes
Sols calcimagnésiques	Sols gypseux	Sols gypseux rendzini formes. Sols brun gypseux
Sols iso humiques	Pédoclimat frais	Sierozems
Sols hydromorphes	Minéraux on peu humifères	A redistribution de calcaire et de gypse

Ils sont ensuite divisés au niveau des sous-groupes en :

- Nodule.
- Encroûtement ou encroûté (à croûte gypseuse).

Cette classification, ne fournit pas d'informations supplémentaires sur la classification de certains sols qui peut contenir une forte teneur en gypse tel que : les sols chatins, sols marrons, vertisols sodiques, sols minéraux bruts des déserts chauds et sols gris subdésertiques (F.A.O, 1990).

2-6-2- Classification Américaine :

Soil taxonomy (S.S.S. 2003) : Pour identifier, les sols gypseux, la soil taxonomy exige la présence de l'un des horizons diagnostiques suivants : la présence d'un horizon gypsic ou pétrogypsic à moins de 100 cm de la surface et ne possède pas d'horizon pétrocalcic placé au dessus de ces horizons.

Les gypsids comportent 04 grands groupes qui sont :

- Pétrogypsids.
- Natrigypsids.
- Argigypsids.
- Calcigypsids.

2-6-3- Classification FAO :

La légende révisée de la carte des sols du monde (F.A.O, 1988) à introduit, deux groupes majeurs :

-Les calcisols et les gypsisols :

Les gypsisols, se distinguent par la présence d'un horizon gypsic ou pétrogypsic, les unités des sols gypseux sont comme suite :

- Pétric gypsisols.
- Calcic gypsisols.
- Luvic gypsisols.
- Haplic gypsisols.

D'autre part, la présence d'un horizon gypsic ou une couche gypsifère ont permis d'identifier d'autres sous unités de sols telles que : gypsic régosol, gypsic vertisols, gypsic solonetz, gypsic solontchacks et gypsic Kastanozems.

2-2-7- Effet du gypse sur le sol et la végétation :

Il est généralement admis qu'en petites quantités, le gypse a un effet favorable sur les propriétés fonctionnelles des sols et la croissance des plantes.

En sols très argileux et très dispersée, le gypse améliore l'infiltration, diminue l'érosion et augmente la floculation (Ventura et al, 2001).

En sols sodiques, le gypse améliore la structure en déplaçant les ions Na^+ du complexe absorbant et les remplacer par les ions Ca^{+2} , il s'agit de la désalinisation du sol (Zahow et Amerhein, 1992 ; Batra et al, 1997).

En sols acides, le gypse change les propriétés de ces sols en déplaçant les ions Al et diminuant la toxicité par cet élément (Sumner, 1993 ; Farina et al, 2000).

Selon Mashali (1996), la présence des teneurs élevées en gypse dans la rhizosphère affecte la teneur et la disponibilité des éléments nutritifs, et affecte la croissance des plantes et leur productivité (F.A.O, 1990).

Quand le sol est constitué de roches gypseuses peu profondes, la végétation est pauvre, quant il est plus évolué la biomasse et la végétation qui couvre le sol est plus développé. Les communautés typiquement gypsophiles des régions méditerranéennes et sud méditerranéens sont incluses dans les cortèges gypsophiles.

2-8-Conclusion :

La présence de gypse en grande quantité, dans le sol affecte les qualités physico- chimiques de ce dernier, baisse la fertilité et par conséquence la biomasse et la production végétale.

Comparé aux autres formations salines (sels solubles, calcaires), le gypse n'a pourtant pas fait l'objet d'analyses pédologique aussi approfondies (Halitim, 1988).

3- Les sols calcaires :

Introduction :

Dans les régions méditerranéennes et désertiques, et en particulier, dans les pays du moyen orient, les sols qui contiennent du calcaire dans un ou plusieurs horizons sont très fréquents (Ruellan, 1976).

Le calcaire peut provenir de l'altération de la roche mère (Ruellan, 1976) ou de précipitation de carbonate de calcium secondaire (Ruellan, 1971 ; Duchaufour et Souchier, 1977).

Il peut se trouver sous trois formes principales : diffuses, en concentrations ou discontinues.

En Algérie, les sols calcaires, se distribuent sur l'ensemble du Nord de l'Algérie, particulièrement dans les étages bioclimatiques arides et semi- arides.

3-1- Définition et dénomination de sols calcaires :

3-1-1- Le calcaire :

Le constituant essentiel de calcaire est le carbonate de calcium, cristallisé sous forme de calcite à symétrie rhomboédrique (Deo shorta, 1979 ; Djili et Daoud, 1999 ; Djili, 2000).

Le calcaire est une roche sédimentaire principalement organogène qui peut être détritique (contenant au moins 50% de CaCO_3 (exemple : un calcaire marnaux) (Baize et Girard , 1995), ou chimique (Vatan, 1967 ; Loz et Mathieu, 1990).

3-1-2- Sol calcaire :

Un sol calcaire c'est un sol contenant du CaCO_3 libre en quantité suffisante pour présenter une effervescence visible sous l'action d'HCl dilué à froid, le CaCO_3 est souvent accompagné de MgCO_3 .

Selon la teneur en calcaire, il y a cinq (05) classes de sols calcaires (Loz et Mathieu , 1990) :

- Sols très faiblement calcaires avec un taux de $\text{CaCO}_3 < 2\%$.
- Sols faiblement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 2 à 10%.

- Sols moyennement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 10 à 25%.
- Sols fortement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 25 à 50%.
- Sols très fortement calcaires avec un taux de $\text{CaCO}_3 > 50\%$. Selon (Ruellan, 1976), les sols calcaires sont en général caractérisés par la présence de trois horizons principaux :

- Dans la partie moyenne du sol, un horizon d'accumulation du calcaire : c'est un horizon Bca, qui peut être plus ou moins développé.

- Au- dessus, un horizon A moins calcaire : il peut être non calcaire.

- Au- dessus, un horizon C, également moins calcaire que l'horizon Bca.

La distribution du calcaire dans ces trois horizons, qui sont étroitement liés entre eux, définit le profil calcaire.

Selon Djili (2000), le profil calcaire en Algérie est fonction de la pluviométrie :

- Les Zones arides ($P > 300$ mm) : l'accumulation de calcaire semble être homogène dans tout le profil, mais avec un pourcentage de calcaire légèrement plus élevé dans les horizons de Sub- surface.

- Les Zones semi- arides ($350 < P < 450$ mm), le profil devient de plus en plus calcaire en profondeur.

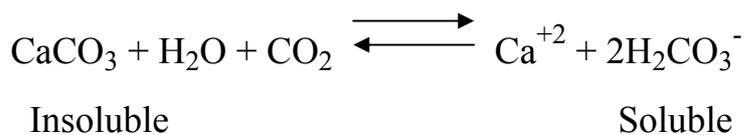
- Les Zones humides et Sub- humides ($P > 600$ mm), le profil est relativement moins calcaire que ceux des autres zones climatiques, le calcaire est reparti d'une façon homogène dans les horizons de surface et de Sub-Surface.

3-2- Origine du calcaire dans le sol :

D'une manière générale, les matériaux originaux calcaires, laissent dans le sol des fragments de roches calcaires (carbonatées, calcaires et dolomiques) ou simplement riches en calcium (les basaltes par exemple) de dimensions diverses et en quantités variables selon la nature de la roche d'une part et selon les conditions de l'altération d'autre part (Ruellan, 1976).

La fraction grossière du calcaire présente dans le profil correspond aussi à un héritage direct de la roche mère sous-jacente (Brewer, 1964) cité par Bonneau et Souchier (1979).

Cependant, le calcaire est soluble, et dans de nombreuses situations, il y a un enchaînement de phénomènes de dissolution et de précipitation du carbonate et de calcium, dans un premier stade, le calcaire est dissous :



C'est la décarbonation qui libère dans le milieu des ions calcium, ces ions sont déplacés par les eaux percolantes ou par diffusion sur des distances variables, tant au sein d'un horizon ou des divers horizons du profil.

Le transfert du calcium s'arrête avec la reprécipitation du carbonate de calcium, dans ce cas il y a un calcaire de néoformation dont l'accumulation peut présenter une intensité et des formes très diversifiées (Pseudo mycélium, nodules, en croûtement, croûtes compactes) (Bonneau et Souchier, 1979).

Il arrive aussi que le calcaire du sol ait une origine biologique et qu'il soit constitué, partiellement ou en totalité, par des coquilles de gastéropodes (Hélicidés) (Mathieu et al, 2003).

3-3- Formes du calcaire dans le sol :

Le calcaire peut être distribué et individualisé de trois façons différentes :

3-3-1- Distribution diffuse : le calcaire se présente sous forme de particules fines de dimensions égales ou inférieures à 1 mm. Ces particules, sont distribuées au hasard dans la base de l'horizon (Ruellan, 1971)

3-3-2- Concentrations discontinues : les principales formes.

- Les pseudo- myceliums.
- Les amas friables.
- Les nodules.

En Algérie, d'après Djili (2000), les formes diffuses et discontinues, se localisent aussi bien dans les régions Sud de l'Algérie septentrionale, ces deux formes sont les bien représentées dans l'ensemble du profil.

3-3-3- Concentrations continues : il y a plusieurs types d'encroûtements :

- Les encroûtements non feuilletés : il y a deux types :
- Les encroûtements massifs et les nodulaires.
- Les encroûtements feuilletés : il y a deux types :
 - * Les croûtes et les dalles compactes.

Selon Djili (2000), la forme continue se situe essentiellement au niveau des régions arides et semi- arides.

Cette forme se rencontre rarement en surface ; elle est relativement plus fréquente à la base du profil.

3-4- propriétés des sols calcaires :

3-4-1- pH:

L'effet du calcaire sur les propriétés physico- chimiques des sols n'est plus à démontrer (Odasso et Rota, 1992), de nombreux travaux ont mis en évidence l'influence directe ou indirecte du calcaire sur la variation du pH. Floate et Enrigh (1991) ont trouvé une relation hautement significative entre l'apport du calcaire et l'augmentation du pH, Vorobyova et al (1991) pensent que les variations des valeurs du pH sont conditionnées par l'équilibre calcium-carbonates des sols.

Le pH est donc l'une de ces principales caractéristiques du sol qui est fortement influencée par la teneur en carbonate de calcium.

Djili (2000) a montré que dans le contexte des sols du Nord de l'Algérie, une augmentation des taux de calcaire entre 0 et 2,5% provoque une augmentation du pH jusqu'à une valeur maximale de 7,82%. Au delà du seuil de 2,5% de CaCO₃, les particules de carbonate de calcium auront essentiellement un effet stérique sur les propriétés des sols.

3-4-2- Taux d'argile :

Halitim (1988) note que « la teneur en argile est inversement proportionnelle au pourcentage de calcaire », mais il y a dans la nature des sols qui sont à la fois très peu argileux et très peu pourvus en calcaire (par exemple les sols lessivés développés sur les dunes pré-litorales du sahal algérois) (Djili, 2000).

Dans le contexte des sols du Nord de l'Algérie Djili (2000) trouve qu'il n'y a pas de proportionnalité entre les taux d'argile et les taux de calcaire. L'argile ne commence à avoir un effet sur les taux de calcaire qu'à partir d'une teneur qui avoisine les 40% d'argile.

A partir de ce seuil, les teneurs en calcaire des sols diminuent très fortement quand les taux d'argile augmentent, ce phénomène serait dû probablement au fait que la faible perméabilité hydraulique des horizons très argileux ne permet pas l'entraînement et l'accumulation des carbonates de calcium dans le sol.

3-4-3- Matière organique :

Selon Pouget (1980 b) et Trachaud (1994) « les processus d'humification et de minéralisation de la matière organique sont régis, entre autres par la présence du calcaire dans le sol, le calcium ayant un effet protecteur contre la dégradation microbienne ».

Djili (2000), dit que les sols riches en calcaire le sont aussi en matière organique.

3-4-4- CEC :

La CEC est contrôlée surtout par la nature et les taux d'argile, ce dernier se traduit par la diminution de calcaire.

La CEC devrait diminuer quand les taux de calcaire augmentent, seulement, dans la nature, le calcaire et l'argile sont accompagnés par de nombreux constituants du sol (sables, limons, matière organique, gypse, etc.....) (Djili, 2000).

Dans le contexte des sols du Nord de l'Algérie Djili (2000) trouve que l'augmentation des taux de calcaire entre Zéro et 40% s'accompagne par l'augmentation de la CEC, au delà de ce seuil, la CEC diminue quand les taux de calcaire augmentent suite au faible pouvoir d'échange du carbonate de calcium.

3-5- Sols calcaires en Algérie :

Les sols calcaires en Algérie sont localisés dans le Nord du pays, ou ils sont dans leur majorité faiblement à fortement calcaires, ils s'expriment mieux entre les isohyètes 270 et 500 mm (Figure 5). Les taux en calcaire se localisent préférentiellement dans les zones inférieures du pays (régions steppiques et hauts plateaux) (Djili, 2000).

Selon F.A.O (2005) les types de sols calcaires en Algérie sont :

- Sols bruns calcaires dans les bioclimats humides et sub- humides (calcisols).
- Sols à accumulations calcaires en profondeur (chatins et bruns iso humiques) dans les bioclimats semi- arides et arides (calcisols).

3-6- Classification de sols calcaires :

La plupart des sols calcaires sont regroupés selon la classification C.P.C.S (1967) parmi les sols peu évolués, calcimagnésiques, iso humiques et les sols fersiallitiques à réserves calciques (Ruellan, 1976).

Dans le cadre de la classification FAO (1973), ce sont selon les cas, des fluvisols, des rendzinas, des yermosols des verusols, des castanozems, des cambisols.

3-7- Effet du calcaire sur le sol et les végétaux :

Le calcaire fournit le calcium qui provoque la floculation des colloïdes minéraux et organique du sol, action nécessaire à l'établissement d'un état structural, et permet au sol de créer les réserves, en éléments nutritif (Eliard, 1979). On sait que l'humus calcique est le meilleur ciment des agrégats, le calcium est nécessaire aussi à l'édification de tissus de végétaux (Mathieu et al, 2003).

Mais quand le calcaire se trouve dans le sol à la fois en quantité trop forte, les conséquences pour les plantes peuvent être fondamentales, ce qui explique que l'on distingue classiquement des plantes, cultivées ou spontanées, résistant au calcaire « calcaro- tolérantes » et des plantes souffrant, « plantes calcifuges ». Ces effets néfastes pour la plante peuvent être compensés par d'autres facteurs pédologiques : texture argileuse, bilan hydrique, etc..... (Baize et Girard , 95).

En outre, le calcaire fin bloque certains éléments indispensables aux plantes comme le fer, B, Cu, Mn , Zn, en solubilisation de la calcite au niveau des racines dont le fonctionnement se trouve perturbé, obstacle à la minéralisation de la matière organique par effet d'enrobage (Morel, 1996).

3-8-Conclusion :

La présence de calcaire en grande quantité, dans le sol affecte sa qualité, baisse la fertilité et par conséquence la production végétale.

Conclusion :

Les sels, au sens large du terme, constituent les traits caractéristiques des paysages arides d'Algérie, plus de 95% de ces régions sont en effet soit calcaires, soit gypseux, soit salsodiques (Halitim, 1988).

Ces différents composants ont un impact sur l'infiltration, le développement des plantes et la sensibilité du sol à l'érosion hydrique ou éolienne.

Chapitre III : Végétation des régions arides.

La végétation actuelle des zones arides est le résultat des interactions de trois facteurs essentiels, climat, sol (Flohn et Kettata, 1971 ; Le houerou 1971), et action anthropique (Le houerou, 1971 ; Le houerou, 1993 ; Le houerou, 1995), et provient de la dégradation de formations forestières primitives (Figure 8).

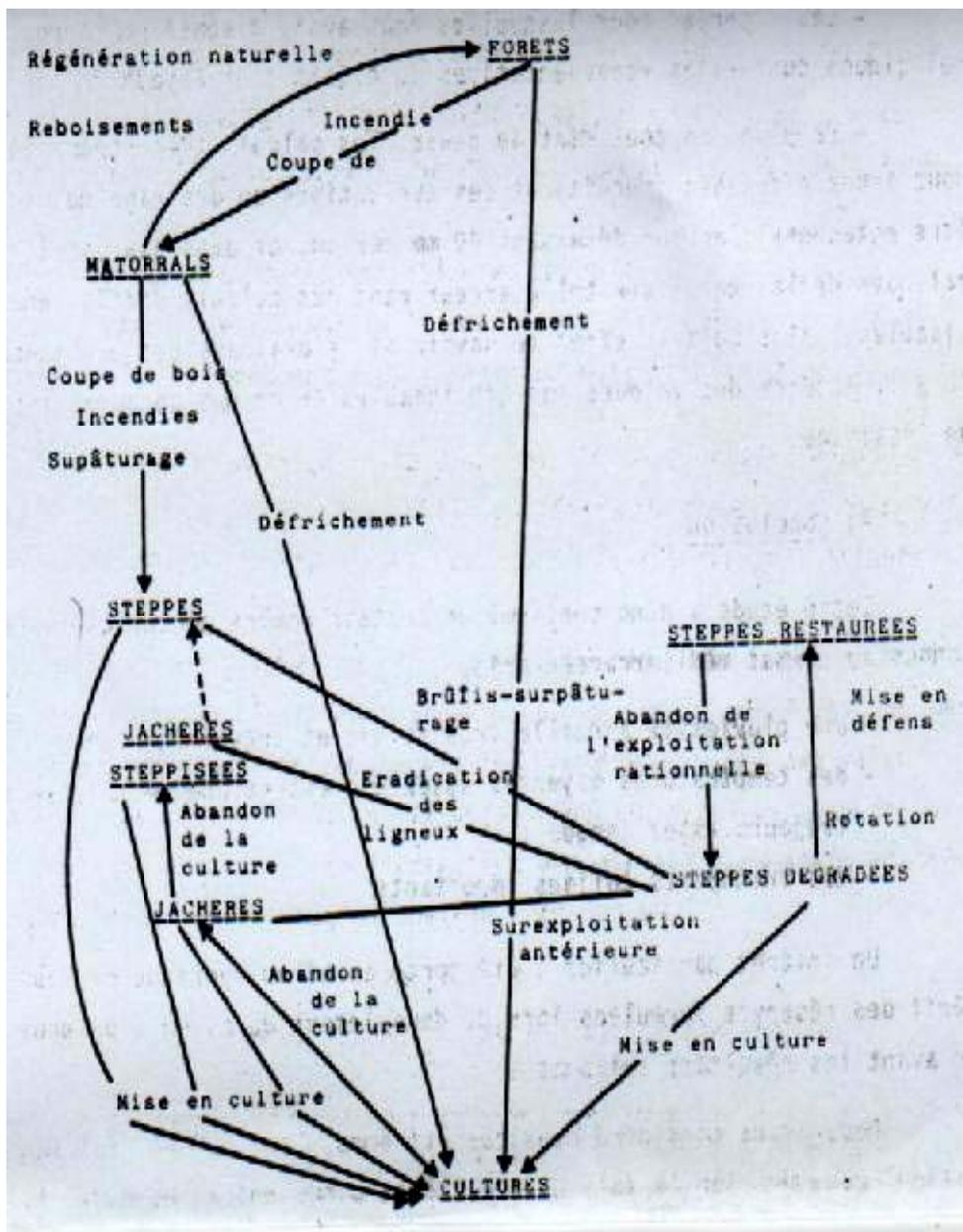


Figure 8 : Schéma de l'évolution de la végétation dans l'étage aride (d'après Claudin et al, 1975) , cité in Halitim (1988)

Il est classique de distinguer :

1- Les formations forestières et dégradation forestières :

1-1- Les forêts :

Toujours plus ou moins dégradées, a cause de climat et l'homme (Pons, 1981 ; Barbero, 1990).

Le houero (1971) appelle « forêt » toute formation d'au moins 100 arbres d'hectare, il s'agit de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et de chêne vert (*Quercus ilex*) qui se développent sur les massifs des atlas saharien et tellien.

1-2- Matorrals :

Le terme d'origine espagnol à été adopté par l'Unesco et sauvage (1962), il subsiste alors des arbustes et des arbres ne dépassant pas 7 m de haut.

Il représente la forme considérée la plus typique de la végétation méditerranéenne (Dicastri, 1981).

Différentes dénominations existent selon par exemple la taille, la nature de la roche mère : garrigues et maquis....

Le matorral est considéré comme issu de la régression de formations forestières suite à différentes perturbations. Selon Trachaud (1994), ce sont les feux répétés et la pauvreté du sol en éléments biogènes qui ont favorisé la formation forestière.

Parmi les principales espèces dominantes, citons selon Ozenda (1994) : Les genévriers (*Juniperus oxycedrus et Phoenicea*), le chêne vert, le lentisque, etc....

2- Les formations steppiques :

La steppe est l'écosystème où s'exacerbent l'ensemble des contraintes méditerranéennes par le déficit hydrique qui devient permanent (aridité) et par la pression anthropique qui est dans la plupart des cas, de plus en plus intense (Aidoud, 1994).

Selon Le houero (1995), la steppe comme les formations végétales basses et ouvertes, dominée par des espèces pérennes, dépourvue d'arbres, où le sol nu apparaît dans des proportions variables.

En fonction du végétal dominant, qui peut être herbacé (graminée) ou ligneux (sous- arbrisseaux), parfois par une référence aux conditions climatiques et édaphiques locales (Steppe aride ou saharienne, steppe Halophile à *Salsolacées*, la Steppe repose souvent une combinaison de critères à la fois Physiologiques structuraux et écologiques (Kaabache, 1990).

Selon Rodin et al (1968) cité in Pouget (1980b), les Steppes Nord-Africaines ne sont pas des Steppes vrais mais des « Pré- désert ».

2-1- Les Steppes à chamaephytes :

Ces Steppes occupaient naguère environ 200 000 Km² en Afrique du nord, constituent souvent des stades de dégradation de Steppes graminiennes (Le houerou, 1995).

Les Steppes chamaephytes sont dominées par des arbrisseaux dont la taille ne dépasse guère 50 cm, présentant ainsi une grande diversité avec :

- Les Steppes a « CHIH », l'armoise Blanche (*Artémisia herba-alba*).
- Les Steppes a « Zef- Zef », (*Helianthemem umhirtum spp*).
- Les Steppes dégradée a Sarr « *Atractylis serratoloïdes*)

Le suivi de la végétation réalisé entre 1975 et 1999 dans le Sud Ouest oranais cité in U.R.B.T (2001), montre que, le Steppe de dégradation à *Atractylis serratuloïdes* inexistante en 1975 occupe, aujourd'hui, la même place que l'Alfa.

2-2- Les Steppes crassullescentes :

Couvrent 40 000 à 50 000 Km² dans le Nord de l'Afrique, elles ont fait également l'objet de défrichements sur des superficies considérables, soit en vue de la culture irriguée, soit par culture aléatoire des céréales en sec (Le Houerou, 1995), sont dominées par des espèces charnues halophiles, liées a des terrains salés.

La nature des sels, leur concentration et leur variation dans l'espace vont créer une zonation particulière de la végétation halophile autour des dépressions salées, ces formations se développent sur des sols profonds, riches en chlorure de sodium et en gypse (URBT, 2001).

En Algérie ces formations étant très éparses, dont la surface n'a pas été déterminée de façon très précise, constituent d'excellents parcours (Nedjraoui, 2003).

3- Les principaux groupements végétaux :

Ozenda (1964) définit le groupement végétal comme « un ensemble de plantes réunies dans une même station, par suite d'exigences écologiques identiques ou voisines.

La composition floristique en est relativement constante quand on compare entre elles des stations semblables ».

La répartition des communautés végétales reste déterminée en grande partie par leur relation avec les conditions offertes par le milieu où elles vivent.

Dans ce contexte, il est classique de distinguer : les groupements végétaux de types zonal et les groupements végétaux de types azonal (Pouget, 1980 b).

3-1- Les groupements végétaux de types zonal :

Tels que les groupements forestiers et steppiques correspondent à une végétation naturelle déterminée par le climat.

Du Nord au Sud de l'Algérie, nous passons des forêts, maquis et matorrals aux steppes semi- arides et arides puis vers les écosystèmes désertiques, suivant des tranches pluviométriques (Figure 9).

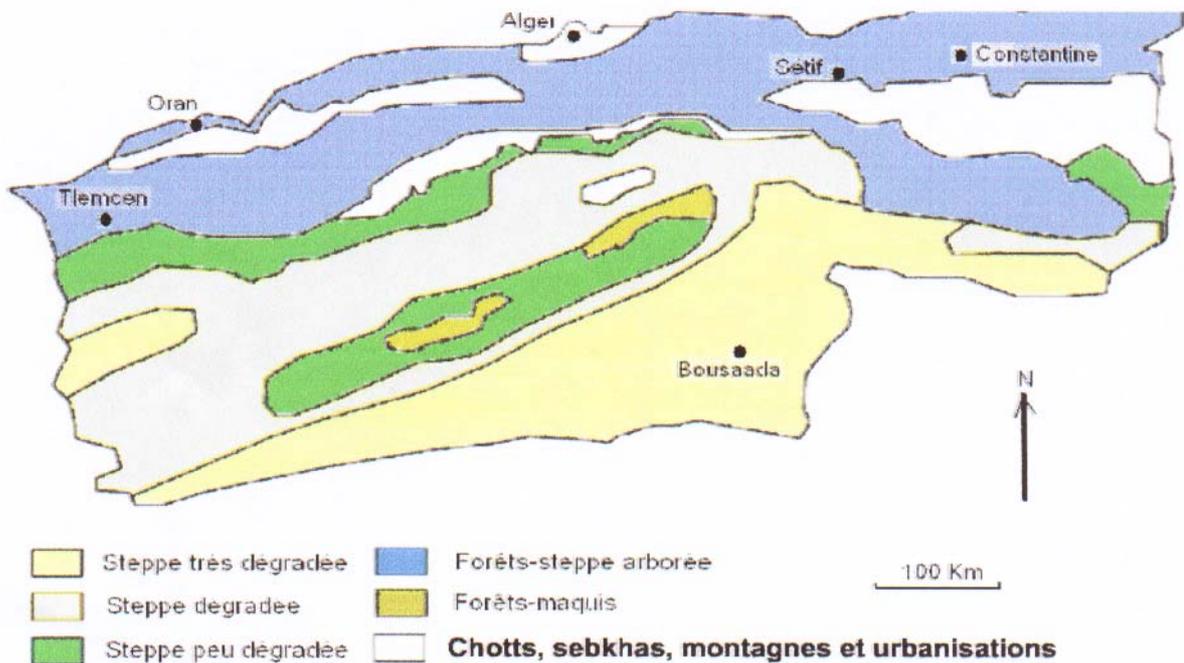


Figure 9 : Zones écologiques de l'Algérie (Salamani in Nedjraoui, 2003, modifié)

3-2- Les groupements végétaux de type azonal : caractérisent la végétation directement soumise à l'influence des facteurs édaphiques déterminant (Salure, Nappe d'eau, etc.).

3-2-1- Groupements halophiles :

Plusieurs définitions ont été données concernant les espèces halophiles. Les Halophytes sont « toutes les espèces qui poussent sur un sol salé (Flowers et al, 1986) ».

Selon d'autres auteurs comme Aronson (1989) « toutes les espèces qui ont seulement une tolérance vis- à- vis du sel ». Pour Le houero(1994), les espèces halophiles correspondent « aux espèces qui se trouvent exclusivement dans les conditions écologiques naturelles sur des sols salés on dans un environnement salin ».

Du point de vue écologique, trois (03) catégories peuvent être considérées (Le houero, 1993) :

- Les hypohalophytes :

Ces espèces tolèrent les taux de salinité relativement faible.

- Les eu halophytes :

Ces espèces peuvent supporter des concentrations élevées, c'est le cas de *Tamarix sp*, *Atriplex sp*, *Spartina sp*.

- Les hyper halophytes :

Ces espèces se développent dans des concentrations salines excédant celle de l'eau de mer telle : *Halocnenum strobilaceum*.

On peut distinguer aussi selon Le houero (1995), en fonction de la texture crassulescentes psammohalophiles, limnohalophiles et argilohalophile.

A titre d'exemple : les steppes à *Suaeda mollis* sont en halophiles, Psammohalophiles.

Le caractère de texture lié au pH et aux taux de saturation en sodium du complexe absorbant les groupements halophiles présente un caractère méditerranéen Saharien Gehuet et al (1993) cite par Ferchichi (2000).

Avec de nombreux points communs avec les plantes xérophiles (Frontier et al, 2004).

3-2-2- Groupements des sols à encroûtements gypseux :

- Espèces liées au gypse : *Astragalus armatus*.

- Sable gypseux : *Zygophyllum album*.

- Poupées de gypse de nodules gypseux dans grés gypseux : *Atriplex mollis*.

- Les sols alluviaux : Ils peuvent être suivant la teneur en gypse, des sols calcaro- gypseux, gypseux- calcaire, ou gypseux. Or ces teneurs sont définies par les remplacements d'une association qui se développe sur un sol calcaro- gypseux (association a *Atractylis serratuloïdes*), caractéristique des sols à forte teneur en gypse (association a *Zygophyllum album*) (Novikoff, 1959).

3-2-3- Groupements gypso- halophiles :

Suaeda mollis, *Zraganum nudatum*, *Zygollum album*.

3-2-4- Groupements psammophile :

Lié aux sables grossiers plus ou moins fixés : *Koelpinia linearis*, *suaeda mollis*.

4- Caractéristiques générales des espèces végétales :

Dans les zones arides, les rigueurs climatiques obligent les espèces végétales à des adaptations nécessaires à leur survie.

Ces adaptations aux conditions de milieu et leurs mécanismes ont été décrits dans tous les groupements végétaux (Frontier et al, 2004).

Elles recouvrent les régulations physiologiques et morphologiques qui permettent aux plantes de s'adapter à une alimentation en eau déficitaire s'opérant à différentes échelles.

Dès qu'un déficit hydrique apparaît, la plante ajuste, rapidement et de façon réversible, les flux d'eau qui la traversent par la fermeture des stomates (petits orifices des feuilles, qui règlent les échanges gazeux entre plante et atmosphère).

Des déficits hydriques plus longs induisent des changements plus irréversibles, notamment de morphologie (réduction des surfaces d'évaporation).

Dans les situations de sécheresse très longue et sévère, cette réduction peut devenir complète (Scheromm, 2000).

On sait en particulier que chez les plantes, le rythme des modifications saisonnières (dit rythme phénologique) est calqué sur le rythme saisonnier prévalant dans la région, et principalement le rythme de l'aridité atmosphérique (Ramade, 2003 ; Frontier et al, 2004).

4-1- Types biologiques :

Les types biologiques sont considérés comme une expression de stratégie d'adaptation de la flore aux conditions du milieu et représentent selon Dahmani (1996), un outil privilégié pour la description de la physionomie de la végétation.

Ces types ont été établis par RAUNKIAER pour les végétaux des régions tempérées où la saison défavorable est la saison froide.

Mais ils peuvent être appliqués aux végétaux des régions où la saison défavorable est la saison sèche (Dajoz, 2003).

- Les Phanérophytes:

Sont des arbres et des buissons dont les bourgeons sont situés à plus de 50 cm du sol, et qui perdent leurs feuilles à la mauvaise saison.

- Les chamae phytes :

Sont des plantes ligneuses à bourgeons situés à moins des 30 cm du sol.

- Les hémicryptophytes :

Ont des bourgeons situés au ras du sol, les hémicryptophytes cespiteux qui forment des grosses touffes sont surtout des graminées et des cypéracées.

- Les géophytes :

Sont des plantes vivaces à bulbe ou rhizomes souterrains.

- Les thérophytes :

Sont des annuelles qui passent la mauvaise saison sous la forme de graines.

Les proportions de ces différents types biologiques représentent une « intégration » de l'action des facteurs climatiques sur une longue période de temps (Dajoz, 2003 ; Ramade, 2003 ; Frontier et al, 2004).

Les espèces adaptées à la sécheresse sont qualifiées de végétaux xérophytes ou xérophiles, elles se caractérisent par des diverses adaptations.

4-2- Adaptation morphologique et anatomique :

Les déficits hydriques longs se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante, qui visent à réduire sa surface transpirante (surface foliaires, épaissement des cuticules), mais qui induisent également une baisse de sa production (Scheromm, 2000).

La plupart des chénopodiacées, sont ainsi porteurs de feuilles minuscules ou même sont complètement aphyllés, par fois les feuilles sont transformées en épines (Ozenda, 1977) pour constituer des réserves en accumulant l'eau dans les tissus (feuilles crassulescentes).

4-3- Adaptation physiologique :

Réduction du cycle végétatif avec de longues périodes de dormance estivale ou hivernale (Ozenda, 1977).

Par fois la plante passe la saison sèche à l'état de bulbe ou Rhizome Charnus ou encore de graines (Thérophytes) (Dajoz, 2003).

4-4- Augmentation du rapport parties souterraines/ parties aériennes :

Est toujours supérieure chez les plantes stressés, ceci semble traduire un phénomène d'adaptation à la sécheresse.

Le développement important du système racinaire, à la fois en surface et plus profondément grâce à des racines pivotantes.

Théodore Monod à observé dans le Sahara qu'un acacia de 3 m de haut allait chercher l'eau phréatique à 35 m de profondeur (Frontier et al, 2004).

A ces adaptations, classiques dans les régions sèches et destinées à pallier l'insuffisance du bilan hydrique, s'ajoutent des adaptations spécifiques liées à la présence de conditions stationnelles particulières.

Ainsi la présence en excès de sels solubles (Chlorure de sodium et magnésium, sulfate de sodium et magnésium, etc.), dans les solutions du sol, est toxique pour les plantes ; elle entraîne des troubles nutritionnels et nécessite des adaptations physiologiques (Mazliak, 1981 ; Javor, 1989).

Certaines espèces augmentent dans leurs tissus le taux de Na^+ , Cl^- et Mg^{++} aux dépens de Ca^{++} et K^+ : *Atriplex halimus*, *Suaeda mollis*, *Zraganum nudatum*, etc.

D'autres espèces halophiles comme les graminées, paraissent s'adapter en limitant au contraire les accumulations de sels minéraux (Pouget, 1980).

Plusieurs études (Zid et Grignon, 1991 ; Boughanmi , 1995 ; Mezni et al, 1999) ont montré que les plantes adaptées au stress Salin utilisent un ou plusieurs mécanismes pour atténuer l'effet toxique de Na^+ et Cl^- ce sont :

- La réabsorption de Na^+ par les cellules de transfert ou du parenchyme vasculaire.
- La compartimentation vasculaire de Na^+ dans les tissus foliaires.
- La dilution de Na^+ par la matière produite des feuilles en pleine croissance.
- L'aptitude des plantes à limiter le transport de Na^+ dans les feuilles.
- Et la synthèse de solutés organiques (Proline, Glycine, Sucres solubles, etc.).

5- Action de l'homme :

En Afrique du Nord, dans les milieux arides notamment les régions steppiques, la dégradation du couvert végétal a connu une ampleur alarmante ces dernières années, causant ainsi une déséquilibre écologique (Le Houerou, 1995).

Cette destruction du couvert végétal est dû au climat, sol, mais essentiellement à une action humaine.

Il s'agit à l'augmentation de la population, introduction de nouvelles techniques inadaptées, surpâturage, etc.....

5-1- Le surpâturage :

Il y a surpâturage dès que le prélèvement de matière végétale par les animaux est supérieur à la production annuelle, ceci entraîne une réduction du couvert végétal et de la biomasse des espèces vivaces.

Selon PNAE- DD (2002), le Cheptel steppique en Algérie est passé d'un équivalent- ovin pour 4 ha en 1968 à un équivalent- ovin pour 0,78 ha, provoquant un pâturage excessif, la végétation, composée d'Alfa, de sparte et de

l'armoise, etc., régresse progressivement jusqu'à l'apparition généralisée de la croûte calcaire. Parallèlement une augmentation spectaculaire de la fréquence et de l'importance des vents de sable provoquée par la destruction du couvert végétal et par conséquence augmentation d'une érosion éolienne intense.

5-2- Extension des sur faces cultivées (principalement en céréales) :

Selon PNAE- DD (2002), la surface cultivée en Algérie est passée de 1,1 million d'hectares en 1968 à 2,1 millions d'hectares en 1990.

L'extension des labours et l'introduction de la mécanisation sont des paramètres de dégradation aussi importante que le surpâturage.

Les techniques de labours utilisées par les agro pasteurs ont une action érosive, détruisant l'horizon superficiel et stérilisant le sol, le plus souvent de manière irréversible.

Les espèces ligneuses qui retiennent le sol sont détruites et sont remplacées par des espèces adventices qui favorisent l'érosion éolienne.

5-3- L'éradication des espèces ligneuses :

Les espèces ligneuses pâturées par les troupeaux, déracinées par les tracteurs, subissent un arrachage par les éleveurs qui les utilisent à des fins domestiques comme bois de chauffe ou de cuisson (armoise, blancs, etc.).

Il s'ajoute un piétinement intense de la surface du sol, facteur favorable à l'action de l'érosion hydrique et éolienne. Les données récentes montrent que ces phénomènes ont provoqué d'énormes pertes : près de 600 000 ha de terres en zone steppique sont totalement désertifiés sans possibilité de remontée biologique et près de 6 millions d'hectares sont menacées par les effets de l'érosion éolienne (Ghazi et Lahoati; 1997) cité in Nedjraoui (2003).

6-Conclusion :

Le groupement végétal étant un effet du milieu, les groupes écologiques qui le définissent sont liés aux trois principaux facteurs écologiques ; il y a ainsi des groupes écologiques :

- Climatiques : (étages bioclimatiques, aride, semi- aride, Saharien).

- édaphiques : dominants sinon exclusifs dans les groupements azonaux.
- Anthropiques : leur action apparaît aussi par la succession des différents stades de dégradation du couvert végétal (foret → désert)

Chaque espèce végétale reste soumise à l'ensemble des facteurs du milieu, le fait d'appartenir à tel ou tel groupe signifie une plus grande sensibilité à l'un des facteurs ; par exemple le groupe écologique des plantes à la présence d'une croûte gypseuse se rencontre, uniquement sur le sol encroûtés mais ces espèces ne seront pas obligatoirement les mêmes pour les bioclimats différents.

Dans les zones arides, les rigueurs climatiques obligent les espèces végétales à des adaptations nécessaires à leur survie (morphologique, physiologique, etc.).

Deuxième Partie: Etude du milieu et méthodologie

Chapitre I : Etude du milieu

1- Le climat :

Le climat joue un rôle essentiel dans la répartition et le développement des plantes et la nature du sol (Boulaine, 1971 ; Torrent 1995) son analyse à l'échelle d'une région se base sur des données fournies par des stations météorologiques, nous avons fait une synthèse climatique de notre région d'étude sur trois stations représentatives (Batna- Barika et Biskra).

Les principaux paramètres climatiques retenus sont la température de l'air, la précipitation, humidité relative, l'évapotranspiration, l'insolation et le vent.

1- 1- Les précipitations :

Selon Dubief (1953), les précipitations ont pratiquement toujours lieu sous forme de pluies. Ces dernières sont caractérisées par leur faible quantité. Pour étayer les caractéristiques de précipitations de notre région d'étude, nous avons fait une synthèse des données sur les précipitations sur trois stations représentatives.

De ce fait nous avons pu avoir les moyennes couvrant une période de 20 ans à Batna, 20 ans à Barika et 24 ans à Biskra.

1- 1-1- Variation annuelle :

La moyenne annuelle est d'environ 125,49 mm répartie sur 33 jours pluvieux à Biskra, 225,5 mm, répartie sur 48 jours pluvieux à Barika et environ 331 mm répartie sur 87 jours pluvieux à Batna. La quantité d'eau reçue annuellement reste un facteur essentiel pour la vie végétale en zone aride.

Pour les sols, la valeur maximum de précipitation a une grande importance.

Elle accentue les processus d'érosion hydrique et favorisent les migrations des éléments les plus solubles (sels, gypse, calcaire) (Pouget 1980b ; Halitim, 1988).

Les moyennes mensuelles des hauteurs de pluies sont représentées dans (annexe n° 01), l'analyse des hauteurs mensuelles de pluies dans les trois stations, fait ressortir un maximum en novembre (20,42 mm) à Biskra, en Janvier (39,9 mm) à Barika et en novembre (39 mm) à Batna, avec un minimum se produisant toujours en Juillet (0,3 mm à Biskra, 1,3 mm à Barika et 3 mm à Batna) (Figure10). Toutefois il faut noter que ces valeurs mensuelles peuvent varier d'une année à l'autre (Dubief, 1953 ; Thierry et Matari, 1998).

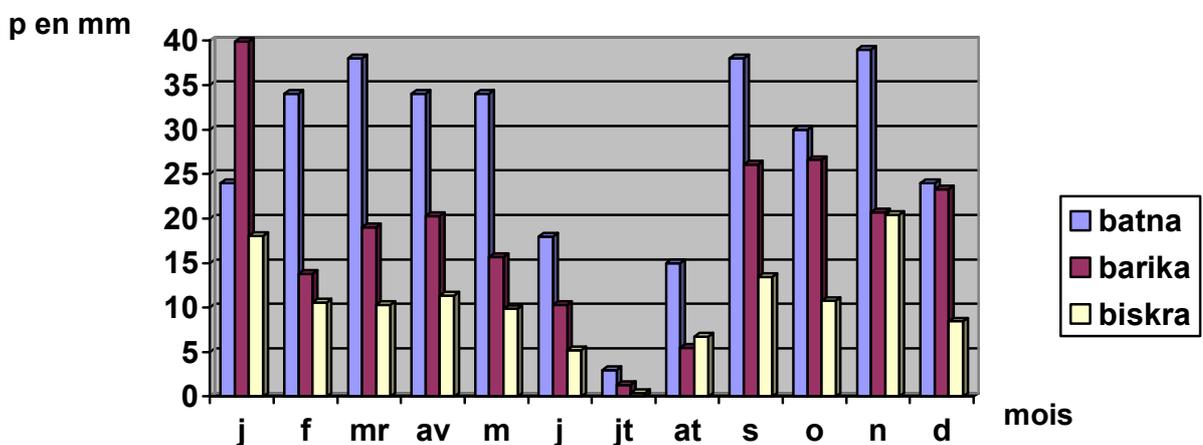


Figure 10: variation mensuelle moyenne de la hauteur des pluies au niveau des trois stations

1- 1- 2- Variation saisonnière :

Les précipitations saisonnières sont calculées à l'aide des valeurs mensuels inter annuels (annexe n°01).

La répartition saisonnière des pluies (Figure11) dans les trois stations, fait ressortir un maximum se produisant en automne (35,53%) et hiver (37,05%) à Biskra, en automne (32,99%) et hiver (34,61%) a Barika, et en automne (32,32%) et printemps (32,02%) à Batna.

Le minimum se produisant toujours en été, avec une pluviosité souvent très faible.

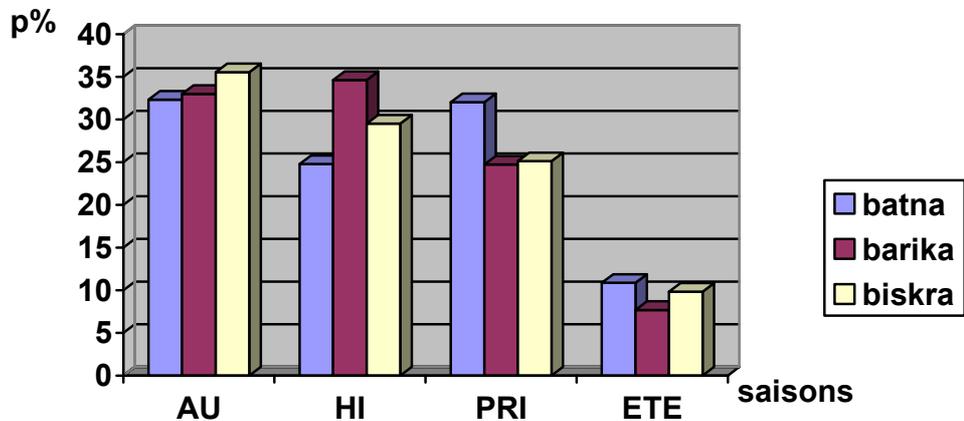


Figure11 : variation saisonnière de la hauteur de pluies au niveau de trois stations

1- 2- La température :

Le facteur thermique a une influence capitale sur les comportements des organismes par le contrôle qu'il exerce sur l'ensemble des processus vitaux.

La croissance, l'activité végétative et la production sont étroitement dépendantes de la température.

Les espèces végétales sont plus sensibles aux températures minimales de la saison froide et aux températures maximales de la saison chaude et par conséquent à l'amplitude de leurs oscillations.

En plus ce sont ces éléments qui caractérisent le mieux le régime thermique en un lieu donné.

Pour la végétation, plus importantes sont les températures moyennes hivernales.

Les deux facteurs essentiels à considérer pour la croissance et le développement végétal se rapportent :

- à l'intensité et à la durée du froid hivernal (dormance hivernale).
- à la sécheresse estivale, d'autant plus longue et chaude que la pluviosité moyenne annuelle est faible.

De la même façon que les précipitations nous avons fait une synthèse des données de températures pour les trois stations représentatives de notre région d'étude.

Les grandeurs thermiques retenues pour la région d'étude (annexe n°01), nous permettent de faire les constatations suivantes :

- * La moyenne annuelle est de l'ordre de 22,51°C à Biskra, 18,26°C à Barika et 13,68°C à Batna.
- * Une forte variation saisonnière des températures mensuelles, un maximum en Juillet (33,63°C à Biskra, 30,09°C à Barika et 24,6°C à Batna), avec un minimum se produisant toujours en Janvier (11,85°C à Biskra, 7,9°C à Barika et 5,25°C à Batna) (Figure10).
- * La température maximale enregistrée est de l'ordre de 40,06°C à Biskra, 37,07°C à Barika et 32,9°C à Batna.
- * La température minimale enregistrée en Janvier est de l'ordre de 7,04°C à Biskra, 7,9°C à Barika et 5,25°C à Batna.
- * L'amplitude thermique est considérable ; elle est de 12,97°C en Juillet et de 5,51°C en Avril à Biskra, de 16,78°C en Octobre et de 10,51°C en Décembre à Barika et de 8,54°C en Janvier et de 16,6°C en Juillet.

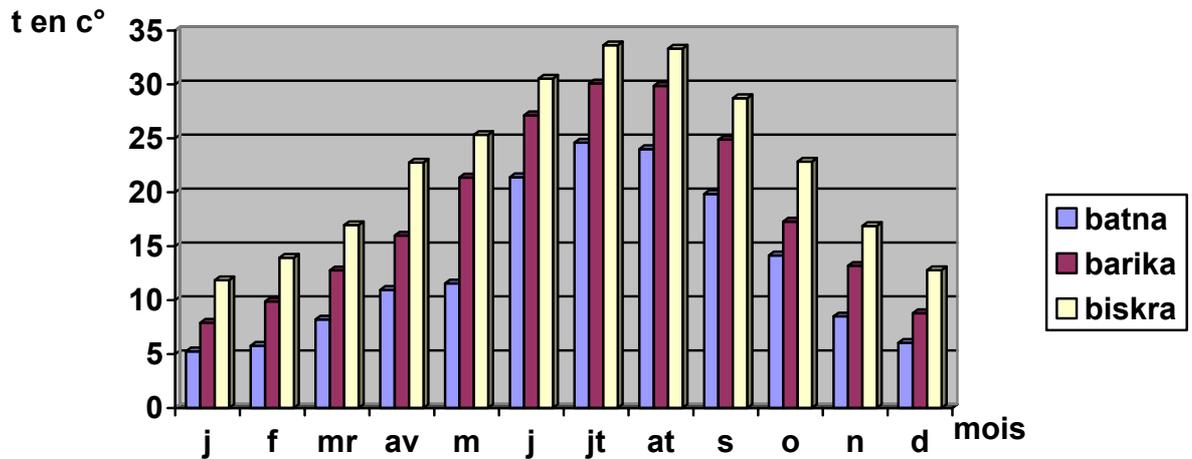


Figure12 : variation mensuelle moyenne pour les trois stations étudiées

1- 2-1- Variation saisonnière :

La température moyenne saisonnière est calculée à l'aide des valeurs moyennes mensuelles.

On remarque que toutes les saisons sont caractérisées par : (Figure13) :

* Un été chaud avec des températures variant entre 23,33°C à Batna, 29,03°C à Barika et 32,49°C à Biskra.

* Un hiver froid avec des températures variant entre 5,69°C (Batna) et 8,86°C (Barika) et un hiver chaud à Biskra (12,85°C).

* Un printemps où la température varie de 14,16°C à Batna, 18,45°C à Barika et 22,81°C à Biskra.

* Un automne avec des valeurs de la température atteignant 10,23°C à Batna, 16,71°C à Barika et 21,67°C à Biskra.

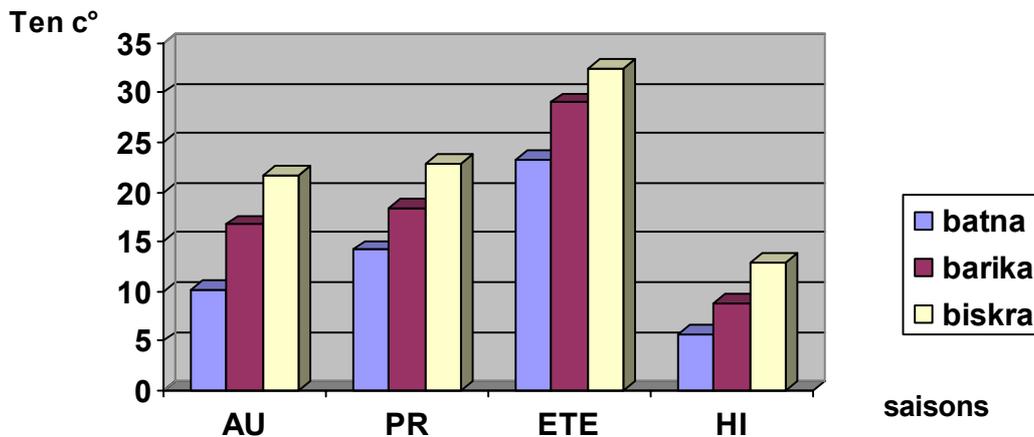


Figure13 : variation saisonnière de la température au niveau de trois stations

1- 3- L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

L'évapotranspiration potentielle est la consommation maximale d'eau d'un couvert végétal actif dense et étendu sur une grande surface et bien alimenté en eau.

Elle correspond au maximum du pouvoir évaporant de l'air (Gerbier et Brochet, 1975), plusieurs formules ont été élaborées pour l'évaluation de l'ETP par Thornthwaite (1944), Penman (1948), Turc (1961), etc.

Le calcul de l'ETP est effectué en appliquant la formule de Thornthwaite, il s'agit d'une expression simple et adaptée au contexte climatique, aride de notre zone d'étude.

L'ETP de thornthwaite s'exprime par la formule suivante :

$$ETP = 16 (10 t/I)^a c$$

Où :

- ETP : évapotranspiration en mm ;
- t : température moyenne de la période considérée en C° ;

-**a** : indice lié à la température, calculé par la relation proposées par Serra (1954), cité par Menani (1991) pour la simplifier :

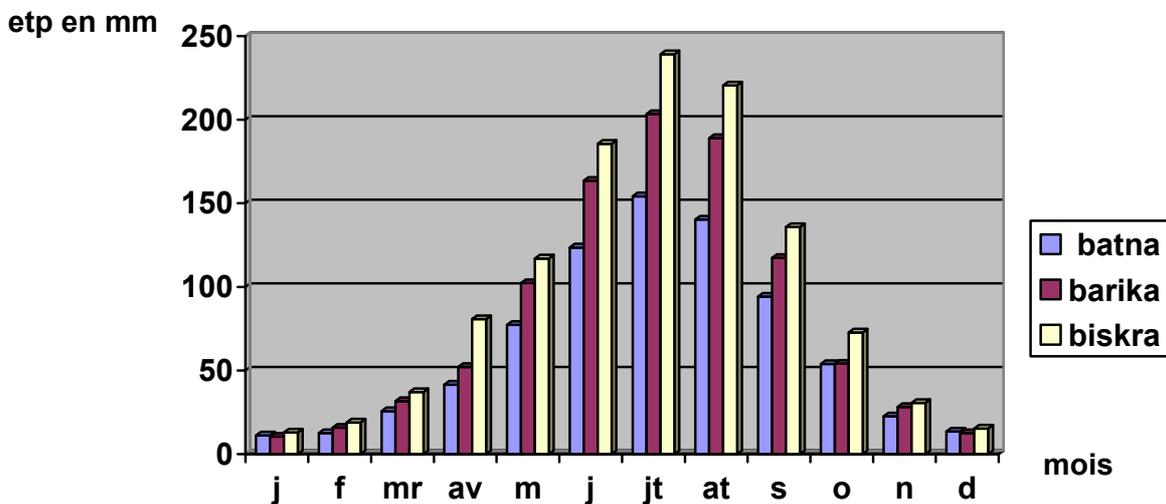
$$a = 0,0161 I + 0,5$$

-**C** : coefficient de correction en fonction de la latitude et du mois de l'année (annexe n°01).

- **I**: indice thermique annuel obtenu en sommant les 12 valeurs de $i = (t / 5)$; t'étant la température moyenne mensuelle en ° centigrade. Les résultats de calcul de l'ETP sont rapportés dans la figure 14.

L'analyse des résultats de calcul de l'ETP par la méthode de Thornthwaite pour les trois stations montre que la valeur minimum se produit en Janvier (11,26 mm) à Batna, 10,46 mm à Barika et 12,99 mm à Biskra.

Le minimum est atteint en Juillet de 154,22 à Batna, 203,44 à Barika et 239,13 à Biskra.



**Figure14 : évapotranspiration mensuelle moyenne selon THORNTHWAITE
Au Niveau de trois stations**

1- 4- Humidité relative :

L'analyse des résultats de l'humidité relative mensuelle dans les trois stations (Figure15), fait ressortir un maximum se produit toujours en Décembre avec 57,8% à Biskra, 64,2% à Barika et 74,58% à Batna, avec un minimum de 28,4% en Juillet à Biskra, 38,16% à Batna et 11% en Septembre à Barika.

L'humidité relative elle reste inférieure à 50% en été à Batna, toute l'année sauf en hiver à Biskra et toute l'année sauf en hiver et la fin de automne à Barika, elle souligne se double influence de la sécheresse estivale et de la continentalité ; par temps de sirocco.

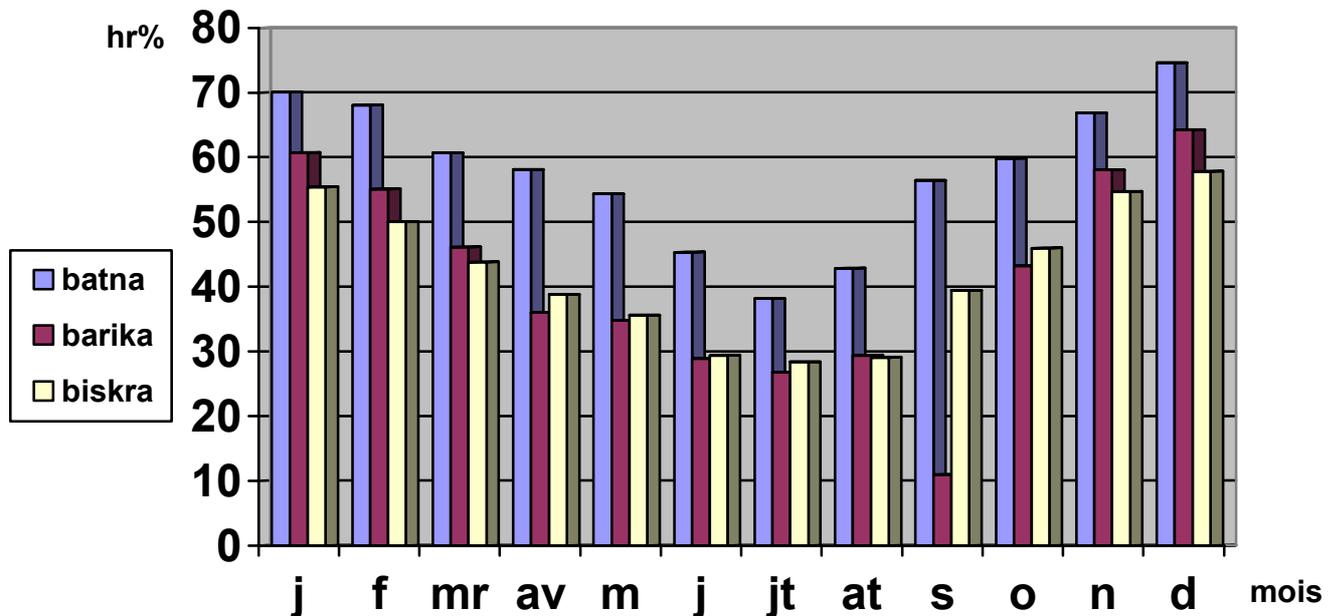


Figure 15: humidité relative mensuelle moyenne en (%) au niveau de trois stations

1- 5- L'insolation :

Le nombre moyen annuel d'heures d'insolation est environ 250,88 à Batna, 283,6 à Biskra et 262,2 à Barika (annexe n°01).

Le maximum est enregistré, en Juillet avec 349,16 heures à Batna, 357,38 heures à Barika et 365,5 heures à Biskra.

Le minimum est enregistré en Janvier (171 heures) à Batna, en décembre (218,7 heures) à Biskra et 182,32 à Bari ka.

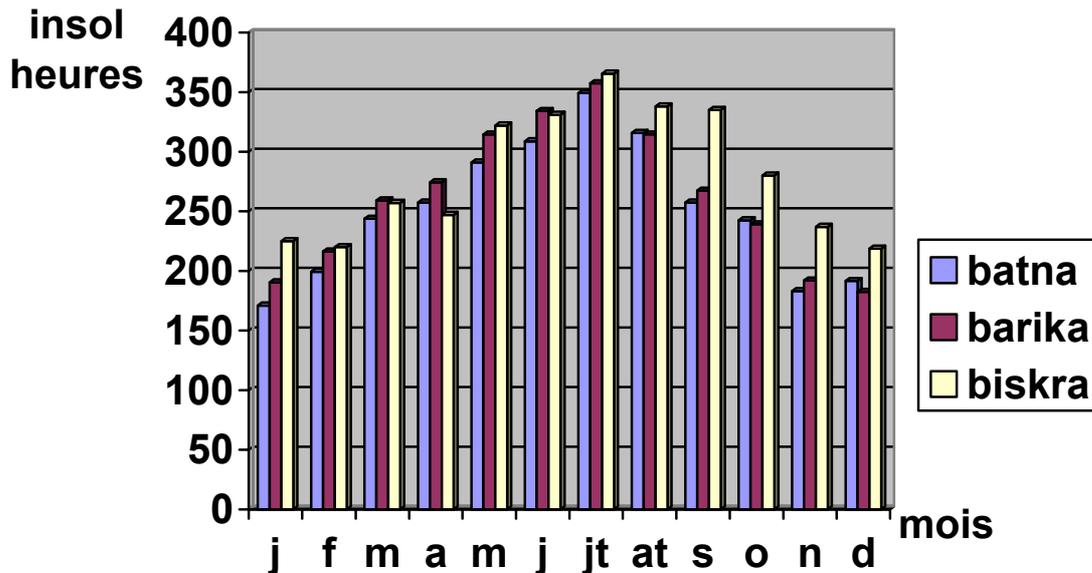


Figure16 : le nombre moyen d'insolation au niveau de trois stations

1- 6-Le vent :

Le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant. Sous l'influence des vents violents la végétation est limitée dans son développement. Le vent a tout d'abord une action indirecte :

- en abaissant ou en augmentant la température, suivant les cas
- en augmentant la vitesse d'évaporation, il a donc un pouvoir desséchant

La vitesse moyenne mensuelle de trois stations est représentée dans (annexe n° 01)

L'analyse de vitesses des vents dans les trois stations (figure17), fait ressortir un maximum en avril (6.85 m/s) à Batna, en juillet (5.3 m/s) à Barika et (9.70 m/s)

à Biskra avec un minimum se produisant en janvier (3.3 m/s à Barika et 7.59 m/s à Biskra) et en août (2.97 m/s) à Batna

L'écologiste chinois liu shu (1984) considère qu'il y a risque sérieux de désertification lorsque la vitesse moyenne annuelle est de 2 m/s à 3.8 m/s au dessus du sol. Ce chiffre est en accord avec celui retenu par la FAO (Boyadgiev ,1984) ce qui nous permet de dire selon le concept de ces scientifiques que notre région d'étude a une vitesse moyenne annuelle de 3.73 m/s à Batna, 4.42 m/s à Barika et 8.7 m/s à Biskra est menacée de désertification par érosion éolienne

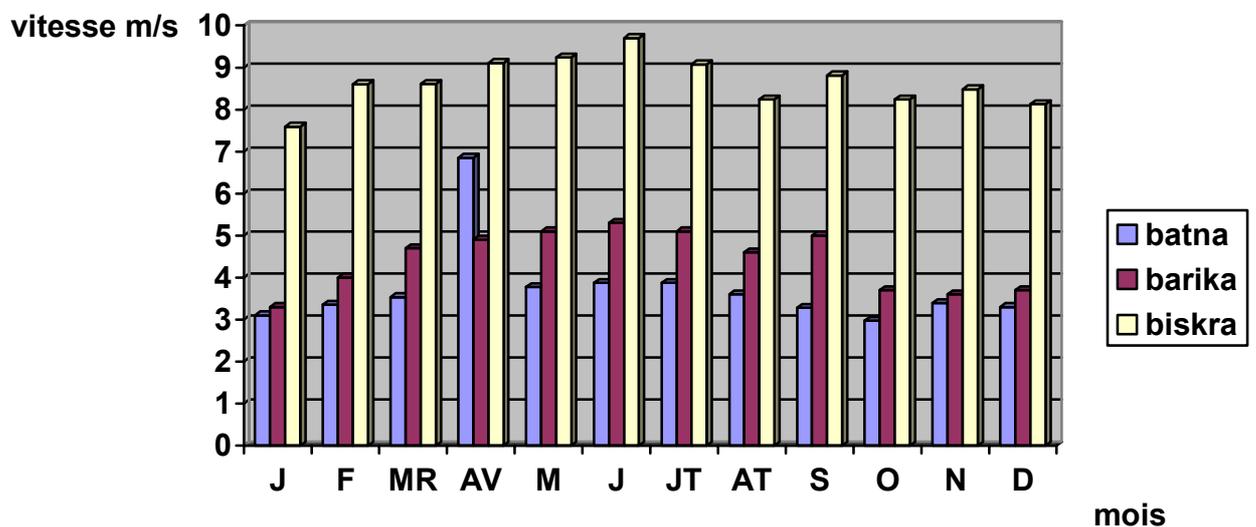


Figure17 : vitesse mensuelle moyenne des vents au niveau de trois stations

1- 7- Les indices climatiques :

De nombreux indices et formules ont été élaborés pour caractériser le climat d'une région, ils font intervenir essentiellement, la conjonction température-pluviométrie.

1- 7-1- Indice de DEMARTONNE (Ia):

$$I = P / (T + 10) \quad \text{Où}$$

* P : précipitation annuelle (mm).

* T : température moyenne annuelle (C°).

Cette formule est caractérisée par sa simplicité dans laquelle le chiffre 10 ajouté à la température, permet d'éviter d'avoir un indice négatif.

Cet indice est d'autant plus grand que le climat est plus humide. Nous avons appliqué cette formule aux trois stations climatiques courant notre zone d'étude ; nous avons obtenu la classification suivante :

Tableau 6: Calcul de l'indice de DEMARTONNE pour les 03 station :

Stations climatiques	Valeur de l'indice
Batna	13,97
Barika	7,87
Biskra	3,86

Tableau7: Classification des stations selon DEMARTONNE (Guyot, 1999):

Stations climatiques	Valeur de l'indice	Type de climat
Biskra	$0 < I < 5$	Hyper- aride
Barika	$5 < I < 10$	Aride
Batna	$10 < I < 20$	Semi- aride
	$20 < I < 30$	Semi- humide
	$30 < I < 50$	Humide

En plaçant ces indices sur le tableau De martone, on s'aperçoit que la station de Batna à un climat semi- aride, la station de Barika, un climat aride et la station de Biskra un climat hyper- aride.

1- 7- 2- Indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (Ix) :

Ce diagramme ombro thermique fait intervenir les pluies et les températures moyennes mensuelles.

Cette représentation fait ressortir les mois secs dans l'année pour GAUSSEN un mois est sec si $P < 2T$, comme il apparaît clairement sur les figures (18-19-20), la période sèche de la région de Batna s'étale du mois mai jusqu'à la fin du mois de septembre, dure presque toute l'année de la région de Barika et toute l'année pour la région de Biskra

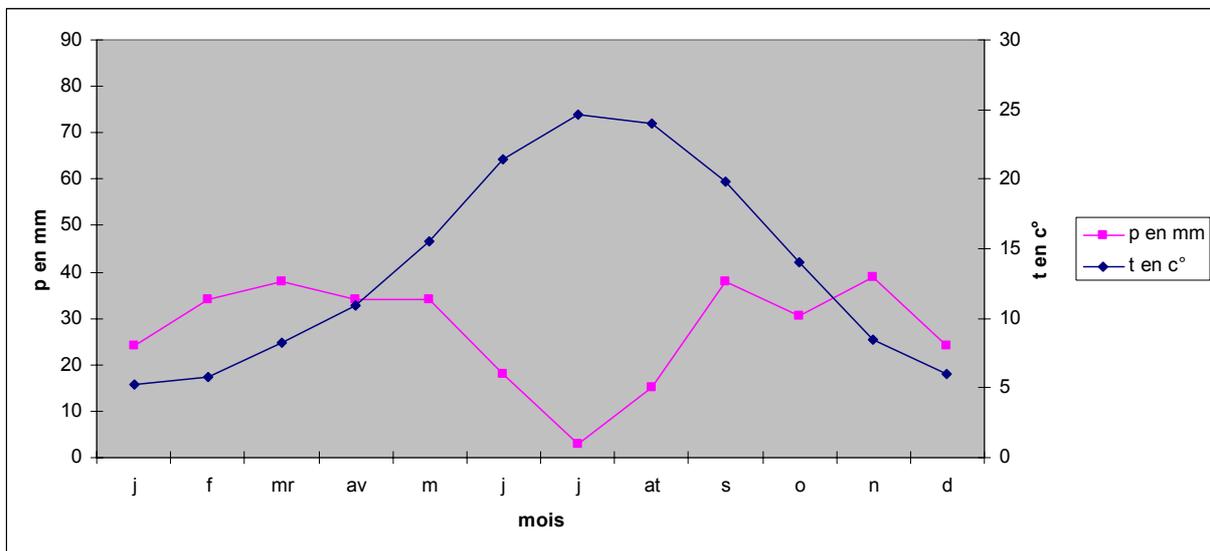


figure18 : diagramme ombrothermique de Batna (1985-2005)

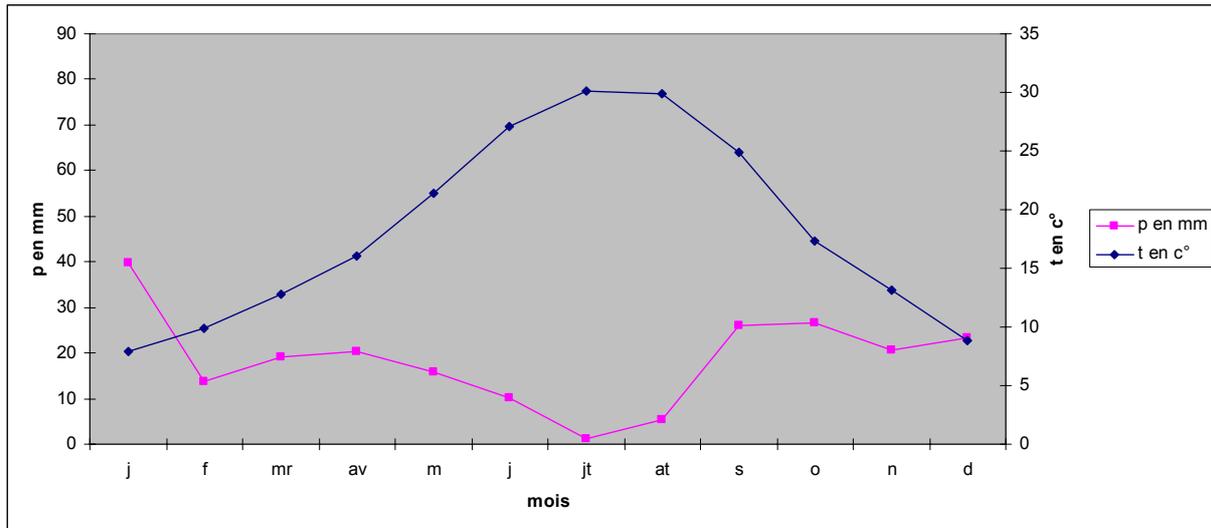


figure19 : diagramme ombrothermique de Barika(1984-2004)

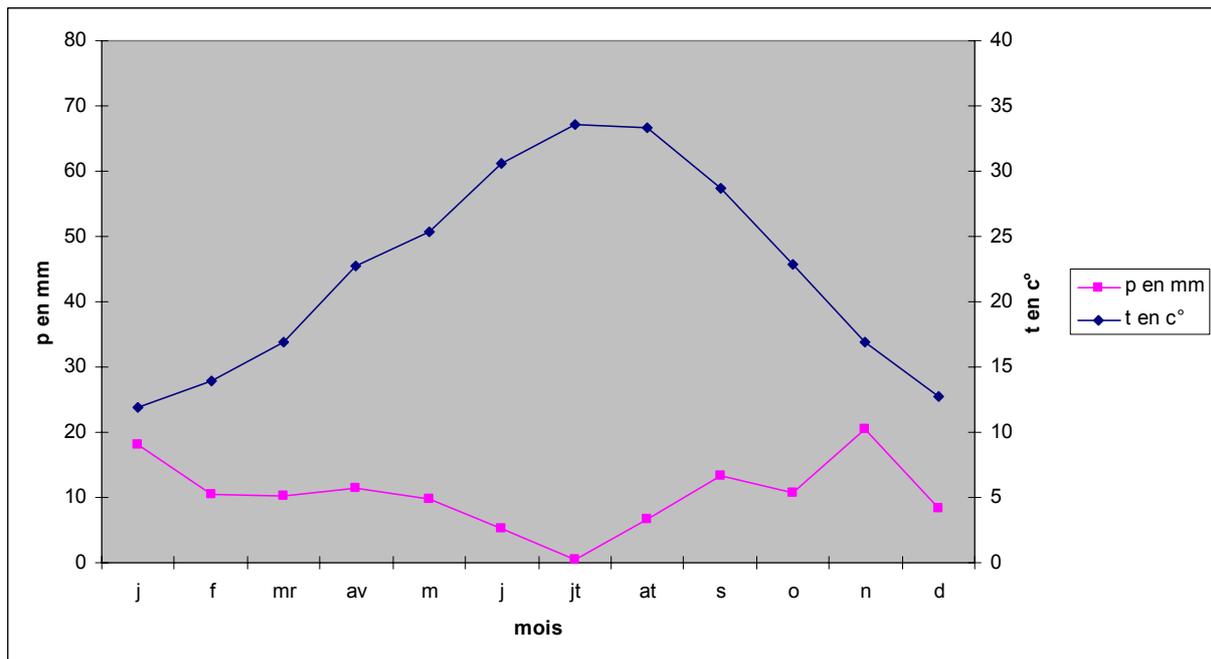


Figure20: diagramme ombrothremique de Gausсен de la région de Biskra

1- 7-3-Le climagramme d’Emberger :

Ce diagramme ou quotient pluviométrique est une représentation graphique issue d’une formule où la valeur des précipitations en mm, divisée par une expression de la T° en degré Kelvin, cette expression est choisie en fonction de la vie du végétal, cette formule s’écrit comme suit :

$$Q_2 = \frac{1000 P}{\left(\frac{M+m}{2} \right) (M-m)} = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

Cette formule peut s’écrire selon Stewart (1969) qui à transformé le quotient d’Emberger pour le climat méditerranéen et a obtenu la formule suivante :

$$Q_2 = 3,43 \frac{P}{M - m}$$

Où

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud.

m : moyenne des minimum du mois le plus froid.

M et m sont exprimés dans l’expression de Stewart en ° Celsius.

Le climat est d’autant plus sec que Q₂ est plus faible. L’observation du climagramme d’Emberger nous permet de situer les 03 stations d’étude comme suit :

-Station Biskra : une étage bioclimatique Saharien en hiver chaud (Figure21).

-station Batna : une étage bioclimatique semi aride à hiver frais inférieur (Figure21).

-Station Barika : une étage bioclimatique aride à hiver tempéré (Figure21)

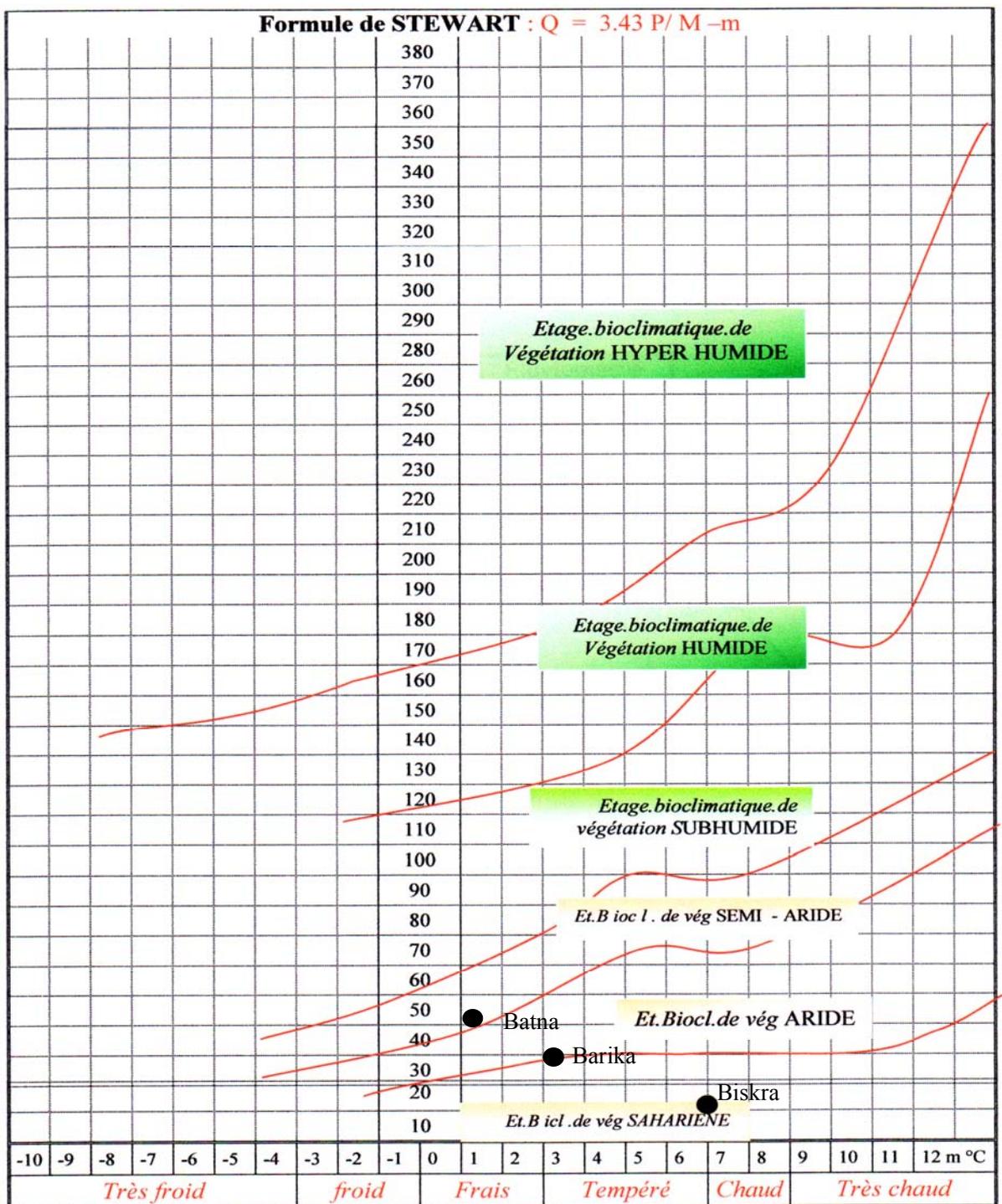


Figure21 : le climagramme du quotient pluviométrique Q2 d’emberger des 03 stations d’étude.

1-8 Conclusion :

Notre zone d'étude offre un bel exemple de la « dégradation » du climat méditerranéen et de son passage progressif à un climat franchement désertique, quoique encore de type méditerranéen, cette dégradation correspond à une aridité croissante :

- * La pluviosité annuelle diminue progressivement et devient de plus irrégulière, le nombre de jours de pluie est en général peu élevé, inférieur à 100.
- * Les températures moyennes augmentent et soulignent une sécheresse estivale toujours plus longue.
- * Une insolation élevée.
- * une humidité relative faible en moyenne, inférieure à 50%.
- * les vents sont moins uniformes et contribuent à accroître une évaporation

Tous ces facteurs déterminent une forte aridité, pour la végétation. L'aridité croissante se traduit par un bilan hydrique des sols de plus en plus déficitaire et une réduction de l'activité végétale en intensité et en durée.

L'illustration en est fournie par l'augmentation de la durée de la saison sèche telle qu'elle est exprimée sur les diagrammes ombrothermiques de Bagnoulous et Gaussen (Figure 18-19-20).

2- La géologie :

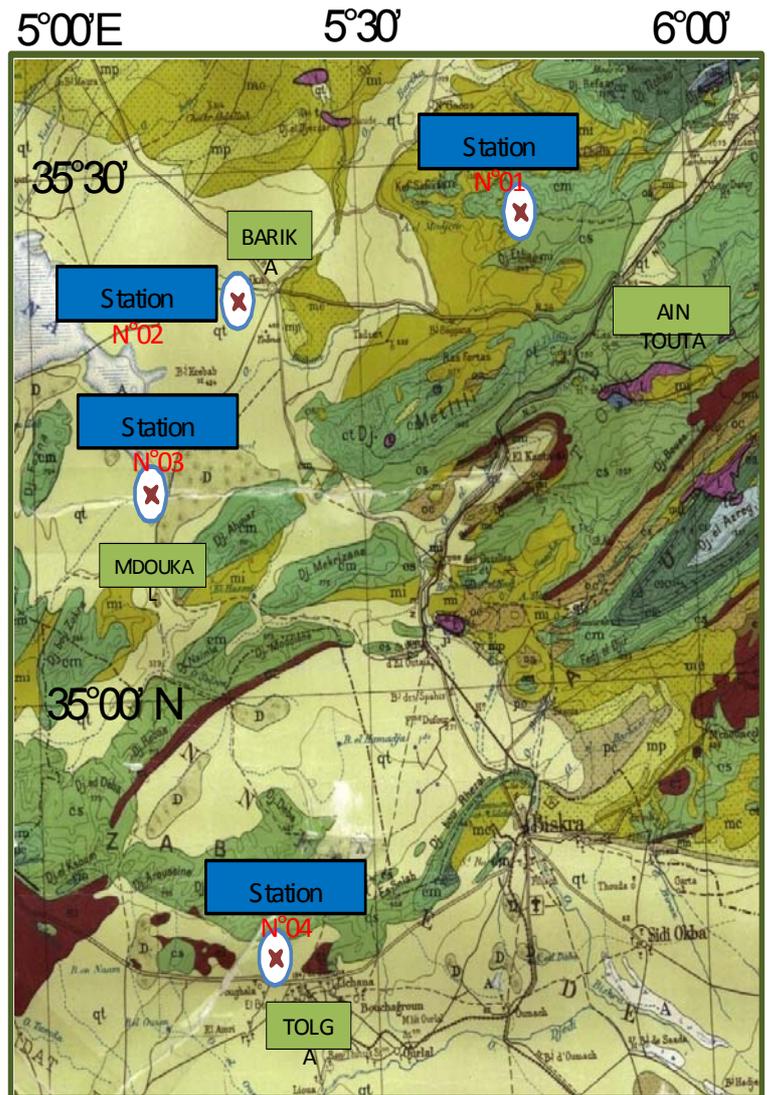
La carte géologique nord-est d'Algérie (figure 22) présente des terrains datant du crétacé au quaternaire

La lithologie de ces formations est constituée de calcaire, graviers calcaires, dolomie, marne, argile, limon, sables et sels.

En définitive, la quasi-totalité des roches sont des roches carbonatées, souvent gypseuses et salées. Le caractère essentiel de ces formations réside dans le fait qu'elles contiennent généralement des sels (calcaire, gypse et sels solubles) qui influencent la composition des eaux superficielles et souterraines.

Les formations existantes ont été effectuées de mouvements tectoniques suivis de phénomènes d'érosion suffisamment actifs, pour engendrer des lacunes locaux

Carte de Situation des stations d'étude (fond géologique)



Source : Carte géologique NORD-EST ALGERIE
Service de la carte géologique d'Algérie SOGA 1951
ECHELLE 1/500 000

Figure 22: Carte géologique de la zone d'étude

3- la géomorphologie :

3-1 Les reliefs :

Typiques des régions arides, les versants modèles dans le substratum géologique laissent apparaître très facilement leur structure en raison de la faible épaisseur des sols et la faible densité du couvert végétal (Pouget, 1980 b).

En fonction de la lithologie, dureté et puissance des strates, on peut distinguer trois grands ensembles de modelés selon que l'on a :

* dominance de roches dures : calcaires plus ou moins dolomitique et grès (crétacé).

Les points hauts du relief (Djebels), Toujours modelés dans les roches dures, calcaires plus ou moins dolomitiques et grès. Elles sont généralement dénudées ou presque de toute végétation naturelle.

*Dominance de roches tendres :

-Les marnes

-Les marno-calcaires : intermédiaires entre les roches calcaires durs et marnes, les marno- calcaires donnent généralement un modèle de collines plus ou moins pentues.

*Alternance de roches durs et de roches tendres :

Il correspond en général aux zones aplanies à proximité des reliefs avec des alignements rocheux et des lambeaux de niveaux en croulés. Il s'agit en fait de glacis de dénudation. La structure détermine le modelé des affleurements rocheux :

- Aspect de muraille de quelques mètres de haut.

- Dalles monoclinales

Entre les reliefs ou micro reliefs, la surface du sol, sensiblement plane est recouverte par un voile discontinue de sables grossiers, graviers ...etc.

3-2 les surfaces presque plus ou moins planes (Glacis et terrasses)

Ce sont des surfaces presque planes de pente assez faiblement.

3-3 les dépressions :

Lorsque les eaux s'évaporent sous l'effet de la chaleur, des plaques de sels divers se déposent en surface formant suivant l'origine des leurs eaux (phréatiques ou superficielles), les chotts et les sebkhas.

- Chott M'doukal, fait partie de chott Hodna, son altitude constante (395-450m) il est très salé, il n'existe presque pas de vie végétale.
- La partie Sud- Est des Ziban se caractérisé par la présence de plusieurs chotts à altimétrie négative (40 m au dessous du niveau zéro) et qui constituent le point de convergence exutoire naturelle des oueds drainant la région.

3-4 les accumulations sableuses :

Elles sont constituées par de vastes dépôts de sable transportés par le vent.

Les formations éoliennes anciennes et fixés : sables siliceux, jaune- rougeâtres.

Ils ont conservé une autre morphologie éolienne typique (dunes, micro dunes, nebkas).

* Les formations éoliennes mobiles (non ou peu fixés) :

- Les voiles sableux : recouvrement généralement discontinue peu épais, quelques centimètres, plus ou moins fixé par des psammophytes vivaces ou annuelles.
- Les nebkas : accumulation de sable éolien de végétal bloc rocheux. La taille des nebkas varie de quelques centimètres à quelques décimètres de haut pour une longueur 0.50 à 2 mètres.

4- L'hydrologie :

4-1 l'hydrologie superficielle :

Dans les zones à déficit hydrique, les précipitations sont toujours irrégulières. Par suite les conditions de l'écoulement y sont particulières (l'absence d'un écoulement permanent).

En effet, les oueds n'ont pas un régime de crues régulier mais plutôt de caractère accidentel :

Quand les pluies s'abattent, les oueds coulent quelques jours et débordent même.

4-2 L'hydrogéologie :

La lithologie et les considérations hydrodynamiques permettent d'individualiser 04 unités aquifères :

-Nappes phréatiques (la plupart de ces eaux entrent dans les catégories salées ou très salées.

-Nappes du miopliocène (surtout dans les sols de M'doukal).

Le caractère chimique des eaux de cette nappe se rapporte au type sulfaté alcalin sulfaté calo magnésien et sulfaté calcique.

-Nappes calcaires : Les plus exploitées dans la zone de Biskra (station 04)

- La nappe du continental intercalaire : où nappe profonde, son eau coûteuse en raison de sa température et sa profondeur.

5-présentation de la zone d'étude :

En se rapportant à la carte topographique de Biskra feuille n 31, 1/ 500000 publié en 1962 la zone d'étude s'étend entre :

- 34 ° 44 ' et 35 ° 26 ' 27 de latitude Nord.

- 5 ° 11 ' et 5 ° 47 ' de longitude Est.

Station 1 :

x= 35 ° 26 ' 27 N.

y = 005 ° 47 ' 10 E

z= 1070 m

Station 3 :

x= 35 ° 11 ' 21 N

y = 005 ° 11 ' 51 E.

Z= 407 m

Station 2 :

x= 35° 21 ' 35 N

y= 005° 21 ' 20 E

Z= 475 m

Station 4 :

x= 34° 44' 25 N

y= 005° 23 ' 54^E

Z= 171m

**Carte de situation
des stations d'étude**

**Source : CARTE
topographique**

1 : 500 000

**BISKRA NI-31-NE
INC**

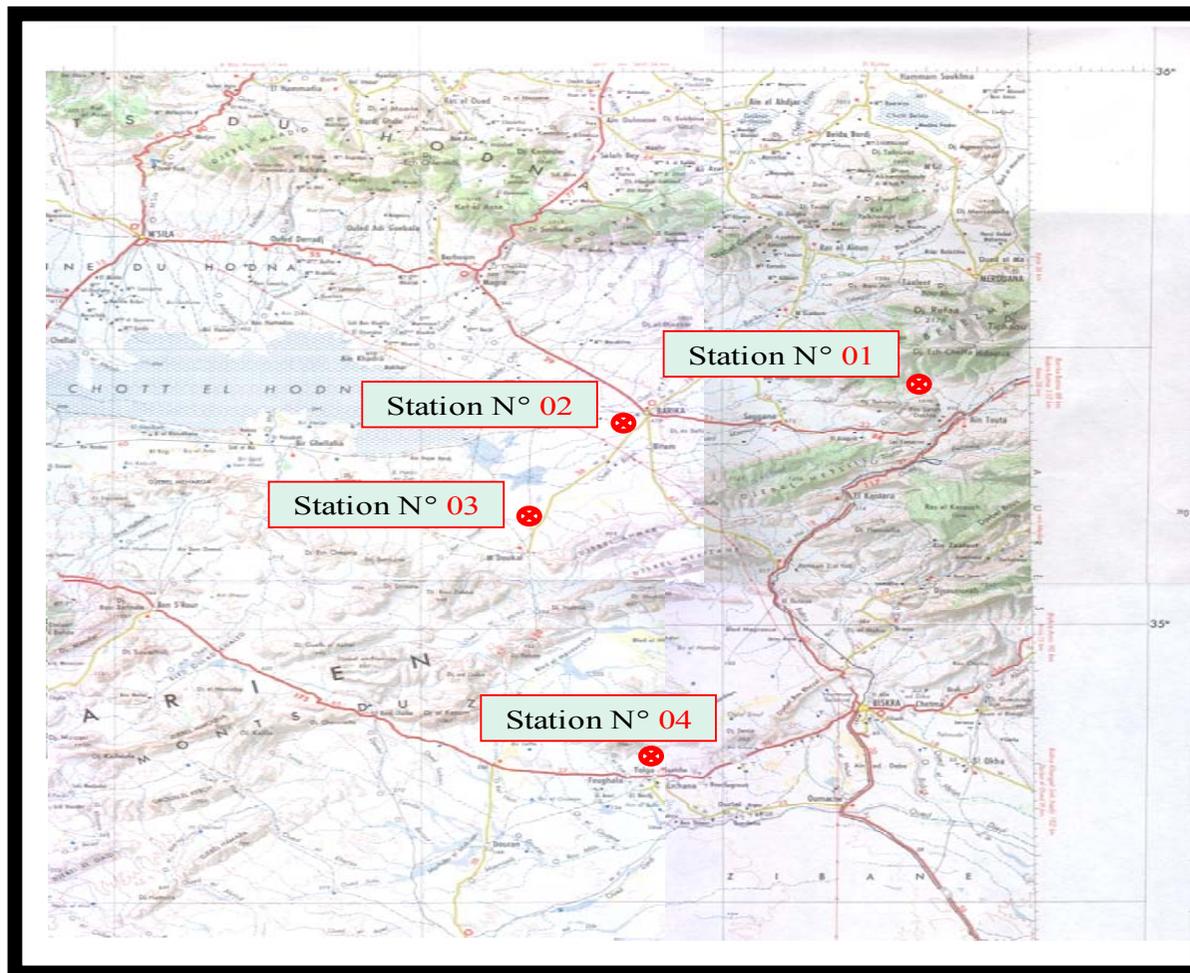
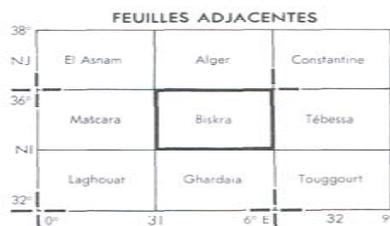


Figure 23 : situation géographique de la zone d'étude

Chapitre II : Méthodologie

Dans le cadre de cette étude, la démarche utilisée comporte les étapes suivantes :

- 1- Analyse bibliographique des documents de base
- 2- Travaux sur terrain
- 3- Analyses au laboratoire

1. Analyse bibliographique des documents de base :

Cette étape concerne l'examen des documents disponibles relatives à la zone d'étude ,elle concerne notamment :

- La carte topographique (échelle (1/500.000) Biskra feuille n°31, NI-NE INC
- La carte géologique (échelle 1/500.000), NORD-EST Algérie, service de la carte géologique d'Algérie SCGA 1951

2- Les travaux sur terrain :

L'échantillonnage sur le terrain a été exécuté suivant 04 transects choisis en fonction des principaux gradients climatiques (étage bioclimatique de végétation semi aride, aride et saharien) et structure géologiques.

Pour chaque transect, des relevés floristiques (présentés sur l'aire minimale) et un profil pédologique, sont effectués.

2-1 Description de la végétation existante (la flore) :

Cette phase correspond à un inventaire de la flore, basé sur l'exécution des relevés floristiques.

La réalisation des relevés floristiques doit obéir aux critères d'homogénéité écologique, physionomique et floristique.

Plusieurs auteurs ont évoqué la manière de réaliser des relevés phytosociologiques (Braun blanquer, 1952, kaabache, 1990, etc.).

Pour chaque relevé sont notés : localisation géographique et les caractères

stationnels immédiatement accessibles (l'altitude, exposition, pente, substrat géologique, recouvrement des strates, etc).

Selon Lippmaa (1935) cité in Gillet (2000), la surface des relevés (aire minimale), doit se situer entre 1 et 4m² pour les associations muscinales, autour de 20m² pour les associations herbacées de sous – bois, et autour de 400m² pour les associations arborescentes. Bouabdellah (1992) dans son étude sur la végétation halophile des hautes plaines sud Algéroises a estimé différentes surfaces (aires minimales) en fonction de quelques formations végétales.

- 128m² à 256m² pour les formations *Atriplex halimus* et *salsola vermiculata* selon le faciès.
- 16m² à 64m² pour les groupements dominés par les thérophytes.

Dans le présent travail, l'estimation de cette aire minimale est de 100m².

La période d'exécution des relevés est au cours du printemps (mars – avril), période de pleine floraison notamment pour les espèces annuelles. La floraison des espèces pérennes facilite leur identification (ozenda, 1977).

Les ouvrages consultés pour la détermination et la nomenclature des espèces sont :

- La flore du Sahara (ozenda, 1977)
- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (Quezel et santa, 1962 – 1963).

2-2-Le sol :

Les prélèvements de sol ont été effectués sur 04 profils (un profil de chaque transect), chaque profil contient 04 horizons.

3-Etude au laboratoire :

3-1 études floristiques :

3-1-1-la densité :

Les mesures de la densité sont exprimées en nombre d'individu par unité de surface (100 m²)

3-1-2 –la fréquence :

Elle est calculée (en %) selon la formule : $f(x)=n/N \times 100$

n : nombre de relevés de l'espèce x

N : nombre total de relevés réalisés

3-1-3 Le coefficient d'abondance dominance :

Estimé selon l'échelle de (Braun blanquet, 1951)

3-2- les analyses de sols

Les analyses physiques et physico-chimiques ont été effectuées aux laboratoires de la chimie du sol du département d'agronomie (Batna) et au laboratoire de science du sol du département biologie (oum el bouaghi). Une fois les échantillons de sol séchés, une aliquote à été broyée et tamisée à 2mm pour mesurer selon les normes AFNOR (1996) : la granulométrie, pH, CE, le calcaire, le gypse, azote total, carbone, CEC et les cations échangeables, phosphore assimilable et les sels solubles

3-2-1- Mesure physique :

La granulométrie à été effectuée selon la méthode internationale à la pipette de robinson après destruction à l'héxamétaphosphate de sodium.

Dans le présent travail la station de tolga (station 4), présente une contrainte (floculation du gypse), pour cela on a en recours à celle par tamisage où on prélève les 03 fractions.

- sable grossier
- sable fin et argile + limon

3-2--2-Mesures chimiques et physico chimiques :

- La mesure du pH à été effectuée dans l'eau, avec un pH mètre, le rapport sol – eau est de 1 / 2,5.
- La mesure de la conductivité électrique à été effectuée dans l'eau, avec un conductimètre, le rapport sol-eau est de 1/5.

- Le dosage du calcaire total a été réalisé à l'aide du calcimètre Bernard
- Carbone organique : déterminé par la méthode walkley et black.
- Matière organique : déterminé par dosage du carbone organique en appliquant la formule ($M0\% = C_o \times 1,72$).
- Azote total = Méthode Kjeldahl
- Phosphore assimilable. Méthode de Joret – Hebert
- Dosage des anions solubles = à partir de l'extrait aqueux (1/5).
 - Cl^- = sont dosés par titrimétrie au nitrate d'argent ($AgNO_3$) en présence de chromate (méthode de MOHR).
 - CO_3^{2-} et HCO_3^- : sont dosés par titrimétrie avec H_2SO_4
 - SO_4^{2-} = méthode gravimétrique (principe de précipitation sous forme de $BaSO_4$; sulfate de Baryum)
 - Dosage des cations solubles = à partir de l'extrait aqueux (1/5) :
 Ca^{++} dosé par l'absorption atomique Na^+ et K^+ dosé par spectrophotomètre à flamme.
- Détermination des bases échangeables et la capacité d'échange (méthode de Bower modifiée)
 - Extraction des cations échangeables (Ca^{++} , K^+ , Mg^{++}) par l'ACO-Na à pH = 8,2.
 - Déplacement du Na^+ par l'ACO- NH_4 à pH=7 (après lavage à l'alcool pour éliminer l'excès de Na^+), le dosage de Na^+ issu de ce déplacement donne lieu à la valeur de la CEC
 - La valeur de Na^+ échangeable est obtenue à partir d'un autre essai pour le même sol, on utilisant l'ACO- NH_4
 - Les bases échangeables sont dosées par le même appareillage et mêmes méthodes utilisées pour le dosage des cations solubles.

- Gypse : méthode conductimétrique de Richard par l'utilisation de l'acétone comme réactif.

Troisième Partie: Résultat et Discussion

Chapitre I : Caractérisations physico-chimiques des sols :

1- Le pH :

Le pH eau ou l'activité libre ou réelle est le premier indicateur de toute évolution physico-chimique des sols. Il s'agit d'un paramètre relativement facile à mesurer.

Le pH des sols étudiés varie de 7.62 à 8.58. Ceci est dû aux teneurs élevées en calcaire, la valeur minimale est enregistrée pour le profil n°4 horizon n°2 et la valeur maximale pour le profil n°2 horizon n°3.

Selon les normes d'interprétation du pH-eau du sol, cité in Mathéau et al (2003), le pH des sols étudiés a généralement une alcalinité faible à modérée. C'est une fourchette des pH courants pour les sols en régions arides.

Le profil n°4 présente des valeurs minimum de pH (7.2 à 7.85), à cause du gypse et du sable grossier (Florea et al Joumaa, 1998).

Profils Horizon (cm)	Profil n°1 (Station 01)	Profil n°2 (Station02)	Profil n°3 (Station 03)	Profil n°4 (Station 04)
0 → 10	8.09	8.15	8.11	7.73
10 → 30	8.23	8.37	8.13	7.62
30 → 50	8.28	8.58	7.85	7.77
50 → 70	8.06	8.48	8.07	7.85

« Tableau 8 : Résultats d'analyse du pH-eau (1/2.5) »

2- Les taux du calcaire total :

Les sols étudiés ont des teneurs variables en calcaire puisque le taux varie de 2.56 à 65.53%.

Selon les normes de Baize (1988) concernant les teneurs en calcaire on a (04) classes :

- Classe 1 : horizon peu calcaire (horizon n°4 profil n°4) ; avec un taux de calcaire de 2.56 (présenté un taux élevé de gypse 26%).
- Classe 2 : horizon modérément calcaire (profil n°2, profil n°3 et horizon 1 de profil n°4), le taux oscille entre 10.19 et 23.46%.
- Classe 3 : horizon fortement calcaire (horizon 2 et 3 de profil n°4), le taux oscille entre 28.30 et 29%.
- Classe 4 : horizon très fortement calcaire (le profil n°1), le taux oscille entre 57.84 et 65.53%.

Profils Horizon (cm)	Profil n°1 (Station 01)	Profil n°2 (Station 02)	Profil n°3 (Station 03)	Profil n°4 (Station 04)
0 → 10	65.53	23.46	9.73	13.07
10 → 30	60.15	23.07	8.46	29
30 → 50	65.15	21.53	10.19	28.30
50 → 70	57.84	23.46	15.57	2.56

« Tableau 9 : Résultats d'analyse du taux en calcaire total en % ».

3- Les teneurs en matière organique :

La matière organique est une source importante d'éléments nutritifs pour les plantes et la connaissance de sa teneur totale dans le sol renseigne sur sa potentialité fertilisante.

La matière organique a également un rôle important dans la « fabrication » des agrégats. Autrement dit sur l'élaboration de la structure du sol instable.

Les sols étudiés ont des teneurs variables en matière organique puisque le taux varie de 0.37 à 3.92%.

Selon les teneurs en matière organique, les sols étudiés sont classés en 04 classes :

- Classe 1 : horizon à très faible teneur en matière organique, représentée par le profil n°1 avec ses horizons 2 et 3, le profil n°2 avec son horizon 4 et le profil 4 avec ses horizons. le taux en matière organique varie de 0.37 à 0.91%.
- Classe 2 : horizon à faible teneur en matière organique représentée par le profil n°1 avec ses horizons 1 et 2, le profil n°2 avec ses horizon 2 et 3 et le profil n°3 horizon 3, où le taux de matière organique varie entre 1.03 et 1.96%.
- Classe 3 : horizon à teneur moyenne en matière organique représentée par le profil n°2 horizon 1 et profil n°3 horizon 2, où le taux de matière organique varie entre 2.61 et 2.90%.
- Classe 4 : horizon à fort teneur en matière organique représentée par l'horizon 4 du profil n°3 avec un taux de 3.92%.

Dans la plupart des échantillons étudiés, le taux de la matière organique est faible à moyen, sauf dans l'horizon 1 de profil n°2 et l'horizon 1 et 2 du profil n°3. Bien pourvues en matière organique, ces échantillons constituent une zone pâturée. Rappeler que des excréments et rejets par des troupeaux ont été retrouvés sur le terrain.

C/N :

Ce rapport indique l'évolution de la matière organique, il intervient dans la mesure où il oriente la décomposition de la matière organique, soit vers la minéralisation (C/N) bas, soit vers l'humification (C/N) élevé (Duchaufour, 1988). Selon les normes d'interprétation du rapport (C/N), proposés par Gagnard et al (1988), on a 03 classes :

- Classe 1 : horizon à (C/N) faible, représentée par le profil n°1, le profil n°3 horizon 3 et profil n°2 horizon 2, on a le rapport (C/N) varie de 4.85 à 7.86.

- Classe 2 : horizon à (C/N) normal, représentée par le profil n°2 horizon 3, le profil n°3 et ses horizon 1 et 2 et le profil n°4 avec tous ses horizons, où le rapport (C/N) varie de 8.14 à 10.85.
- Classe 3 : horizon à (C/N) fort, représentée par l'horizon 1 et 3 de profil n°2 et l'horizon 4 du profil n°3 ou le rapport (C/N) varie entre 12.57 et 14.85. Le rapport (C/N) est comme dans le cas de l'étude globale souvent faible à normale à l'exception de quelques échantillons.

Ce qui signifie que la minéralisation est bonne. Ceci a favorisé la minéralisation globalement, pour la plupart des sols. Le rapport (C/N) aurait tendance à diminuer en profondeur. Selon Pouget (1980b) les exceptions concernent les horizons d'accumulation calcaire où le rapport devient supérieur à celui de l'horizon de surface.

Profils	Profil n°1 (Station 01)				Profil n°2 (Station 02)				Profil n°3 (Station 03)				Profil n°4 (Station 04)			
	C%	MO%	N%	C/N	C%	MO%	N%	C/N	C%	MO%	N%	C/N	C%	MO%	N%	C/N
0 → 10	0.60	1.032	0.14	4.28	1.52	2.61	0.105	14.47	2.28	3.92	0.245	9.3	0.38	0.65	0.035	10.85
10 → 30	0.64	1.10	0.105	6.09	1.14	1.96	0.145	7.86	1.69	2.90	0.18	9.38	0.34	0.58	0.034	10
30 → 50	0.53	0.91	0.105	5.04	1.14	1.96	0.14	8.14	0.88	1.51	0.115	7.65	0.26	0.44	0.031	8.38
50 → 70	0.34	0.58	0.07	4.85	0.52	0.89	0.035	14.85	0.22	0.37	0.0175	12.57	0.26	0.44	0.03	8.66

« Tableau10 : Résultats d'analyse du taux en matière organique »

4- Le gypse :

Les sols étudiés ont des teneurs variables en gypse, le taux varie de 0 à 26%.

Le profil n°4 présente des valeurs moyennes avec un taux maximum de 26%. Cependant on constate une valeur nulle (0%) dans tout le profil n°1, où le taux du calcaire est maximum (supérieur à 57.84%). Il est souvent admis que lorsque la

quantité du calcaire dans le sol augment, celle du gypse diminue et vis versa (Fao,1990 ;Boyadjiev,1974 ;Baci,1984)

Selon l'échelle établie par Barzanji (1973), les sols étudiés sont légèrement à modérément gypseux, sauf pour l'horizon 4 du profil n°4, qui contient un taux fort de gypse (26%).

Profils Horizon (cm)	Profil n°1 (Station 01)	Profil n°2 (Station 02)	Profil n°3 (Station 03)	Profil n°4 (Station 04)
0 → 10	/	1.56	4.63	10.08
10 → 30	/	1.04	6.9	11.20
30 → 50	/	2.23	5.09	14.04
50 → 70	/	1.37	3.58	26

« Tableau 11 : Résultats d'analyse du gypse % »

5- Etude de la salinité :

5-1- Conductivité électrique :

A la lumière des résultats de conductivités électriques de tous les échantillons et selon l'échelle de salinité des sols de l'extrait aqueux (1/5), cité in Mathieu et al (2003), on a 04 classes :

- Classe 1 : sols non salés, représentés par le profil n°1, la CE varie entre 0.17 à 0.35dS/m.
- Classe 2 : sols salés, représentés par l'horizon 1 du profil n°2, la CE est 1.5dS/m.
- Classe 3 : sols très salés représentés par l'horizon 2 de profil n°2, le profil n°4 par ses horizons, la CE varie de 2.23 à 3.17dS/m.
- Classe 4 : sols extrêmement salés, représentés par le profil n°2 et ses horizons 3 et 4 et les 3 horizons (1,2 et 3) de profil n°3, la CE varie entre 4.23 et 12.52dS/m.

Profils Horizon (cm)	Profil n°1 (Station 01)	Profil n°2 (Station 02)	Profil n°3 (Station 03)	Profil n°4 (Station 04)
0 → 10	0.17	1.57	3.17	2.30
10 → 30	0.18	2.45	12.52	2.23
30 → 50	0.32	4.23	12.08	2.67
50 → 70	0.35	4.48	7.98	2.36

« Tableau12 : Résultats d'analyse de la CE 1/5 à 25°C (dS/m) »

5-2- Bilan ionique de la solution du sol :

5-2-1- Concentration en cation :

D'après l'ordre d'abondance des cations dans la solution des sols étudiés, on peut les scinder en 02 classes :

- Classe 1 : le cation dominant dans la solution du sol, est le Ca^{++} , représenté par l'horizon 1 du profil n°2, l'horizon 1 du profil n°3 et le profil n°4 avec tous ses horizons. Ces concentrations varient de 10.60 à 20.75 meq/l.
- Classe 2 : le cation dominant dans la solution du sol, est le Na^+ , représenté par le profil n°2 par 03 horizons (2,3 et 4) et le profil n°3 par ses 03 horizons (2,3 et 4), ses concentrations varient de 13.57 à 77.54meq/l.

Le potassium se trouve en concentration moindre variant de 0.81 à 1.04meq/l.

5-2-2- Concentration en anions :

D'après l'ordre d'abondance des anions dans la solution des sols étudiés, on a 02 classes :

- Classe 1 : l'anion dominant dans la solution du sol, est les sulfates, représentés par l'horizon 1 du profil n°2, l'horizon 1 du profil n°3 et le profil n°4 par ses horizons, leur concentration varie de 12.55 à 22.5meq/l.

- Classe 2 : l'anion dominant dans la solution du sol, est le chlorure, présentée par les 03 horizons (2,3 et 4) du profil n°2 et les 03 horizons (2,3 et 4) du profil n°3, leur concentration varie de 20.5 à 112meq/l.

Les bicarbonates se trouvent en concentrations moindres et varient de 0.87 à 2.56meq/l.

Horizons	Na ⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	Σ(+)	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻	Σ(-)
0 → 10	3.74	13.97	0.271	17.98	2.56	3.5	14.02	/	20.08
10 → 30	13.57	7.38	0.219	21.169	1.37	20.5	7.15	/	29.02
30 → 50	24.21	13.97	0.250	38.93	1.24	49.5	3.32	/	54.06
50 → 70	25.23	5.18	0.248	30.658	2.25	49	2.87	/	54.12

« Tableau 13 : Résultats d'analyse du bilan ionique de la solution du sol (ions en meq/l)
du profil n°2 (Station 02) »

Horizons	Na ⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	Σ(+)	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻	Σ(-)
0 → 10	8.87	15.36	1.04	25.27	1.18	4.5	22.5	/	28.18
10 → 30	77.54	19.96	0.81	98.31	1.37	119.5	5.75	/	126.62
30 → 50	72.23	20.75	1.38	94.36	0.87	112	11	/	123.87
50 → 70	52.21	13.37	1.56	67.14	1.37	83	3.75	/	88.12

« Tableau 14 : Résultats d'analyse du bilan ionique de la solution du sol (ions en meq/l)
du profil n°3 (Station 03) »

Horizons	Na ⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	Σ(+)	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻	Σ(-)
0 → 10	5.39	12.15	0.227	17.76	1.43	3.5	15.87	/	20.8
10 → 30	3.22	14.97	0.30	18.49	1.74	5.5	16.06	/	23.3
30 → 50	6.7	14.77	0.47	21.94	2.37	8	12.55	/	22.92
50 → 70	6.26	17.56	0.225	24.05	1.31	8	18.78	/	28.09

Tableau 15 : Résultats d'analyse du bilan ionique de la solution du sol (ions en meq/l)
Du profil n°4 (Station 04) »

6- Etude du complexe adsorbant :

La connaissance de l'état du complexe adsorbant et ses modifications éventuelles par échange offre une importance considérable dans la mesure où ils réagissent, par l'intermédiaire du pH, la structure et la fertilité des sols (Duchauffour, 1988).

Dans les sols calcaires, la détermination des cations échangeables n'offre en règle générale, que peu d'intérêt (saturation en Ca^{++}), sauf si l'on veut connaître le potassium échangeable ou si l'on presse un caractère dolomitique ou sodique (Baize, 1988).

La détermination des caractéristiques du complexe d'échange des sols des régions arides, constitue, actuellement un problème de la plupart des procédés analytiques, en raison de la présence du CaCO_3 et du gypse. La notion d'ESP affectée par une double source d'imprécision, la première est due à la CEC et la seconde à l'estimation de Na^+ (Job, 81).

6-1- Les cations échangeables :

La dissolution du gypse et éventuellement celle des autres sels peu solubles tels que la calcite surestime les bases notamment le calcium (Abdesselam, 1999).

Dans notre cas ce phénomène est très apparent ; les cations échangeables dans les sols étudiés, on peut les classer en 02 classes :

- Classe 1 : représenté par le profil n°1 et ses horizons, le profil n°4 et ses horizons, dont les résultats montrent que c'est le cation Ca^{++} qui est le plus abondant : le taux de Ca^{++} tout seul reste supérieur à celui de la valeur de la CEC (profil n°1 et ses horizons, profil n°4 et ses horizons). A cet effet on a surestimé le taux de Ca^{++} .
- Classe 2 : représenté par le profil n°2 et n°3 avec ses horizons, dont les résultats montrent que c'est le cation Na^+ qui est le plus abondant.

La somme des cations est nettement supérieure à la capacité d'échanges cationiques.

Les valeurs de l'ESP, varient de 2.37 à 56.72%, on 4 classes :

- ESP<5 : alcalinité légère représenté par le profil n°1 et ses horizons(1,2 et 3).
- 5<ESP<20 : alcalinité modérée représenté par le profil n°2 et n°3.
- ESP>45 : alcalinité très élevée représenté par le profil n°2 et n°3.

6-2- La capacité d'échange cationique :

On appelle capacité d'échange cationique d'un horizon ou d'un échantillon, la quantité totale de cations que celui-ci peut retenir sur son complexe absorbant, à un pH donné (Baize, 88).

La CEC des sols étudiés est très variable puisqu'elle oscille entre 4.87 (très faible) et 28.02meq/100g (élevée), comme tous les paramètres physico-chimiques des sols, les valeurs de la CEC son fonction des taux d'argile et de la matière organique.

Selon les résultats de la CEC, on peut les scinder en 05 classes : (selon les normes de Calvet et villemin, 1986) :

- Classe 1 : CEC, très faible, représentée par l'horizon 4 du profil n°4 (4.87meq/100g).Poch (1992) suggère que les valeurs de la CEC décroissent généralement avec l'augmentation de la teneur en gypse
- Classe 2 : CEC faible, représentée par l'horizon 4 du profil n°1 et le profil °4 et ses horizons (1,2 et 3), la CEC oscille entre 7.22 et 9.74meq/100g.
- Classe 3 : CEC moyenne, représentée par le profil n°1 et ses horizons 1 et 2 (12.44 – 12.53meq/100g).
- Classe 4 : CEC élevée, représentée par horizon 3 de profil n°3 et horizon 4 de profil n°3,la CEC varie de 15.57 à 17.92meq/100g.
- Classe 5 : CEC très élevée, représentée par le profil n°2 et ses horizons et profil n°3 et ses horizons (1-2 et 3), la CEC oscille entre 23.49 et 28.02meq/100g.

Horizons	Na ⁺ (meq/100g)	Ca ⁺⁺ (meq/100g)	K ⁺ (meq/100g)	CEC (meq/100g)	ESP (%)
0 → 10	0.45	15.16	0.24	12.44	3.61
10 → 30	0.41	15.96	0.24	12.18	3.36
30 → 50	0.37	17.16	0.24	15.57	2.37
50 → 70	1.02	16.56	0.24	9.31	10.95

« **Tableau 16 : Résultats d'analyse du complexe absorbant et la CEC
de profil n°1 (Station 01) »**

Horizons	Na ⁺ (meq/100g)	Ca ⁺⁺ (meq/100g)	K ⁺ (meq/100g)	CEC (meq/100g)	ESP (%)
0 → 10	14.96	12.94	1.253	28.02	53.39
10 → 30	12.70	11.52	0.485	23.49	54.06
30 → 50	14.88	11.37	0.997	28.02	53.10
50 → 70	13.92	12.95	0.493	24.54	56.72

« **Tableau 17 : Résultats d'analyse du complexe absorbant et la CEC
de profil n°2 (Station 02) »**

Horizons	Na ⁺ (meq/100g)	Ca ⁺⁺ (meq/100g)	K ⁺ (meq/100g)	CEC (meq/100g)	ESP (%)
0 → 10	13.14	12.47	1.20	25.06	52.43
10 → 30	15.14	13.69	1.89	29.24	51.77
30 → 50	13.31	11.09	1.202	24.89	53.47
50 → 70	9.13	7.25	0.920	17.92	50.94

« **Tableau 18 : Résultats d'analyse du complexe absorbant et la CEC
de profil n°3 (Station 03) »**

Horizons	Na ⁺ (meq/100g)	Ca ⁺⁺ (meq/100g)	K ⁺ (meq/100g)	CEC (meq/100g)	ESP (%)
0 → 10	0.59	13.57	0.31	7.22	8.17
10 → 30	0.5	14.87	0.31	9.66	5.17
30 → 50	2.65	14.45	0.34	9.74	27.25
50 → 70	1.52	27.84	0.26	4.87	31.27

« Tableau 19 : Résultats d'analyse du complexe absorbant et la CEC
de profil n°4 (Station 04) »

Le potassium se trouve en concentration moindre, varie de 0.240 à 1.89meq/100g.

7-Le phosphore assimilable :

Le phosphore assimilable, représente l'ensemble du phosphore d'un système solution qui peut rejoindre la solution sous forme d'ions phosphate pendant un temps compatible avec les possibilités de prélèvement du végétal en croissance (Ferdeau, 1997, Soltner, 2000).

Selon les normes d'interprétation du phosphore assimilable (Joret-Hebert) de Calviet et Villemin (1986), on a 4 classes :

- Classe 1 : le taux de phosphore assimilable est très faible (<30ppm), représenté par le profil n°1 et ses horizons, profil n°4 horizon 1 et 4, le taux oscille entre 11.94 et 29.09ppm.
- Classe 2 : le taux de phosphore assimilable est pauvre (30 – 50ppm), représenté par le profil n°4 horizon 3 et 4, le taux oscille entre 30.82 et 36.33ppm.
- Classe 3 : le taux de phosphore assimilable est moyennement pauvre (50 – 100ppm), représenté par le profil n°2 et ses horizons 3 et 4 ; le profil n°3 et ses horizons 2,3 et 4 , le taux oscille entre 75.54 et 87.64 ppm.

- Classe 4 : le taux de phosphore assimilable est riche (100 – 200ppm), représenté par le profil n°2 horizon 1 et 2 et le profil n°3 horizon n°1.

Selon Gervy (1970), le calcaire exerce un rôle protecteur vis-à-vis des ions phosphoriques, contre leur absorption énergétique par le fer libre et leur précipitation n'existe qu'à des pH élevés supérieurs à 8

Loué (1987), a montré que la relation entre le Ca^{++} et le P est une relation de blocage ou inhibition.

Donc, le dynamique du phosphore dans les sols calcaires est un problème extrêmement complexe (Gervy, 1970), c'est pour ça la teneur en phosphore assimilable est très faible à moyennement faible dans tous les sols étudiés, sauf quelques échantillons où le taux est moyennement riche. Selon Hamdy et Makhoulouf (2002) la fixation ou la mobilisation des ions phosphoriques est remarquablement influencée par les sels. Cet effet bénéfique correspond généralement à une interaction positive phosphore-salinité lorsque cette dernière est modérée.

Profils Horizon (cm)	Profil n°1 (Station 01)	Profil n°2 (Station 02)	Profil n°3 (Station 03)	Profil n°4 (Station 04)
0 → 10	12.05	118.79	100.21	29.09
10 → 30	11.94	103.76	86.90	36.33
30 → 50	11.96	78.87	75.54	30.82
50 → 70	12.02	87.64	79.18	21.81

« Tableau 20 : Résultats d'analyse du phosphore assimilable en ppm »

8- La texture des sols :

Les résultats de l'analyse granulométrique de sols étudiés sont consignés dans les tableaux 21-22-23-24.

La granulométrie, classe les éléments constitutifs du sol en fonction du diamètre des particules et aide à déterminer le pourcentage de chaque fraction (Soltner, 2000).

Ces éléments constitutifs expliquent les propriétés physiques et mécaniques liées à la teneur en eau et son mouvement, à son comportement vis-à-vis de l'air, des racines (Soltner, 2000), Pansu et Gautheyron, 2003).

D'après le triangle textural, les sols étudiés ont les textures suivantes :

Profil n°1 (Station 01) :

On constate que ce profil se caractérise par une texture limon argilo sableux en horizon n°1 et une texture limon-argileux en horizon n°2, puis une texture argilo limoneuse avec la profondeur (30 – 70 cm).

Profil n°2 (Station 02) :

On constate que ce profil se caractérise par une texture limon argilo sableux en surface (0 – 30cm), puis une texture limon argileux en horizon n°3 et une texture argilo limoneuse en horizon n°4.

Profil n°3 (Station 03) :

On constate que ce profil se caractérise par une texture argile lourde.

Profil n°4 (Station 04) :

La composition granulométrique donne une dominance aux sables (fin et grossier). Il s'agit d'un sol meuble (texture légère). Ce taux de sable varie entre 61.17 et 90.82%), avec une dominance de sable fin, ce qui donne à ce profil une texture sablonneuse.

La fraction argileuse est de part ses propriétés, la partie minérale la plus dynamique du sol. Elle joue un grand rôle dans la genèse des sols, dans leurs propriétés physiques et chimiques, et dans la formation de la structure du sol, intervenant comme une force de cimentation, l'altération des argiles procure aux plantes des éléments minéraux nutritifs. Constituant d'autre part un moyen de

stockage des éléments minéraux dans le sol grâce à leur capacité d'échange des cations et anions avec le milieu environnant (Halitim, 1978).

Selon Soltner (2000) et Pansu et Gautheyron (2003), lorsque la teneur en argile est élevée et devient lourde (profil n°3), le sol prend une texture compacte, asphyxiante, défavorable à la vie des racines et des microorganismes et difficile à travailler (à l'état dispersé), à cause de la cohésion considérable, les sols de ce type ont tendance à être collants à l'état mouillé et durs à l'état sec.

Les sables fins et limons tendent le sol battant et asphyxiant surtout sous l'effet des pluies (profil n2 (Station 02) et profil n 4(Station 04)), il a une tendance » à se croûter en surface (Halitim, 1978, Baize, 1988).

S'opposant à son infiltration en profondeur, le sol est perméable en surface, asphyxiant pour les racines et les micro-organismes (Soltner, 2000).

De plus, les sables fins et limons calcaires, éléments poreux, abondants lorsque la roche mère est un calcaire tendre (craie, marne), ont, en période humide le défaut de rendre le sol très collant (profil n1) (Soltner, 2000, Pansu et Gautheyron, 2003).

Le sable grossier est considéré comme la fraction minérale, la plus grosse de terre fine.

Du point de vue fertilité, les sables grossiers ne renferment presque pas d'éléments nutritifs pour les plantes (Halitim, 1978). Selon Baize (1988). Le sable n'ayant pas de particules colloïdales, ne peut jouer aucun rôle dans la formation d'agrégats stables dans le sol. Il s'agit défavorablement sur les propriétés du sol à savoir la porosité (Soltner, 2000, Pansu et Gautheyron, 2003).

Horizons (cm)	Argile (%)	Limon (%)	Limon grossier (%)	Sable fin (%)	Sable grossier (%)	Texture
0 → 10	29.22	38.92	13	5.6	13.26	LAS
10 → 30	29.5	41.53	10.08	4.19	14.70	LA
30 → 50	30.95	42.9	11.74	7.53	6.88	AL
50 → 70	44.19	30.35	18.51	1.56	5.39	AL

« Tableau 21 : Résultats d'analyse granulométrique de profil n°1 (Station 01) »

Horizons (cm)	Argile (%)	Limon (%)	Limon grossier (%)	Sable fin (%)	Sable grossier (%)	Texture
0 → 10	27.74	30.5	10.45	27.80	3.51	LAS
10 → 30	29.32	32.94	12.91	21.87	2.96	LAS
30 → 50	28.49	21.49	38.51	10.44	1.07	LA
50 → 70	30.19	14.00	47.116	8.64	0.054	LA

« Tableau 22 : Résultats d'analyse granulométrique de profil n°2 (Station 02) »

Horizons (cm)	Argile (%)	Limon (%)	Limon grossier (%)	Sable fin (%)	Sable grossier (%)	Texture
0 → 10	44.59	34.16	11.71	5.89	3.65	ALO
10 → 30	46.19	26.4	14.03	9.47	3.91	ALO
30 → 50	51.02	25.54	16.41	5.23	1.80	ALO
50 → 70	42.13	23.7	20.20	2.53	1.44	ALO

« Tableau 23 : Résultats d'analyse granulométrique de profil n°3 (Station 03) »

Horizons (cm)	Argile + Limon (%)	Sable fin (%)	Sable grossier (%)	Texture
0 → 10	11.61	59.26	29.13	Sablonneuse
10 → 30	9.18	70.37	20.45	Sablonneuse
30 → 50	10.19	67.35	22.46	Sablonneuse
50 → 70	38.83	18.06	43.11	Sablonneuse

« Tableau 24 : Résultats d'analyse granulométrique de profil n°4 (Station 04) »

9- Conclusion :

A travers les résultats obtenus dans ce chapitre on peut faire les constatations suivantes :

La texture des sols étudiés varie entre argileuse et sablonneuse. Ces textures sont globalement défavorables à la vie des racines et micro-organismes, et s'agissent défavorablement sur les propriétés physiques des sols.

Du point de vue biochimique, les sols étudiés sont pauvres en matière organique avec un taux faible : <2% dans les horizons de surface (0 → 30cm), sauf (profil n°2 horizon n°1 et horizon 1 et 2 de profil n°3), pour décroître dans les horizons profonds (30 → 70cm).

Le rapport (C/N) est en général inférieur à 10. Cette valeur traduit une bonne minéralisation de la matière organique. Ceci est favorisé par la richesse des sols en calcium et un climat favorisant la minéralisation (climat aride).

Les sols sont riches en calcaire total (jusqu'à 65.53%), sauf horizon 4 de profil n°4 (2.56%).

L'excès du calcium engendre des phénomènes de blocage de plusieurs éléments (dans notre cas le phosphore assimilable).

La teneur en gypse est variable, son taux varie entre 0 et 26%.

La salinité varie du profil à l'autre, elle varie entre sol non salé jusqu'à sol extrêmement salé.

La valeur de la capacité d'échange cationique est très variable, elle oscille entre une CEC très faible et une CEC très élevée.

Le complexe absorbant montre qu'il y a surestimation soit par le Ca^{++} ou Na^+ , parfois ils sont supérieurs à celui de la valeur de la CEC.

Chapitre II : Caractérisation floristique

1- Composition floristique

A travers les relevés floristiques effectués nous avons recensé 16 espèces appartenant à 08 familles (tableau 25), divisées en 11 plantes permanentes (ou vivaces) et 05 éphémères (ou achem) (tableau 26)

Il faut noter que sur 08 familles recensées ne sont représentées que par une seule espèce. Cependant les chénopodiacées, représentent le tiers des espèces inventoriées (tableau 25)

familles	espèces
Globulariacées	<i>Globularia alypum</i>
Cypressacées	<i>Juniperus phoenicea</i>
Labiées	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Composées	<i>Atractylis serratuloides</i> <i>Koelpinia linearis</i> <i>Atractylis echinata</i>
Chénopodiacées	<i>Suaeda monodiana</i> <i>Suaeda mollis</i> <i>Atriplex halimus</i> <i>Salsola tetragona</i> <i>Traganum nudatum</i> <i>Bassia muricata</i>
Papilionacées(fabacées)	<i>Astragalus armatus ssp</i>
Zygophyllacées	<i>Zygophyllum album</i> <i>Fagonia kahirina</i>
Ombelliférées	<i>Pituranthos scoparius</i>

Tableau 25: Espèces inventoriées suivant les différentes familles

Espèces vivaces	Espèces éphémères
<i>Globularia alypum</i>	<i>Bassia muricata</i>
<i>Juniperus phoenicea</i>	<i>Koelpinia linearis</i>
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Atractylis echinata</i>
<i>Suaeda monodiana</i>	<i>Fagonia kahirina</i>
<i>Suaeda mollis</i>	<i>Atractylis serratuloides</i>
<i>Atriplex halimus</i>	
<i>Salsola tetragona</i>	
<i>Traganum nudatum</i>	
<i>Astragalus armatus ssp</i>	
<i>Zygophyllum album</i>	
<i>Pituranthos scoparius</i>	

Tableau 26: espèces inventoriées suivant les différentes catégories biologiques (vivaces et éphémères)

2- La richesse floristique:

La biodiversité floristique, peut être mesurée par leur richesse floristique (Daget ,1982; Daget et Poissonet, 1997)

La richesse totale appliquée aux différentes espèces caractéristiques des 04 stations nous donne une idée sur leur diversité floristique (tableau27)

	Station 1	Station 2	Station 3	Station4
Vivaces	3	2	3	4
éphémères	1	0	0	4
total	4	2	3	8
Nombre de familles	4	1	1	5

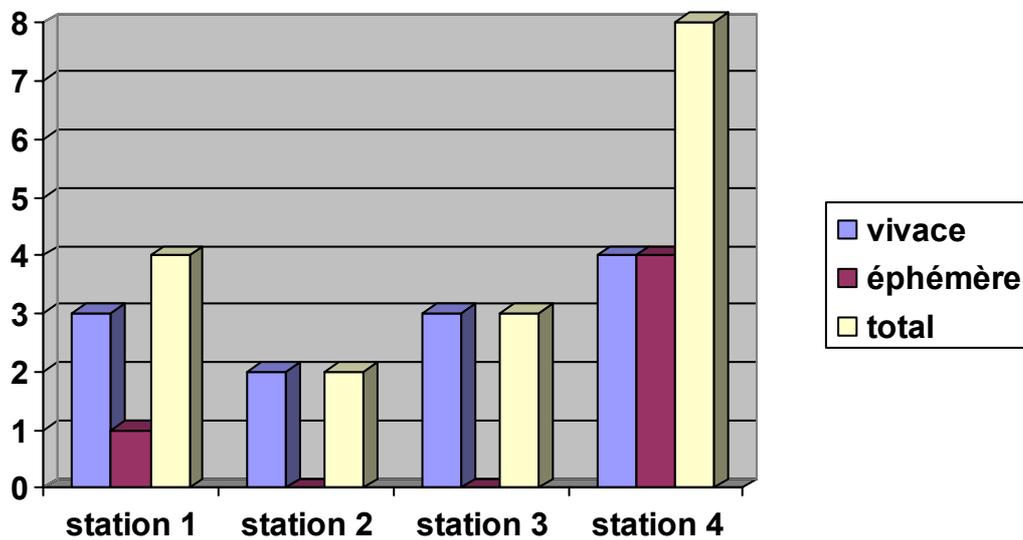
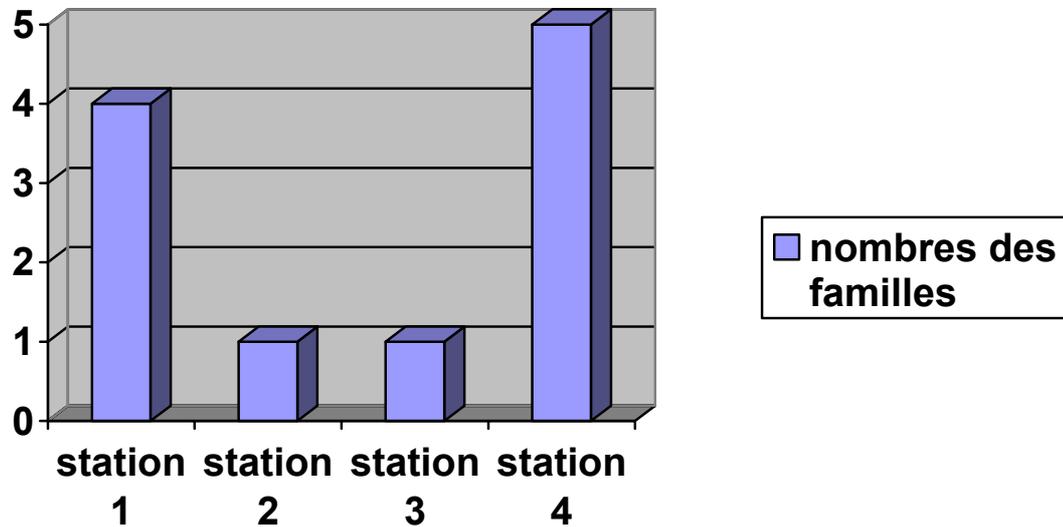
Tableau27 : Richesse totale des 04 stations**Figure24: nombre des espèces par catégorie biologique de 04 stations**

figure25: nombres des familles par différents stations



La richesse stationnelle de la flore de différentes stations, selon l'échelle de Daget et Poissonet (1991), est présentée dans le (tableau 28).

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Etat de la flore	pauvre	très pauvre	très pauvre	pauvre

Tableau 28 : Richesse stationnelle des 04 stations

Les tableaux et les figures montrent que la répartition des espèces et des familles varient nettement suivant les différentes stations .En effet, Boudet (1978) cité in Chahma (2005) rapporte que les facteurs édaphiques interviennent sur le développement de la végétation

STATION 1 :

Espèces vivaces	Fréquence %	Espèces éphémères	Fréquence%
<i>Globularia alypum</i>	46.42	<i>Atractylis echinata</i>	10.71
<i>Juniperus phoenicea</i>	25		
<i>Rosmarinus officinalis</i>	17.85		

Tableau 29: espèces inventoriées dans la station 1 (richesse floristique en %)

Le couvert végétal dans la station 1, est composé de 04 espèces ,03 vivaces et 01 éphémère où l'espèce *Globularia alypum* reste la plus fréquente (46.42%)

STATION 2 :

Espèces vivaces	Fréquence %	Espèces éphémères
<i>Suaeda monodiana</i>	38.70	/
<i>Atriplex halimus</i>	61.29	

Tableau30 : espèces inventoriées dans la station 2(richesse floristique en%du couvert végétal)

Le couvert végétal dans la station 2, est composé de 02 espèces vivaces, ou l'espèce *Atriplex halimus* la plus fréquente (61.29%).Il faut noter que cette station est dépourvue de plantes éphémères

STATION 3 :

Espèces vivaces	Fréquence%	Espèces éphémères
<i>Salsola tetragona</i>	82.1	/
<i>Suaeda mollis</i>	13.68	
<i>Atriplex halimus</i>	4.21	

Tableau31 : espèces inventoriées dans la station 3 (richesse en % du couvert végétal)

Le couvert végétal dans la station 3, est composé de 03 espèces vivaces ou l'espèce *Salsola tetragona* le plus fréquent (82.1%).Cette station est dépourvue aussi de plantes éphémères

STATION 4:

Espèces vivaces	Fréquence %	Espèces éphémères	Fréquence %
<i>Traganum nudatum</i>	12.63	<i>Atractylis serratuloides</i>	26.84
<i>Astragalus armatus ssp</i>	2.10	<i>Bassia muricata</i>	1.57
<i>Zygophyllum album</i>	5.78	<i>Koelpinia linearis</i>	10.52
<i>Pituranthos scoparius</i>	6.31	<i>Fagonia kahirina</i>	34

Tableau 32: espèces inventoriées dans la station 4 (richesse en % du couvert végétal)

Le couvert végétal dans la station 4, est composé de 08 espèces, 04 vivaces et 04 éphémères où les espèces éphémères occupent environ 72.93%.

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
familles	Glogulariaées Cypressacées Labiées composées	chénopodiacées	chénopodiacées	Composées Zygophyllacées Ombelliférées Chénopodiacées Papilionacées (fabacées)

Tableau33 : répartition des familles suivantes les 04 stations

3-La densité :

Les résultats relatifs aux densités des plantes des 04 stations sont regroupés dans le tableau34 et la figure 26.

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Densités (pieds /100m2)	56	62	95	190

Tableau34 : densités en plantes de différentes stations

Les valeurs enregistrées pour les différentes stations nous montrent que la densité des espèces au niveau de la station 4 (sols sableux) représente les nombres les plus élevés suivis pour la station 2, la station 3 (sols salés) et enfin viennent les sols calcaires. Cela vient appuyer les résultats de Le houero (1990) et Chehma (2005) qui rapportent que la végétation est disposée, sur un mode diffus, sur les substrats sableux et sur un mode contracté, sur les substrats squelettiques ou argileux. Selon Floret et Pontanier (1982) sur les sables le nombre d'espèces annuelles est toujours important, même si la contribution de celles-ci à la phytomasse est relativement faible en moyenne

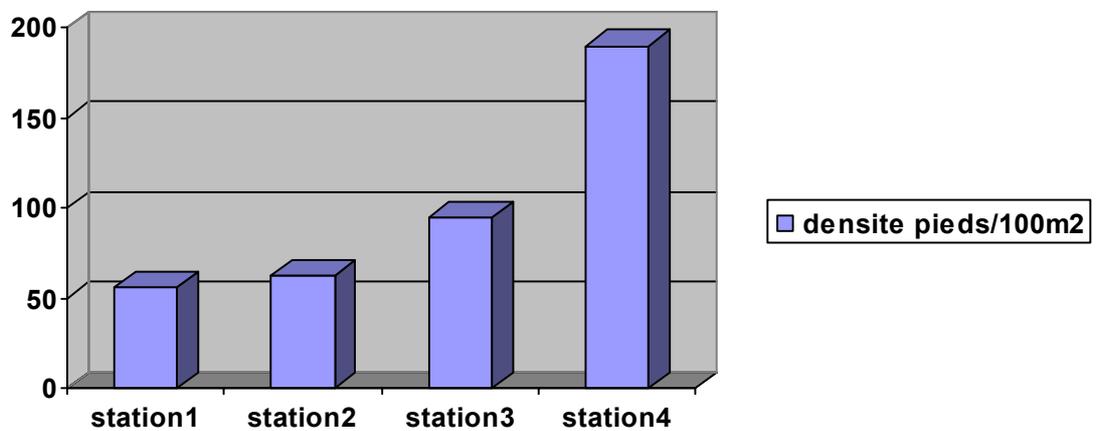


Figure 26 : densité des plantes en 04 stations

4-Types biologiques :

Dans le cadre de ce travail, la détermination des types biologiques ainsi que le spectre biologique ont été effectués sur la totalité des espèces répertoriées (tableau 35 et figure27et annexe n°03)

Type biologique	Nombre total des espèces	%
Chameaphyte	08	50
Therophyte	05	31.25
phanerophyte	03	18.75

Tableau35 : répartition des espèces selon leur type biologique

Sur les 16 espèces inventoriées ; on trouve 08 espèces (50%) de chameaphyte; 05 espèces (31.25%) de therophytes ; 03 espèces (18.75%)de phanerophytes. On remarque ainsi une abondance et richesse en chameaphytes

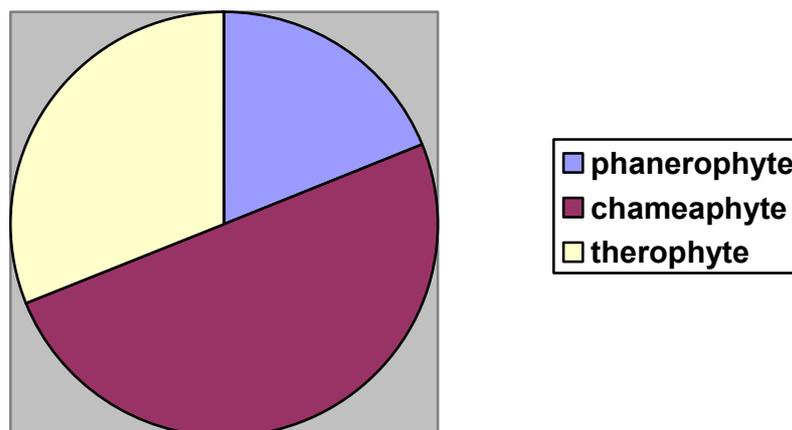


Figure 27: spectre biologique de RAUNKIER

D'une façon général, les chameaphytes fournissent la plus grande part dans l'ensemble de la région d'étude (station 2,3 et la moitié de la station4).Les phanerophytes dominants dans la station 1, bien alimentée en eau et non salé, les therophytes se trouvent dans la station 4 (la moitié) ,d'après Sauvage(1961) cité in Aidoud (1994),le taux de therophytes augmente selon l'aridité

Il apparaît nettement qu'il ne serait y avoir un spectre biologique particulier aux zones arides selon les conditions du milieu, un type biologique prend souvent le pas complètement sur les autres (Floret et Pontanier.1982)

La classification des espèces selon les types biologiques, telles qu'elles sont proposées actuellement, ne sont pas entièrement satisfaisantes pour réfléchir sur les adaptations des espèces à leur environnement. Il s'agit d'envisager de nombreux caractères liés à la croissance et leurs combinaisons, pour chaque espèce, afin de mieux comprendre l'adaptation des espèces à ce climat particulier (sécheresse estivale) et les modes de sélection opérés par cet environnement (Ferchichi,2000))

5-Originé et affinité phytogéographique :

phytochores	Nombres d'espèces	%
Mediterranee sensu stricto	3	18.75
Med –steppique	5	31.25
Saharo-arabique	5	31.25
maghrebien	2	12.5
cosmopolite	1	6.25

} 93.75 med

Tableau36 : Distribution de l'appartenance phyto choriques (d'après LE HOUEROU. 1995)

D'après ce tableau, on voit que les espèces méditerranéennes représentent près de 93.75% de la flore de notre région d'étude. Cette relative richesse de la flore méditerranéenne contraste avec la pauvreté floristique généralement attribuée aux régions arides, ce qui relève du (paradoxe) des milieux difficiles (Went, 1949 ; Whittaker et Neiring, 1965)

6-Conclusion :

En conclusion de cette courte analyse sur la flore de notre zone d'étude .On peut souligner que l'état de la flore est pauvre, et de type méditerranée, souvent clairsemée ceci correspond sensiblement au climat (aridité) et les facteurs édaphiques interviennent sur le développement de la végétation.

Chapitre III : Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques :

1- Relation entre la densité végétale et quelques facteurs édaphiques

2- 1- Station 1 :

1-1- 1 : Relation entre la densité végétale et le taux de calcaire total :

Le profil de cette station est fortement calcaire, le taux moyen entre l'horizon 1 et 2 est de 62.84 %. Le couvert végétal est composé de 04 espèces qui résiste au calcaire ou « calcaro- tolérants », ou *Globularia alypum* est le plus dense (26 pieds/100m²), selon Pouget (1980b) et Le houerou (1995), l'espèce *Globularia alypum* liée au sol squelettique (sols calcaires) ; il y a une affinité entre les espèces de cette station et le calcaire.

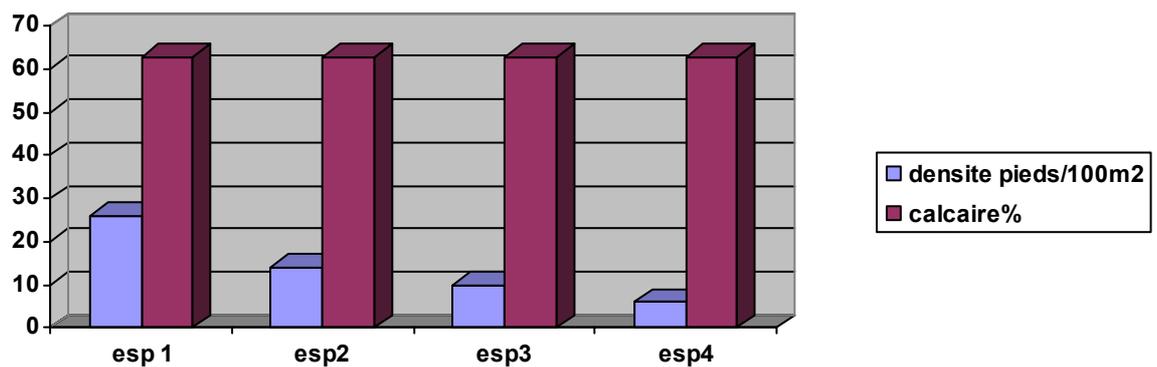


Figure28 : Relation entre la densité végétale et le taux de calcaire total

(Station 1)

Esp1: *Globularia alypum*

Esp2: *juniperus phoenicea*

Esp 3 : *Rosmarinus officinalis*

Esp 4 : *Atractylis echinata*

1-1-2 – Relation entre la densité végétale et le taux de gypse :

Le profil de cette station est non gypseux à cause de leur forte teneur en calcaire. Quand la quantité de calcaire augmente, la quantité de gypse diminue et vis versa (FAO, 1990).

D'après la figure n 29, on remarque qu'il n'existe pas une relation entre la densité des espèces et le taux de gypse dans cette station.

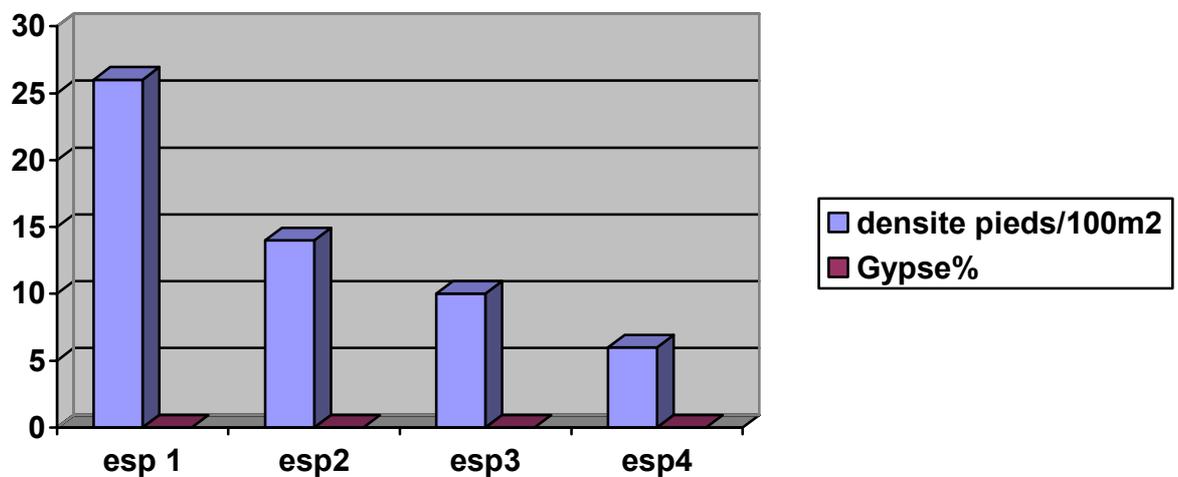


Figure29 : Relation entre la densité végétale et le taux de gypse (station1)

1-1-3 Relation entre la densité végétale et la salinité :

Dans cette station la conductivité électrique est faible (0.17 dS/m) ; le sol est non salé. D'après la figure n 30, on constate qu'il n'existe aucune relation entre la densité des espèces et la salinité, le couvert végétal est constitué par des espèces qui ne tolèrent pas la salinité.

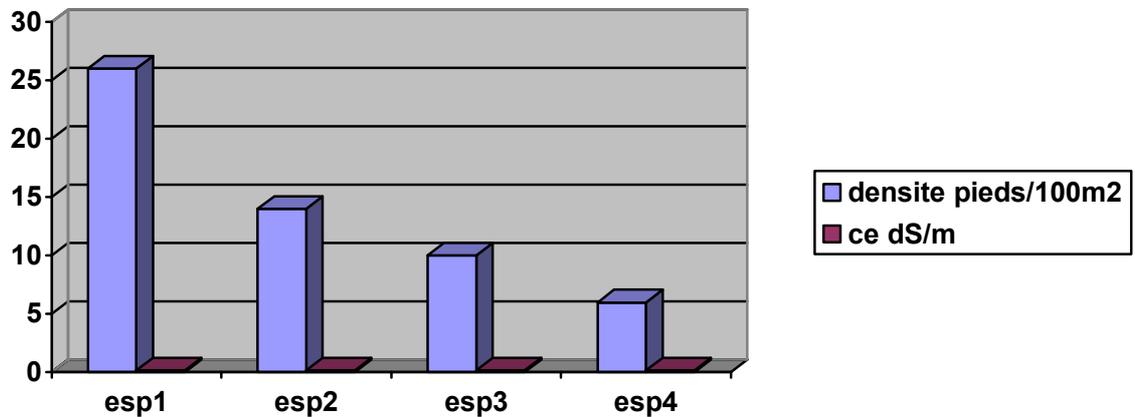


Figure30 : Relation entre la densité végétale et la salinité (station 1)

1- 1-4 Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin.

Le taux moyen de sable fin entre l'horizon 1 et 2 est de 4.89 % ; la densité des 04 espèces n'est pas influencée par le taux de sable fin.

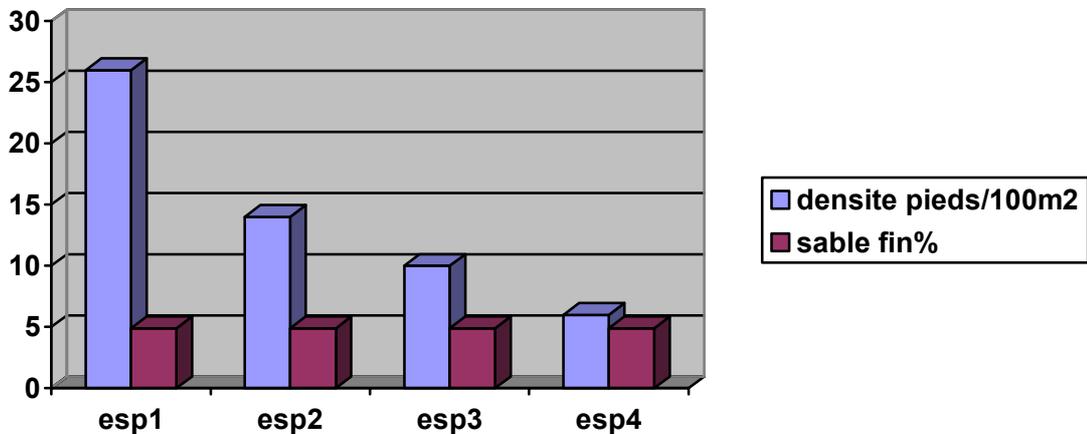


Figure31 : Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin (station1)

1-1-5 Conclusion :

Le couvert végétal de la station 1 est constitué d'espèces qui résistent au calcaire. Il est le moins dense (56 pieds/100m²) par rapport aux autres stations.

1- 2- Station 2 :**1-2-1 Relation entre la densité végétale et le taux de calcaire total:**

Le profil de cette station est modérément calcaire (23.66 %).

L'*Atriplex halimus* est l'espèce la plus dense (38 pieds /100m²), d'après la figure n 32, les 2 espèces ont tolères au calcaire.

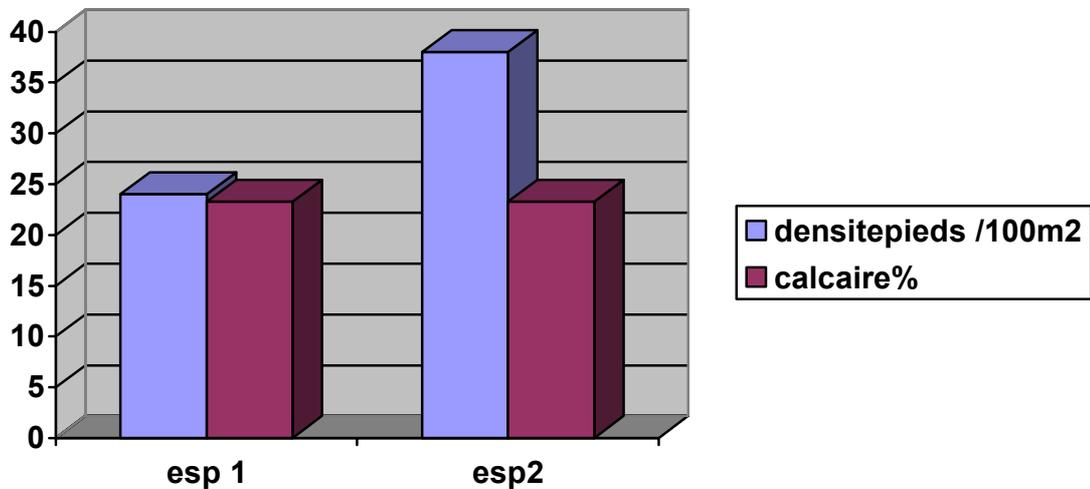


Figure 32 : Relation entre la densité végétale et le taux de calcaire total (station 2)

Esp1: *Suaeda monodiana*

Esp 2: *Atriplex halimus*

1-2-2 Relation entre la densité végétale et le taux de gypse :

D'après la figure n 33, le gypse n'influence pas la densité de 02 espèces de cette station, le taux moyen entre l'horizon 1 et 2 est de 1.3 % , donc le profil est légèrement gypseux.

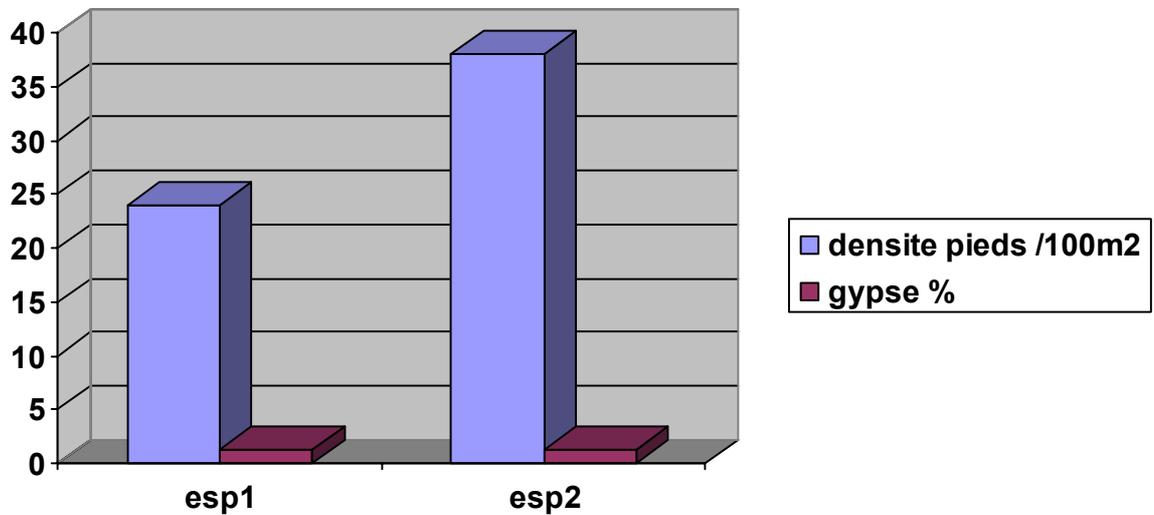


Figure33 : Relation entre la densité végétale et le taux de gypse (station 2)

1-2-3 Relation entre la densité végétale et la salinité :

Cette station est considérée comme une station salée, (CE = 2.01 dS/ m).

Le couvert végétal est constitué de deux espèces de la même famille (chénopodiacées), qui résistent à la salinité. *L'Atriplex halimus* est le plus dense. Selon Pouget (1980b) et Le houero (1995) c'est une espèce halophile

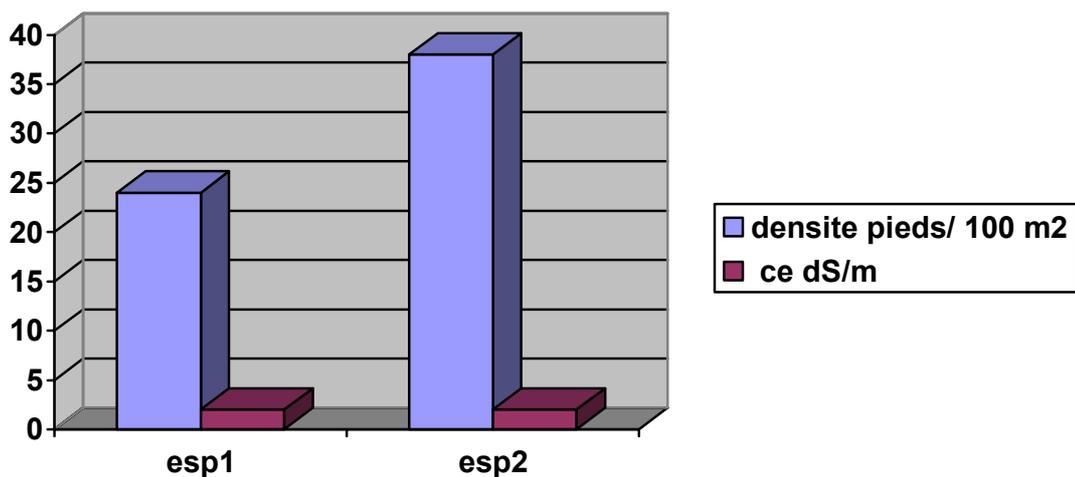


Figure34 : Relation entre la densité végétale et la salinité (station2)

1- 2-4 Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin :

Le taux de sable de cette station contient reste moyen (4.83%). La densité de *Atriplex halimus* est plus grande par rapport *suaeda monodiana*.

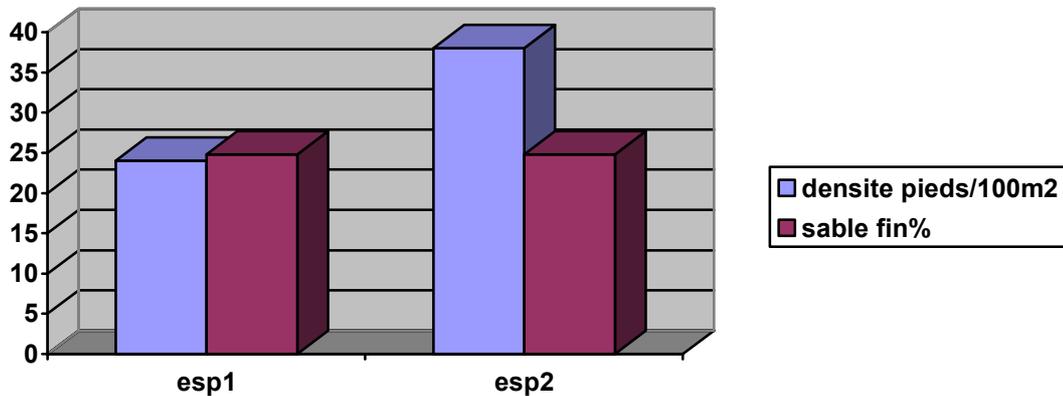


Figure35 : Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin (station2)

1-2-5-Conclusion :

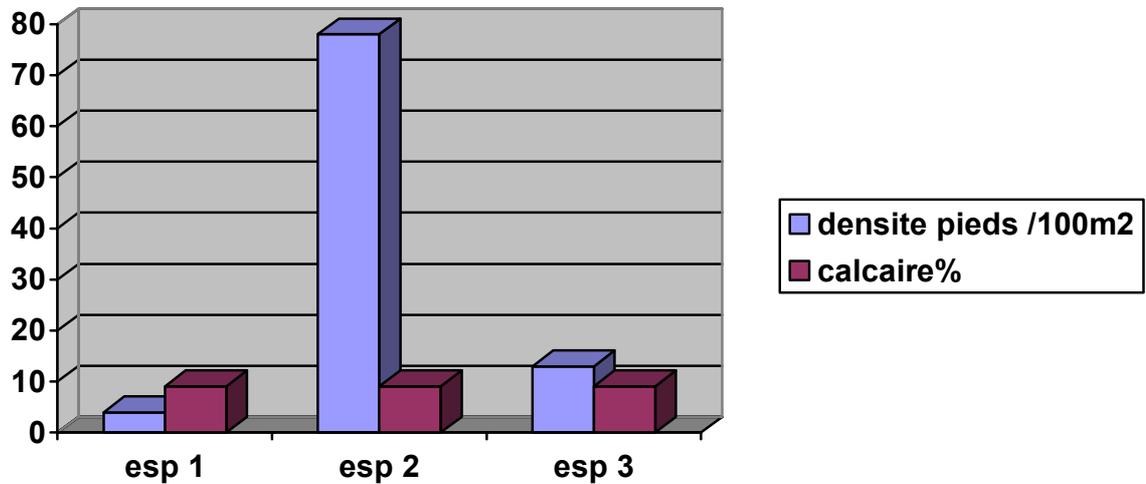
Les espèces de cette station sont considérées comme des espèces halophiles qui tolèrent le calcaire et le gypse.

1-3 Station 3 :

1- 3-1 Relation entre la densité végétale et le taux de calcaire total :

Cette station est considérée comme moyennement calcaire (9.09%).

D'après la figure n 36, l'espèce *salsola tetragona* est la plus dense (78 pieds/100m²), les 03 espèces de cette station tolèrent le calcaire



**Figure36 : Relation entre la densité végétale et le taux de calcaire total
(Station 3)**

Esp 1: *Atriplex Halimus*

Esp 2: *Salsola tetragona*

Esp3: *Suaeda monodiana*

1- 3-2 Relation entre la densité végétale et le taux de gypse :

Le profil de cette station est considéré moyennement gypseux (5.76%).

D'après la figure n37, une grande densité de *salsola tetragona* et *suaeda monodiana* par rapport à *Atriplex halimus* qui a une densité très faible (par rapport à la station 2). (4 pieds/ 100m² dans la station n2 et 38 pieds/100 m² dans la station n3)

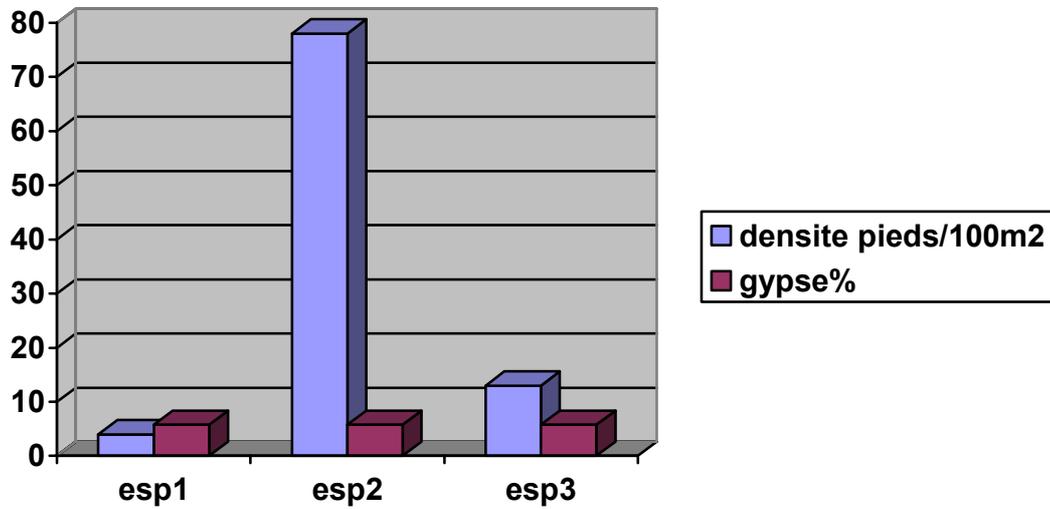


Figure37 : Relation entre la densité végétale et le taux de gypse (station 3)

1- 3-3 Relation entre la densité végétale et la salinité :

Le profil de cette station est très salé, la salinité moyenne entre l'horizon 1 et 2 est de 7.84 dS/m.

L'espèce la plus dense est *salsola tetragona*, selon Le houero est une espèce halophile, la plus faiblement dense est *Atriplex halimus* (4 pieds/100m2).

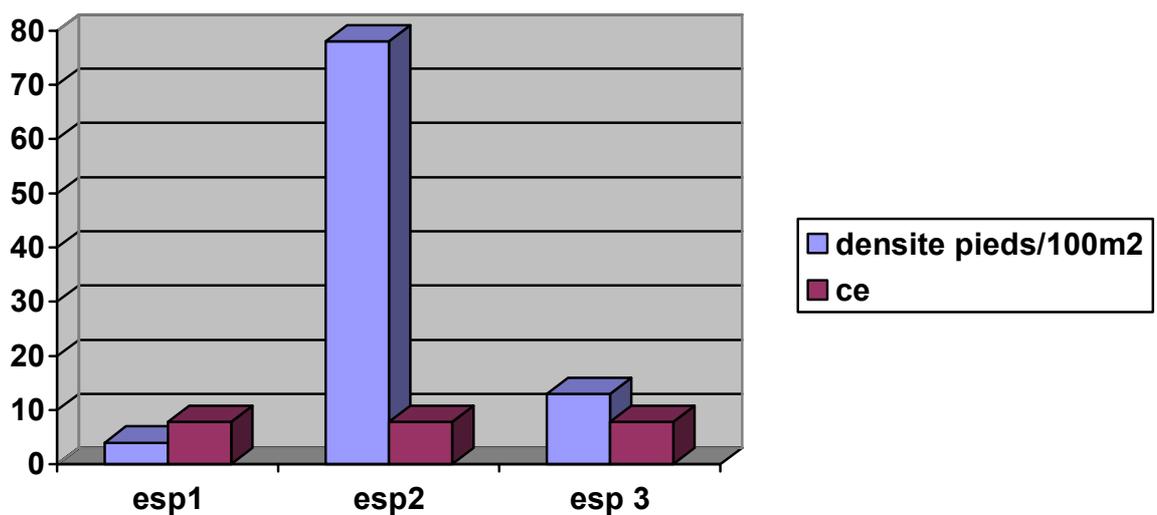


Figure38 : Relation entre la densité végétale et la salinité (station 3)

1- 3-4 Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin :

La texture argileuse du sol, contient une légère quantité de sable fin (7.68%).

Atriplex halimus est moins dense que dans la station 2.

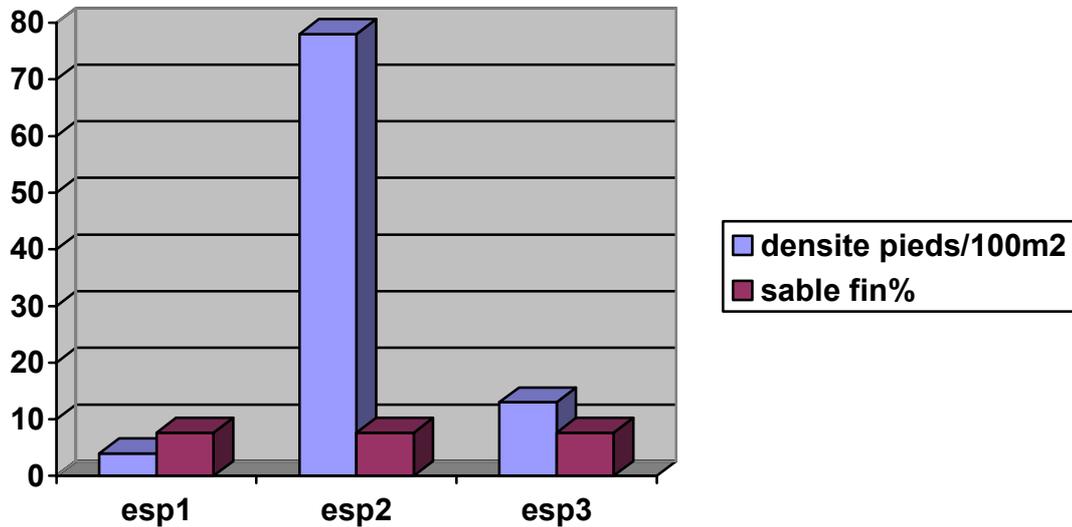


Figure39: Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin (station3)

1-3-5-Conclusion :

L'ensemble des espèces de la station 3, sont des espèces halophiles et tolèrent le calcaire et le gypse.

1 -4 station 4 :

1- 4-1 Relation entre la densité végétale et le taux de calcaire total :

Cette station est considérée comme une station moyennement calcaire (21.03%). La densité varie d'une espèce à l'autre. L'espèce la plus dense est *Fagonia Kahirina*(65 pieds/100 m²) et la moins dense est *Bassia muricata*(3 pieds/100m²), les espèces de cette station tolèrent le calcaire

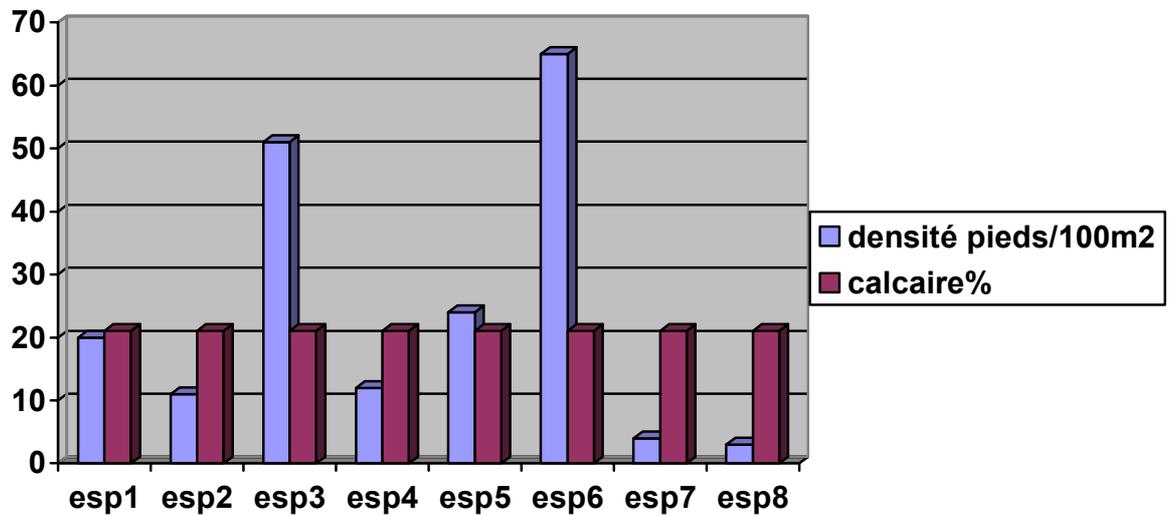


Figure40 : Relation entre la densité végétale et le taux de calcaire

Total (station4)

Esp 1: *Koelpinia linearis*

Esp2: *Zygophyllum album*

Esp3 : *Atractylis serratuloïdes*

Esp 4 : *Pituranthos scorparius*

Esp5: *Zraganum nudatum*

Esp 6: *Fagonia Kahirina*

Esp7: *Astragalus armatus ssp*

Esp8 : *Bassia muricata*

1- 4-2 Relation entre la densité végétale et le taux de gypse :

Le profil de la station 4 est moyennement gypseux.

Fagonia Kahirina le plus dense et *Bassia muricata* le moins dense. Selon Le houerou (1995) les deux espèces *Astragalus armatus*(4 pieds/100m2) et *Atractylis serratuloïdes*(51 pieds/100 m2) liées aux gypse et les espèces

Traganum nudatum(24 pieds/100 m²), *Zygophyllum album*(11 pieds/100m²)
sont des espèces gypso halophiles

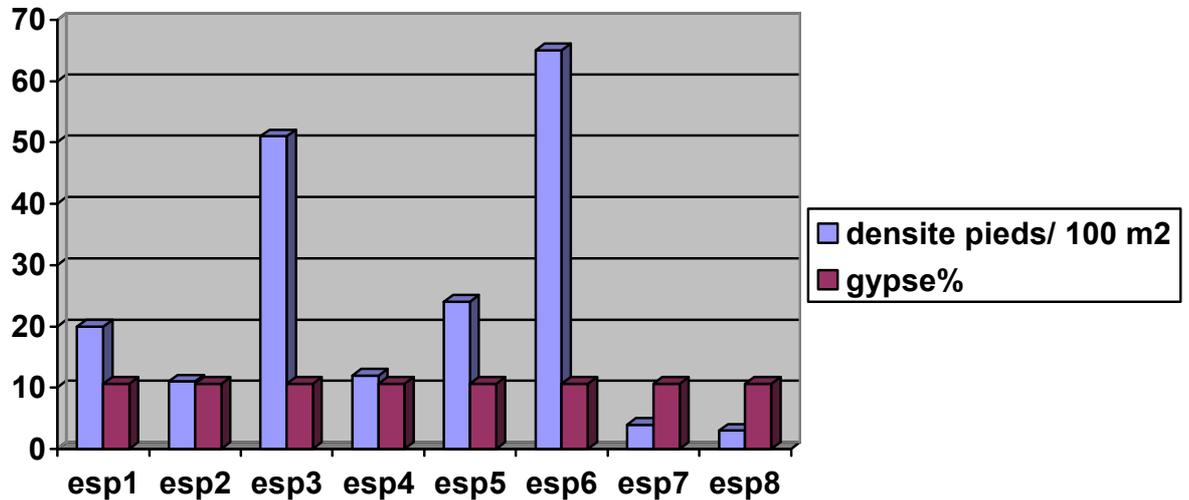


Figure41 : Relation entre la densité végétale et le taux de gypse (station 4)

1- 4-3 Relation entre la densité végétale et la salinité :

Cette station est considérée comme une station salée (CE= 2.26 dS/m)

L'effet de la salinité sur la densité des espèces de cette station varie d'une espèce à une autre, selon l'affinité de chaque espèce à la salinité.

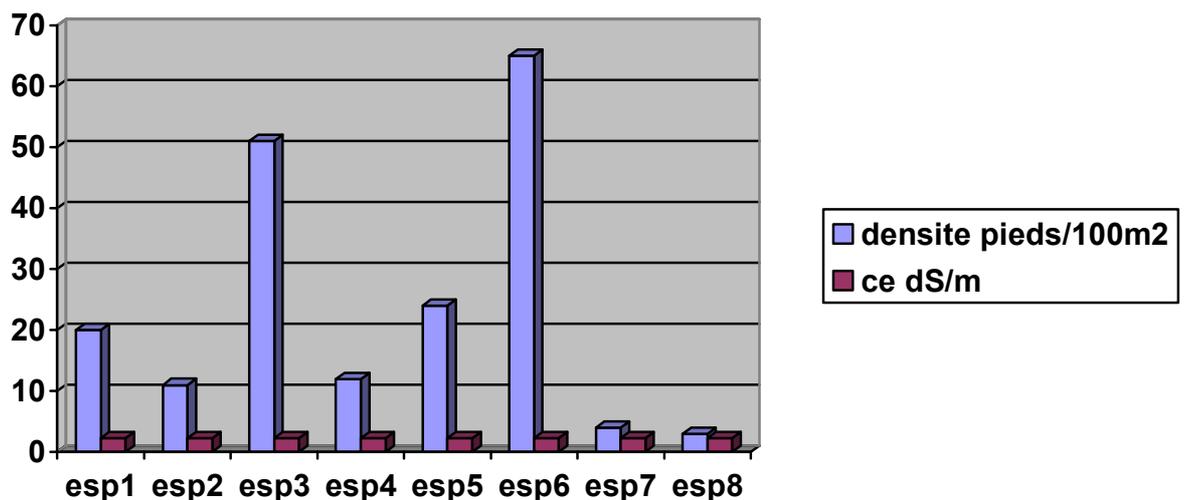


Figure 42: Relation entre la densité végétale et la salinité (station4)

1- 4-4 Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin :

La texture de sol de la station 4 est considérée comme une texture sableuse, le taux moyen entre l'horizon 1 et 2 est de 64.81%, la densité des espèces varie d'une espèce à une autre selon l'affinité de sable fin. Les deux espèces *Koelipinia linearis* (20 pieds/ 100 m²) et *Traganum nudatum* (24 pieds/ 100m²) sont des espèces psammophiles (pouget, 1980a)

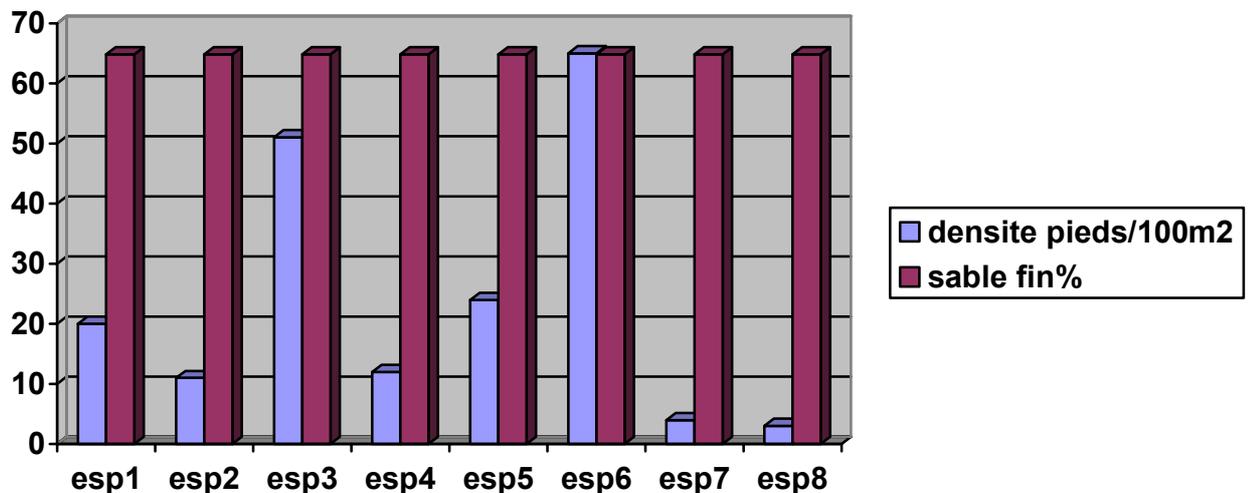


Figure43 : Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin (station 4)

1-4-5-Conclusion :

Le couvert végétal de cette station est constitué d'espèces halophiles – gypsophiles, psammophile, psammogypsophile tolérants au calcaire.

2- détermination des corrélations entre la densité végétale et quelques propriétés physico- chimiques du sol :

2-1 Relation entre la densité végétale et le taux de gypse :

Nous constatons qu'il existe une tendance significative entre la densité végétale et le taux gypse.

$$r = 0.67$$

La présence du gypse est soulignée depuis longtemps pour distinguer des espèces et des groupes plus ou moins spécifiques. Selon Boukhris, 1973), les espèces présentes sur les terrains gypseux (espèces gypsicoles) peuvent se subdiviser en :

- gypsophytes : plantes ne poussant que dans les conditions naturelles dans un milieu gypseux, souvent salé.
- Gypsoclines : plantes tolérant le gypse mais n'en ayant pas besoin pour croître.

2-2 Relation entre la densité végétale et le taux de calcaire :

Nous constatons qu'il existe une tendance significative entre la densité végétale et le taux de calcaire

$$r = 0.64$$

Comme pour le gypse il y a des plantes qui aime le calcaire et d'autres non.

2-3 Relation entre la densité végétale et la salinité :

$$r = 0.59$$

Donc il y a une tendance significative entre la densité végétale et la salinité. Selon le degré de la salinité, il y a des plantes halophytes (résistants bien à la salinité) et des plantes préhalophytes (moins résistantes à la salinité).

2-4 Relation entre la densité végétale et le taux de sable fin :

$$r = 0.69$$

D'après le r, on constate qu'il existe une tendance significative entre la densité végétale et le taux de sable fin.

Conclusion Générale

Conclusion générale :

Les ressources naturelles (sol, végétation spontanée, eau), dans les zones à déficit hydrique, sont très limitées. Elles sont soumises depuis fort longtemps, à une forte et persistante dégradation (action climatique, anthropiques, etc.). Les conséquences sur les ressources naturelles et particulièrement sur le couvert végétal et le sol sont nombreuses.

En effet dans la zone à déficit hydrique, l'état de la flore est très pauvre, souvent clairsemée. Ceci correspond sensiblement au climat et les conditions édaphiques (gypse, calcaire, sable, salinité) qui interviennent dans le développement de la végétation

L'objectif de cette étude étant de mettre en évidence un aspect des interactions entre le couvert végétal et le sol. Il s'agit de mettre en relation les relevés floristiques avec leurs caractéristiques pédologiques

La démarche suivie s'appuie sur plusieurs approches convergentes :

- Eude floristiques (caractéristiques quantitatif, types biologiques, etc.)
- Etude des sols (caractéristiques physico-chimiques)

A travers les résultats obtenus, un certain nombre de conclusions peuvent être dégagées :

En premier lieu, l'étude du sol a relevé que la texture varie de la texture argileuse lourde jusqu'à celle sablonneuse, pauvre en matière organique.

Les sels se trouvent dans tous les sols étudiés, le gypse (station 2,3 et 4), les valeurs les plus élevées, sont observées au niveau de la station 4

Le calcaire est le sel le plus abondant, les valeurs élevées, sont observées au niveau de la station 1

La salinisation caractérise les 03 stations (2,3 et4), la station 3 est le plus salée.

Dans un deuxième temps l'étude floristique a permis de caractériser les espèces végétales de notre zone d'étude. Ils constituant des groupes écologiques

Conclusion générale :-----

édaphiques, matérialisent l'action des facteurs édaphiques sur la composition floristique des communautés végétales (groupes psamophiles, gypsophiles, halophiles....)

La densité des espèces au niveau des sols sableux (station 4) la plus élevée, suivis par celles des sols salés (station 2 et 3) et enfin viennent les sols calcaires (station 1)

Cela rapporte que la végétation est disposée, sur un mode contracté, sur les substrats squelettiques (calcaire)

A travers notre étude nous pouvons dire qu'il existe une relation entre la distribution de la végétation et le sol tuteur.

Des recherches spécifiques et plus approfondies devraient être complétées par des analyses des facteurs de production (phytomasse, recouvrement, etc.) et celles des potentialités d'adaptation aux stress hydrique et à la régénération des espèces en particulier fourragères

Ces informations permettraient de définir et d'élaborer une stratégie d'exploitation et de gestion pour une meilleure utilisation des ressources afin de préserver ce milieu aride particulier, fragile et vulnérable

Afin de lutter contre la dégradation de cet écosystème fragile il est important de choisir les espèces adéquates car son fonctionnement écologique dépend fortement sur de meilleures interactions entre la végétation et le sol.

Références Bibliographiques

Abdesselam S., 1999 : Contribution à l'étude des sols gypseux au Nord-Est du Sahara Algérien, caractérisation et genèse, cas des oasis de tolga(région des Ziban). Mem. Mag. INA, 174p.

Afnor, 1996 : Qualité des sols, Recueil de normes Françaises. Afnor. Paris. France, 533p.

Agassi M., Shainberg I et Morni J., 1981: Effet of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. Soil sci. Soc. Am. j. 45, pp: 848- 851.

Aggoussine M., 2003: Hydrologie en régions arides et semi arides : cas du Sud-Est Marocain, terre et vie. N° 65 Juin.

Aidoud A., 1994 : Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie, cas de la steppe d'Alfa (*Stipa tenacissima* L). paratelo 37° 16, pp = 33- 42.

Aronson J.A., 1989: Haloph a database on salt tolerant plants of the world office arid land studies. Univ of Arizona. Tucson, 75 p.

Aubert G., 1960 : les sols de la zone aride, étude de leur formation, de leurs caractères, de leur conservation. Actes coll. Unesco de Paris sur les problèmes de la zone aride, pp = 127- 150.

Aubert G., 1983 : Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou sals sodiques. Cash. ORSTOM.ser. ped. Vol xxx n°1, pp = 73-78.

Ayers R.S., 1978 : Aspects de salinité et de la qualité de l'eau de l'irrigation goutte à goutte. Ann.INA. vol I n°3, pp = 109- 113.

Baci L., 1984 : Contribution à l'étude de la salinisation des sols du Hodna (M'sila). Mem In INA, 98 p.

Baize D., 1988 : Guide des analyses courantes en pédologie, choix, expression, présentation, interprétation. INRA. Paris, 172 p.

Baize D et Girard B., 1995 : Guide pour la description des sols. INRA. Paris, 375p.

- Barbero M., 1990** : Méditerranée : Bioclimatologie. *ecologia mediterranea*. XVI, pp: 1.12.
- Barzanji A.F., 1973**: Gypsiferous soil of Irak : These de doctorat. Genet. 1999p.
- Batra L., Kumar A., Manna M.C., Chabra R., 1997**: Microbiological and chemical amelioration of alkaline soil by growing Karnal grass and gypsum application . *Experimental Agriculture*. 33.4, pp : 389- 397.
- Bellanca A et Neri., 1993**: Dissolution and precipitation of gypsum and carbonate minerales in soils on evaporite deposits, central sicily: isotope geochemistry and microfabric analysis, *geoderma*. 59 .1/ 4, pp = 263-277.
- Bernou S., 1996** : Contribution à la création d'une banque de données pédologiques des sols gypseux de l'Algérie du Nord. *Mem. Ing. INA*, 49 p.
- Bernstein L., 1964**: Salt tolérance of plant. *USDA. Agricultural information Bulletin*, p283.
- Bonneau M .et Souchier B., 1979**: Constituants et propriétés du sol. Tome2, Paris. 455p.
- Boyadgiev T.G., 1974**: Contribution to the Know ledge of gypsiferous soils. *Agron / SF/ Syr / 67/ FAO*, Rome, p 522.
- Boyadgiev T.G., 1984**: Méthode Provisoire d'évaluation de la désertification. Mimeo. *FAO Rome*, 70 p.
- Bouabdellah E., 1992** : La végétation steppique sur sols salés des hautes plaines sud Algéroises, composition, structure et production. Thèse. *Doc. Scien. Univ. Paris sud (ORSAY)*, 206 p.
- Boughanmi G., 1995** : Nutrition minérale et hydrique de deux espèces de luzerne *medicago sativa* var gabès (vivace) et *medicago scutellata* (annuelle) en présence de Na Cl. Thèse .physiovége .Fac. Tunisie
- Boukhris M. ,1973** : recherche écologique et physiologiques sur les plantes gypsicole de tunisie,theses doct,monpolier,215 p
- Boulaine J., 1971** : hydro-pédologie, des écoles nationales de génie rurale, des eaux et des forets, alger, 122p.

Bouteyre G et loyer Y., 1992 : Sols salés eaux saumâtre des régions arides tropicales et méditerranéennes in l'aridité, une contrainte au développement. ORSTOM, Paris

Braun Blanquer J., 1952 : Phytosociologie appliquée 1. comm. S.I.G.M.A. 1966, pp : 156-160

Bridges E. M., 1978: World soils. Cambridge University. Press. 2^{ème} édition, pp :95- 97

Calvet G et Villemin p., 1986 : interprétation des analyses de terre. Ed, scpa, 24 p.

Calvet R., 2003 : Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques. Tome 2. Ed. France. Agricole, 511 p.

Cherbuy B., 1991 : Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagraf, école. Nat. Renne, 170p.

Coque R., 1962 : La Tunisie présaharienne : étude géomorphologique. Armand Colin. Ed. Paris. Thèse d'état, 488 p.

C.I.R.A.D, 2004 : Catalogue des analyses courantes. centre de coopération international en recherche agronomique pour le développement (copyright-Cirad) , 28 p.

Chehma A., 2005 : Etude floristique et nutritive des parcours camelins, du Sahara septentrional Algérien cas des régions de Ouargla et Ghardaïa .Ins. Biologie. Univer Annaba, thèse doctorat, 178 p.

Chevery C., 1972 : Exemple d'application des travaux de l'U.S.S.L (1963 – 1968) sur l'alcalinisation des sols soumis à l'action bicarbonatée. Cah. ORSTOM. Sér. pédo. 10 (2), pp : 193- 203.

Chevery C., 1995 : Comportement des plantes en milieu salé compte rendu de l'acad d'agric. De France. Action n° 04. Revu. Bimestrielle. Vol = 81 (2). Paris, pp = 42-46.

Claud G., Malher C., Claud Remy J., Berthelm J., Louis Morel j., 2005 : Sol et environnement. Dunod . Paris, pp= 609-625.

- C.P.C.S., 1967** : Classification des sols. Laboratoire de géologie, pédologie de l'E.N.S.A, Paris. Grignon, 87 p.
- Creusi T., 1970** : Recherche et formation en matière d'irrigation avec les eaux salées. 1962- 1969. UNESCO. Paris. Rapport technique, 243 p.
- Daget ph., 1977 (a)** : le Bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modèle de caractérisation, végétation. Vol. 34 (1), 99 = 1- 20.
- Daget. P., 1982** : Sur le concept de mesure et son application en écologie générale, vie et milieu. 32, pp : 281- 282.
- Daget P et Poissonet J., 1991** : Praires et pâturages, méthodes d'études. Montpellier. France. Institut de Botanique, 354 p.
- Daget P et Poissonet J., 1997** : Biodiversité et végétation pastorale. Revue elev. Med. Vet. Pays tropages. 50 (2), pp : 141- 144.
- Dahmani M., 1996** : Diversité biologique et phytogéographique des chênaies vertes d'Algérie. Ecologia mediterranea XXII (3-4), pp : 10- 38.
- Dajoz R., 2003** : Précis d'écologie. Ed. Dunod. Paris. 615 p.
- Daoud Y., 1993** : Contribution à l'étude des sols des plaines de Cheliff, le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux. Thèses doctorat d'état.INA. Alger, 193 p.
- Daoud Y et Halitim A., 1994** : Irrigation et Salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse. 3 (5), pp : 151- 160.
- De os Horta J.C., 1979** : les encroutements calcaires et les encroutements gypseux en géotechnique routière. Bet. Labo mécanique des sols, 105 p.
- Dicastro F., 1981**: Ecosystems of the world 11: Mediterranean – type shrublands, pp: 1-52
- Duchauffour ph 1969**, Précis de pédologie. ed. Masson. Paris, 192 p.
- Duchauffour ph., 1976** : Principes d'une classification écologique des sols. Agrochimica, XX, 4-5, pp : 313 – 323.
- Duchauffour ph. Souchier B., 1977** : Pédologie 1, Pédogenèse et classification. Masson. Paris.

- Duchauffour ph., 1983** : Pédogénèse et classification. 2^{ème} édition. Masson. Paris, 466 p.
- Duchauffour ph., 1988** : Abrèges de pédologie. 2^{ème} édition. Masson. Paris. Milan. Barcelone. Mexico, 224 p.
- Dubief J., 1953** : Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Ed : service des études scientifiques. Alger, pp : 26-103.
- Durand J.H., 1953** : étude géologique, hydrogéologique et pédologique des croutes en Algérie. S.E.S. Alger, 209 p.
- Durand J.H., 1983** : Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et technique. P.U. France, 190 p.
- Djili K et Daoud Y., 1999** : Distribution latérale et verticale de l'ESP des sols du Nord de l'Algérie compte rendu du séminaire national sur la salinisation des terres agricoles. CRSTRA. Chélif. Le 01 02 juin, n° 99, pp : 25- 44.
- Djili K., 2000** : Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Thèse doctorat. INA, Alger, 243 p.
- Eliard J.L., 1979** : Manuel d'agriculture générale. ed. J.B. Baillière. Paris,344 p.
- Emberger L., 1955** : une classification biogéographique des climats. Trav. Ins. Bot. Montpellier. 7, pp : 3- 43.
- Eswaran H., Haiwin M., Osman A., 1981**: Mineralogy and micro – morphology of aridisols. Proc. 3th Int . Soil classification workshop. ACSAD. Damascus.
- FAO, 1984**: Prognosis of salinity and alkanity. FAO soils Bulletin 31, 268 p.
- FAO, 1988** : La qualité de l'eau en agriculture. Bulletin d'irrigation et de drainage, 29 Revel, 181 p.
- FAO, 1990**: Management of gypsiferous soils. Soils Bulletin 62, 81 p.
- FAO. 1998**: guide to efficient plant nutrient management,land and water development division, Rome
- FAO. 2005**: Utilisation des engrais par culture en Algérie. FAO Rome,61 p.

Ferchichi A., 2000: rangelands biodiversity in presaharian Tunisia.cahiers options mediterraneennes.45,pp:69-73

Farina M.P.W., Chnnon P ET Thiband G.K., 2000: A comparison of strategies for ameliorating sub soil acidity II, long term soil effects. Soil. Sci. Soc. Am. J n° 64, pp: 625- 658.

Ferdeau J.C, 1997 : Biodisponibilité du phosphore dans les sols, les déchets et les sédiments: les approches isotopiques. Com.. Séance thématique AFES. GMARS 1997. Paris, INA, 120 p.

Floate M.J. S et Enrigh P.D., 1991 : Effects of lime and 5 years ssuplhun phosphors applications on soil Ph, ssulphun, and phosphorus status of tussock grassland soils on Est at agro – uplands. New Zealand journal of agriculture. Research.33.4, 99: 453-465.

Flohn H et kattata M., 1971: Etude des actions climatiques de l'actions du Sahara tunisien. Note tech.n°116.o.m.m. Genève, 20 p.

Florea N.,Al Joumaa KH., 1998: Genesis and classification of gypsiferious soils of the midlle euphrates floodplain. Syria .geoderma , volume 87. Issue 1-2, pp 67-85.

Flowers T.C., Hajibaghi , M.A et Clipson N. J.W., 1986: Halophytes . Quarterly Review of biology. 61(3), pp: 313-337.

Floret ch et pontanier R., 1982: l'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement. Mémoire de thèse. Travaux et documents de l'ORSTOM. Paris, pp : 150-544.

Floret ch et pontanier R., 1984 : L'aridité climatique, aridité édaphique. Bull. soc.Fr.131 Actuel. Bot.1984 (2/3/4), pp : 265-275.

Frontier s.,Pichod-vial D., Le prêtre A., Davoult D., luczak ch., 2004 : Ecosystème, structure, fonctionnement, évolution. 3^{eme} édition. Dunod. Paris, 549 p.

Gaucher G et Burdins S., 1974 : Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés.ed.p.u.f.paris,231p

Gerbier N .et brochet p., 1975 :l'évapotranspiration .monographie de la meteorologie, p65

Gevy R., 1970 : Les phosphates et l'agriculture. Ed. Dunod. Paris, 298 p.

Gillet F., 2000 : La phytosociologie synusiale intégrée, guide méthodologique. 4^{eme} édition. Univ de Neuchatel. Ins de Botanique. Labo végétale et phytosociologie, p

Guyot G., 1999 : Climatologie de l'environnement .ed. Dunod. Paris, 507 p.

Halitim A., 1973 : Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3^{eme} cycle. Univ de Renne, 176 p.

Halitim A., 1978 : COURS DE SCIENCE DU SOL. PEDALOGIE GENERALE ET AGROPEDOLOGIE. TOME 1. INA. ALGER.

HALITIM A., ROBERT M., TESSIER D ET PROST R., 1984 : Influence des cations échangeables (Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) et la concentration saline sur le comportement physique (rétention en eau, conductivité hydraulique de la mont morillonite agronomie. 4 (5), pp : 451 – 459.

Halitim A., 1985 : Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hautes plaines steppiques de l'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse doctorat. univ Renne, 384 p .

Halitim A et Robert M., 1987 : Interaction du gypse avec les autres constituants du sol, analyse microscopique de sols gypseux en zone aride (Algérie) et études expérimentations. In fedoroff et all (Ed): soil micro morphology. Afes, pp: 179 – 186.

Halitim A., 1988: Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p

Hamdy A., Lasram M et Lacirgnoda C., 1995 : Les problèmes de salinité dans la zone méditerranéenne compte rendu. Acad. D'agri. De France action (1).vol 81 (2). Paris. Séance spécialisée du 22 Mars 95, pp : 47- 60.

Hamdy A.,et Makhlouf A.,2002 :advances in soil salinity and drainage management to save water and protect the environment.min.agr.algerie,p:35-58

Herrero J et Porta J., 1990: Micromorphology and genesis of soils enriched with gypsum. CIHAM. Jamz (Zaragova)

Javor B., 1989: Hypersaline environments: microbiology and Biogeochemistry. Brock / springer , series, Berlin , verlag.

Job. J. O., 1981: Some problems in analysis of soil classification workshop. Acsad. Soil science division, pp: 219 – 236.

Kaabache M., 1990: les groupements végétaux de la région de Boussaâda (Algérie). Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèses doct. D'état. Univ. Paris- Sud. Orsay, 104 p.

Khademi H., et Mermut A.R., 2003: micromorphology and classification of argids and associated gypsiferous aridisols from central Iran .science direct catena.pp :1-14

Le Houerou H.N, 1971 : Les bases écologiques de la production fourragère. D.C pastorale en Algérie. I. Bioclimatologie. Cultures fourrages. FAO. Rome.

Le Houerou H.N., 1975: deterioration of the ecological equilibrium in the arid zone of North Africa. FAO, Rome, pp: 45- 57.

Le Houerou H.N., 1990 : Définition et limites bioclimatiques du Sahara sèche. 1(4), pp = 246- 259.

Le Houerou H.N., 1993: Salt – tolerant plants for the arid region of the Mediterranean isoclimatic zone In: H. Leith et A Al Massoom (edits): towards the rational use of high salinity tolerant plants. Vol 1. Kluwer academ, pp: 403- 422.

Le houerou H.N., 1994: Forage halophytes and salt, tolerant fodder crops in the Mediterranean basin. V.r. squares et A.T. Ayoub (eds). Halophytes as a resource for livestock and for rehabilitation of degraded lands, Kluwer. Academic publish. The Netherlands, pp= 127- 137.

Le Houerou H.N, 1995: Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et

désertification. Option méditerranéenne. Série B : études et recherches n 10 ;
Cheam. Montpellier, 397 p.

Liushu, 1984: Application of ecological principles to rehabilitation of desertified lands as exemplified by the arid steppe in Eastern Mongolia. Mimeo proceed. Symposium AAAS/CAST.Desrt Ins. Lanzhou. China, 16 p.

Loyer J.Y, 1995: Solums salsodiques, salisols et sodisols, In referential pédologique. AFES-INRA. Paris, pp: 241- 249.

Loué A., 1987: Les oligo- elements en agriculture. Ed. Nathan, Paris, 577 p.

Loz J et Mathieu C., 1990 : Dictionnaire de science du sol. 2^{eme} édition.
Lavoisier, 266 p.

Mac mahon J.,1981:ecosystem dynamics:introduction.in:goodall,d.w.
etperry,r.a.(eds),arid-land ecosystems.cambridge university,pp:263-269

Mashali A.M., 1996 : Soil management practices for gypsiferous soils.
International symposium with gypsum. Leida. Spain, pp: 34-51.

Mathieu C et Pieltain F., 2003 : Analyse chimique des sols. Ed. Tec et doc.
Lavoisier, Paris, 292 p.

Mazliak., 1981 : phytosociologie végétale, nutrition et métabolisme. Ed.
Hermann, Paris, pp : 301- 302.

Menani M. R., 1991 : Etude hydrogéologique de la plaine d'El Madher (Algérie
oriental) géologique, climatologique, hydrogéologiques et modélisation des
écoulements de l'aquifère mioplioi- quaternaire. Thes.doct, Univ de Nancy,
281p.

Mezni M., Bizid E et Hamza M., 1999 : Effets de la salinité des eaux
d'irrigation sur la survie et la croissance de 03 variétés de luzume pérennes
fourrages. 158, pp : 169- 178.

Morel R., 1996 : Les sols cultivés. lavoisier . 2^{eme} édition. Paris, 378 p.

Nedjraoui D., 2003 : country pasture , forage ressource profils . ed. FAO.
Grassland and pasture crops Algérie, pp: 1-29.

Novikoff G., 1959: les associations Halophiles du Tunisie, 11p.

- Odasso M., et Rota A., 1992** : Effetti del trattamento fertilizzante ed ammendante su di un pascolo alpino. *Informatore Agrario*. 48.31, pp 35- 38.
- Ozenda p., 1964** : Biogéographique végétale. Doin. Paris, 374 p.
- Ozenda p., 1977** : Flore du Sahara. 2^{ème} édition. CNRS. Paris, 622p.
- Ozenda P., 1994**: Végétation du continent européen de la chaux et niestlé . Lausanne. Paris, 271 p.
- Pansu M et Gautheyron J., 2003** : l'analyse du sol, minéralogie, organique et minérale. ed. Springer – verlag. France, 993 p.
- Poch R.M., 1992**: Fabric and physical properties of soils with gypsic and hypergypsic horizon of the ebrovalley . these. P.H.D . univ. Ghent , 285 p.
- Poch R.M, 1996**: proceeding of the international symposium on soils with Gypsum catalonia. Spain. Inter soil. sci. Society. 52 p.
- Pons A., 1981**: The history of the Mediterranean shrublands. R. C (Eds). Elsevier. Amsterdam, p : 52.
- Pouget M., 1980. (b)** : Les relations sol- végétation dans les steppes sud Algéroises. Travaux et documents de l'ORSTOM. N° 116. Paris, 555p.
- PNAE-DD., 2002** : Plan national et le développement durable, pp : 16-22.
- Quezel P et Santa S., 1962** : Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. ed. CNRS. Paris. 2 tomes, pp : 565- 605.
- Ramade F., 2003** : élément d'écologie. 3^{ème} édition. Dunod, 690 p.
- Raju R.T., Jinno K. et Wada S.I., 1993** : exchange process at the land surface for a range of space and time scales proceedings of an international symposium held at yokohama, Japon, 13-16 July 1993.
- Richards L.A., 1954**: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils *Agric. Handb . N° 60 vol 1. us*
- Rieu M., Touma J., Guey R., 1992** : Sodium – calcium exchange on Brazilian soils : modeling the variation of selectivity coefficients. *Soils . sci. Ann. J , pp: 1294-1300.*

- Robert M., 1996:** le sol interface dans l'environnement ressource pour le développement Ed. Masson. Paris ; 243 p.
- Ruellan A., 1971 :** Les sols de la base moulouya (Maroc oriental). Cah. ORSTOM. N° 54, 302 p .
- Ruellan A., 1976 :** Morphologie et répartition des sols calcaires dans les régions méditerranéennes et désertiques, Ann. Agro. INA. Vol VI. N°1, pp 11-39.
- Samoiloya E.M., 1979 :** Saline soils, classification and diagnostic. unep. URSS. Acad. Sci. seminar on soil salinity.
- Scheromm . 2000 :** La résistance des plantes, la sécheresse. ed. INRA. Centre de mont péllier.
- Servant J.M., 1970 :** Etude expérimentale de l'influence des conditions salines sur la perméabilité des sols, conséquences pédologiques. Sci. Du sol.2, pp : 87-103.
- Servant J.M., 1973 :** Le profil salin des sols, méthodes d'études et signification. Application aux sols halomorphes du midi de la France. Ann. Agro. 24.3, pp : 375 – 392.
- Servant J.M ., 1975 :** Etude pedologique des sols halomorphes. Thèse. Doc. Uni. Montpellier, 194p.
- Servant J.M ., 1976 :** Sur quelques aspects de la pédogénèse en milieu halomorphe : l'exemple des sols salés de la région méditerranéenne Française. Ann. de l'INRA.vol. VI.n° 1, pp : 225-245.
- Servant J.M., 1978 :** La salinité dans le sol et les eaux caractérisation et problèmes d'irrigation drainage. Bull . B.R. G. M. sect III. N ° 2, pp 123- 142.
- Sidi H et Pansu M., 1990 :** Effets d'apports organiques et du gypse sur la stabilité structurale de deux sols méditerranéens. Science du sol. vol 28.3, pp: 237- 253.
- Sumner M.E., 1993:** Gypsum and acid soils: the world science. Advances in Agronomy. 51, pp: 1-32.

- Soltner D., 2000:** Les bases de la production végétale Tome I. Le sol et son amélioration. 22^{ème} édition. Ed. Sciences et techniques agricoles, 407 p.
- Soil survey staff (s.s.s) ., 2003 :** Key to soil Taxonomy . Ninth edition. United states department of agriculture. NRCS, 332 p.
- Stewart Ph., 1968:** Quotient pluviométrique et dégradation bio sphérique : quelques réflexions. Bull. soc. Hist. Nat. Afrique du Nord. Alger. 59 (1-4), pp 23- 36.
- Szablocs I., 1994:** Prospects of soil salinity for the 21 st century trans. Int cong of soil sc, pp: 123- 141.
- Trachaud L., 1994:** post fire plant community dynamics in the Mediterranean bassin. Univ. Moreno v.m et oechel N .C (eds).The role of the fire in Mediterranean. Type ecosystems , pp 1-15.
- Torrent j., 1995:** genes and properties of the sols Mediterranean region universita degli studi di napoli Federico II, dip.disc.chimi-agrarie, 111p
- Thierriot C et Matari A., 1998:** Peut ou encore parler de sécheresse au Sahara? ed. CRSTRA.
- Trichet J., 1963 :** Description d'une forme d'accumulation de gypse par voie éolienne dans le sud Tunisien. Bull. soc. Géo. France, pp : 617- 628.
- UNSECO T et Sauwage Ch., 1962 :** Les types de végétation du Maroc : essai de nomenclature et définition RV. Geor. Maroc.1-2, pp : 75- 86.
- URBT., 2001 :** Les steppes Algériennes : zones sensibles à la désertification unité de recherche sur les ressources biologiques terrestres. Alger. gare .Algérie, p : 295.
- USDA, 1967:** Keys to soil Taxonomy, soil conservation service, united stats department of agriculture, 306 p.
- U.S.S.L, 1954:** Salinity Laboratory: Diagnosis and improvement of saline alkali soil. U.S.S.L U: SDA. Hand books- n° 60.Washgton, 160p.

- Vana Alphen J.G., Rios Romero F., 1971:** gypsiferous soils. Notes on their characteristics and management. Bulletin 12. International institute for land reclamation and improvement wageningen . The nether lands , 44 p .
- Vatan A., 1967:** Manuel de sédimentologie. Ed. tech. Paris, 327 p.
- Ventura F., Darrel N. et looropeza L., 2001:** Soil erosion of an indurate volcanic from the semi arid area of the Mexico. Nat. soil. Erosion. Res. Lab. Col 47. n° 3, pp : 330- 335 .
- Vorobyova L.A., Krechetova ye.v., Goronenkova ye., 1991 :** Carbonate equilibria and alkalinity of soils of Djanybek experimental station. Moscow university soil science Bulletin. 46.4 , pp: 17-22.
- Watson A., 1979:** Gypseum crusts in deserts journal of arid environnements. 2(1). Oxford, pp: 3- 20.
- Went ,F.W.,1949:**ecology of desert plants.II:the effect of rain and temperature on germination and growth.ecology,30(1),pp:351-364
- Whittaker,R.H.,et Neiring ,W.A,1965:**vegetation of the santa Catalina mountains,Arizona,II.a gradient anlysis of the south slope.ecology 46,pp:429-452
- Wyn Jones G et Gunston H., 1991:** Complettement a ryor conflicting approaches to Salinity DDU. B ulletin n 23, pp 7-9.
- Wri, 2002:** World ressources institute.drylands,people,and ecosystem goods and services :aweb-baseed geospatial analysis.
- Zahow m.f et amerhein c ,1992 :**reclamation of saline soil using synthetic polymers and gypsum soil .science.society of America journal.56.4,pp:1257-1260 .
- Zid E et grignon C., 1991 :** Les testes de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique, l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. ed. Upelf-UREF, pp : 91-108.

Annexes

Annexe N 01 :

	J	F	MR	AVR	M	J	JT	AT	S	O	N	D	Moyenne annuelle
m	0,6	1,5	2,6	5,2	8,9	13,9	16,3	16,2	13,2	8,3	3,5	1,1	7,60
M	9,9	10,04	13,8	16,7	22,2	28,9	32,9	31,8	26,5	20	13,5	11	19,77
M+m/2	5,25	5,77	8,2	10,95	11,55	21,4	24,6	24	19,85	14,15	8,5	6,05	13.68
M-m	9,3	8,54	11,2	11,5	13,3	15	16,6	15,6	13,3	11,7	10	9,9	12,16

Tableau 01 : variation de température mensuelle moyenne (station de Batna 1985-2005)

	J	F	MR	AVR	M	J	JT	AT	S	O	N	D	MOYENNE ANNUELLE
m	2,43	3,7	6,35	9,22	14,81	20,08	23,11	23,19	18,18	8,9	7,79	3,54	11,775
M	13,37	16,06	19,18	22,76	27,93	34,19	37,07	36,52	31,57	25,68	18,58	14,05	24.74
M+m/2	7,9	9,88	12,77	15,99	21,37	27,14	30,09	29,86	24,88	17,29	13,19	8,80	18,26
M-m	10,94	12,36	12,83	13,54	13,12	14,11	13,96	13,33	13,39	16,78	10,79	10,51	12.97

Tableau02 : variation de température mensuelle moyenne (station de Barika 1984-2004)

mois	J	F	MR	AVR	M	J	JT	AT	S	O	N	D	Moyenne annuelle
m	7,04	8,69	11,35	19,46	19,4	24,45	27,09	27,09	23,1	17,49	12,14	8,02	17,22
M	16,65	19,17	22,57	24,97	31,23	36,63	40,06	39,54	34,33	28,18	21,61	17,54	27,8
M+m/2	11,85	13,93	16,96	22,75	25,32	30,54	33,63	33,32	28,72	22,84	16,88	12,78	22,51
M-m	9,61	10,48	11,22	5,51	12	12,18	12,97	12,45	11,23	10,69	9,47	9,52	10,61

Tableau 03: variation de température mensuelle moyenne (station de Biskra 1977-2001)

ETP mm	J	F	MR	AVR	M	J	JT	AT	S	O	N	D	ANNEE
Batna (1985-2005)	11,26	12,64	25,68	41,58	77,3	123,61	154,22	140,26	94,21	53,94	22,61	13,55	770,86
Barika(1984-2004)	10,46	15,85	31,75	52,21	102,32	163,46	203,41	188,97	117,34	54,15	28,25	12,63	980,80
Biskra (1977-2001)	12,99	18,9	37,17	80,75	117,02	185,58	239,13	220,44	135,81	72,8	30,67	15,29	1166,55

Tableau04: variation saisonnière de la température (de trois stations d'étude)

	j	f	m	av	m	j	jt	at	s	o	n	d	année
Batna (1985-2005)	24	34	38	34	34	18	03	15	38	30	39	24	331
Bari ka (1984-2004)	39.9	13.8	19	20.3	15.7	10.3	1.3	5.5	26.1	26.6	20.7	23.3	222.5
Biskra (1977-2001)	18.02	10.56	10.32	11.36	9.85	5.23	0.38	6.73	13.42	10.75	20.42	8.45	125.49

Tableau 5 : précipitations mensuelles annuelles dans les trois stations

	automne	hiver	printemps	été
Station Batna (1985-2005)	32.32	24.77	32.02	10.87
Station Barika(1984-2004)	32.99	34.61	24.72	7.69
Station Biskra (1972-2001)	35.53	29.52	25.12	9.83

Tableau 6: variation saisonnière de la précipitation dans les 03 stations

mois	J	F	MR	AVR	M	J	JT	AT	S	O	N	D
K	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85

Tableau7: coefficient de correction en fonction de la latitude te de mois de l'année

mois	J	F	MR	AVR	M	J	JT	AT	S	O	N	D	ANNEE
Batna (1995-2005)	70,08	68,08	60,66	58,08	54,33	45,33	38,16	42,83	56,41	59,83	66,83	74,58	52, 1
Barika(1984-2004)	60,7	55,1	46,1	36	34,8	28,9	26,8	29,4	11	43,2	58	64,2	43.2
Biskra (1971-1997)	55,4	50,02	43,8	38,8	35,6	29,4	28,4	29,06	39,43	45,97	54,7	57,8	42,36

Tableau 8 : humidité relative en % de trois stations

mois	J	F	MR	AVR	M	J	JT	AT	S	O	N	D	ANNEE
Batna (1995-2005)	171	199,33	243,83	257,33	291	308,75	349,16	315,75	257,41	242,41	183,08	191,58	250,88
Biskra (1977-1997)	225	220	257	247	322	331	365,5	338	335	280	237	218,7	283,6
Barika (1984-2004)	190,4	216,33	259,14	274,31	314,46	334,18	357,38	314,49	267,38	239,1	192	182,38	262,2

Tableau 9: le nombre moyen d'heures d'insolation de trois stations

	J	F	MR	AVR	M	J	JT	AT	S	O	N	D	ANNEE
Batna (1995-2005)	3,1	3,35	3,53	3,85	3,77	3,87	3,87	3,63	3,28	2,97	3,30	3,3	3,73
Barika (1984-2004)	3,3	4	4,7	4,9	5,1	5,3	5,1	4,6	5	3,7	3,6	3,7	4,42
Biskra (1992-2001)	7,59	8,6	5,61	9,11	9,24	9,7	9,07	8,24	8,81	8,24	8,48	8,13	8,7

Tableau10: vitesse moyenne mensuelle et annuelle de trois stations

Etp en mm	J	F	MR	AVR	M	J	JT	AT	S	O	N	D	ANNEE
Batna (1985- 2005)	11,26	12,64	25,68	41,58	77,3	123,61	154,22	140,26	94,21	53,94	22,61	13,55	770,86
Barika(1984- 2004)	10,46	15,85	31,75	52,21	102,32	163,46	203,41	188,97	117,34	54,15	28,25	12,63	980,80
Biskra (1977- 2001)	12,99	18,9	37,17	80,75	117,02	185,58	239,13	220,44	135,81	72,8	30,67	15,29	1166,55

Tableau 11: ETP mensuelle selon la formule de thornthwaite de trios stations

Annexe N 02 :

Description morphologique des sols :

Profil n° 1 (Station 01) :

- Horizon H₁ (0- 10cm) : couleur à l'état sec 10YR 8/3, brun très pale, effervescence très vive à l'acide chlorhydrique, texture Limnon-argilo-sableux.
- Horizon H₂ (10- 30cm) : couleur à l'état sec 10YR 8/3, brun très pale, effervescence très vive à l'acide chlorhydrique , texture Limnon-argileux.
- Horizon H₃ (30- 50cm) : couleur à l'état sec 10YR 8/3, brun très pale, effervescence très vive à l'acide chlorhydrique, texture argileux- limoneuse.
- Horizon H₄ (50- 70cm) : couleur à l'état sec 10YR 8/2, blanc, effervescence très vive à l'acide chlorhydrique, texture argileux- limoneuse.

Profil n° 2 (Station 02) :

- Horizon H₁ (0- 10cm) : couleur à l'état sec 10YR 6/3, brown pale, effervescence moyenne à l'acide chlorhydrique, texture limoneuse- argilo - sableux
 - Horizon H₂ (10- 30cm) : couleur à l'état sec 10YR 6/3, brown pale, effervescence moyenne à l'acide chlorhydrique, texture limoneuse- argilo – sableux.
 - Horizon H₃ (30- 50cm): couleur à l'état sec 10YR 6/4, light yellowish brown,
- (Station 01)** - Horizon H₄ (50- 70cm) : couleur à l'état sec 10YR 6/4, light yellowish brown, effervescence moyenne à l'acide chlorhydrique, texture argilo – limoneuse.

Profil n° 3 (Station 03) :

- Horizon H₁ (0- 10cm) : couleur à l'état sec 10YR 5/3, brown, effervescence faible à l'acide chlorhydrique, texture argileuse.
- Horizon H₂ (10- 30cm) : couleur à l'état sec 10YR 5/3, brown, effervescence faible à l'acide chlorhydrique, texture argileuse.

-Horizon H₃ (30- 50cm) : couleur à l'état sec 10YR 6/4, light yellowish brown, effervescence moyenne à l'acide chlorhydrique, texture argileuse.

- Horizon H₄ (50- 70cm) : couleur à l'état sec 10YR 6/4, light yellowish brown effervescence moyenne à l'acide chlorhydrique, texture argileuse.

Profil n° 4 (Station 04) :

- Horizon H₁ (0- 10cm) : couleur à l'état sec 10YR 7/4, very pale brown, effervescence moyenne à l'acide chlorhydrique, texture sableuse.

- Horizon H₂ (10- 30cm) : couleur à l'état sec 10YR 7/4, very pale brow, effervescence vive à l'acide chlorhydrique, texture sableuse.

- Horizon H₃ (30- 50cm) : couleur à l'état sec 10YR 8/4, very pale brown, effervescence vive à l'acide chlorhydrique, texture sableuse.

- Horizon H₄ (50- 70cm) : couleur à l'état sec 10YR 8/4, very pale brown, effervescence décelable à l'acide chlorhydrique, texture sableuse.

Annexe N 03 :

espèces	Abondance-dominance	sociabilité
<i>Glibularia alypum</i>	1	1
<i>Juniperus phoenicea</i>	+	1
<i>Rosmarinus officinalis</i>	+	1
<i>Atractylis echinita</i>	1	1

Tableau01 : inventaire floristique de la station 1

espèces	Abondance-dominance	sociabilité
<i>Suaeda monodiana</i>	2	2
<i>Atriplex halimus</i>	3	2

Tableau02 : inventaire floristique de la station 2

espèces	Abondance-dominance	sociabilité
<i>Atriplex halimus</i>	r	1
<i>Salsola tetragona</i>	4	3
<i>Mollis suaeda</i>	+	2

Tableau03 : inventaire floristique de la station 3

espèces	Abondance-dominance	sociabilité
<i>Koelpinia linearis</i>	+	3
<i>Zygophyllum album</i>	+	1
<i>Fagonia kahirina</i>	1	3
<i>Pituranthos scoparius</i>	+	1
<i>Atractylis serratuloides</i>	1	2
<i>Traganum nudatum</i>	+	3
<i>Bassia muricata</i>	r	1
<i>Aragalus armatus ssp</i>	r	1

Tableau04 : inventaire floristique de la station 4

L'échelle mixte selon Gehu et Rivas Martirnez (1980), est définie comme suit :

Abondance – Dominance

r= individus rares ou isolés

+= Individus peu abondants, mais à faibles recouvrement.

1= Individus assez abondants, mais à faibles recouvrement.

2= très abondants ou recouvrement de moins 1/20 de la surface.

3= individus en nombre quelconque recouvrant ¼ à ½ de la surface.

4= individus en nombre quelconque recouvrant plus de ¾ de la surface.

Socialité :

1= Individu isolé

2= individus en touffe.

3= individus en groupe.

4= individus en colonie

5= individus en peuplement

espèces	Types biologiques *
<i>Globularia alypum</i>	Phanerophyte
<i>Juniperus phoenicea</i>	Phanerophyte
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Phanerophyte
<i>Atractylis echinata</i>	Therophyte
<i>Suaeda monodiana</i>	Chameaphyte
<i>Atriplex halimus</i>	Chameaphyte
<i>Salsola tatragona</i>	Chameaphyte
<i>Suaeda mollis</i>	Chameaphyte
<i>Koelpinia linearis</i>	Therophyte
<i>Zygophyllum album</i>	Chameaphyte
<i>Fagonia kahirina</i>	Therophyte
<i>Pituranthos scoparius</i>	Chameaphyte
<i>Atractylis serratuloides</i>	Therophyte
<i>Traganum nudatum</i>	Chameaphyte
<i>Bassia muricata</i>	Therophyte
<i>Astragalys armatus ssp</i>	Chaemphyte

Tableau 05 : Les types biologiques d'espèces de trois stations

Annexe N 04 :

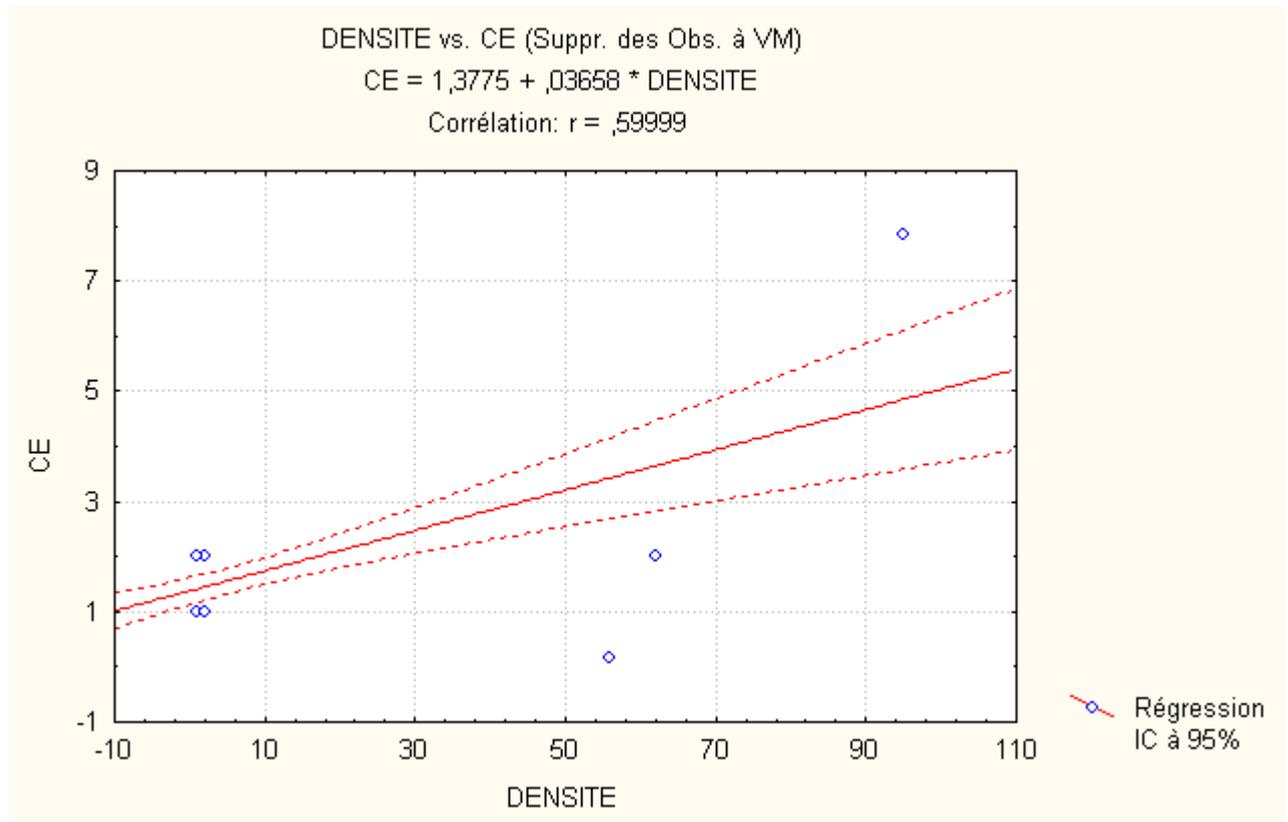


Figure 01 : Corrélation entre la densité végétal et la CE

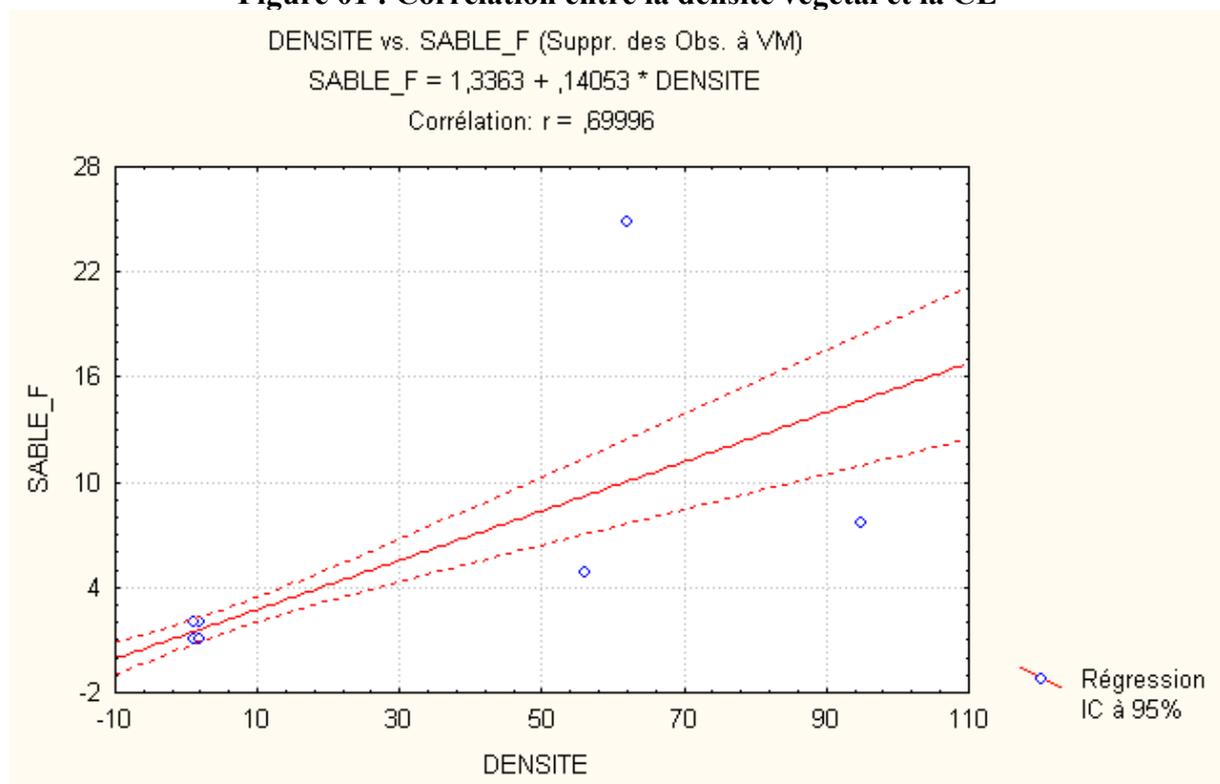


Figure 02 : Corrélation entre la densité végétal et Sable fin

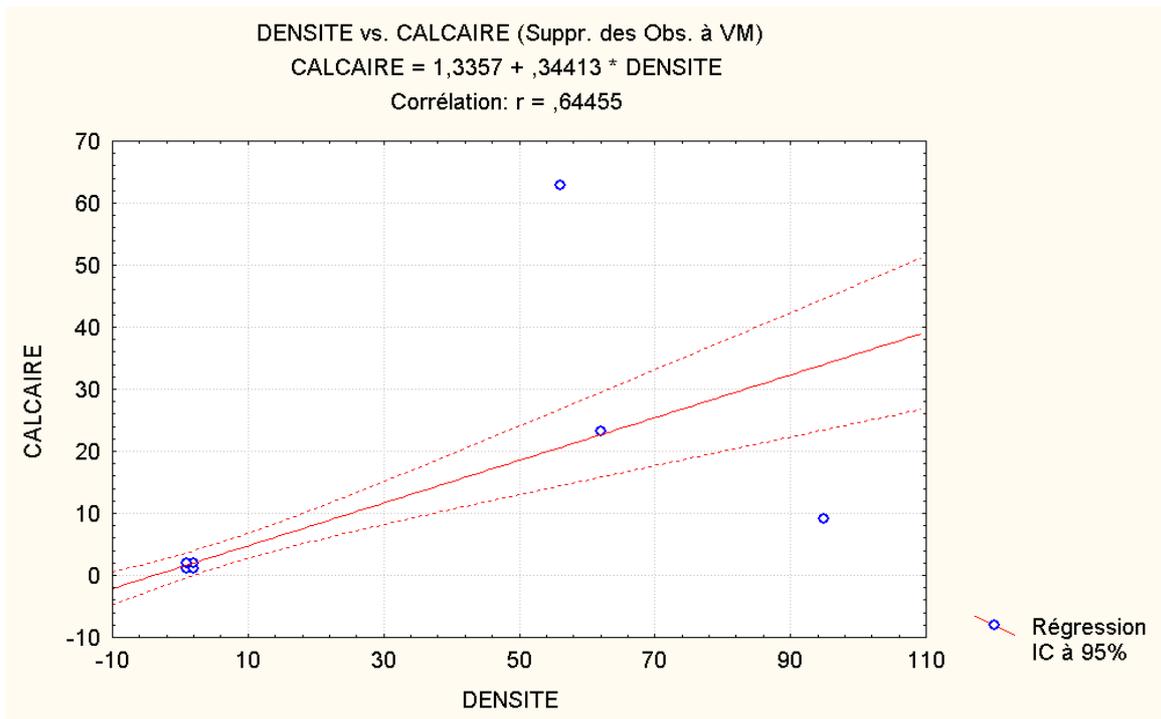


Figure 03 : Corrélation entre la densité végétal et le calcaire

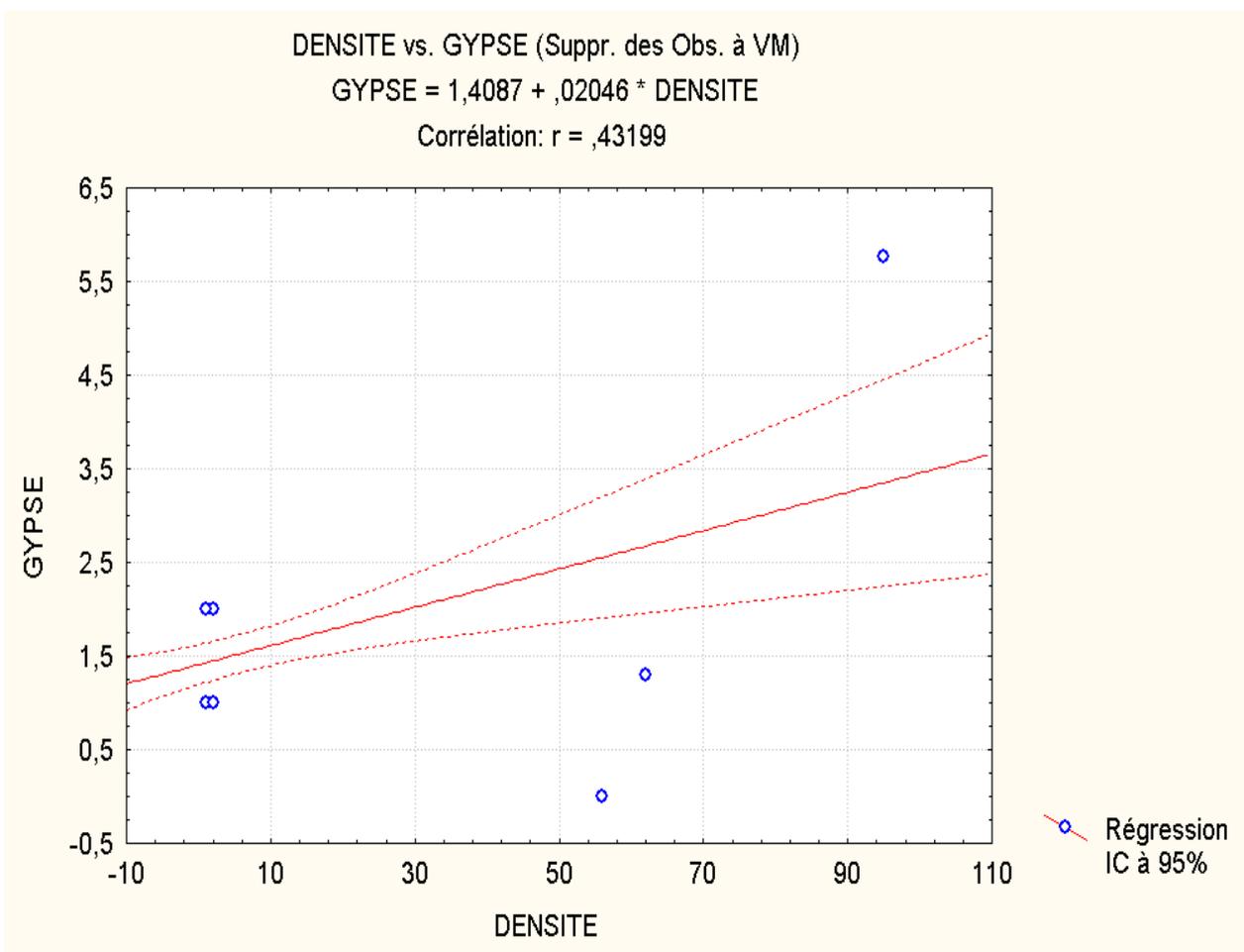


Figure 04 : Corrélation entre la densité végétale et le gypse

Annexe N05

Station 01 :



Photo 01 : couvert végétal de la station 1



Photo 02 : profil de la station 1

Station 02 :



Photo 03 : couvert végétal de la station 2



Photo 04 : profil de la station 2

Station 03



Photo 05 : couvert végétal de la station 3



Photo 06 : profil de la station 3

Station 4 :



Photo 07 : couvert végétal de la station 4



Photo 08 : profil de la station 4

Résumé :

Les zones à déficit hydrique sont des milieux très rudes et très contraignants liés aux pluviométries faibles et irrégulières accentués par des températures élevées. Néanmoins, il existe toujours des conditions plus ou moins favorables à l'existence d'une flore spontanée adaptée aux stress édaphoclimatique d'une part et anthropogène d'autre part. Donc le sol exerce une influence sélective sur la végétation et inversement la végétation influence le sol

L'objectif de cette étude est de fournir des données phyto-écologiques en mettant en évidence les relations entre le couvert végétal et les conditions édaphiques (sature, gypse, sable, calcaire) qui serviraient à l'avenir d'outils de travail afin de permettre une meilleure connaissance de la végétation naturelle qui colonise notre zone d'étude.

La méthodologie utilisée est basée sur les analyses floristiques (densité, fréquence, type biologique....) et les analyses physico-chimiques du sol et la relation entre les deux.

L'étude fait ressortir que la zone d'étude est composée par des végétations naturelles matérialisant l'action des facteurs édaphiques sur la composition floristique (groupes psamophiles, gypsophiles, halophiles....)

Mots clés : zone à déficit hydrique-relation-végétation-conditions édaphiques-Psamophile-gypsophile-halophile

Summary:

The zones with hydrous deficit are very hard mediums and very forcing related to weak and irregular pluviometries accentuated by temperatures élevées. Néanmoins, it exists always conditions more or less favorable to the existence of a spontaneous flora adapted to the stresses édaphoclimatic on the one hand and anthropogène on the other hand, therefore the ground exerts a selective influence on the vegetation and conversely the vegetation influences the ground the objective of this study is to provide data phyto-ecologic by highlighting the relations between vegetable cover and the edaphic conditions (salinity, gypsum, sand, limestone) which would be used in the future as working tools and to allow a better knowledge of zone of study methodology used is based on the floristic analyses (density, frequency, biological standard....) and the physicochemical analyses of the ground and the relation between the two the study emphasizes that the zone of study is composed by natural vegetations materializing the action of the edaphic factors on the floristic composition (psamophiles groups, gypsophiles, halophilous....)

Key words: zone with deficit hydrous- conditions édaphiques-Psamophile-gypsophile-halophilous -relation-vegetation.

:

(...)

(...)

(...)

: