

**UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARI
BOUMEDIENE**

F a c u l t é d e s S c i e n c e s B i o l o g i q u e s

F i l i è r e : E c o l o g i e & E n v i r o n n e m e n t

S p é c i a l i t é : S é c h e r e s s e & d é s e r t i f i c a t i o n

Thème :

Contribution à l'étude des formations à *Salsola vermiculata* le long d'un gradient de salinité dans la région du Chott Chergui (Sud Oranais).

Présentée par :

ADI Nacer

Pour l'obtention le grade de **MAGISTER**

Soutenu le : SEPTEMBRE 2001 devant le jury composé de :

Mme RAHMANIA Fatma	: Président	Maître de conférences (U.S.T.H.B)
Mme NEDJRAOUI Dalila	: Directeur de thèse	Professeur (U.S.T.H.B)
Mr BENABADJI Noury	: Examineur	Professeur (Univ. Tlemcen)
Mme KADI-HANIFI Halima	: Examinatrice	Maître de conférences (U.S.T.H.B)
Mr BOUGHANI Abdelmadjid	: Examineur	Chargé de cours (U.S.T.H.B)

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I LE CADRE D'ETUDE	4
1. LA SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	4
2. CHOIX DE L'EMPLACEMENT DES SITES DE PRELEVEMENT.....	4
3. LA GEOLOGIE ET LITHOLOGIE.....	4
3. 1 Le Tertiaire.....	6
3. 1. 1 Le Miocène continental.....	6
3. 1. 2 Le Pliocène continental.....	6
3. 2 Le Quaternaire.....	6
3. 2. 1 Le Quaternaire continental.....	6
3. 2. 2 Le Quaternaire récent.....	6
4. LA GEOMORPHOLOGIE.....	7
4. 1 Les glacis d'érosion.....	7
4. 2 Les glacis de dénudation.....	7
4. 3 Les bordures du chott.....	7
4. 4 Les dépressions.....	7
4. 4. 1 Les dayas.....	8
4. 4. 2 Les mekmens.....	8
4. 4. 3 Les sebkhas.....	8
5. LA PEDOLOGIE.....	8
5. 1 Les sols d'apport.....	8
5. 1. 1 Les sols d'origine alluviale.....	9
5. 1. 2 Les sols d'origine éolienne.....	9
5. 2 Les sols calcimagnésiques.....	9
5. 2. 1 Les sols calcimorphes.....	9
5. 2. 2 Les sols à croûte et / ou encroûtement calcaire.....	9
5. 3 Les sols halomorphes.....	9
5. 3. 1 Les sols salés en surface (nappe proche de la surface < 2 m).....	10
5. 3. 1. 1 Les sols hydromorphes.....	10
5. 3. 1. 2 Les hypersolontchaks.....	10
5. 3. 1. 3 Les sols hydrohalophiles.....	10

5. 3. 2 Les sols salés en profondeur.....	10
5. 3. 2. 1 Les sols halomorphes (<i>sensu stricto</i>).....	10
5. 3. 2. 2 Les cryptosolontchaks.....	11
6. Edaphisme des sites de prélèvement.....	11
7. LE CADRE CLIMATIQUE ET BIOCLIMATIQUE.....	14
7. 1 Les stations.....	14
7. 2 Les données météorologiques.....	15
7. 3 Les paramètres climatiques.....	15
7. 3. 1 Les précipitations.....	15
7. 3. 1. 1 Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles.....	15
7. 3. 1. 2 Le coefficient de variabilité.....	19
7. 3. 1. 3 Les régimes saisonniers.....	19
7. 3. 2 Les températures.....	20
7. 3. 2. 1 Moyenne des températures minimales du mois le plus froid “ m ”.....	20
7. 3. 2. 2 Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud “ M ”.....	20
7. 3. 2. 3 Amplitude thermique ($t_{\max} - t_{\min}$).....	21
7. 3. 2. 4 Les températures moyennes mensuelles et annuelles.....	21
7. 3. 3 Autres paramètres climatiques.....	21
7. 3. 3. 1 La neige.....	21
7. 3. 3. 2 La gelée.....	22
7. 3. 3. 3 Le sirocco.....	22
7. 3. 3. 4 L'évaporation.....	22
7. 4 La synthèse climatique.....	22
7. 4. 1 Les indices climatiques.....	23
7. 4. 1. 1 Le quotient pluviothermique d'EMBERGER (1955).....	23
7. 4. 1. 2 L'indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953).....	23
7. 4. 1. 3 La continentalité thermique.....	25
7. 4. 1. 4 La continentalité pluviale.....	26
7. 4. 2 Représentation schématique du climat.....	27
7. 4. 2. 1 Le climagramme d'Emberger	27
7. 4. 2. 2 Diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN.....	28
7. 4. 2. 3 Diagramme de la continentalité.....	29
8. LA VEGETATION.....	30
8. 1 La position systématique.....	30

8. 2 Les caractères morphologiques.....	31
8. 3 La structure anatomique.....	31
8. 3. 1 Structure de la feuille.....	31
8. 3. 2 Structure de la tige.....	32
8. 3. 3 Structure de la racine.....	32
8. 4 L'aire de répartition.....	32
8. 5 Les exigences édaphiques.....	32
CHAPITRE II ETUDE DE LA SALINITE DES SOLS.....	36
1. RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA SALINITE.....	36
1. 1 Définition de la salinité.....	36
1. 2 L'échelle de la salinité.....	38
1. 3 Typologie des sols salins.....	38
1. 4 Typologie des formes de profils salins.....	38
2. LES METHODES D'ETUDES DE LA SALINITE.....	41
2. 1 Les méthodes d'échantillonnage.....	42
2. 2 Les méthodes d'analyses chimiques.....	42
3. RESULTATS ET DISCUSSION.....	43
3. 1 Caractérisation des profils salins.....	43
3. 2 Variations saisonnières de la salinité.....	44
3. 3 Influence de la salinité sur le pH.....	47
3. 4 Relation entre la conductivité électrique et les sels solubles.....	48
4. ETUDE DES PROFILS IONIQUES.....	51
4. 1 Profils des anions.....	51
4. 2 Profils des cations.....	54
CHAPITRE III ETUDE DE LA FLORE.....	58
1. CADRE BIOGEOGRAPHIQUE ET COMPOSITION SYSTEMATIQUE.....	58
1. 1 Le cadre biogéographique.....	58
1. 2 La composition systématique.....	58
1. 3 Les éléments biogéographiques.....	60
2. LES FORMES BIOLOGIQUES.....	63
3. ETUDE COMPARATIVE DE LA FLORE DANS LES 3 SITES.....	67
3. 1 Le site 1.....	67
3. 2 Le site	67
3. 3 Le site 3.....	67

4. INFLUENCE DE SALINITE SUR LA DIVERSITE VEGETALE.....	68
4. 1 Les coefficients de similarité.....	68
4. 1. 1 Les coefficients de similitude par les espèces vivaces.....	73
5. Les indices de diversité.....	74
CHAPITRE IV ETUDE FONCTIONNELLE DE <i>SALSOLA VERMICULATA</i>	
PHYTOMASSE ET TENEUR EN ELEMENTS MINERAUX).....	78
1. LES METHODES D'ETUDES.....	78
1. 1 Méthodes de mesure et d'évaluation de la phytomasse.....	78
1. 1. 1 Principes et techniques.....	79
1. 1. 2 La surface minimale d'échantillonnage.....	79
1. 2 Les paramètres de structure de la végétation.....	82
1. 2. 1 Le recouvrement de la végétation.....	82
1. 2. 2 Les fréquences spécifiques.....	82
1. 2. 3 Les contributions spécifiques.....	83
1. 2. 4 La densité d'une espèce.....	83
1. 3 Les paramètres de dimension.....	83
1. 3. 1 La hauteur et le diamètre des individus.....	83
1. 4 Teneurs en éléments biogènes de <i>Salsola vermiculata</i> en relation avec la salinité	83
1. 4. 1 Rôles des différents éléments.....	84
1. 4. 2 Echantillonnage du matériel végétal en vue de l'étude de la composition chimique	85
1. 4. 3 Les méthodes d'analyse.....	86
2. RESULTATS ET DISCUSSION.....	86
2. 1 Etude de la phytomasse.....	86
2. 1. 1 Cycle phénologique de <i>Salsola vermiculata</i>	88
2. 1. 2 Variations saisonnières de la phytomasse aérienne.....	88
2. 1. 3 Relation entre la phytomasse aérienne et lrecouvrement.....	89
2. 1. 4 Relation entre la phytomasse et la densité de l'espèce.....	90
2. 1. 5 Relations entre le poids total, le diamètre, la hauteur et le biovolume des touffes...	91
2. 1. 6 Relation entre la phytomasse et la pluviosité saisonnière.....	95
2. 2 Les éléments biogènes.....	96
2. 2. 1 Répartition des éléments biogènes dans les différents organes de <i>Salsola vermiculata</i>	96
2. 2. 2 Influence des caractères stationnels sur les teneurs en éléments biogènes de <i>Salsola vermiculata</i>	98
CONCLUSION GENERALE.....	101

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (citées dans le texte).....	104
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (consultées).....	115

LISTE DES FIGURES

- Figure 1.** Localisation géographique des sites de prélèvement.
- Figure 2.** Régime pluviométrique mensuel.
- Figure 3.** Evolution de la pluviosité de la station de Méchéria.
- Figure 4.** Position bioclimatique des stations de référence sur le climagramme d'EMBERGER.
- Figure 5.** Diagramme ombrothermique de la station de Méchéria.
- Figure 6.** Diagramme ombrothermique de la station de Khreider.
- Figure 7.** Diagramme de l'expression synthétique de la continentalité.
- Figure 8.** Morphologie externe de *Salsola vermiculata* (échelle 1/2)
- Figure 9.** Graphique montrant la correspondance entre la salinité exprimée en g/l et la conductivité en mmhos/ cm. D'après SERVANT, 1975).
- Figure 10.** Profils salin de type D dans 2 sites de prélèvement (mesures d'été).
- Figure 11.** Profils ionique de type D dans 2 sites de prélèvement (mesures d'été).
- Figure 12.** Variations saisonnières des profils salins du site 1.
- Figure 13.** Variations saisonnières des profils salins du site 2.
- Figure 14.** Variations saisonnières des profils salins du site 3.
- Figure 15.** Relation entre la conductivité électrique et la somme des anions dans les différents sites de prélèvement (mesure d'été).
- Figure 16.** Relation entre la conductivité électrique et la somme des anions dans les différents sites de prélèvement (mesure d'automne).
- Figure 17.** Relation entre la conductivité électrique et la somme des cations dans les différents sites de prélèvement (mesure d'été).
- Figure 18.** Relation entre la conductivité électrique et la somme des cations dans les différents sites de prélèvement (mesure d'automne).
- Figure 19.** Spectre biogéographique global.
- Figure 20.** Spectres biologiques des sites de prélèvement.
- Figure 21.** Répartition des espèces halophiles par rapport au total des espèces et des vivaces.
- Figure 22.** Relation entre la variabilité de la phytomasse (exprimée par l'erreur standard) et la surface échantillonnée du site 2.
- Figure 23.** Relation entre la variabilité de la phytomasse (exprimée par l'erreur standard) et la surface échantillonnée du site 3.
- Figure 24.** Variations saisonnières de la phytomasse totale dans les sites de prélèvement.

Figure 25. Relations entre le poids total et le diamètre, la hauteur, le biovolume, les fréquences spécifiques et les contributions spécifiques des touffes dans les sites de prélèvement.

Figure 26. Variations saisonnières de la phytomasse en fonction de la pluviosité saisonnière.

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1. Localisation géographique des sites de prélèvement.

Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques des trois sites de prélèvement.

- a) Caractéristique physique et humidité du sol.
- b) Matière organique.
- c) Matières minérales.

Tableau 3. Coordonnées géographiques des stations météorologiques de références.

Tableau 4. Pluviosité moyenne mensuelle et annuelle.

Tableau 5. Régimes saisonniers exprimé en mm.

Tableau 6. Régimes saisonniers exprimé en %.

Tableau 7. Température moyenne annuelle et mensuelle.

- a) Station de Méchéria.
- b) Station du Khreider.

Tableau 8. Nombre moyen annuel de jours d'enneigement des stations de référence.

Tableau 9. Valeurs du quotient pluviothermique.

Tableau 10. Indices xérothermiques annuels et type du climat.

Tableau 11. Valeurs des indices de continentalité thermiques des stations de référence.

Tableau 12. Valeurs des continentalités pluviales des stations de référence.

Tableau 13. Echelle de salinité pour l'extrait aqueux au 1/5.

Tableau 14. Profils salins de type D pour 2 sites de prélèvement (mesures d'été).

Tableau 15. Variations des profils salins à différentes époques de l'année dans les différents sites de prélèvement.

Tableau 16. Valeurs du pH en fonction de la conductivité et des saisons dans le site 1.

Tableau 17. Valeurs du pH en fonction de la conductivité et des saisons dans le site 2.

Tableau 18. Valeurs du pH en fonction de la conductivité et des saisons dans le site 3.

Tableau 19. Relations entre la conductivité électrique et la somme des anions dosés dans les différents sites de prélèvement.

Tableau 20. Relations entre la conductivité électrique et la somme des cations dosés dans les sites de prélèvement.

Tableau 21. Variations du rapport Cl / SO_4 et du taux de chlorure du site 1.

Tableau 22. Variations du rapport Cl / SO_4 et du taux de chlorure dans le site 2.

Tableau 23. Variations du rapport Cl / SO_4 et du taux de chlorure dans le site 3.

- Tableau 24.** Profils cationiques en valeurs absolues (me/l) et conductivité électrique (mmhos/cm) du site 1.
- Tableau 25.** Profils cationiques en valeurs absolues (me/l) et conductivité électrique (mmhos/cm) du site 2.
- Tableau 26.** Profils cationiques en valeurs absolues (me/l) et conductivité électrique (mmhos/cm) du site 3.
- Tableau 27.** Liste des familles avec le nombre de genres et les espèces.
- Tableau 28.** Liste des espèces avec leur appartenance aux familles et aux types biogéographiques.
- Tableau 29.** Liste des espèces recensées dans les sites 1 et 2.
- Tableau 30.** Liste des espèces recensées dans le site 3.
- Tableau 31.** Comparaison des listes floristiques des sites 1 et 2.
- Tableau 32.** Comparaison des listes floristiques des sites 2 et 3.
- Tableau 33.** Comparaison des listes floristiques des sites 1 et 3.
- Tableau 34.** Les indices de similarité.
- Tableau 35.** Répartition des différentes catégories d'espèces vivaces par site.
- Tableau 36.** Les indices de similarité par les espèces vivaces.
- Tableau 37.** Diversité floristique de chaque site calculée par l'indice de Shannon.
- Tableau 38.** Comparaison avec les données de AIDOUD (1989) et de BOUGHANI (1995).
- Tableau 39.** Variations de la phytomasse du site 2 en fonction de la surface échantillonnée.
- Tableau 40.** Variations de la phytomasse du site 3 en fonction de la surface échantillonnée.
- Tableau 41.** Phytomasse aérienne moyenne.
- Tableau 42.** Rapports des phytomasses des différentes parties de *Salsola vermiculata* à la phytomasse totale.
- Tableau 43.** Evolution saisonnière de la phytomasse totale de *Salsola vermiculata*
- Tableau 44.** Relations entre la phytomasse aérienne et les paramètres quantitatifs.
- Tableau 45.** Relation entre la phytomasse et la densité de l'espèce.
- Tableau 46.** Relations entre le poids total, le diamètre, la hauteur et le biovolume des touffes.
- Tableau 47.** Phytomasse et pluviosité saisonnière.
- Tableau 48.** Teneurs moyennes en éléments biogène (en g /100g) dans les différents organes de *Salsola vermiculata* du site 1.
- a) Site 1.
 - b) Site 2.

c) Site 3.

Tableau 49. Tableau Teneur en élément minéraux du site 1 en g (%).

Tableau 50. Tableau Teneur en élément minéraux du site 2 en g (%).

Tableau 51. Tableau Teneur en élément minéraux du site 3 en g (%).

Tableau 52. Rapport d'accumulation d'éléments minéraux dans *Salsola vermiculata*.

INTRODUCTION

En Algérie, la zone aride représente près de 95 % du territoire national dont 80 % dans le domaine hyperaride (HALITIM, 1988). A l'aube du 20^{ème} siècle, ces régions ont connu un déséquilibre dû aux aléas climatiques et à des pressions anthropiques de plus en plus accentuées.

Dans le cadre de la connaissance de ces régions, plusieurs études phytoécologiques et phytosociologiques ont été réalisées. Parmi les plus importantes, on peut citer celles de DJEBAILI (1970 et 1978) ; CELLES (1975) ; LE HOUEROU (1975) ; C.R.B.T* (1978) ; ACHOUR (1983) ; ABDELKRIM (1984) ; AIDOUD (1984) ; BOUZENOUNE (1984) ; MELZI (1986) et KADI HANIFI (1998). Ces études traitent des relations entre la végétation et les caractères du milieu naturel.

Les études pédologiques, en particulier celles portant sur la salinité, restent très localisées et les sols des zones arides sont peu connus KILLIAN (1953 , 1973) ; HALITIM (1973, 1988) ; POUGET (1973, 1980). De part leurs caractères pédo-climatiques, ces sols favorisent les processus de salinisation entraînant la diminution de leur potentiel productif (BOUABDALLAH 1988 , 1992).

L'étude des sols halomorphes a fait l'objet, dans les zones arides, d'ouvrages et d'articles scientifiques parmi lesquels nous pouvons citer les travaux de (KELLEY, 1927) ; (GAUCHER, 1947) ; (DURANT, 1954) et (SHAINBERG, 1975).

La salinité est favorisée par les irrégularités du climat méditerranéen et les influences de l'aridité saharienne (BOULAIN 1957) et par la remontée de la nappe aquifère sous l'influence de pratiques agricoles (SERVANT 1970 , 1975). En effet, l'homme a développé des activités agricoles dans les plaines, terrasses alluviales, dépressions endoréiques et oasis. Les eaux d'irrigation souvent de qualité médiocre, le drainage déficient, et les irrigations non contrôlées sont autant de facteurs contribuant à l'installation de la salinité des sols (CHEVERRY et ROBERT 1993).

La salinité agit en modifiant le potentiel osmotique de la phase liquide du sol, ce qui perturbe le fonctionnement du système sol-plante (DUCHAUFOR 1977 ; HAMZA, 1980 ;

*C.R.B.T : Centre de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres.

DEBOODT, 1993 ; CHEVERY, 1995). Dès que la salinité atteint un certain seuil, elle provoque la dégradation des propriétés physiques du sol (notamment la structure), des propriétés chimiques et biochimiques (toxicité en certains éléments tels que le chlore et le sodium), ainsi que le ralentissement de l'activité biologique des sols (DE BOODT, 1993 ; CHEVERY et ROBERT, 1993). CHERBUY (1991) souligne que la texture du sol joue un rôle très important dans la migration des sels due à la remontée capillaire. Les sols limoneux-sableux sont beaucoup plus vulnérables car la vitesse de remontée est plus importante.

Les effets de la salinité sur la croissance, le développement et la physiologie des plantes sont décrits par de nombreux auteurs.

STOGONOV (1964), POLJAKOFF et *al* (1975) et BRUN (1980) montrent que la salinité entraîne des modifications morphologiques telles la réduction du système racinaire (HAYWARD et LONG, 1943) et fonctionnelles comme l'inhibition de la croissance (SERVANT, 1975) et la diminution de la quantité de la matière sèche et de la surface foliaire (DIALLO et *al* 1983).

La salinité peut aussi modifier les caractères anatomiques des végétaux. STROGONOV (1964) montre que l'augmentation de la taille des cellules parenchymateuses est un caractère adaptatif des végétaux à la salinité.

Du point de vue physiologique, HAMZA (1978) indique que dans un milieu riche en sels, l'absorption de l'eau par les racines est réduite. GREENWAY (1965) parle de l'exclusion des ions Cl^- et Na^+ .

Le travail que nous présentons, s'inscrit dans un objectif de connaissance des relations sol-végétation, à travers l'étude de l'influence de la salinité sur une population de *Salsola vermiculata* dans le sud oranais . Il présente un double objectif:

- dans un premier temps, il se veut être une contribution à la connaissance des sols halomorphes en zone aride,
- dans une deuxième phase, à travers une étude le long d'un gradient de salinité croissante, on tentera de montrer l'influence de la salinité du sol sur le comportement écologique de *Salsola vermiculata* .

Le mémoire est structuré en quatre chapitres:

- Le premier chapitre traite de la présentation générale de la zone d'étude et des caractéristiques du milieu.
- Le deuxième chapitre se rapporte à la variabilité spatio temporelle de la salinité dans les différents sites de prélèvement. Dans ce chapitre, une étude détaillée de la salinité à travers le dosage des différents cations et anions sera également exposée.
- Le troisième chapitre concerne l'étude de la flore dans les différents sites de prélèvement à travers la composition taxonomique afin de mettre en évidence l'existence des relations sol- végétation.
- Le quatrième chapitre fait l'objet de l'étude fonctionnelle de *Salsola vermiculata* par la détermination de sa biomasse, et de sa teneur minérale.

CHAPITRE I : LE CADRE D'ETUDE

1. LA SITUATION GEOGRAPHIQUE

La zone d'étude est localisée dans les hauts plateaux du sud oranais entre les agglomérations de Méchéria et du Khreider (Fig. 1). Les sites de prélèvement (tab. 1) se situent au niveau d'un grand ensemble formé de glacis englobant le Chott Chergui.

Tableau 1. Localisation géographique des sites de prélèvement.

Sites de prélèvement	Latitude (Nord)	Longitude	Altitude (m)
Site 1	33° 48' 14''	0° 19' 01'' W	1100
Site 2	33° 56' 31''	0° 10' 23'' W	1100
Site 3	34° 23' 45''	0° 55' 37'' E	990

2. LE CHOIX DE L'EMPLACEMENT DES SITES DE PRELEVEMENT

L'étude des formations à *Salsola vermiculata* a été réalisée dans des sites localisés le long d'un gradient longitudinal de salinité croissante (fig . 1).

Le choix des sites a été fait sur la base de l'abondance, de l'homogénéité et de la morphologie de *Salsola vermiculata* en relation avec les conditions édaphiques (le sel et le sable).

Un site de prélèvement correspond à un secteur bien délimité de quelques dizaines de mètres carrés.

3. LA GEOLOGIE ET LA LITHOLOGIE

La lithologie joue un rôle important dans la pédogenèse. Cette dernière n'est pas très active en raison d'une faible pluviosité et d'un couvert végétal peu dense. Elle est fortement influencée par la nature lithologique des éléments sous jacents.

Les Hautes Plaines et l'Atlas Saharien sont édifiés sur le socle continental. Schématiquement, les surfaces plus ou moins planes appartiennent aux dépôts sédimentaires de la fin du Tertiaire (Miopliocène) ou du Quaternaire près des dépressions, alors que les

reliefs représentent le plissement des surfaces appartenant au Secondaire (Crétacé, Jurassique) (CORNET et *al*, 1951 - 1952).

3. 1 Le Tertiaire

Les formations du tertiaire sont les plus répandues dans la zone steppique. Elles se caractérisent surtout par les faciès du Miocène et du Pliocène.

3. 1. 1 Le Miocène continental

Il se localise principalement à l'ouest de la zone d'étude dans la dépression qui entoure le Chott Chergui entre Gaâret Bou Gern et Gaâret El Merabta. Il est caractérisé par des dépôts continentaux formés de conglomérats, grès et limons rougeâtres ou bigarrés.

3. 1. 2 Le Pliocène continental

Il occupe l'essentiel des glacis et surfaces tabulaires. A l'est de la zone d'étude, il longe la partie supérieure du Chott Chergui au niveau des glacis de Chereb el Ateuch , El Smeida, Zebaret El Kahla et Meragueb Ben Mektoul. Il est représenté par des alluvions caillouteuses sur calcaires lacustres.

3. 2 Le Quaternaire

3. 2. 1 Le Quaternaire continental

Il se répartit généralement autour ou dans les dépressions et est constitué d'alluvions. Nous le rencontrons dans notre zone surtout à proximité des chotts.

3. 2. 2 Le Quaternaire récent

Il est très localisé. Il est formé par les alluvions les plus récentes ainsi que par les dunes.

4. LA GEOMORPHOLOGIE

La géomorphologie est considérée comme une expression synthétique de l'interaction entre les facteurs climatiques et géologiques. La description présentée est basée sur les travaux du C.R.B.T (1978). Notre zone d'étude est constituée essentiellement par des glacis. Elle est limitée au Nord par les monts de Saida et au sud par l'Atlas Saharien. Les glacis, à pente variant de 1 à 5 %, sont parcourus par un réseau hydrographique tantôt hiérarchisé, tantôt anastomosé. Ils sont parfois coupés par des micro dépressions avec ou sans rupture de pente. Localement, les glacis sont incisés linéairement en bordure de "chott" ou macro dépressions salées.

4.1 Les glacis d'érosion

Ils se présentent sous forme de versants concaves à l'amont puis rectilignes sur une distance variable qui peut atteindre plusieurs kilomètres de long. La pente n'excède pas 5 %. Ils sont parcourus par un réseau hydrographique le plus souvent hiérarchisé. Nous trouvons ces types de glacis en zone de piémont aux alentours de Méchéria. Les glacis d'érosion sont parsemés de dépressions de type "daias".

4.2 Les glacis de dénudation

Ce sont des glacis irréguliers percés çà et là par des barres gréseuses alignées grossièrement Nord-Est, Sud-Ouest. Ils se localisent à Dra Mta Maroua. Le passage des versants à pente forte aux glacis se fait par une zone brève appelée glacis de raccordement.

4.3 Les bordures du chott

Elles sont représentées par des talus légèrement concaves, striés par un réseau parallèle d'oueds que surmonte une corniche le plus souvent calcaire. Elles sont localisées au Chott Chergui.

4.4 Les dépressions

Nous avons successivement :

4.4.1 Les dayas

Ce sont des dépressions fermées (hectométriques à kilométriques) aux bords faiblement inclinés, leur profondeur est faible, leur forme est grossièrement circulaire. Elles se développent souvent sur des affleurements calcaires (CONRAD, 1969).

4. 4. 2 Les mekmens

Ils constituent un passage des petites dépressions à bords abrupts à la sebkha. Ils sont souvent salés et localisés principalement à l'ouest du Chott Chergui.

4. 4. 3 Les sebkhas

Les sebkhas sont des lacs temporaires salés occupant le centre de certaines dépressions endoréiques (TRICART, 1954). Elles forment un niveau de base local où convergent les ruissellements des versants et glaciers périphériques qui alimentent la cuvette en sels et particules argileuses.

5. LA PEDOLOGIE

La zone d'étude se caractérise par une grande diversité pédologique. Cependant, du fait d'une répartition ponctuelle de notre échantillonnage, nous n'indiquerons que les sols limitrophes à notre zone d'intérêt, afin de les replacer dans le contexte local du point de vue pédologique. Nous nous sommes basés sur la classification française des sols (DUCHAUFOR, 1977) élaborée par la Commission de Pédologie de France et relativement peu modifiée par les pédologues ayant exercé en Afrique du Nord.

5. 1 Les sols d'apport

L'apport continu des matériaux meubles contribue à une lente pédogenèse. Suivant l'origine des dépôts, on distingue :

5. 1. 1 Les sols d'origine alluviale

Ils sont situés dans les lits d'oueds se caractérisant par une composition généralement hétérométrique.

5. 1. 2 Les sols d'origine éolienne

Ces sols ont des caractères morphologiques et physico-chimiques extrêmement variables qui reflètent le matériau original.

5. 2 Les sols calcimagnésiques

Ces sols s'étendent sur la plus grande partie de la zone étudiée et occupent généralement les glacis polygéniques. On y distingue :

5. 2. 1 Les sols calcimorphes

Les sols calcimorphes appelés "bruns calcaires" sont répandus sur les piémonts et les glacis polygéniques du quaternaire ancien, moyen et récent.

5. 2. 2 Les sols à croûte et / ou encroûtement calcaire

Ils sont présents sur les glacis polygéniques du quaternaire ancien.

5. 3 Les sols halomorphes

Ces sols, occupant des superficies restreintes, sont généralement représentés par des sols salés et alcalinisés. Leur texture est variable, de fine à moyenne, tandis que leur salinité est de type chlorurée sulfatée (DJEBAÏLI, 1978). Ils se localisent au niveau des terrasses et des bordures des lits d'oueds.

5. 3. 1 Les sols salés en surface (nappe proche de la surface < 2 m)

5. 3. 1. 1 Les sols hydromorphes

Ces sols sont localisés aux abords immédiats des chotts et se caractérisent par la présence d'une nappe située à moins d'un mètre de profondeur. La salure est supérieure à 4 mmhos/ cm et atteint fréquemment 16 à 32 mmhos/ cm. La texture est généralement grossière à très grossière. Ces sols sont régulièrement inondés, ce qui permet l'installation d'une végétation phréatophile.

5. 3. 1. 2 Les hypersolontchaks

Ces sols se caractérisent par des taux de salure très importants dépassant le plus souvent 32 mmhos/ cm en surface et le taux de gypse est relativement moyen (2 à 25 %). La nappe est peu profonde (< 1,20 m). La texture grossière à très grossière et la structure généralement non dégradée rattachent ces sols aux hypersolontchaks. Ces sols sont souvent très pauvres sur le plan floristique avec *Halocnemum strobilaceum* comme espèce vedette. Cette espèce est connue comme la phanérogame supportant les plus forts taux de salure à l'échelle de la planète et c'est souvent la seule à pouvoir "s'aventurer" à l'intérieur du chott.

5. 3. 1. 3 Les sols hydrohalophiles

Ces sols ont une écologie voisine des phréatophiles, mais se distinguent par une nappe légèrement plus profonde (jusqu'à deux mètres). La salure est très importante en surface et dépasse souvent les 32 mmhos/ cm, mais elle peut être plus faible (4 à 32 mmhos/ cm). Le sol est modérément gypseux (2 à 25 %). La texture est très grossière à grossière mais peut être quelquefois moyenne à fine.

5. 3. 2 Les sols salés en profondeur

5. 3. 2. 1 Les sols halomorphes (*sensu stricto*)

Ces sols favorisent l'apparition des espèces halophytes (*sensu stricto*). Celles ci peuvent supporter des sols salés en profondeur ou en surface. Elles semblent néanmoins préférer des sols à nappe profonde comprise généralement entre 2 et 6 m avec une conductivité qui dépasse

les 8 mmhos/ cm et atteint souvent les 32 mmhos/ cm. Le taux de gypse est compris entre 2 à 25 % et la texture est variable, grossière à fine. Ceci confère aux espèces adaptées à ce milieu une relative indifférence à la texture. Les sols sont généralement des solontchaks aux abords des chotts mais encore sur alluvions ou sur marnes.

5. 3. 2. 2 Les cryptosolontchaks

Ces sols sont caractérisés par une texture grossière et une faible salure (< 8 mmhos /cm) en surface qui augmente en profondeur. Ils sont colonisés par *Traganum nudatum* et *Atriplex halimus*. La nappe est souvent profonde (> 2 m). La salure faible à moyenne en surface, inférieure à 8 -10 mmhos/ cm et peut dépasser 32 mmhos/ cm en profondeur. Le taux en gypse est important.

6. EDAPHISME DES SITES DE PRELEVEMENT

Nous avons énuméré, ci dessus, les grands types de sols de notre zone d'étude. Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à l'édaphisme sur le plan stationnel de *Salsola vermiculata*. Nous avons réalisé une étude édaphique détaillée dans les différents sites afin de montrer si les changements observés le long du gradient de salinité sur la végétation et la composition floristique sont dus à des modifications du sol.

Le prélèvement du volume de sol est effectué dans la zone d'enracinement de *Salsola vermiculata*. Les caractéristiques physico-chimiques des sites de prélèvement sont déterminées par les méthodes d'analyse classiques (DUCHAUFOR, 1970) suivantes :

- La granulométrie permet la détermination de la texture d'un sol sur la base du triangle américain après dispersion à l'hexamétaphosphate de sodium et prélèvement à la pipette Robinson.
- Le calcaire total est déterminé après attaque acide par la mesure du CO_2 dégagé au calcimètre de Bernard.
- Le carbone est dosé par la méthode Anne.
- L'azote est dosé par la méthode de Kjeldahl.
- Les cations échangeables sont dosés, après déplacement par percolation avec une solution d'acétate d'ammonium, par photométrie de flamme pour K^+ et Na^+ et par absorption atomique pour Ca^{++} et Mg^{++} .

▪ La matière organique est calculée à partir du taux de carbone organique dosé par la méthode Anne.

$$\text{Matière organique} = \text{taux de carbone organique} \times 1.724.$$

Le rapport C/N est en général un bon indicateur de la richesse en azote de l'humus (DUCHAUFOR, 1970). Il est déduit du rapport des taux du carbone organique sur le taux de l'azote du sol calculé par l'appareil de Kjeldahl.

Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques des trois sites de prélèvement.

a) –Caractéristiques physiques et humidité du sol.

Sites de prélèvement	GRANULOMETRIE			pH H ₂ O	pF 4.2	pF 3	PF 2.5
	A (%)	L (%)	S (%)				
Site 1							
0 – 15 cm	3.75	9.25	87.71	8.34	2.50	3.00	4.30
> 15 cm	5.50	8.60	86.35	8.78	5.40	6.70	8.30
Site 2							
0 – 40cm	6.25	10.67	81.92	8.30	7.00	8.20	9.50
> 40 cm	5.25	4.90	88.60	8.60	7.20	9.50	11.9
Site 3							
0 – 40 cm	0.25	12.49	84.62	8.57	12.0	15.9	19.3
> 40 cm	10.5	26.59	63.76	8.76	18.8	22.7	26.5

Les résultats obtenus par l'analyse granulométrique (tab. 2a) montrent l'importance de la fraction sableuse et la très faible teneur en argile, ce qui confère au sol, une texture sableuse à sablo-limoneuse. Cependant, des différences apparaissent entre les 3 sites de prélèvement. En effet le site 1 ne montre pas de différence notable entre les deux horizons. Le site 2 semble légèrement sableux en profondeur (88.60 %), le taux de sable augmente alors que la fraction fine (limon et argile) diminue.

Le site 3 se singularise par l'absence presque totale d'argile en surface (0.25 %), alors qu'en profondeur la tendance s'inverse (10.50 %), les limons font leur apparition et montrent même le taux le plus élevé de l'ensemble des profils (26.59 %), les limons augmentent également au niveau du deuxième horizon et atteignent leur niveau le plus élevé.

Le pH ne varie pas le long du gradient, il traduit l'alcalinité des sols de nos sites, favorisant ainsi la dégradation de la fraction fraîche de la matière organique (DUCHAUFOR, 1970 ; DOMMERGUES et MANGENOT, 1970).

Nous avons mesuré les pF 4.2 ,3 et 2.5 . La différence de pF 3 au point de rétention et de pF 4.2 qui équivaut au point de flétrissement, traduit la réserve en eau utile du sol. Plus cette différence est grande, plus grande est la quantité d'eau dans le sol. Nous remarquons que l'humidité mesurée à différents pF augmente fortement du site 1 vers le site 3. La réserve en eau utile est plus grande au niveau du site 3 qui se trouve très proche de la nappe phréatique .

b) – Matière organique.

Sites de prélèvement	M.O (%)	C (%)	N (‰)	C/N
Site 1 0 - 15 cm	0.46	0.27	0.90	0.30
	> 15 cm	0.22	0.13	0.52
Site 2 0 – 40 cm	0.37	0.22	0.20	1.10
	> 40 cm	0.32	0.19	1.30
Site 3 0 – 40 cm	0.46	0.27	0.20	1.35
	> 40 cm	0.25	0.15	0.70

Les taux de matières organiques sont dans l'ensemble équivalents dans les trois sites de prélèvement, néanmoins nous remarquons que les valeurs sont importantes dans la couche 15 - 40 cm et c'est dans cette couche que *Salsola vermiculata* condense son système racinaire.

Les sites de prélèvement montrent des teneurs en carbone voisines et faibles. Les horizons de surface des trois sites montrent des teneurs légèrement plus élevées que celles des horizons plus profonds. Les taux d'azote sont plus important dans les sites 1 et 2. Le rapport C/N, le plus élevé est enregistré dans le site 3 et le moins élevé dans le site 2.

c) – Matières minérales en me/ 100g.

Sites de prélèvement	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	CEC	CaCO ₃ (%)
Site 1 0 – 15 cm	06	1.04	0.41	0.35	05	2.93

> 15 cm	10	1.14	0.46	0.48	10	4.43
Site 2 0 – 40 cm	09	0.52	1.11	0.76	09	4.30
> 40 cm	08	1.60	2.35	4.02	08	4.37
Site 3 0 – 40 cm	14	1.25	1.29	6.20	10	5.62
> 40 cm	12	2.08	1.36	9.78	07	6.43

Un gradient croissant de sodium et de calcium est observé du site 1 vers le site 3 traduisant le gradient de salinité.

Le taux de calcaire total est plus important dans les horizons inférieurs. Ceci est dû à l'altération du substratum géologique qui est calcaire (KADI HANIFI, 1998).

La capacité d'échange cationique de nos sites de prélèvement est d'autant plus faible que le sol est plus pauvre en matière organique. Cette capacité d'échange est saturée par le calcium échangeable.

7. LE CADRE CLIMATIQUE ET BIOCLIMATIQUE

Le climat joue un rôle très important dans la répartition de la végétation. Dans le cadre de notre étude, nous avons pris en considération comme paramètres climatiques, la pluviosité et la température qui sont d'une part, les données les plus disponibles et d'autre part, les variables les plus influentes sur la végétation.

7.1 Les stations

Les stations météorologiques (tab. 3) ont été choisies de telle façon qu'elles encadrent le mieux possible les sites de prélèvement.

Tableau 3. Coordonnées géographiques des stations météorologiques de référence.

Stations	Latitude (Nord)	Longitude	Altitude (m)
Méchéria	33° 33'	00° 16' W	1170

Khreider	34° 08'	00° 05' E	1000
-----------------	---------	-----------	------

7.2 Les données météorologiques

Les données utilisées sont extraites essentiellement du réseau de l'O.N.M* de 1967 à 1997 pour la station de Méchéria et de 1979 à 1997 pour la station du Khreider.

7.3 Les paramètres climatiques

7.3.1 Les précipitations

Les pluies qui arrosent notre zone d'étude proviennent d'une part, des secteurs Ouest et Nord-Ouest, arrivant au Maghreb par le littoral Nord pendant la saison froide et d'autre part, des pluies orageuses liées aux perturbations atmosphériques engendrées par les dépressions en provenance des régions sahariennes au printemps et même en été (DUBIEF, 1959,1963).

La pluviosité du point de vue quantitatif, est exprimée en général par la pluviosité moyenne annuelle. Elle peut être utilisée comme un élément caractéristique du climat (LE HOUEROU, 1969 ; CELLES, 1975). La variation des paramètres climatiques, telles que l'évapotranspiration et la saison sèche, sont surtout fonction de la pluviosité moyenne annuelle. En effet, quand la pluviosité diminue l'évapotranspiration et la durée de la saison sèche augmentent (LE HOUEROU et HOSTE, 1977). Ceci a conduit les auteurs à considérer la pluviosité moyenne annuelle comme un facteur important du climat.

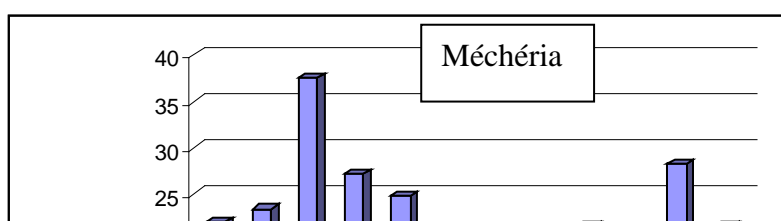
7.3.1.1 Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles

Dans le tableau 4 et sur la figure 2 sont représentées les moyennes mensuelles et annuelles des stations de références retenues pour notre approche climatique.

*O.N.M : Office National de la Météorologie.

La pluviosité moyenne annuelle varie de 250 mm à Méchéria à 179 mm au Khreider.

Le mois de juillet est le mois le plus sec (5 mm), tandis que le mois de mars est le plus arrosé (38 mm) pour la station de Méchéria. Le mois de novembre est le mois le plus arrosé (22 mm), le mois de juillet est le plus sec (4 mm) pour la station du Khreider.



La série climatique de 1967 à 1997 (station de Méchéria) montre que sur 31 années de mesures, 10 années sont humides et 20 sont sèches (fig. 3). D'autres auteurs (BOUGHANI, 1995 ; HIRCHE, 1995), qui ont travaillé dans des zones présahariennes (Sud Constantinois) trouvent pratiquement autant d'années sèches que d'années humides. Il semble donc qu'il y ait eu une aggravation des conditions de sécheresse. En outre, une série de 5 années sèches

successives est observée alors que les séries humides ne dépassent pas 2 ans. Cette série sèche se situe entre 1981 et 1985 et compte parmi les plus importantes du siècle.

L'année 1986 ayant été moyennement humide, nous pouvons dire, alors, qu'elle a été précédé par un intermède aride qui a duré près de 8 ans et qui n'a été interrompu que par une seule année humide (1980). Il est remarquer également qu'une deuxième série sèche de 4 ans se situe entre 1992 et 1995, ce qui atteste d'une nette tendance à l'assèchement depuis 1967. La plupart des années humides sont antérieures à 1981 (5 années). Le module pluviométrique des années humides, durant la première décennie est nettement plus élevé en moyenne (231.88 mm), que celui des deux autres (67.09 mm pour la deuxième décennie et 126.24 mm pour la troisième décennie). Ces données montrent que non seulement les années humides étaient plus nombreuses mais qu'elles étaient également plus arrosées. L'ensemble de ces observations fait ressortir une tendance à l'assèchement, ce qui a été confirmé par HIRCHE et BOUGHANI (2001) sur une série plus longue.

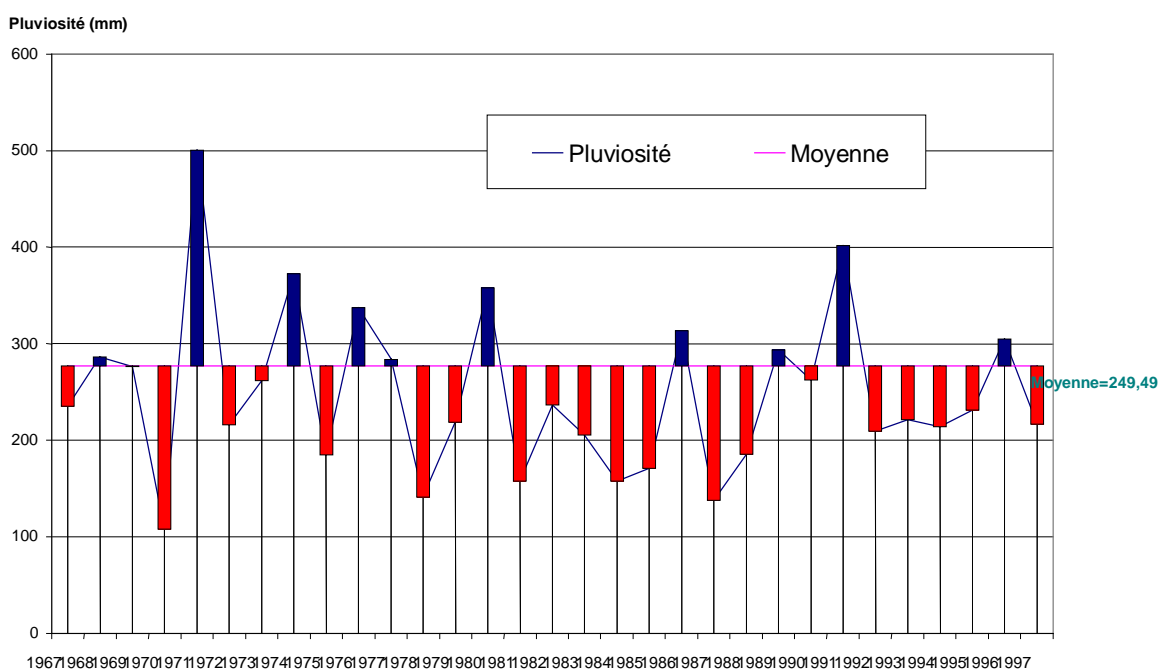


Fig. 3. Evolution de la pluviosité de la station de Méchéria (U.R.B.T, 2000).

7.3.1.2 Le coefficient de variabilité

La variabilité des pluies aussi bien inter-mensuelle qu'inter-annuelle est très importante avec un coefficient de variation respectivement de 43 % et 34 % pour la station de Méchéria, et de 38 % et 35 % pour la station du Khreider. Le coefficient de variabilité inter annuelle et de

l'ordre de 30 à 40 % en zone aride, le maximum égalant 4 à 6 fois le minimum (BALDY, 1965). Le maximum atteint 4.61 le minimum pour la station de Méchéria et de 3.92 le minimum pour la station du Khreider, ce qui recoupe les résultats trouvés. Des études plus récentes, LE HOUEROU (1992), montrent un coefficient de variabilité en Algérie de 49 % et de 51 % au Maroc. BOUGHANI, (1995) dans le sud Constantinois (zone présaharienne) trouve un coefficient de variabilité inter-mensuelle (72 %) et inter-annuelle (38 %). Ces résultats concordent en général avec les nôtres pour le coefficient de variation inter annuelle.

7. 3. 1. 3 Les régimes saisonniers

Le régime pluviométrique est également utilisé comme un élément caractéristique du climat. Pour le végétal, la répartition des pluies est plus importante que la quantité pluviométrique annuelle. L'eau qui lui est utile est celle qui est disponible durant son cycle de développement (ACHOUR, 1983). Le régime pluvial est couramment exprimé par le régime saisonnier. Le régime pluviométrique saisonnier est représenté dans les tableaux 5 et 6.

Tableau 5. Régimes saisonniers (exprimés en mm).

Stations	H	P	E	A	TYPE
Méchéria	66.74	89.40	24.56	69.19	P.A.H.E
Khreider	36.48	56.61	26.74	59.04	A.P.H.E

Tableau 6. Régimes saisonniers (exprimé en %).

Stations	H	P	E	A
Méchéria	26.70	35.77	9.82	27.68
Khreider	20.39	31.64	14.94	33.00

P : Printemps (mars + avril + mai). A : Automne (septembre + octobre + Novembre).

H : Hiver (décembre + janvier + février). E : Eté (juin + juillet + août).

Le régime pluviométrique saisonnier est de type P.A.H.E pour la station de Méchéria et de type A.P.H.E pour la station du Khreider. Ces deux stations représentent un minimum estival, ce qui est une des caractéristiques essentielles du climat méditerranéen (EMBERGER, 1930 et DAGET, 1977). Il ressort, de cette analyse, que la période d'occurrence des pluies est

assez favorable, puisque l'on distingue les pluies d'automne favorisant la germination et les pluies de printemps accélérant le développement de la végétation.

7.3.2 Les températures

Les températures, tout comme la pluviosité, sont des éléments importants pour la vie des végétaux. En effet, en écologie, la connaissance de la valeur des extrêmes est un indicateur pour les seuils létaux (DJELLOULI et DJEBAILLI, 1984). Les valeurs extrêmes des températures jouent un rôle sur la phénologie (AIDOUD, 1989 ; NEDJRAOUI, 1990).

7.3.2.1 Moyenne des températures minimales du mois le plus froid " m "

"m" exprime le degré et la durée de la période critique des gelées (EMBERGER, 1930). Selon SAUVAGE, (1961), elle détermine le repos végétatif hivernal caractérisé par une température inférieure à 3 °C. Dans la zone d'étude (tab. 7), janvier est le mois le plus rigoureux avec des températures minimales du mois le plus froid égales à 2.07 °C pour la station de Méchéria et 0.70 °C pour la station du Khreider.

7.3.2.2 Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud " M "

La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud " M " est une valeur aussi importante que " m ", car elle représente elle aussi, un facteur limitant pour certains végétaux.

Le mois de juillet est le mois le plus chaud, avec 35.09 °C pour la station de Méchéria et 35.7 °C pour la station du Khreider.

7.3.2.3 Amplitude thermique ($t_{\max} - t_{\min}$)

L'amplitude thermique est constante, relativement forte, elle est comprise entre 21.20 et 21.43 respectivement pour la station du Khreider de Méchéria.

7. 3. 2. 4 Les températures moyennes mensuelles et annuelles

Les températures moyennes annuelles sont de 16.4 °C à Méchéria et 16.02 °C au Khreider. Elles accusent un minimum en janvier estimé à 6.55 °C pour la station de Méchéria et 6.2 °C pour la station du Khreider. Quant aux maximums ils surviennent au mois de juillet avec 27.98 °C pour la station de Méchéria et 27.4 °C pour la station du Khreider (tab. 7). La période du repos végétatif coïncide avec des températures moyennes inférieurs à 6 °C (PEGUY, 1970).

Nous remarquons que les températures sont beaucoup plus tamponnées que les précipitations, nous notons, en effet, de très faibles variations d'une station à une autre.

7. 3. 3 Autres paramètres climatiques

7. 3. 3. 1 La neige

La neige peut, par fusion contribuer à un apport d'eau appréciable pour la végétation notamment au début du printemps. A la faveur d'une température pas trop basse, l'eau de neige imbibe progressivement le sol d'une façon continue et l'humecte profondément. Plus la durée d'enneigement du sol persiste, plus le potentiel hydrique du sol augmente. La durée d'enneigement moyen au sol (nombre de jours où le sol est couvert de neige) est la donnée la plus utile à connaître (tab. 8).

Tableau 8. Nombre moyen annuel de jours d'enneigement des stations de référence.

Stations	Nombre moyen annuel de jours d'enneigement	Altitude (m)
Méchéria (1989 –1997)	3.80	1170
Khreider (1991 – 1997)	3.62	1000

7. 3. 3. 2 La gelée

La gelée est un phénomène qui est défini comme un dépôt de cristaux de glace sur une surface. Elle survient quand la température minimale tombe au-dessous de 0°C (SELTZER, 1946). La fréquence des gelées, exprimée en nombre de jours par an, est estimée à 40.4 jours pour la station de Méchéria (1988 – 1997) et à 44.63 jours pour la station du Khreider (1989 –

1997), représentant 11% du nombre total de jours par an. Cela démontre l'impact que peuvent avoir les hivers rigoureux sur le développement de la végétation. Un hiver particulièrement froid peut considérablement retarder la reprise de la végétation lors du réchauffement printanier et se répercuter sur le développement de la biomasse.

7.3.3.3 Le sirocco

Le sirocco est un vent chaud et sec (d'origine méridionale) provoquant une augmentation de la température et une chute brutale de l'humidité atmosphérique.

D'après les données de l'O.N.M, pour la période de 1990 – 1997, le nombre de jours moyens annuels de sirocco est de 3.6 pour la station de Méchéria et de 7.5 pour la station du Khreider.

7.3.3.4 L'évaporation

L'évaporation est importante dans notre zone d'étude. Dans la station de Méchéria, elle peut atteindre jusqu'à 14 fois la pluviosité annuelle (en 1995, il a été enregistré 231.1 mm de précipitation et 3130 mm d'évaporation mesurée).

Pour la station du Khreider, l'évaporation est égale à 17 fois la valeur des précipitations (en 1994 de la pluviosité est estimée à 122.2 mm et la valeur de l'évaporation est de 2086 mm).

7.4 Les synthèses bioclimatiques

La synthèse climatique est basée sur la recherche de formules qui permettent de ramener à une variable unique l'action de plusieurs facteurs écologiques. Pour cela, plusieurs indices climatiques, tenant compte de variables telles que la pluviosité et les températures, ont été formulés pour une expression synthétique du climat régional. Nous retiendrons le quotient pluviothermique d'EMBERGER (1933, 1955) qui demeure l'indice le plus efficace dans la description du climat méditerranéen, l'indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) et la continentalité thermique et pluviale.

7.4.1 Les indices climatiques

7.4.1.1 Le quotient pluviothermique d'EMBERGER (1955)

EMBERGER (1955) a proposé un quotient pluviothermique nous renseignant sur le caractère xérique d'un biotope et qui prend en considération les températures et la pluviosité. Ce quotient est spécifique du climat méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord. Le quotient a été formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 p}{\frac{(M + m)}{2} (M - m)} \quad \text{ou} \quad \frac{2000 p}{M^2 - m^2}$$

où :

Q_2 est le quotient pluviothermique.

P est la pluviosité moyenne annuelle en millimètres.

M est la moyenne des maximums thermiques du mois le plus chaud en degrés Kelvin.

m est la moyenne des minimums thermiques du mois le plus froid en degrés Kelvin.

$M + m / 2$ est la température moyenne mensuelle.

$M - m$ est l'amplitude thermique extrême moyenne.

La demi somme des températures traduit les conditions moyennes de la vie végétale, alors que leur différence donne une valeur approchée de l'évaporation. Ce quotient est d'autant plus faible que la sécheresse annuelle est sévère.

La valeur $(M + m / 2)$ du fait de son expression en degrés Kelvin varie peu : STEWART(1969), l'assimile à une constante $K = 3.43$, d'où le quotient de STEWART.

$$Q_3 = 3.43 \cdot \frac{P}{M - m}$$

où :

M et m sont exprimé en degrés Celsius.

Les valeurs obtenues par la formule de STEWART sont très peu différentes des valeurs calculées par la formule originale. En effet, l'erreur maximale est inférieure à 0,2 %, ce qui paraît négligeable si l'on considère que les imprécisions de mesures des pluies et des températures entraînent une erreur relative du quotient de l'ordre de 10 % (SAUVAGE 1963).

A partir des valeurs des tableaux 4 et 7 nous avons calculé Q_2 et Q_3 selon les méthodes d'EMBERGER et de STEWART (tab. 9), les différences qui y apparaissent sont négligeables si l'on tient compte de la faible précision que présentent les données climatiques.

Tableau 9. Valeurs du quotient pluviothermique.

Stations	M	m	P	Q ₂	Q ₃
Méchéria	35.09	2.07	249.89	25.96	25.95
Khreider	35.70	0.70	178.87	17.55	17.73

Pour l'Algérie, la formule de STEWART (1969) donne des valeurs de Q₃ qui, pour 61 % des stations pour lesquelles les données climatiques sont disponibles, sont les mêmes que celles que fournit le Q₂ d'EMBERGER à 0.34 % près. Pour aucune station algérienne, l'écart entre les résultats donnés par les 2 formules n'est plus grand que 1,7 %. Ceci recoupe nos résultats.

7. 4. 1. 2 L'indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953)

BAGNOULS et GAUSSEN (1953) ont défini les mois secs et la période sèche à travers l'indice xérothermique qui est le nombre de jours que dure la période sèche. Ils font intervenir des termes correctifs qui tiennent compte des pluies accidentelles, de la nébulosité et de la rosée pouvant survenir pendant la période sèche (OZENDA 1977). On peut aussi citer les précipitations occultes. Un indice xérothermique mensuel "X_m" est établi pour chaque mois sec d'après la formule :

$$X_m = \left[m_i - \left(p_i + \frac{b_i + r_i}{2} \right) \right] \cdot K_i$$

où :

X_m : indice xérothermique mensuel.

m_i : durée du mois.

p_i : nombre de jours de pluie.

b_i + r_i : nombre de jours de brouillard + rosée .

K_i est un coefficient dépendant du taux d'humidité.

L'ensemble des indices mensuels donne l'indice xérothermique annuel (X) qui, combiné avec la durée de la saison sèche, leur permet d'élaborer une classification internationale des climats (BAGNOULS et GAUSSEN 1957).

L'indice xérothermique de Méchéria et du Khreider à été calculé par le (C.R.B.T, 1978) (tab.10).

$$X = \sum \left[m_i - p_i + \frac{b_i + r_i}{2} \right] \cdot K_i$$

Tableau 10. Indices xérothermiques annuels et types du climat.

Stations	Indices xérothermiques	Type du climat
Méchéria	156	Thermo méditerranéen atténué
Khreider	270	Subdésertique accentué

7. 4. 1. 3 La continentalité thermique

GORCZINSKI (1920) *in* DJELLOULI et *al* (1989) a proposé un coefficient pour mesurer la continentalité d'un lieu en connaissant simplement d'une part, l'amplitude annuelle de la température qui est la différence des moyennes maximales et celles minimales de l'année, et d'autre, part la latitude du lieu.

Un premier indice K a été proposé :

$$K = \frac{1.7 A}{\sin (\phi + 10)} - 14$$

où :

A : l'amplitude thermique moyenne annuelle en degrés Celsius.

ϕ : latitude en degrés d'arc.

CONRAD et *al* (1962) *in* DAGET (1968) soulignent que l'altitude et la latitude réduisent l'amplitude. De ce fait, des modifications à l'indice K ont été proposées et un deuxième indice K' à été établi :

$$K' = \frac{1.7 A}{\sin (\phi + 9h + 10)} - 14$$

où :

h : l'altitude en Km

A : l'amplitude thermique moyenne annuelle en °C.

ϕ : latitude en degré d'arc.

Ce coefficient qui varie de 0 à 100, peut s'exprimer en pourcentage et mesure le degré moyen de la continentalité thermique (tab. 11).

Tableau 11. Valeurs des indices de la continentalité thermiques des stations de référence.

Stations	ϕ (degrés d'arc)	h (Km)	A (°C)	K'
Méchéria	33° 33' / 33.55	1.17	21.43	31.53
Khreider	34° 08' / 34.13	1.00	21.2	31.62

7. 4. 1. 4 La continentalité pluviale

ANGOT (1928), propose de mesurer le rapport des précipitations des 6 mois les plus chauds sur les précipitation des 6 mois les plus froids, c'est le degré moyen de la continentalité (DAGET, 1968) (tab. 12).

$$C = \frac{\text{précipitations des 6 mois les mois les plus chauds}}{\text{précipitations des 6 mois les plus froids}}$$

Tableau 12. Valeurs des continentalités pluviales des stations de référence.

Stations	P (mm) des 6 mois les plus chauds	P (mm) des 6 mois les plus froids	C
Méchéria	90.22	159.67	0.56
Khreider	81.29	97.58	0.83

La combinaison des continentalités pluviales et thermiques permet de caractériser le climat de nos stations.

7. 4. 2 Représentation schématique du climat

7. 4. 2. 1 Le climagramme d'EMBERGER

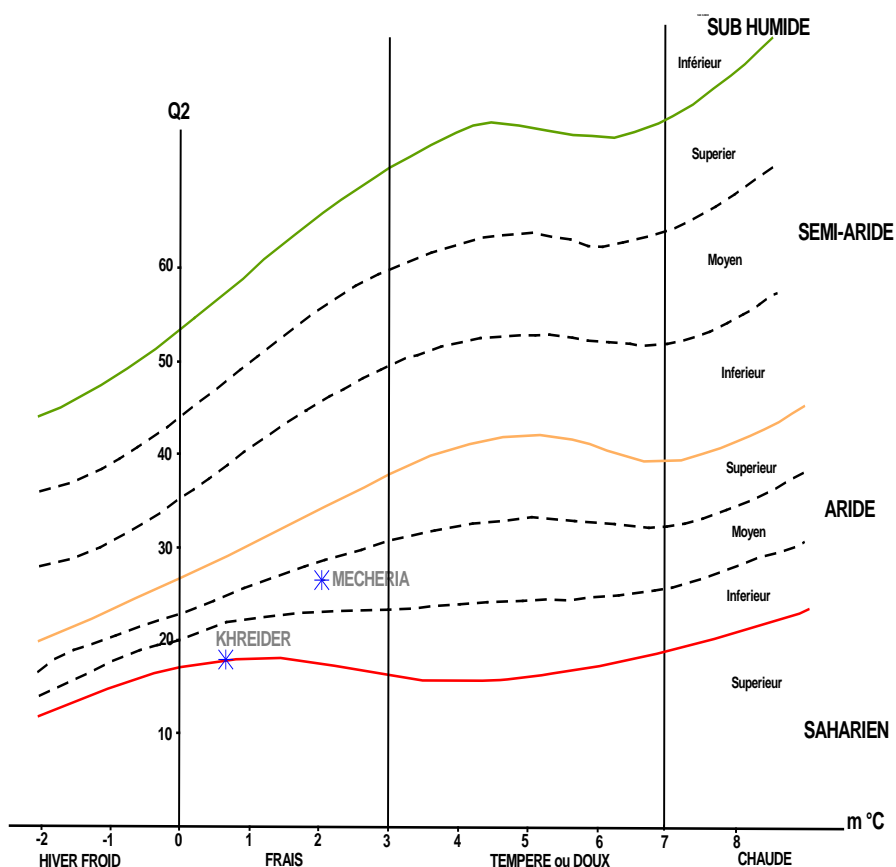
“ m ” conditionne fortement la végétation par la fréquence des gelées qu’il traduit (SAUVAGE et al, 1963 ; EMBERGER, 1971).

EMBERGER en conjuguant le quotient pluviothermique “ Q ” avec “ m ” à construit un climagramme avec “ Q₂ ” en ordonnée et “ m ” en abscisse (fig. 4). Ceci nous a permis de localiser nos stations météorologiques sur ce climagramme. La station de Méchéria se trouve dans l’étage bioclimatique aride moyen variante à hiver frais et celle du Khreider dans l’étage bioclimatique aride inférieur variante à hiver frais.

Le climagramme d'EMBERGER (1930 ; 1955) a été légèrement modifié par AKMAN et DAGET (1981) in DJELLOULI (1990) en se basant sur l’humidité du climat, exprimée en 10 niveaux d’humidité croissante, sur la rigueur hivernale et en introduisant le contraste saisonnier représenté par l’indice K’ de continentalité thermique modifié de GORCZINSKI (DAGET, 1968, 1977 in DAGET et al 1988). Ces trois critères permettent de classer les climats dans un système à trois dimensions :

Méchéria dans l’étage bioclimatique méditerranéen aride supérieur à hiver frais.

Khreider dans l’étage bioclimatique méditerranéen aride inférieur à hiver frais.



7. 4. 2. 2 Diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN

D'après BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois est sec lorsque les précipitations en millimètres sont inférieures ou égales au double de la température moyenne mensuelle en degrés Celsius ($P \leq 2T$).

où

P : précipitation en millimètre.

T : température en degré Celsius.

Le diagramme ombrothermique est basé sur cette relation. L'intersection des courbes thermiques et pluviométriques détermine la durée de la saison sèche (fig. 5 et 6).

Il ressort que les stations de références sont caractérisées par une saison sèche qui s'étend de mi-avril jusqu'à mi-novembre pour la station de Méchéria, et de mi-mars jusqu'à mi-novembre pour la station du Khreider, soit respectivement 7 et 8 mois.

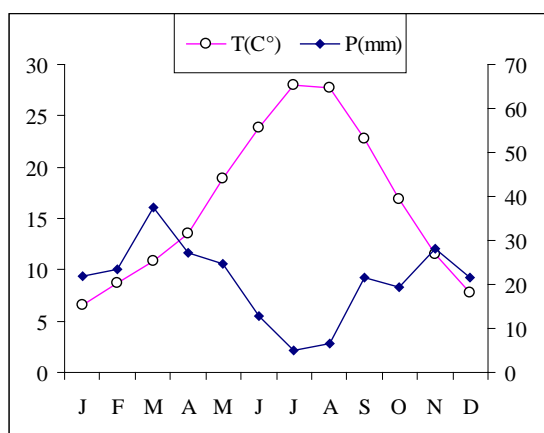


Fig. 5. Diagramme ombrothermique de la station de Méchéria.

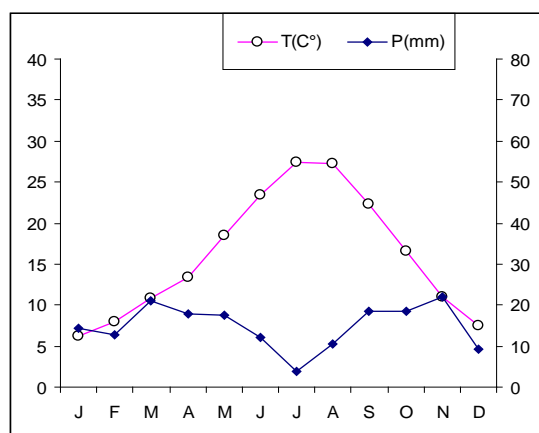
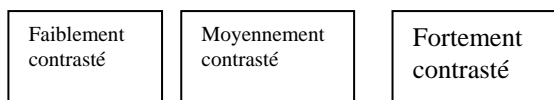


Fig. 6. Diagramme ombrothermique de la station du Khreider.

7. 4. 2. 3 Diagramme de la continentalité

Le diagramme de la figure 7 montre que les stations de référence appartiennent au climat méditerranéen semi-continental faiblement contrasté .

		Continentalité thermique K'		
		25	37	50
Climat	CLIMATS TROPICAUX		CLIMATS CONTINENTAUX	
			(s.l.)	(typique)



8. LA VEGETATION

La végétation de la région est essentiellement herbacée et graminéenne. Jusqu'aux dernières décennies, les formations à alfa (*Stipa tenacissima*) dominaient et la région du Sud Oranais qui était le type même des parcours à alfa, dénommée “ mer d'alfa ”.

Actuellement, sous l'effet des actions anthropiques, l'alfa cède du terrain au profit du sparte (*Lygeum spartum*) et des formations de dégradation à base d'*Atractylis serratuloides*, *Peganum harmala* et *Noaea mucronata*. Les formations halophiles qui occupaient des surfaces restreintes, sont actuellement en voie d'extension. *Salsola vermiculata* et *Traganum nudatum* colonisent généralement les terrains moyennement à faiblement salés, alors que *Arthrocnemum indicum*, *Halocnemum strobilaceum* et dans une moindre mesure *Salsola sieberi* occupent l'intérieur ou les abords immédiats des dépressions salées (sebkhas, chotts).

Nous nous sommes intéressé dans ce mémoire à l'une de ces espèces considérée comme halophile, en l'occurrence *Salsola vermiculata*. Le choix de cette espèce est motivé d'une part, par l'intérêt pastoral qu'elle présente et d'autre part, par ses caractéristiques écologiques particulières. En effet, *Salsola vermiculata* présente une large amplitude écologique

(BENABADJI et al 1998). C'est une des rares espèces, considérée par plusieurs auteurs comme halophyte, à pouvoir coloniser massivement les glacis du quaternaire moyen, alors que la plupart des autres espèces inféodées au sel, se localisent préférentiellement sur les glacis du quaternaire ancien.

Nous présenterons ci dessous ses caractéristiques morphologiques, anatomiques, son aire de répartition géographique et ses exigences édaphiques .

8.1 La position systématique

La nomenclature utilisée dans ce travail est celle proposée par QUEZEL et SANTA (1962). *Salsola vermiculata* est une Chénopodiacee appartenant à la classe des Dicotylédones, à l'embranchement des Spermaphytes, sous embranchement des Angiospermes.

Les noms vernaculaires qui ont été donnés à l'espèce sont Oucerif, Rhessel, Gueddami, Djel. Les synonymies anciennes les plus courantes sont *Salsola brevifolia* (Desf) et *Salsola spinescens* (Moq).

8.2 Les caractères morphologiques

Salsola vermiculata est une plante très polymorphe (OZENDA, 1977). C'est un arbuste, coriace, très lignifié et épineux (fig. 8). Les feuilles sont alternées, sessiles, étroites, parfois squamiformes, ordinairement pointues (fig. 8. B).

Les feuilles florales sont ordinairement plus au moins squamiformes ovales, plus courtes que la fleur (fig. 8. C). Le système racinaire est très développé, mesurant plus d'un mètre de longueur. Il est formé de plusieurs racines très lignifiées soudées entre elles.

Le périanthe est blanchâtre (prenant une coloration rougeâtre à la fructification) à 5 sépales presque libres (fig.8.K), 5 étamines à filets blanchâtres, aplatis graduellement dilatés à la base (fig.8.D).

Les fleurs sont toutes hermaphrodites, solitaires à l'aisselle des feuilles florales et formant des épis assez courts munis de 2 bractées. L'ovaire est ovoïde, atténué en une colonne styloïde surmontée de 2 stigmates. La graine est horizontale, lenticulaire à tégument membraneux et lisse.

8.3 La structure anatomique

La structure anatomique de *Salsola vermiculata* a été étudiée par BOUKLATA et KHOUCHANE (1997) du laboratoire de biologie végétale de l'I.S.N dans le cadre d'un mémoire de D.E.S. Nous reprenons les principales caractéristiques qui ont été données dans ce travail.

8. 3. 1 Structure de la feuille

- L'épiderme supérieur est monostratifié de taille réduite.
- Présence d'une assise de parenchyme palissadique courte.
- Présence d'une assise de cellules subpalissadiques.
- Le parenchyme aquifère est abondant, entourant la nervure médiane et contenant des cellules oxalifères plus ou moins nombreuses.
- Présence de deux faisceaux criblo-vasculaires ; un gros faisceau central et un petit faisceau vers la périphérie.
- Le faisceau criblo-vasculaire est coiffé par une gaine de collenchyme angulaire.

8. 3. 2 Structure de la tige

- Epiderme à stomates portant des poils plus au moins nombreux.
- Présence d'un parenchyme cortical à très larges cellules.
- Présence d'îlots de parenchyme chlorophyllien alternant avec le collenchyme.
- Le bois présente une structure dite foraminée.

8. 3. 3 Structure de la racine

- Présence de cambium surnuméraire.
- Absence de parenchyme cortical.
- Le bois est riche en vaisseaux de gros calibre.

8. 4 L'aire de répartition

Salsola vermiculata est une espèce saharo-sindienne et méditerranéenne à vaste répartition géographique (QUEZEL et SANTA, 1962 ; OZENDA, 1977). Selon LE

HOUEROU (1995) *Salsola vermiculata* est une espèce d'affinité saharienne qui s'ajoute au cortège steppique de l'ensemble de la zone aride.

Au Proche et Moyen Orient, l'espèce a été mentionnée en Egypte où elle s'étend sur la cote de la Mer Rouge jusqu'au Soudan, en Palestine, en Jordanie, en Syrie, en Irak, au nord de l'Arabie, en Iran et même en Afghanistan (Sankary, 1978). En Afrique du nord, elle est commune dans tous les pays du Maghreb et se développe sur les terrains peu salés des zones steppiques et présahariennes et jusque dans les montagnes du Sahara.

8. 5 Les exigences édaphique

Selon KILLIAN (1949), *Salsola vermiculata* est une espèce qui a une grande amplitude édaphique. Ceci s'explique en partie par sa très large répartition géographique et son aptitude à coloniser des milieux différents. Son optimum se situe sur des sols sablo-limoneux ou légèrement limoneux, à forte perméabilité et à hygroscopicité relativement faible. Ce type de sol à porosité moyenne de 47 % est pourvu d'une bonne aération et d'une teneur en éléments biogènes plutôt faible; il est caractérisé par un important lessivage des sels solubles totaux, chlorulés ou sulfatés. Le calcaire se trouve généralement en quantités assez faibles (12 - 20 %). Les taux de sodium échangeable oscillent entre 0.92 et 15 % de milliéquivalents.

En peuplements mixtes, *Salsola vermiculata* tolère des taux en argiles et en limons plus importants.

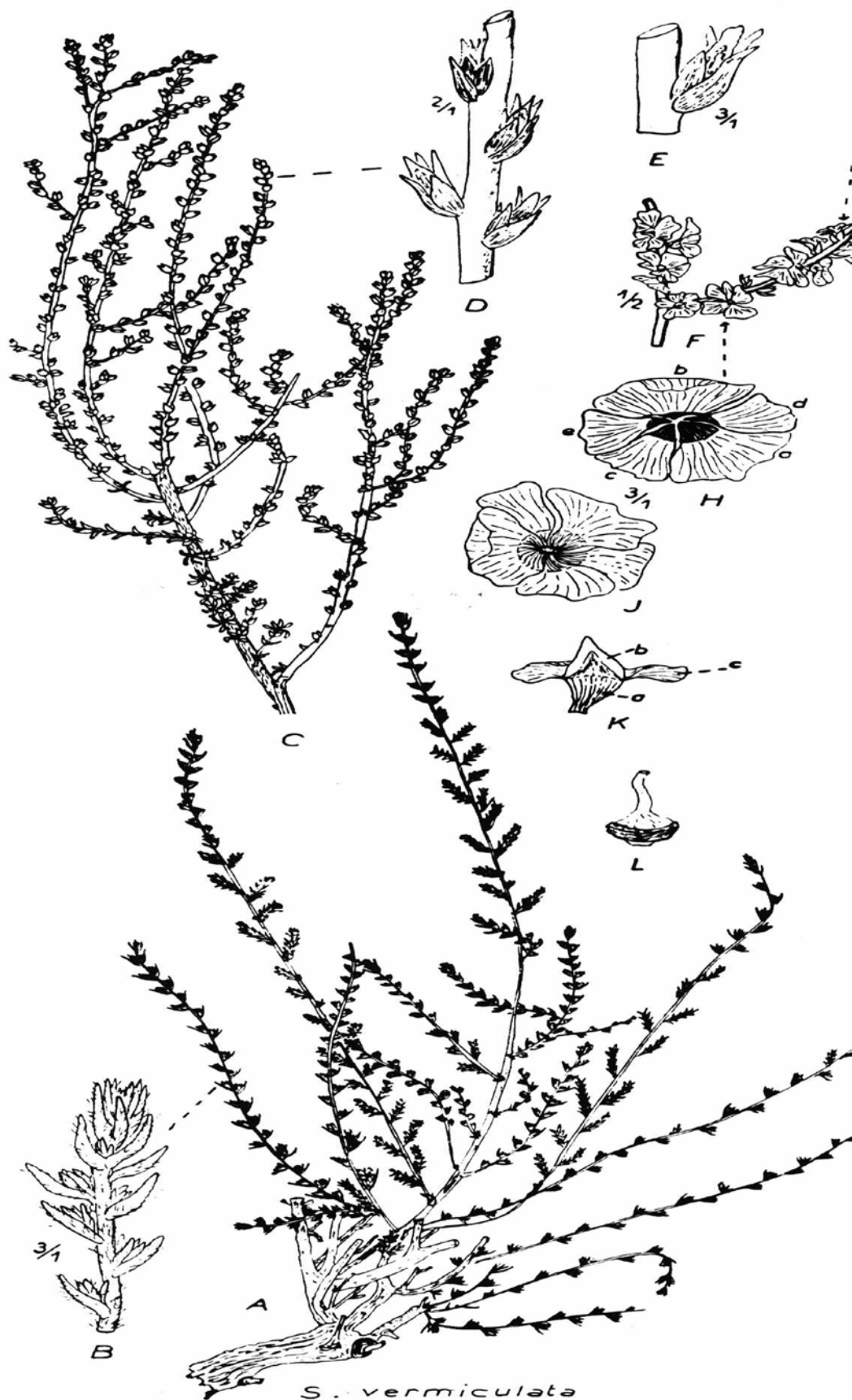


Fig. 8. Morphologie externe de *Salsola vermiculata*. D'après QUEZEL et SANTA (1962-1963).

- A.** Base d'un plant de *Salsola vermiculata* au printemps, portant de jeunes rameaux.
- B.** Détail de l'extrémité d'un rameau montrant les feuilles longues, étroites et velues.
- C.** Fragment d'un rameau fertile au moment de la floraison.
- D.** Partie agrandie du rameau fertile montrant quatre fleurs, dont chacune est entourée par une bractée et deux bractéoles.
- F.** Fragment d'un rameau fructifié à l'automne.
- H.** Fruit isolé, vu par sa face supérieure: au centre en noir, la partie terminale des sépales recourbée au-dessus du fruit; à la périphérie les ailes de ces sépales: deux d'entre eux, a et b, ont une aile large, le troisième, c, une aile moyenne et les deux autres, d et e, une aile étroite; cette inégalité des ailes du fruit est assez fréquente dans une partie des genres des Chénopodiacées.
- J.** Le même fruit vu par la face inférieure; au centre le point d'attache entouré de la partie inférieure des sépales.
- K.** Sépale isolé, vu par sa face interne (a, partie inférieure b, partie supérieure c, aile dorsale de la sépale).
- L.** Fruit montrant la graine discoïde horizontale surmontée des restes de la paroi ovarienne et du style.

CHAPITRE II ETUDE DE LA SALINITE DES SOLS

1. RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA SALINITE

1.1 Définition de la salinité

La salinité globale du sol peut être exprimée de différentes manières, soit:

- par la somme des ions de l'extrait aqueux.
- en grammes par litre de NaCl.
- en pour-cent de sel dans le sol.
- en terme de conductivité électrique* (C.E) déterminée sur l'extrait de pâte saturé à 25 °C (RICHARD et *al* 1954). L'unité d'expression est le millimho (mmhos/ cm) ou le millisiemens (ms).

Dans les sols salins, les sels solubles se trouvent soit à l'état cristallisé, soit sous forme dissoute. Dans le premier cas, il s'agit de cristaux ou efflorescences de sels qui se forment à la surface des sols halomorphes ou bien se développent en profondeur du profil et qui sont des sels peu solubles tels que le gypse. Dans le second cas, il s'agirait de cations ou d'anions présents dans la solution du sol, laquelle constitue la dissolution aqueuse renfermant divers éléments provenant des phénomènes de solubilisation directs ou indirects quand le sol se trouve imbibé par une certaine quantité d'eau. Cette solution du sol présente une composition cationique en équilibre avec les cations dits échangeables retenus par le complexe absorbant.

En se référant au graphique (fig.9) établissant la correspondance entre la conductivité électrique** et la teneur en NaCl en g/l (à titre d'exemple 10 g/l de NaCl correspondent à une conductivité électrique d'environ 17 millimhos/cm).

* La conductivité électrique d'une solution est la conductance de cette solution mesurée entre les électrodes de 1 cm² de surface, distance de 1 cm. La résistance étant exprimée en ohms, la conductance s'exprime en mhos et la conductivité en mhos/cm.

** La méthode utilisée est celle de la pâte saturée.

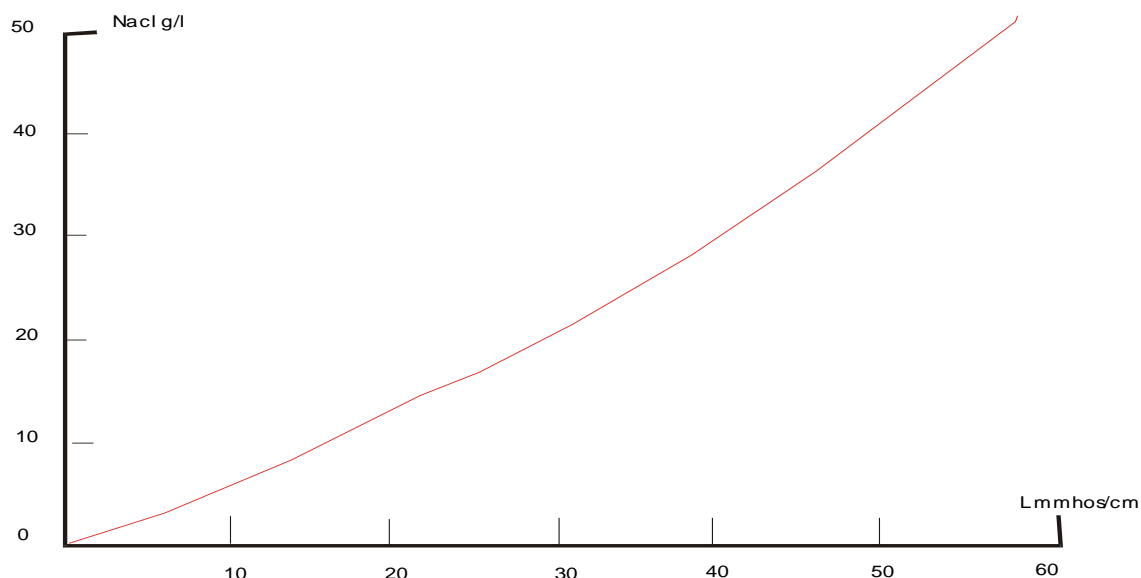


Fig.9. Graphique montrant la correspondance entre la salinité exprimée en g/l et la conductivité en mmhos/cm. D'après SERVANT (1975).

Deux approches méthodologiques peuvent être utilisées pour extraire les sels solubles :

- par saturation en eau du sol, appelée encore l'extrait de pâte saturée. C'est une méthode qui consiste à mélanger un échantillon de sol à une quantité d'eau qui est proportionnelle à sa capacité de rétention. Cette méthode se rapproche des solutions salines réellement existantes dans le sol. La confection de la pâte saturée est relativement simple mais nécessite au moins 300 g de terre fine afin d'obtenir au moins 50 cm³ de solution d'extraction. Cette méthode a été mise en place par les chercheurs de l'U.S. Salinity Laboratory de Riverside. Elle se rapproche le plus des conditions naturelles et reflète le mieux la composition ionique de la solution du sol, elle est la plus fréquemment utilisée.

- par un mélange à forte dilution (une partie de terre pour 2, 5 ou 10 parties d'eau pondérale), le rapport sol-eau restant constant quelle que soit la nature du sol. Dans cette seconde méthode, le souci n'est plus de se rapprocher des solutions existantes dans le sol en place, mais d'extraire le maximum de sels contenu dans l'échantillon.

C'est cette dernière méthode que nous avons adoptée dans notre travail.

1. 2 L'échelle de la salinité

L'U.S Salinity Laboratory de Riverside a mis en place une échelle, dite agronomique, exprimée en terme de conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée qui varie de 0 à 16 mmhos/cm (RICHARD et *al* 1954).

0 - 2 : pas de salinité.

2 - 4 : très faiblement salin.

4 - 8 : salinité modérée. De nombreuses cultures sont affectées, par contre les plantes résistantes se développent convenablement.

8 – 16 : sol salé, seules les plantes particulièrement résistantes réussissent à croître.

> 16 : très fortement salin, seuls les végétaux halophiles peuvent prospérer normalement.

Une deuxième échelle a été mise en place par ce même laboratoire américain. Il s'agit d'une échelle de salinité en terme de conductivité électrique de l'extrait au 1/5 (ab.13).

Tableau 13. Echelle de la salinité pour l'extrait aqueux au 1/5.

Classes	Catégories	Conductivité en mmhos / cm de l'extrait au 1/5
1	Faiblement salé	0.20 à 0.65
2	Moyennement salé	0.65 à 1.40
3	Salé	1.40 à 2.20
4	Fortement salé	2.20 à 3.75
5	Très fortement salé	3.75 à 6.00
6	Hyper salé	> 6

1. 3 Typologie des sols salins

Il n'existe pas de terminologie ou de système de classification bien définie pour les sols salins et ceci est dû à l'existence de plusieurs classifications relevant d'écoles différentes.

- L'école soviétique et des pays de l'Est privilégient l'étude de la morphologie des profils (IVANOVA et ROSANOV, 1939).

- L'école américaine se réfère principalement à l'étude des critères physico-chimiques et l'étude des profils est reléguée au second ordre (RICHARD et *al* 1954 ; KELLEY, 1957).

- L'école française préconise une classification des sols halomorphes mixte en ce sens qu'elle combine des critères morphologiques et physiques (type de développement du profil) et des critères chimiques (niveau de salinité).

DUCHAUFOR (1965) définit deux sous classes :

- L'une, se caractérise par la présence de sels solubles dont la teneur élevée provoque une importante modification de la végétation . La conductivité de l'extrait de pâte saturée est au moins supérieure à 4 mmhos/ cm à 25 °C.

- L'autre, se caractérise par la richesse du complexe absorbant, d'un des horizons, en ions, Na, K (peut être Mg) susceptibles de provoquer la dispersion de l'argile et l'apparition d'une structure massive, diffuse et d'une compacité élevée.

SERVANT (1975) a réalisé une synthèse sur les sols salins méditerranéens, qui combine à la fois les critères morphogénétiques et chimiques. Il a établi des critères de correspondance entre ces deux types de classifications. Du point de vue typologique, deux grandes catégories de sols salés sont distinguées il s'agit des :

❖ sols à structure non dégradée et à salure élevée

Il s'agit de sols, de type solontchak, qui se forment souvent à partir d'une nappe phréatique salée et peu profonde d'origine naturelle ou anthropique. Ils sont riches en sels solubles et ne présentent pas d'horizons différenciés. Les solontchak se différencient en trois catégories, en fonction de la garniture du complexe absorbant il s'agit des :

- Solontchaks "typiques" = solontchaks calci-magnésiques (Ca-Mg), définis uniquement par le caractère salé et renfermant moins de 15% de Na sous forme échangeable.

- Solontchaks à complexe sodique, (Na-Mg) définis par la coexistence de caractères salés et sodiques et un pH inférieur à 8.5.

Chacune de ces unités se subdivise en deux formes déterminées par le profil salin : les hyper-solontchaks à salinité ascendante et les crypto-solontchaks dans lequel les sels s'accumulent plus en profondeur.

- Solontchaks à texture sableuse. Du fait de leur faible capacité d'échange (les mesures relatives aux ions échangeables ne sont pas interprétables), ils ne se définissent que par le caractère salé, sans précision de l'état du complexe absorbant (solontchak *s.l*).

❖ sols à structure dégradée

Il s'agit de sols de type :

- Solonetz caractérisés par :
 - un pH élevé dans tout le profil,
 - une accumulation d'argile provenant du lessivage des horizons superficiels,
 - une répartition régulière de la matière organique dans tout le profil,
 - une absence de sels solubles dans le profil,
 - un complexe absorbant riche en Na ou Mg, l'un ou l'autre de ces ions constitue plus de 20% de la capacité d'échange.

Les solonetz magnésiens semblent être fréquents en Algérie.

- Les solods : ils résultent d'un lessivage accru provoquant la désaturation du complexe absorbant dans tous les horizons dont le pH est acide (mais Na et Mg restent présents dans les horizons inférieurs) et l'accumulation des argiles en profondeur.

En Algérie, les travaux de DURAND (1954) font état de l'existence de trois grandes catégories classiques de sols salés distingués d'après la classification russe. Il s'agit de Solontchaks et Solonetz magnésiens qui sont répandus dans la région de Annaba et n'occupant que des superficies très réduites.

1. 4 Typologie des formes de profils salins

SERVANT (1973 et 1975), définit quatre formes principales de profils salins désignés par les lettres A, B, C et D.

- Le profil salin de type A

Il est caractérisé par une salinité augmentant de bas en haut, avec un maximum de salinité dans les 20 premiers centimètres. On peut également trouver un second maximum de salinité apparaissant à plus d'un mètre de profondeur. Ce profil est typique des sols nus ou à faible recouvrement végétal. Les terrains correspondants ne sont pas soumis à des submersions. Le profil salin de type A est bien exprimé dans le cas de texture limoneuse ou limono-sableuse.

- Le profil salin de type B

Le type B est caractérisé par un maximum de salinité bien différenciée qui apparaît dans la partie moyenne du profil à moins d'un mètre de profondeur. Ce type s'observe en général sous pelouses et prairies des terrains salés maritimes ou continentaux.

- Le profil salin de type D

Il est caractérisé par un maximum de salinité se trouvant dans la partie inférieure du profil. De tels profils salins sont observés dans les sols à croûte et encroûtement calcaires. Ce type de profil salin est qualifié de descendant, il indique en général que le sol a subi une phase de lixiviation des sels solubles.

- Le profil salin de type C

C'est une forme intermédiaire entre les types A et D ou B. Il possède un maximum de salinité dans les tranches de profondeur 0 - 5 cm ou 0 - 10 cm et un deuxième maximum situé à plus d'un mètre de profondeur. De tels profils salins sont observés dans les secteurs salés inondables, en dehors des périodes d'inondation.

2. LES METHODES D'ETUDES DE LA SALINITE

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons établi un certain nombre de profils salins correspondants au gradient de salinité croissante pour réaliser le classement des différentes formes de profils salins rencontrés pendant la période d'observation. Nous avons étudié successivement les variations de la salinité en fonction de l'emplacement, de la profondeur du prélèvement et des saisons dans des formations à *Salsola vermiculata* afin de définir les fourchettes de variations et de suivre les modifications des profils salins au cours des saisons.

Dans la deuxième partie, nous avons procédé à une analyse détaillée des profils salins en faisant apparaître les différents anions et cations dosés dans l'extrait aqueux.

2.1 Les méthodes d'échantillonnage

Sur le terrain, 3 sites situés le long d'un transect à salinité croissante, ont fait l'objet de notre étude. Un site de prélèvement correspond à un secteur bien délimité de 2500 m² environ (50 × 50 m). Pendant l'année 1997, des tranchés ont été mis en place dans chaque site de prélèvement. Des prélèvements d'échantillons de sol ont été réalisés de mai à novembre. 9 séries de prélèvements ont été effectuées dans 3 sites et 60 échantillons ont été recueillis aux dates suivantes : 20 mai , 27 juillet et 3 novembre 1997.

2.2 Les méthodes d'analyses chimiques

Chaque échantillon donne lieu à des analyses complètes et détaillées à savoir :

- la conductivité électrique (méthode de l'extrait dilué 1/5 en mmhos/cm à 25°C. Dans le cadre de notre étude, pour une question matérielle et technique, le choix s'est porté sur la méthode de dilution au 1/5.
- le pH (déterminé à l'aide d'un pH mètre à électrode par lecture directe sur un extrait de solution, rapport 1/2 et 1/5).
- les anions (Cl et SO₄ en me/l par colorimétrie).
- les cations (Na et K en me/l sont dosés au spectrophotomètre à flamme Eppendorf.
- Ca et Mg en me/l sont dosés au spectrophotomètre à absorption atomique Perkin Elmer.

Chaque échantillon a fait l'objet d'au moins deux mesures afin de permettre l'élimination de mesures douteuses pouvant résulter d'erreurs de lecture ou de manipulations et si la différence entre les deux mesures était importante, une ou plusieurs analyses supplémentaires étaient faites.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Caractérisation des profils salins

Les résultats d'analyses ont permis d'établir neuf profils salins. Leur comparaison aux différents types de profils sus-cités, les classe dans le type D (fig.10 et 11). La répartition de la salinité prend une allure descendante, traduisant un certain lessivage des sels vers la profondeur. Les valeurs numériques servant aux représentations graphiques sont exprimées dans le tableau 14.

Tableau 14. Profils salins de type D pour 2 sites de prélèvement (mesures d'été).

Profondeur (cm)	Site 2		Site 3	
	Conductivité électrique (mmhos/cm)	Somme des anions (me/l)	Conductivité électrique (mmhos/cm)	Somme des anions (me/l)
0 – 10	0.15	3.10	0.60	2.15
10 – 20	0.18	3.28	0.69	2.49
20 – 30	0.39	3.60	0.80	2.90
30 – 40	0.45	4.05	1.94	7.07
40 – 50	0.73	4.17	2.35	8.55
50 – 60	1.24	4.68	2.45	8.85
60 – 70	2.84	5.00	2.78	10.13
70 – 80	2.90	5.25	3.13	11.43
80 – 90	3.20	5.44	3.71	13.56
90 – 100	3.40	5.93	3.73	13.63
100 – 110	3.45	5.96	-	-

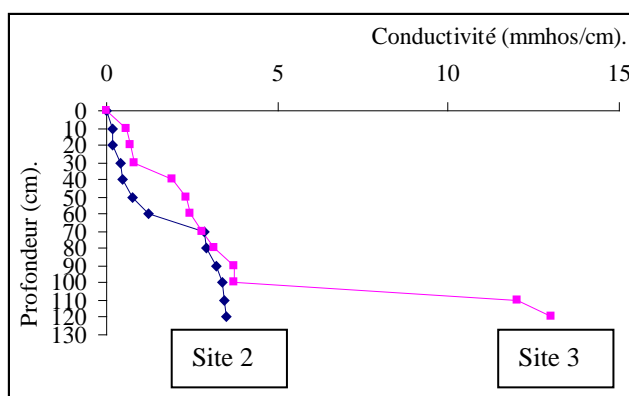


Fig. 10. Profils salins de type D dans 2 sites de prélèvement (mesures d'été).

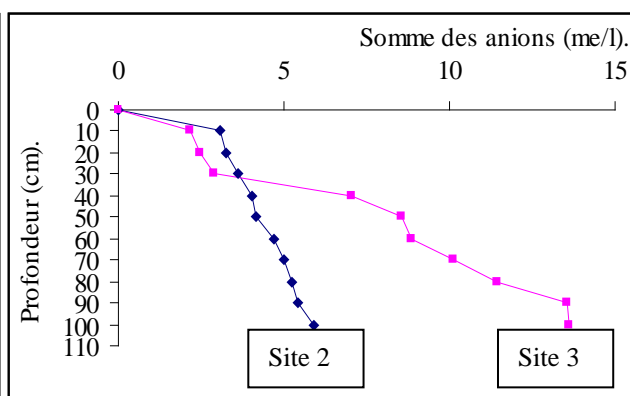


Fig. 11. Profils ioniques de type D dans 2 sites de prélèvement (mesures d'été).

Les résultats obtenus indiquent que la salinité est croissante en fonction de la profondeur. En effet, la figure 10, montre que les valeurs de la (C E) passent de 0.15 mmhos/cm et de 0.60 mmhos/cm suivant les sites de prélèvements dans les horizons de surface à 1.24 mmhos/cm et 2.45 mmhos/cm dans les horizons de sub-surface et à 3.40 mmhos/cm et 3.73 mmhos/cm dans les horizons de profondeur. Les profils anioniques (fig.11) sont comparables aux profils salins. Tous les profils salins effectués dans les trois sites de prélèvement pendant la période d'observation appartiennent exclusivement au type D.

3.2 Variations saisonnières de la salinité

Les prélèvements saisonniers ont permis de définir les fourchettes de variations de la salinité et de suivre les modifications du profil salin au cours des diverses saisons. Les valeurs numériques servant aux représentations graphiques sont résumées dans le tableau 15 et les figures 12, 13, et 14.

Tableau 15. Variations des profils salins à différentes époques de l'année dans les différents sites de prélèvement.

Profondeur (cm)	SITE 1			SITE 2			SITE 3		
	Conductivité (mmhos/cm)			Conductivité (mmhos/cm)			Conductivité (mmhos/cm)		
	Mai	Juillet	Novem	Mai	Juillet	Novem	Mai	Juillet	Novem
0 – 10	0.14	0.14	0.20	0.15	0.15	0.14	1.40	1.25	0.81
10 – 20	0.18	0.32	0.21	0.16	0.18	0.17	1.80	1.28	1.83
20 – 30	0.54	0.60	0.22	0.19	0.39	0.25	2.10	3.80	2.44
30 – 40				0.38	0.45	0.29	2.18	4.20	3.27
40 – 50				0.73	0.73	0.32	2.54	5.30	3.32
50 – 60				1.04	1.24	1.10	2.58	6.00	3.48
60 – 70				1.32	2.84	1.60	2.70	6.10	3.64
70 – 80				1.44	2.90	2.30	2.85	6.18	4.03
80 – 90				1.48	3.20	2.45	2.95	6.20	4.38
90 – 100				1.52	3.40	3.00	3.10	6.22	4.42
100 – 110				1.60	3.45	3.50			

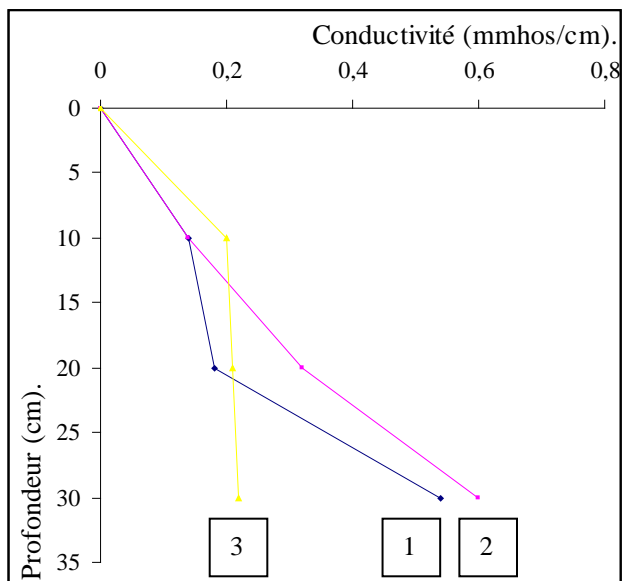


Fig.12. Variations saisonnières des profils salins du site 1.

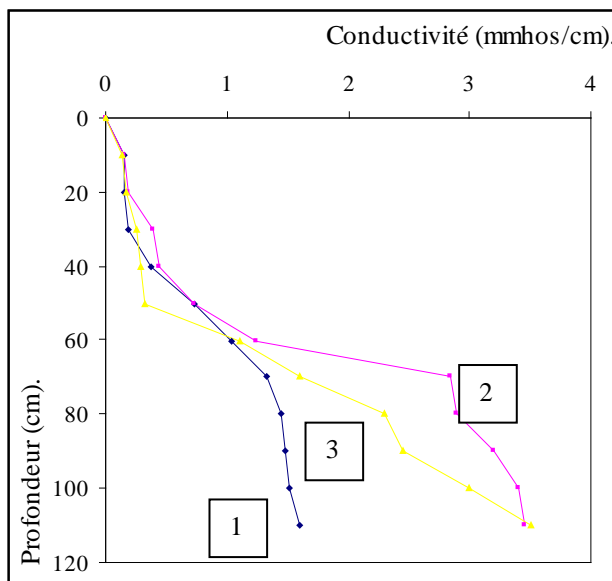


Fig. 13. Variations saisonnières des profils salins du site 2.

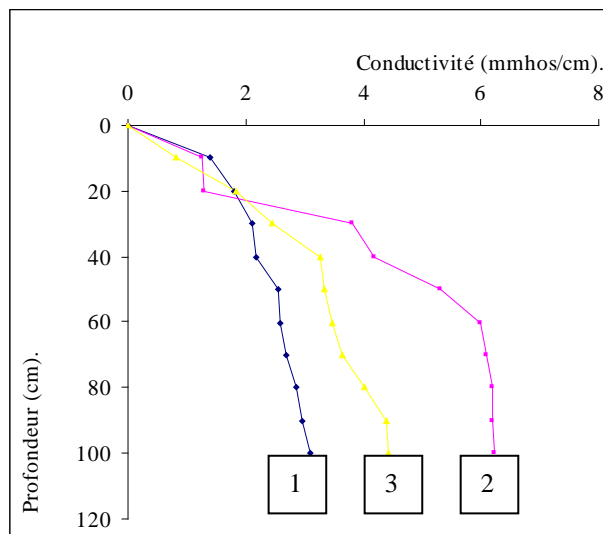


Fig.14. Variations saisonnières des profils Salins du site 3.
 1 : mai ; 2 : juillet ; 3 : novembre.

L'étude de la variation saisonnière de la salinité confirme l'existence de profils salins de type D bien différenciés dans les trois sites de prélèvement et cette caractéristique est permanente pendant toute la période d'observation.

SITE 1 :

Il s'agit d'un site colonisé par un faciès clairsemé à *Salsola vermiculata*, il est caractérisé par un niveau de salinité très faible dans les horizons de surface et qui augmente dans les horizons de sub-surface et dans les horizons de profondeur surtout pour le prélèvement de juillet. Le profil du site 1 d'un niveau de salinité plus faible se situe dans la classe 1.

Les variations de salinité constatées dans le profil en particulier dans les horizons 10 - 20 cm et 20 - 30 cm pour le prélèvement de mai et de juillet sont en relation avec les faibles précipitations enregistrées au cours de cette période. Ainsi, entre le prélèvement de mai et de juillet, on assiste à une augmentation générale de la salinité correspondant à une concentration de sels liée à l'évaporation. Les phénomènes de l'évaporation l'emportent sur les faibles précipitations (3.9 mm). Par contre, pour le prélèvement de novembre, on assiste à un phénomène de lixiviation des sels. La pluviosité enregistrée entre le prélèvement de juillet et de novembre est conséquente (22 mm).

SITE 2 :

Il s'agit d'un site moyennement salé colonisé par un faciès dense à *Salsola vermiculata*. Il est caractérisé par un niveau de salinité plus élevé que le site 1. Le profil du site 2 se situe dans les classes de salinité 1 et 4. L'évolution du profil dans le prélèvement de juillet montre une augmentation de la salinité par rapport à celui de mai, ceci s'explique par la faible pluviométrie enregistrée pendant cette période. Dans le prélèvement de novembre, on assiste à une diminution de la salinité à la suite de la pluviosité enregistrée pendant le prélèvement.

SITE 3 :

Il s'agit d'un site fortement salé colonisé par une végétation halophile clairsemée avec des buttes de 25 cm à *Salsola vermiculata*. L'existence de ces buttes pourrait s'expliquer par le fait que les conditions de salinité très élevée du milieu seraient incompatibles avec un développement optimal de l'espèce. La présence de ces buttes maintiendrait dans des conditions de salinité favorables et donc plus favorables à la survie dans ce milieu.

Le profil du site 3 présente la salinité la plus importante et appartient aux classes de salinité les plus élevées (2 et 6).

3.3 Influence de la salinité sur le pH

Les valeurs des pH mesurées à différentes périodes dans les trois sites sont reportées dans les tableaux 16, 17 et 18.

Tableau. 16 Valeurs du pH en fonction de la conductivité et des saisons dans le site 1.

Profondeur (cm)	PH 1/5		pH 1/ 2	Conductivité (mmhos/cm)	
	E	A	E	E	A
0 – 10	8.00	8.57	7.98	0.14	0.20
10 – 20	8.14	8.63	8.13	0.32	0.21
20 – 30	8.18	8.74	8.17	0.60	0.22

Tableau. 17 Valeurs du pH en fonction de la conductivité et des saisons dans le site 2.

Profondeur (cm)	pH 1/5		PH 1/ 2	Conductivité (mmhos/ cm)	
	E	A	E	E	A
0 – 10	8.28	8.29	8.26	0.15	0.14
10 – 20	8.28	8.59	8.26	0.18	0.17
20 – 30	8.31	8.63	8.30	0.39	0.25
30 – 40	8.35	8.72	8.32	0.45	0.29
40 – 50	8.35	8.74	8.32	0.73	0.32
50 – 60	8.47	8.81	8.46	1.24	1.10
60 – 70	8.50	8.93	8.49	2.84	1.60
70 – 80	8.51	9.18	8.50	2.90	2.30
80 – 90	8.53	9.18	8.52	3.20	2.45
90 – 100	8.56	9.22	8.54	3.40	3.00
100 – 110	8.60	9.30	8.58	3.45	3.50

Tableau. 18 Valeurs du pH en fonction de la conductivité et des saisons dans le site 3.

Profondeur (cm)	pH 1/5		pH 1/ 2	Conductivité (mmhos/ cm)	
	E	A	E	E	A
0 – 10	8.01	8.13	8.00	1.25	0.81
10 – 20	8.10	8.33	8.08	1.28	1.83
20 – 30	8.18	8.36	8.17	3.80	2.44
30 – 40	8.20	8.38	8.19	4.20	3.27
40 – 50	8.25	8.42	8.23	5.30	3.32
50 – 60	8.33	8.51	8.32	6.00	3.48
60 – 70	8.35	8.51	8.34	6.10	3.64
70 – 80	8.45	8.61	8.43	6.18	4.03
80 – 90	8.55	8.65	8.54	6.20	4.38
90 – 100	8.60	8.70	8.58	6.22	4.42

L'examen des tableaux 16, 17 et 18 conduisent aux commentaires suivants :

- le pH des sols des différents sites de prélèvement est alcalin.
- la dilution utilisée pour faire le pH (le pH a tendance à augmenter avec la dilution).
- pour tous les échantillons et dans les différents sites de prélèvement, les valeurs du pH augmentent avec la salinité et ce, pour les deux périodes d'observations.
- la dilution (pH 1/ 2 et pH 1/ 5) ne semble pas intervenir sur la variation du pH .

L'augmentation du pH avec la salinité est la conséquence, selon BELKHODJA (1972) et SERVANT (1975), de l'apparition de traces de soude dans la solution du sol, par suite de la formation de carbonate de sodium au contact de l'air.

3. 4 Relation entre la conductivité électrique et les sels solubles

Sur l'extrait aqueux nous avons réalisé le dosage des anions et des cations dans les différents sites de prélèvement. Les teneurs en cations et anions sont exprimées en milliéquivalents par litre. Nous avons testé la corrélation en choisissant de comparer la conductivité à la somme des anions ($Cl^- + SO_4^{--}$ en me/l) et des cations ($Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+ + K^+$ en me/l).

Les valeurs obtenues sont résumées dans les tableaux 19 et 20 les figures 15, 16, 17 et 18

Tableau. 19. Relations entre la conductivité électrique et la somme des anions dosés dans les différents sites de prélèvement.

SITE 1				SITE 2				SITE 3			
Conductivité électrique (mmhos/cm)		Somme des anions (me/l)		Conductivité électrique (mmhos/cm)		Somme des anions (me/l)		Conductivité électrique (mmhos/cm)		Somme des anions (me/l)	
E	A	E	A	E	A	E	A	E	A	E	A
0.14	0.20	2.13	0.33	0.15	0.14	3.10	0.80	1.25	0.81	2.15	1.40
0.32	0.21	2.49	0.48	0.18	0.17	3.28	1.02	1.28	1.83	2.49	1.91
0.60	0.22	2.60	0.51	0.39	0.25	3.60	1.85	3.80	2.44	2.90	1.74
				0.45	0.29	4.05	1.98	4.20	3.27	7.07	5.23
				0.73	0.32	4.17	2.30	5.30	3.32	8.55	7.33
				1.24	1.10	4.68	3.05	6.00	3.48	8.85	8.23
				2.84	1.60	5.00	3.40	6.10	3.64	10.13	9.52
				2.90	2.30	5.25	3.93	6.18	4.03	11.43	10.76
				3.20	2.45	5.44	4.05	6.20	4.38	13.56	12.86
				3.40	3.00	5.93	4.55	6.22	4.42	13.63	11.86
				3.45	3.50	5.96	4.56				

Somme des anions dosés ($Cl^- + SO_4^{2-}$) (me/l).

E = été. A= automne.

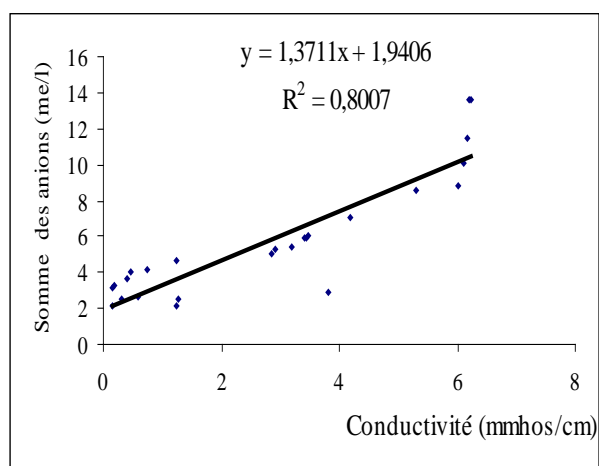


Fig.15. Relation entre la conductivité électrique et la somme des anions dans les différents sites de prélèvement (mesures d'été).

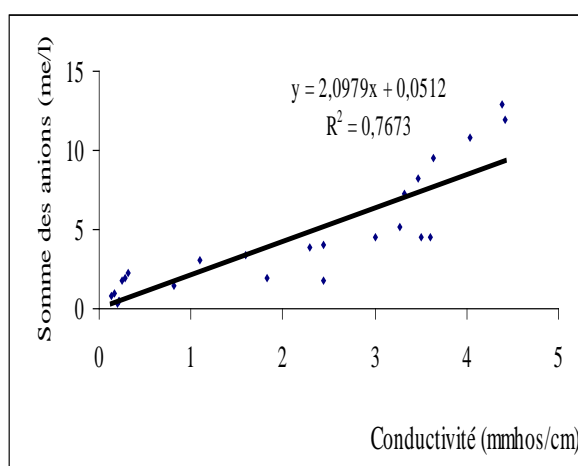


Fig.16. Relation entre la conductivité électrique et la somme des anions dans les différents sites de prélèvement (mesures d'automne).

Tableau. 20. Relations entre la conductivité électrique et la somme des cations dosés dans les différents sites de prélèvement.

SITE 1				SITE 2				SITE 3			
Conductivité électrique (mmhos/cm)		Somme des Cations (me/l)		Conductivité électrique (mmhos/cm)		Somme des Cations (me/l)		Conductivité électrique (mmhos/cm)		Somme des Cations (me/l)	
E	A	E	A	E	A	E	A	E	A	E	A
0.14	0.20	1.70	0.50	0.15	0.14	2.70	1.38	1.25	0.81	2.40	0.50
0.32	0.21	3.50	0.57	0.18	0.17	2.70	2.32	1.28	1.83	3.70	0.79
0.60	0.22	5.00	0.74	0.39	0.25	3.20	2.67	3.80	2.44	4.50	2.68
				0.45	0.29	3.40	2.76	4.20	3.27	5.60	3.03
				0.73	0.32	3.60	2.87	5.30	3.32	7.00	3.47
				1.24	1.10	3.90	2.97	6.00	3.48	9.40	10.40
				2.84	1.60	4.10	3.01	6.10	3.64	10.50	10.67
				2.90	2.30	4.70	3.25	6.18	4.03	13.00	12.61
				3.20	2.45	5.10	3.42	6.20	4.38	15.10	15.76
				3.40	3.00	5.30	4.62	6.22	4.42	19.20	18.97
				3.45	3.50	6.60	5.04				

Somme des cations dosés ($\text{Na}^+ + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^+$) (me/l).

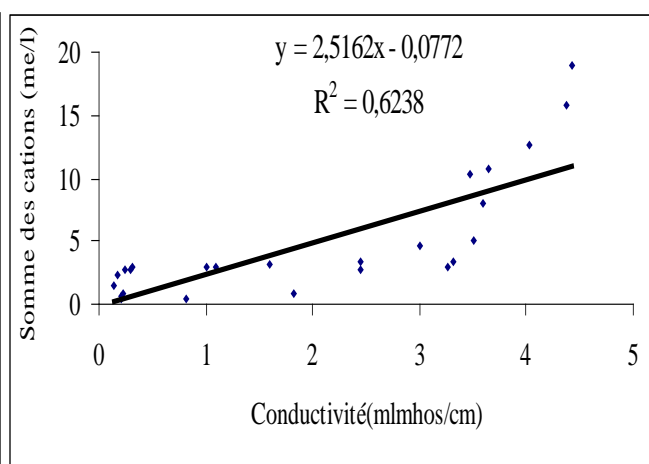
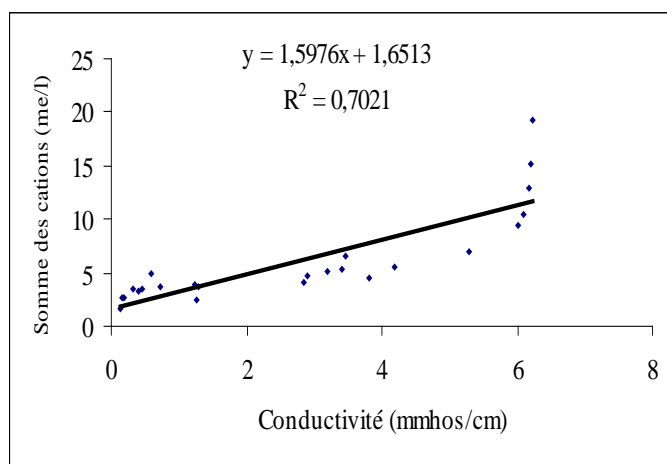


Fig. 17. Relation entre la conductivité électrique et la somme des cations dans les différents sites de prélèvement (mesures d'été).

Fig.18. Relation entre la conductivité électrique et la somme des cations dans les différents sites de prélèvement (mesures d'automne).

Les corrélations obtenues en comparant la conductivité à la somme des anions et des cations, pour 25 échantillons provenant des différents sites de prélèvement et dont la conductivité n'excède pas 7 mmhos/cm, sont hautement significatives, étant donné que la conductivité électrique est un paramètre qui reflète les charges ioniques véhiculées par les solutions du sol.

Les droites de régression obtenues sont les suivantes:

Pour la relation somme des anions –conductivité, nous avons :

$$Y_1 = 1.3711x + 1.9406 \text{ avec } r_1 = 0.89 \text{ pour les mesures d'été.}$$

$$Y_1 = 2.0979x + 0.0512 \text{ avec } r_1 = 0.87 \text{ pour les mesures d'automne.}$$

où :

$$X_1 = \text{conductivité (mmhos/cm).}$$

$$Y_1 = \text{somme des anions (me/l)..}$$

Pour la relation somme des cations –conductivité nous avons :

$$Y_2 = 1.5976x + 1.6513 \text{ avec } r_2 = 0.83 \text{ pour les mesures d'été.}$$

$$Y_2 = 2.5162 x - 0.0772 \text{ avec } r_2 = 0.78 \text{ pour les mesures d'automne.}$$

où :

$$X_2 = \text{conductivité (mmhos/ cm).}$$

$$Y_2 = \text{somme des cations (me/l).}$$

4. ETUDE DES PROFILS IONIQUES

Après avoir eu un aperçu global sur la distribution et les variations de la salinité, nous allons procéder à une analyse plus détaillée des profils salins, en faisant apparaître les différents anions et cations dosés dans l'extrait aqueux.

Ce sont uniquement les ions (Ca^{++} , Na^+ , Mg^{++} , Cl^- et SO_4^{--}) qui feront l'objet de l'étude.

Dans l'étude des profils ioniques nous avons fait intervenir les données suivantes:

- la distribution des ions en valeurs absolues, exprimées en me/l dans l'extrait aqueux.
- la distribution des ions en valeurs relatives, exprimée en pour-cent de la somme des anions ou de la somme des cations.
- le rapport Cl/SO_4

4.1 Profils des anions

Parmi les anions, l'ions Cl^- est généralement le plus important. Il représente entre 61 à 65 % de la somme des anions avec une moyenne de 63.51 % dans le site 1. Il varie de 62 à 78 % dans le site 2 avec une moyenne de 76% et enfin de 64 à 73 % avec une moyenne de 70.64 % dans le site 3.

En second lieu, l'ion SO_4^{--} représente de 34 à 39 % de la somme des anions avec une moyenne de 36.48 % dans le site 1. Il varie de 21 à 37 % dans le site 2 avec une moyenne de 23.89 % et enfin de 27 à 36 % dans le site 3 avec une moyenne de 29.71 %.

L'étude de la distribution des anions majeurs dans les profils salins montre des variations d'un point à l'autre du profil et c'est au niveau des distributions relatives en pour cent de la somme des ions et au niveau du rapport Cl / SO_4 que ces variations peuvent être mises en évidence.

Les résultats concernant les 3 sites de prélèvements sont mentionnés dans les tableaux 21, 22 et 23.

Tableau. 21. Variations du rapport Cl / SO_4 et du taux de chlorure du site 1.

Profondeur (cm)	Conductivité Electrique (mmhos/cm)		Cl^- (me/l)		SO_4^{--} (me/l)		Cl / SO_4		Cl (%)	
	E	A	E	A	E	A	E	A	E	A
0 – 10	0.14	0.20	1.38	0.20	0.75	0.13	1.84	1.53	65	61
10 – 20	0.32	0.21	1.62	0.30	0.87	0.18	1.86	1.66	65	62
20 – 30	0.60	0.22	1.70	0.32	0.90	0.19	1.88	1.68	65	63

Tableau. 22. Variations du rapport Cl / SO_4 et du taux de chlorure dans le site 2.

Profondeur (cm)	Conductivité Electrique (mmhos/cm)		Cl ⁻ (me/l)		SO ₄ ²⁻ (me/l)		Cl / SO ₄		Cl(%)	
	E	A	E	A	E	A	E	A	E	A
0 – 10	0.15	0.14	2.40	0.50	0.70	0.30	3.42	1.66	77	62
10 – 20	0.18	0.17	2.55	0.70	0.73	0.32	3.49	2.18	78	69
20 – 30	0.39	0.25	2.80	1.30	0.80	0.55	3.50	2.63	79	70
30 – 40	0.45	0.29	3.15	1.45	0.90	0.53	3.50	2.73	80	73
40 – 50	0.73	0.32	3.25	1.70	0.92	0.60	3.53	2.83	78	74
50 – 60	1.24	1.10	3.65	2.30	1.03	0.75	3.54	3.06	78	75
60 – 70	2.84	1.60	3.90	2.60	1.10	0.80	3.54	3.25	78	76
70 – 80	2.90	2.30	4.10	3.05	1.15	0.88	3.56	3.46	78	77
80 – 90	3.20	2.45	4.25	3.15	1.19	0.90	3.57	3.50	78	78
90 – 100	3.40	3.00	4.65	3.55	1.28	1.00	3.63	3.55	78	78
100 – 110	3.45	3.50	4.68	3.56	1.28	1.00	3.65	3.56	79	78

Tableau.23. Variations du rapport Cl / SO₄ et du taux de chlorure dans le site 3.

Profondeur (cm)	Conductivité Electrique (mmhos/cm)		Cl ⁻ (me/l)		SO ₄ ²⁻ (me/l)		Cl / SO ₄		Cl(%)	
	E	A	E	A	E	A	E	A	E	A
0 – 10	1.25	0.81	1.55	0.90	0.60	0.50	2.58	1.80	72	64
10 – 20	1.28	1.83	1.80	1.25	0.69	0.66	2.60	1.89	72	65
20 – 30	3.80	2.44	2.10	1.14	0.80	0.60	2.62	1.90	72	66
30 – 40	4.20	3.27	5.10	3.50	1.94	1.73	2.62	2.02	72	67
40 – 50	5.30	3.32	6.20	5.10	2.35	2.23	2.63	2.28	73	69
50 – 60	6.00	3.48	6.40	5.80	2.45	2.43	2.61	2.38	72	70
60 – 70	6.10	3.64	7.35	6.80	2.78	2.72	2.64	2.50	73	71
70 – 80	6.18	4.03	8.30	7.70	3.13	3.06	2.65	2.51	73	71
80 – 90	6.20	4.38	9.85	9.20	3.71	3.66	2.65	2.51	73	72
90 – 100	6.22	4.42	9.90	8.50	3.73	3.36	2.65	2.52	73	72

L'examen des tableaux 21, 22 et 23 conduisent aux commentaires suivants :

- Cas des profils salins d'été

Le rapport Cl^- / SO_4 et le taux de Cl^- présentent des valeurs assez constantes le long du profil dans les différents sites de prélèvement, ceci confirme les observations de SERVANT (1975) dans une étude de profils salins de type D.

- Cas des profils salins d'automne

Les profils salins d'automne se différencient par une diminution du rapport Cl^- / SO_4 et du taux de Cl^- dans l'horizon supérieur appauvri en sels. Ces éléments augmentent dans les horizons sous-jacents. Ces modifications sont observées dans tous les sites de prélèvement.

Il résulte de la comparaison des profils anioniques d'été et d'automne, que le rapport Cl^- / SO_4 , le taux de Cl^- d'automne diminue par rapport aux valeurs d'été. Ce fait semble indiquer que les chlorures sont plus facilement mobilisés et entraînés que les sulfates et que c'est l'afflux préférentiel de l'ion Cl^- au niveau d'un maximum de salinité qui entraîne une élévation du rapport Cl^- / SO_4 , alors qu'en surface, il provoque une diminution de ce rapport.

Ce résultat confirme les données de la pédologie expérimentale de plusieurs auteurs (YAALON 1965 ; FILIPOVSKY 1969 ; HAMIDAMI 1969 in SERVANT 1975) prouvant que les chlorures sont beaucoup plus mobiles que les sulfates dans un processus d'entraînement vers le bas des profils.

Ce fait traduirait une dynamique particulière de ce type de profil où interviendraient des facteurs de désalinisation, qu'il s'agisse de facteurs naturels ou artificiels, qui appauvrissent en sels la partie supérieure du profil en les entraînant en profondeur ; c'est ce qui expliquerait le minimum de salinité et les valeurs minimales du rapport Cl^- / SO_4 dans les horizons superficiels et l'augmentation de ces valeurs dans les niveaux sous-jacents.

4.2 Profils des cations

Parmi les cations, l'ion Ca^{++} est toujours le plus abondant. Il représente entre 57 et 98 % de la somme des cations dans le site 1 avec une concentration moyenne élevée de 77,3 %. Dans le site 2, l'ion Ca^{++} le plus abondant est représenté de 51 à 97 % de la somme des cations, avec une concentration moyenne élevée de 80.48 %. Dans le site 3, l'ion Ca^{++} est toujours le plus

dominant est représenté entre 10 à 88 % de la somme des cations, avec une concentration moyenne élevée de 60.31 %. Le magnésium vient en seconde position avec une fourchette 1 à 24 % avec une moyenne de 12 % dans le site 1. Dans le site 2 le magnésium varie entre 1 à 36 % avec une moyenne de 9.43 %. Dans le site 3, le magnésium varie entre 5 à 85 % avec une moyenne de 32.60 %. Le sodium varie de 3 à 12 % avec une moyenne de 7 % dans le site 1. Dans le site 2, le sodium varie de 1 à 29 % avec une moyenne de 8 %. Dans le site 3, le sodium varie de 2 à 11 % avec une moyenne de 6 %.

Enfin, l'ion K^+ est peu abondant et son taux se situe ordinairement de 1 à 9 % avec une moyenne de 4 % dans le site 1. Il varie de 2 à 8 % et avec une moyenne de 3.52 % dans le site 2. Il varie de 0.25 à 3 % dans le site 3.

Les profils des cations ont été examinés dans les 3 sites de prélèvement. Les résultats exposés dans les tableaux 24, 25 et 26 représentent les taux en cations dans les différentes tranches de sol exprimés en valeurs absolues (me/l).

Tableau 24. Profils cationiques en valeurs absolues (me/l) et conductivité électrique (mmhos/cm) du site 1.

Profondeur (cm)	Conductivité électrique (mmhos/cm)		Ca^{++} (me/l)		Mg^{++} (me/l)		Na^+ (me/l)	
	E	A	E	A	E	A	E	A
0 – 10	0.14	0.20	1.00	0.49	Traces	0.40	0.20	0.01
10 – 20	0.32	0.21	2.00	0.54	0.02	0.80	0.40	0.01
20 – 30	0.60	0.22	3.00	0.69	0.03	1.00	0.60	0.02

Tableau 25. Profils cationiques en valeurs absolues (me/l) et conductivité électrique

(mmhos/cm) du site 2.

Profondeur (cm)	Conductivité électrique (mmhos/cm)		Ca ⁺⁺ (me/l)		Mg ⁺⁺⁸ (me/l)		Na ⁺ (me/l)	
	E	A	E	A	E	A	E	A
0 – 10	0.15	0.14	2.50	1.33	Traces	0.10	0.09	Tr
10 – 20	0.18	0.17	2.50	2.26	Traces	0.10	0.10	Tr
20 – 30	0.39	0.25	2.90	2.60	Traces	0.20	0.10	Tr
30 – 40	0.45	0.29	3.00	2.66	Traces	0.30	0.10	0.03
40 – 50	0.73	0.32	3.00	2.73	0.03	0.30	0.20	0.03
50 – 60	1.24	1.10	3.00	2.80	0.06	0.40	0.40	0.03
60 – 70	2.84	1.60	3.00	2.80	0.06	0.50	0.40	0.03
70 – 80	2.90	2.30	3.00	3.00	0.06	0.80	0.70	0.07
80 – 90	3.20	2.45	3.20	3.00	0.16	0.90	0.80	0.09
90 – 100	3.40	3.00	3.25	3.26	0.16	1.10	0.80	1.00
100 – 110	3.45	3.50	3.25	3.33	0.46	2.40	0.80	1.04

Tableau 26. Profils cationiques en valeurs absolues (me/l) et conductivité électrique (mmho/cm) du site 3.

Profondeur (cm)	Conductivité électrique (mmhos/cm)		Ca ⁺⁺ (me/l)		Mg ⁺⁺ (me/l)		Na ⁺ (me/l)	
	E	A	E	A	E	A	E	A
0 – 10	1.25	0.81	2.00	0.43	0.30	Traces	0.10	0.06
10 – 20	1.28	1.83	3.20	0.54	0.40	0.15	0.10	0.08
20 – 30	3.80	2.44	4.00	0.80	0.40	1.70	0.10	0.16
30 – 40	4.20	3.27	5.00	0.80	0.50	1.88	0.10	0.33
40 – 50	5.30	3.32	6.00	0.83	0.60	2.25	0.30	0.37
50 – 60	6.00	3.48	8.00	1.09	0.70	8.90	0.60	0.38
60 – 70	6.10	3.64	9.00	1.09	0.80	9.09	0.60	0.46
70 – 80	6.18	4.03	11.00	2.49	0.80	9.63	1.10	0.46
80 – 90	6.20	4.38	13.00	4.54	0.80	10.72	1.20	0.46
90 – 100	6.22	4.42	16.80	6.90	1.00	11.45	1.20	0.54

L'ensemble des cations (calcium, magnésium et sodium) présentent un gradient croissant des horizons de surface vers les couches les plus profondes en relation avec la conductivité et ceci aussi bien pour les profils d'été que d'automne.

La caractéristique principale qui se dégage de l'examen comparé des profils cationiques d'hiver concerne les valeurs du magnésium. On constate, en effet, que d'une manière générale, les extraits du sol de nos sites de prélèvement sont plus riches en magnésium pour les échantillons d'hiver que ceux d'été, cette caractéristique apparaît à l'examen des valeurs

absolues. La tendance constatée est donc celle d'une plus grande solubilisation du magnésium au niveau des échantillons de la période hivernale. Ceci pourrait s'expliquer par un échange ionique avec les minéraux du sol.

CHAPITRE III ETUDE DE LA FLORE

Cette étude a pour objectif de faire ressortir l'influence du gradient de salinité sur la répartition des espèces. Nous avons établi un spectre biogéographique global et des spectres biologiques par sites de prélèvement. Une comparaison globale de la composition floristique de l'ensemble des relevés, en y observant notamment le pourcentage des espèces halophytes et leur dominance, a été réalisé. Afin de mieux préciser la tendance moyenne, les relevés de chaque site de prélèvement ont été traités séparément.

1. CADRE BIOGEOGRAPHIQUE ET COMPOSITION SYSTEMATIQUE

1.1 Le cadre biogéographique

Du point de vue biogéographique, et selon BARRY et *al* (1974), la zone d'étude appartient à la région méditerranéenne de l'Holarctis. Elle fait partie de la sous région Eu-Méditerranéenne, du domaine Maghrébin steppique, secteur des Hauts Plateaux Algéro-Oranais.

1.2 La composition systématique

Nous étudierons la composition de la flore en tenant compte de l'appartenance des espèces aux groupes systématiques : genres et familles.

La liste floristique étudiée comporte, 18 familles ; 51 genres et 59 espèces (tab.27).

Tableau. 27. Liste des familles avec le nombre de genres et les espèces.

Familles	Genres	Espèces
Asteracées	12	12
Chénopodiacées	07	09
Poacées	08	10
Fabacées	04	05
Brassicacées	03	03
Caryophyllacées	02	03
Malvacées	02	02
Plantaginacées	01	02
Cistacées	01	02
Liliacées	02	02
Borraginacées	02	02
Géraniacées	01	01
Iridacées	01	01
Thymeleacées	01	01
Frankéniacées	01	01
Dipsacées	01	01
Zygophyllacées	01	01
Apiacées	01	01

Une famille est représentée par le plus grand nombre de genres (Asteracées : 12) ; deux familles ont plus de 5 genres (Poacées : 8 et Chénopodiacées : 7) ; six familles ont entre deux et cinq genres. Les neuf familles restantes sont représentées par un seul genre.

Pour les espèces, une famille est représentée par 12 espèces (Asteracées) ; trois familles ont entre 5 et 09 (Chénopodiacées 09, Poacées 10 et Fabacées 5) ; les Brassicacées et les Caryophyllacées ont 3 espèces ; cinq familles ont 2 espèces et enfin sept familles sont monospécifiques.

Les trois sites étudiés sont relativement riches floristiquement avec 59 espèces.

Les Astéracées, Chénopodiacées et les Poacées sont dominantes, ces trois familles représentent à elles seules 53 % de la flore étudiée.

Une famille d'affinité saharienne est très bien représentée (Chénopodiacées 09), ceci s'explique par le fait que nos sites de prélèvement se trouvent dans des milieux salins riches en

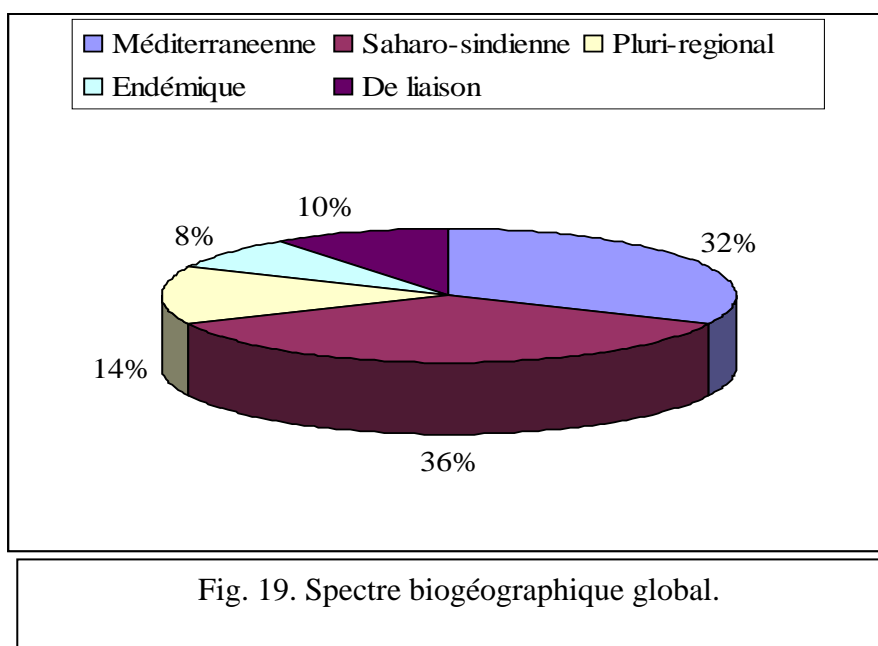
espèces de cette famille. Le nombre d'espèces appartenant à cette famille augmente d'ailleurs avec le gradient croissant de salinité (2 espèces dans le site 1, 5 dans le site 2 et 7 dans le site 3).

Les familles méditerranéennes comme les Caryophyllacées sont relativement mal représentées (3). La place prépondérante occupée par les Astéracées, Poacées et à un degré moindre les Fabacées est justifiée, puisque ce sont des familles cosmopolites qui sont très répandues sur toute la surface du globe.

1.3 Les éléments biogéographiques

Les espèces recensées dans la zone d'étude et leur appartenance biogéographique sont représentées dans le tableau 28.

Un spectre biogéographique global a été établi (fig. 19). Notons que les pourcentages retenus correspondent aux regroupements respectifs des éléments méditerranéens, saharo-sindiens, endémiques et de liaison.



L'examen de la figure 19 montre la prédominance des saharo-sindiennes avec 21 espèces (36 %) et des méditerranéennes avec 19 espèces (32 %). Notons cependant l'importance relative des éléments pluri-régionaux (cosmopolites) et de liaison avec respectivement 08 et 06 espèces représentant 14 et 10 %.

L'élément endémique est représenté par 5 espèces (8 %).

- L'élément saharo-sindien

Cet élément occupe la première position avec 36 %. Ce résultat apparaît à priori surprenant mais ceci s'explique par le fait que sur les 09 Chénopodiacées, 5 espèces appartiennent à l'élément saharo-sindien, contre 2 pour l'élément méditerranéen d'une part, d'autre part sur les 21 saharo-sindiennes, 10 sont des saharo-sindiennes méditerranéennes ce qui explique leur prédominance.

- L'élément méditerranéen

Cet élément est important dans les listes floristiques (32 %), car il est dominant dans les Hautes Plaines et de l'Atlas Saharien.

- L'élément pluri-régional

Il comprend des plantes à large dispersion et dont l'aire occupe au moins trois régions floristiques, citons : *Filago spathulata* et *Peganum harmala*. (nitrophile)
Hordeum murinum et *Medicago minima* transgressent l'Atlas Saharien et se retrouvent au Sahara Septentrional.

- L'élément de liaison

Cet élément est constitué par des espèces dont l'aire chevauche sur deux régions floristiques différentes mais contiguës. Il comporte 6 espèces représentant 10 % du cortège floristique. Toutes les espèces le constituant appartiennent à l'élément méditerranéo-sindien annonçant la proximité de la région saharo-sindienne ; citons : *Salsola vermiculata* et *Arnebia decumbens*.

- L'élément endémique

Il comprend des espèces qui appartiennent toutes aux endémiques Nord Africaines (5), citons : *Anacyclus cyrtolepidoides*, *Frankenia thymifolia* et *Herniaria mauritanica*

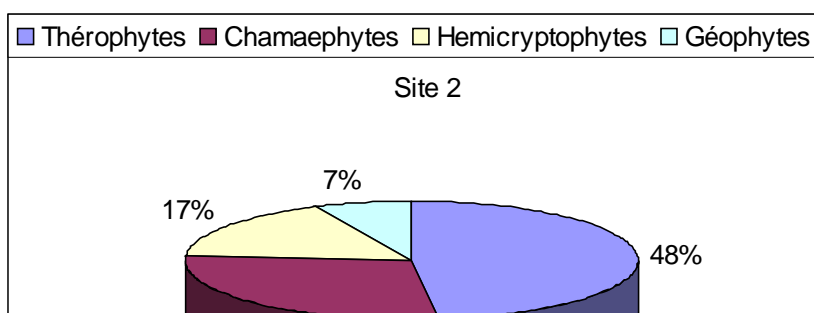
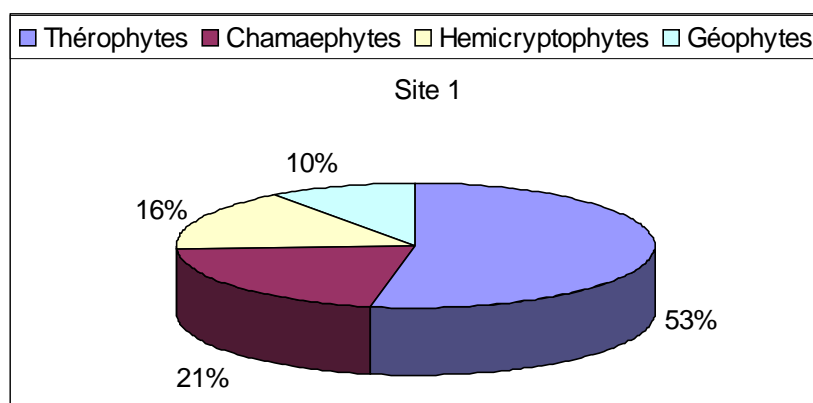
Tableau.28. liste des espèces avec leur appartenance aux familles et aux types biogéographiques.

Espèces recensées	Familles	Types biogéographiques
<i>Allium paniculatum</i>	Liliacées	Méditerranéenne
<i>Althaea ludwigii</i>	Malvacées	Saharo-Sind-Medit
<i>Alyssum granatense</i>	Brassicacée	Pluri-Régionale
<i>Anacyclus cyrtolepidoides</i>	Asteraceae	Endemique Nord-Afr
<i>Arnebia decumbens</i>	Boraginacées	De liais- Med-Sind
<i>Astragalus cruciatus</i>	Fabaceae	Saharo-Sind-Medit
<i>Astragalus sinaicus</i>	Fabaceae	Saharo-Sind-Medit
<i>Atractylis humilis</i>	Asteraceae	Medit-Ibero-Maur
<i>Atractylis serratuloides</i>	Asteraceae	Saharo-Sind-Medit
<i>Atriplex halimus</i>	Chénopodiacées	Méditerranéenne
<i>Bassia muricata</i>	Chénopodiacées	Omni-Saharo-Sind
<i>Bromus rubens</i>	Poaceae	Méditerranéenne
<i>Cutandia divaricata</i>	Poaceae	Omni-Saharo-Sind
<i>Echinops spinosus</i>	Poaceae	Saharo-Sind-Medit
<i>Echium pycnanthum</i>	Boraginacées	De Liais Med-Sind
<i>Erodium glaucophyllum</i>	Géraniacées	De liais Med-Sind
<i>Erodium triangulare</i>	Géraniacées	Méditerranéenne
<i>Filago spathulata</i>	Asteraceae	Pluri régional
<i>Frankenia thymifolia</i>	Frankeniacées	Endemique Nord-Afr
<i>Halocnemum strobilaceum</i>	Chénopodiacées	Saharo-Sind-Medit
<i>Helianthemum apertum</i>	Cistacées	Endemique Nord-Afr
<i>Helianthemum lippii</i>	Cistacées	Saharo-Sind-Medit
<i>Herniaria mauritanica</i>	Caryophyllacées	Endemique Nord-Afr
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i>	Fabaceae	Méditerranéenne
<i>Hordeum murinum</i>	Poaceae	Pluri régional
<i>Iris sisyrynchium</i>	Iridacées	Méditerranéenne
<i>Koelpinia linearis</i>	Asteraceae	Méditerranéenne
<i>Launaea resedifolia</i>	Asteraceae	Saharo-Sind-Medit
<i>Leontodon hispidulus</i>	Asteraceae	Méditerranéenne
<i>Lygeum spartum</i>	Poaceae	Méditerranéenne
<i>Malva aegyptiaca</i>	Malvacées	Saharo-Sind-Medit
<i>Matthiola tricuspidata</i>	Brassicacée	Méditerranéenne
<i>Medicago minima</i>	Fabaceae	Pluri régional
<i>Micropus bombycinus</i>	Asteraceae	Pluri régional
<i>Muricaria prostrata</i>	Brassicacée	Endemique Nord-Afr
<i>Muscari comosum</i>	Brassicacée	Méditerranéenne
<i>Noaea mucronata</i>	Chénopodiacées	Méditerranéenne
<i>Onopordon arenararium</i>	Asteraceae	Omni-Saharo-Sind
<i>Paronychia arabica</i>	Caryophyllacées	Omni-Saharo-Sind

<i>Paronychia argentea</i>	Caryophyllacées	Méditerranéenne
<i>Peganum harmala</i>	Zygophyllacées	Pluri régional
<i>Pithurantos scoparius</i>	Apiaceas	Saharo-Sind-Occid
<i>Plantago albicans</i>	Plantaginacées	Saharo-Sind-Medit
<i>Plantago ovata</i>	Plantaginacées	Saharo-Sind
<i>Poa bulbosa</i>	Poaceas	Pluri régional
<i>Salsola sieberi</i>	Chénopodiacées	Omni-Saharo-Sind
<i>Salsola vermiculata</i>	Chénopodiacées	De Liais Med-Sind
<i>Scabiosa arenaria</i>	Dispacées	Saharo-Sind-Occid
<i>Schismus barbatus</i>	Poaceas	De Liais Med-Sind
<i>Scorzonera undulata</i>	Asteraceas	Méditerranéenne
<i>Senesio vulgaris</i>	Asteraceas	Pluri régional
<i>Silybum eburneum</i>	Asteraceas	Med-Ibero-Mau
<i>Stipa parviflora</i>	Poaceas	Méditerranéenne
<i>Stipagrostis pungens</i>	Poaceas	Saharo-Sindienne
<i>Stipa tenacissima</i>	Poaceas	Méditerranéenne
<i>Sueda mollis</i>	Chénopodiacées	Omni-Saharo-Sind
<i>Thymelaea microphylla</i>	Thymeleacées	De Liais Med-Sind
<i>Traganum nudatum</i>	Chénopodiacées	Omni-Saharo-Sind
<i>Trigonella polycerata</i>	Fabaceas	Med-Ibero-Mau

2. LES FORMES BIOLOGIQUES

Les spectres biologiques bruts (fig.20) ont été établis à partir des types biologiques des principales espèces recensées dans les relevés phytocécologiques effectués en mai 1997 dans les trois sites de prélèvement (tab.29 et 30).



Les spectres bruts montrent une prédominance des Thérophytes et des Chamaéphytes sur les autres formes dans les trois sites (fig. 20).

Cette prédominance des Thérophytes est un trait essentiel de la végétation en zone aride (DAGET, 1980) ; le phénomène de thérophytie étant une stratégie d'adaptation vis à vis des conditions défavorables et une forme de résistance aux rigueurs climatiques (NEGRE, 1966 et DAGET, 1980).

Les Hémicryptophytes et les Géophytes présentent une contribution sensiblement équilibrée dans les sites 1 et 2 avec respectivement 16 et 17 % pour les Hémicryptophytes, 10 et 7 % pour les Géophytes. Par contre, le site 3 est plus pauvre avec 8 % d'Hémicryptophyte et 5 % de Géophytes.

Tableau 29. Liste des espèces recensées dans les sites 1 et 2 ..

SITE 1		SITE 2	
Espèces recensées	T. B	Espèces recensées	T. B
<i>Alyssum granatense</i>	Th ⁽¹⁾	<i>Althaea ludwigii</i>	Th
<i>Astragalus cruciatus</i>	Th	<i>Anacyclus cyrtolepidoïdes</i>	Th
<i>Atractylis serratuloides</i>	Ch ⁽²⁾	<i>Astragalus cruciatus</i>	Th
<i>Bromus rubens</i>	Th	<i>Atractylis serratuloides</i>	Ch
<i>Echium pycnanthum</i>	Th	<i>Atriplex halimus</i>	Ch
<i>Filago spathulata</i>	Th	<i>Bassia muricata</i>	Th
<i>Helianthemum apertum</i>	Th	<i>Echinops spinosus</i>	Ch
<i>Hordeum murinum</i>	Th	<i>Erodium triangulare</i>	Th
<i>Lygeum spartum</i>	Ge ⁽³⁾	<i>Filago spathulata</i>	Th
<i>Malva aegyptiaca</i>	Th	<i>Hordeum murinum</i>	Th
<i>Medicago minima</i>	Th	<i>Iris sisyrinchium</i>	Ge
<i>Noaea mucronata</i>	Ch	<i>Launaea resedifolia</i>	Th
<i>Plantago albicans</i>	He ⁽⁴⁾	<i>Malva aegyptiaca</i>	Th
<i>Salsola vermiculata</i>	Ch	<i>Medicago minima</i>	Th
<i>Schismus barbatus</i>	Th	<i>Micropus bombycinus</i>	Th
<i>Silybum eburneum</i>	He	<i>Muricaria prostrata</i>	Th
<i>Stipa parviflora</i>	He	<i>Noaea mucronata</i>	Ch
<i>Stipa tenacissima</i>	Ge	<i>Paronychia arabica</i>	Ch
<i>Thymelaea microphylla</i>	Ch	<i>Paronychia argentea</i>	He
		<i>Plantago albicans</i>	He
		<i>Poa bulbosa</i>	He
		<i>Salsola sieberi</i>	Ch
		<i>Salsola vermiculata</i>	Ch
		<i>Schismus barbatus</i>	Th
		<i>Scorzonera undulata</i>	He
		<i>Silybum eburneum</i>	Ge
		<i>Stipa parviflora</i>	He
		<i>Thymelaea microphylla</i>	Ch
		<i>Trigonella polycerata</i>	Th

T.B: Type biologique.

(1) Thérophyte. (2) Chamaéphyte. (3) Géophyte. (4) Hémicryptophyte.

La nomenclature utilisée est celle de QUEZEL et SANTA (1962 - 1963).

Tableau 30. Liste des espèces recensées dans les site 3.

SITE 3	
Espèces recensées	T. B
<i>Allium paniculatum</i>	Ge
<i>Althaea ludwigii</i>	Th
<i>Anacyclus cyrtolepidoides</i>	Th
<i>Arnebia decumbens</i>	Th
<i>Astragalus cruciatus</i>	Th
<i>Astragalus sinaicus</i>	Th
<i>Atractylis humilis</i>	Ch
<i>Atriplex halimus</i>	Ch
<i>Bassia muricata</i>	Th
<i>Cutandia divaricata</i>	Th
<i>Echium pycnanthum</i>	Th
<i>Erodium glaucophyllum</i>	Th
<i>Filago spathulata</i>	Th
<i>Frankenia thymifolia</i>	Ch
<i>Halocnemum strobilaceum</i>	Ch
<i>Helianthemum apertum</i>	Th
<i>Helianthemum lippii</i>	Ch
<i>Herniaria mauritanica</i>	He
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i>	Th
<i>Koelpinia linearis</i>	Th
<i>Leontodon hispidulus</i>	Th
<i>Lygeum spartum</i>	Ge
<i>Malva aegyptiaca</i>	Th
<i>Matthiola tricuspidata</i>	Th
<i>Muscari comosum</i>	Th
<i>Onopordon arenararium</i>	Ch
<i>Peganum harmala</i>	Ch
<i>Pithurantos scoparius</i>	Ch
<i>Plantago albicans</i>	He
<i>Plantago ovata</i>	Th
<i>Salsola sieberi</i>	Ch
<i>Salsola vermiculata</i>	Ch
<i>Scabiosa arenaria</i>	Th
<i>Schismus barbatus</i>	Th
<i>Senesio vulgaris</i>	Th
<i>Sueda mollis</i>	Ch
<i>Stipagrostis pungens</i>	Ch
<i>Traganum nudatum</i>	Ch

3. ETUDE COMPARATIVE DE LA FLORE DANS LES 3 SITES

3.1 Le site 1

La liste floristique du site 1 comporte 19 espèces; seule *Salsola vermiculata* est considérée comme espèce halophyte représentant 5% du cortège floristique et 11% des espèces vivaces. Les espèces vivaces qui contribuent le plus au recouvrement (47%), traduisent les véritables conditions écologiques du milieu.

Le nombre d'espèces psammophytes est également important avec 5 espèces: *Bromus rubens*, *Lygeum spartum*, *Malva aegyptiaca*, *Schismus barbatus* et *Thymelaea microphylla*, soit 26% du total des espèces.

3.2 Le site 2

Dans le site 2 nous retrouvons 5 espèces halophytes : *Atriplex halimus*, *Bassia muricata*, *Salsola sieberi*, *Salsola vermiculata* et *Erodium triangulare* sur un total de 29 espèces, soit 17%. Ce taux, plus important que celui du premier site, montre une tendance à la salinité du milieu.

Les espèces psammophytes sont représentées également par 5 espèces : *Althaea ludwigii*, *Anacyclus cyrtolepidoides*, *Plantago albicans*, *Schismus barbatus* et *Thymelaea microphylla* soit 17%. Les vivaces sont au nombre de 15 dont 26% d'halophytes vivaces (*Atriplex halimus*, *Bassia muricata*, *Salsola vermiculata* et *Salsola sieberi*).

3.3 Le site

Le site 3 comporte 38 espèces dont 10 halophytes, soit 29% et qui sont : *Atriplex halimus*, *Bassia muricata*, *Erodium glaucophyllum*, *Frankenia thymifolia*, *Halocnemum strobilaceum*, *Pithurantos scoparius*, *Salsola sieberi*, *Salsola vermiculata*, *Suaeda mollis* et *Traganum nudatum*. Ce pourcentage traduit le gradient de salinité caractérisant les sites étudiés. Les espèces halophytes vivaces (8) représentant 47% de l'ensemble des espèces vivaces (17).

Les espèces psammophytes au nombre de 12 représentent 32%.

La présence simultanée des espèces halophytes et psamophytes dans les trois sites traduit l'intrication de deux éléments, le sel et le sable. Il apparaît donc un double gradient

d'ensablement et de salinité allant du site 1 vers le site 3 ; le sable tend à être piégé au niveau de certaines touffes ou au niveau d'accidents topographiques, formant alors des micro-nebkhas. Les éléments halophiles tendent à se former dans les dépressions.

L'ensemble des résultats est synthétisé dans la figure 21.

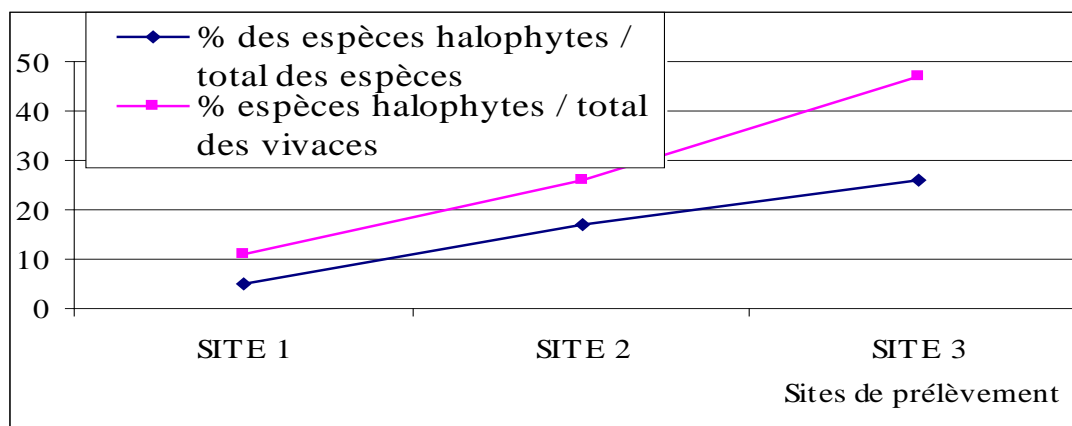


Fig.21 Répartition des espèces halophiles par rapport au total des espèces et des vivaces

4. INFLUENCE DE SALINITE SUR LA DIVERSITE VEGETALE

4.1 Les coefficients de similarité

Nous nous proposons d'étudier la composition taxonomique, calculée à travers les indices de similitude, afin de montrer l'existence d'un lien floristique éventuel entre les trois sites de prélèvement. Chacun de ces sites sera caractérisé, par la suite, sur le plan de la diversité biologique.

Les coefficients de similarité permettent de mesurer le degré d'association des différents objets, qui sont dans notre cas l'ensemble des relevés représentant les sites. Ces indices se basent sur le principe de la ressemblance en utilisant quatre éléments qui sont :

- le nombre d'espèces communes à deux sites de prélèvement mentionné par le signe double 1 ou oui-oui,
- le nombre d'espèces présentes dans le site 1 et absentes dans le site 2 mentionné par le signe 1-0 ou oui-non,

- le nombre d'espèces présentes dans le site 2 et absentes dans le site 1 mentionné par le signe 0-1 ou non-oui,
- le nombre d'espèces absentes dans les deux sites mentionné par le signe 0-0 ou non-non.

Le choix du coefficient de similarité se fera en fonction de deux paramètres :

- l'importance donnée à l'information apportée par la présence simultanée d'une espèce dans deux sites,
- la prise en compte ou non de l'absence simultanée d'une espèce dans deux sites.

Lorsqu'une espèce est présente dans deux sites de prélèvement l'information apportée est souvent intéressante, car elle semble être inféodée à ces deux sites.

Son absence dans les deux sites n'apporte aucune information précise sur cette espèce. Le coefficient de similarité intègre cette double absence comme un profil homogène équivalent à la double présence. L'information apportée est pauvre, voire même nulle et pourtant celle ci fera attribuer à l'indice un haut degré de similarité et ce dernier sera artificiellement élevé (LEGENDRE et LEGENDRE, 1979).

Nous privilégions les indices qui excluent les doubles zéros dans le calcul car ils décriront la réalité terrain de façon significative (SOKAL et MICHENER, 1958).

Les indices retenus dans notre étude sont ceux de JACCARD (1900 *in* LEGENDRE 1979) et de SORENSEN (1948).

Le premier indice pondère les doubles présences en doublant leur importance soit :

$$S(x_1, x_2) = \frac{2a}{2a + b + c}$$

Le second leur attribue tous la même importance :

$$J(x_1, x_2) = \frac{a}{a + b + c}$$

Nous avons calculé les indices de similitude de SORENSEN et de JACCARD sur la base des données mentionnées sur les tableaux 31, 32 et 33.

Tableau. 31. Comparaison des listes floristiques des sites 1 et 2.

Espèces recensées	a	b	c	d
<i>Allium paniculatum</i>				1
<i>Althaea ludwigii</i>			1	
<i>Alyssum granatense</i>		1		
<i>Anacyclus cyrtolepidoides</i>			1	
<i>Aristida pungens</i>				1
<i>Arnebia decumbens</i>				1
<i>Astragalus cruciatus</i>	1			
<i>Astragalus sinaicus</i>				1
<i>Atractylis humilis</i>				1
<i>Atractylis serratuloides</i>	1			
<i>Atriplex halimus</i>			1	
<i>Bassia muricata</i>			1	
<i>Bromus rubens</i>		1		
<i>Cutandia divaricata</i>				1
<i>Echinops spinosus</i>			1	
<i>Echium pycnanthum</i>		1		
<i>Erodium glaucophyllum</i>				1
<i>Erodium triangulare</i>			1	
<i>Filago spathulata</i>	1			
<i>Frankenia thymifolia</i>				1
<i>Halocnemum strobilaceum</i>				1
<i>Helianthemum apertum</i>		1		
<i>Helianthemum lippii</i>				1
<i>Herniaria mauritanica</i>				1
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i>				1
<i>Hordeum murinum</i>	1			
<i>Iris sisyrinchium</i>			1	
<i>Koelpinia linearis</i>				1
<i>Launaea resedifolia</i>			1	
<i>Leontodon hispidulus</i>				1
<i>Lygeum spartum</i>		1		
<i>Malva aegyptiaca</i>	1			
<i>Mathiola tricuspida</i>				1
<i>Medicago minima</i>	1			

<i>Micropus bombycinus</i>			1	
<i>Muricaria prostrata</i>			1	
<i>Muscari comosum</i>				1
<i>Noaea mucronata</i>	1			
<i>Onopordon arenarium</i>				1
<i>Paronychia arabica</i>			1	
<i>Paronychia argentea</i>			1	
<i>Peganum harmala</i>				1
<i>Pituranthos scoparius</i>				1
<i>Plantago albicans</i>	1			
<i>Plantago ovata</i>				1
<i>Poa bulbosa</i>			1	
<i>Salsola sieberi</i>			1	
<i>Salsola vermiculata</i>	1			
<i>Scabiosa arenaria</i>				1
<i>Schismus barbatus</i>	1			
<i>Scorzonera undulata</i>			1	
<i>Senesio vulgaris</i>				1
<i>Silybum eburneum</i>	1			
<i>Stipa parviflora</i>	1			
<i>Stipa tenacissima</i>		1		
<i>Suaeda mollis</i>				1
<i>Thymelaea microphylla</i>	1			
<i>Traganum nudatum</i>				1
<i>Trigonella polycerata</i>			1	
Total	13	06	16	24

a : nombre d'espèces communes aux sites 1 et 2. **b** : nombre d'espèces présentes dans le site 1 et absentes dans le site 2. **c** : nombre d'espèces présentes dans le site 2 et absentes dans le site 1. **d** : nombre d'espèces absentes des deux sites.

Tableau 32. Comparaison des listes floristiques des sites 2 et 3.

ESPÈCES RECENSÉES	a	b	c	d
<i>Allium paniculatum</i>			1	

<i>Althaea ludwigii</i>	1			
<i>Alyssum granatense</i>				1

<i>Anacyclus cyrtolepidoides</i>	1			
<i>Aristida pungens</i>			1	
<i>Arnebia decumbens</i>			1	
<i>Astragalus cruciatus</i>	1			
<i>Astragalus sinaicus</i>			1	
<i>Atractylis humilis</i>			1	
<i>Atractylis serratuloides</i>		1		
<i>Atriplex halimus</i>	1			
<i>Bassia muricata</i>	1			
<i>Bromus rubens</i>				1
<i>Cutandia divaricata</i>			1	
<i>Echinops spinosus</i>		1		
<i>Echium pycnanthum</i>			1	
<i>Erodium glaucophyllum</i>			1	
<i>Erodium triangulare</i>		1		
<i>Filago spathulata</i>	1			
<i>Frankenia thymifolia</i>			1	
<i>Halocnemum strobilaceum</i>			1	
<i>Helianthemum apertum</i>			1	
<i>Helianthemum lippii</i>			1	
<i>Herniaria mauritanica</i>			1	
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i>			1	
<i>Hordeum murinum</i>		1		
<i>Iris sisyrinchium</i>		1		
<i>Koelpinia linearis</i>			1	
<i>Launaea resedifolia</i>		1		
<i>Leontodon hispidulus</i>			1	
<i>Lygeum spartum</i>			1	
<i>Malva aegyptiaca</i>	1			
<i>Mathiola tricuspadata</i>			1	
<i>Medicago minima</i>		1		
<i>Micropus bombycinus</i>		1		

<i>Muricaria prostrata</i>		1		
<i>Muscari comosum</i>			1	
<i>Noaea mucronata</i>		1		
<i>Onopordon arenarium</i>			1	
<i>Paronychia arabica</i>		1		
<i>Paronychia argentea</i>		1		
<i>Peganum harmala</i>			1	
<i>Pituranthos scoparius</i>			1	
<i>Plantago albicans</i>	1			
<i>Plantago ovata</i>			1	
<i>Poa bulbosa</i>		1		
<i>Salsola sieberi</i>	1			
<i>Salsola vermiculata</i>	1			
<i>Scabiosa arenaria</i>			1	
<i>Schismus barbatus</i>	1			
<i>Scorzonera undulata</i>		1		
<i>Senesio vulgaris</i>			1	
<i>Silybum eburneum</i>		1		
<i>Stipa parviflora</i>		1		
<i>Stipa tenacissima</i>				1
<i>Suaeda mollis</i>			1	
<i>Thymelaea microphylla</i>		1		
<i>Traganum nudatum</i>			1	
<i>Trigonella polycerata</i>		1		
Total	11	18	27	03

Tableau 33. Comparaison des listes floristiques des sites 1 et 3.

ESPÈCES RECENSÉES	a	b	c	d
<i>Allium paniculatum</i>			1	

<i>Althaea ludwigii</i>			1	
<i>Alyssum granatense</i>		1		

<i>Anacyclus cyrtolepidoides</i>			1	
<i>Aristida pungens</i>			1	
<i>Arnebia decumbens</i>			1	
<i>Astragalus cruciatus</i>	1			
<i>Astragalus sinaicus</i>			1	
<i>Atractylis humilis</i>			1	
<i>Atractylis serratuloides</i>		1		
<i>Atriplex halimus</i>			1	
<i>Bassia muricata</i>			1	
<i>Bromus rubens</i>		1		
<i>Cutandia divaricata</i>			1	
<i>Echinops spinosus</i>				1
<i>Echium pycnanthum</i>	1			
<i>Erodium glaucophyllum</i>			1	
<i>Erodium triangulare</i>				1
<i>Filago spathulata</i>	1			
<i>Frankenia thymifolia</i>			1	
<i>Halocnemum strobilaceum</i>			1	
<i>Helianthemum apertum</i>	1			
<i>Helianthemum lippii</i>			1	
<i>Herniaria mauritanica</i>			1	
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i>			1	
<i>Hordeum murinum</i>		1		
<i>Iris sisyrinchium</i>				1
<i>Koelpinia linearis</i>			1	
<i>Launaea resedifolia</i>				1
<i>Leontodon hispidulus</i>			1	
<i>Lygeum spartum</i>	1			
<i>Malva aegyptiaca</i>	1			
<i>Mathiola tricuspidata</i>			1	
<i>Medicago minima</i>		1		
<i>Micropus bombycinus</i>				1
<i>Muricaria prostrata</i>				1
<i>Muscari comosum</i>			1	
<i>Noaea mucronata</i>		1		
<i>Onopordon arenarium</i>			1	
<i>Paronychia arabica</i>				1
<i>Paronychia argentea</i>				1
<i>Peganum harmala</i>			1	
<i>Pituranthos scoparius</i>			1	
<i>Plantago albicans</i>	1			
<i>Plantago ovata</i>			1	
<i>Poa bulbosa</i>				1
<i>Salsola sieberi</i>			1	
<i>Salsola vermiculata</i>	1			
<i>Scabiosa arenaria</i>			1	
<i>Schismus barbatus</i>	1			

<i>Scorzonera undulata</i>				1
<i>Senesio vulgaris</i>			1	
<i>Silybum eburneum</i>		1		
<i>Stipa parviflora</i>		1		
<i>Stipa tenacissima</i>		1		
<i>Suaeda mollis</i>			1	
<i>Thymelaea microphylla</i>		1		
<i>Traganum nudatum</i>			1	
<i>Trigonella polycerata</i>				1
Total	09	10	29	11

Les résultats sont donnés dans le tableau. 34.

Tableau 34. Les indices de similarité.

Coefficients de similarité	Site 1 et 2	Site 2 et 3	Site 1 et 3
SORENSEN	0.54	0.33	0.31
JACCARD	0.37	0.20	0.18

Les résultats du tableau 34 montrent que, quelque que soit l'indice utilisé, la similarité est toujours plus élevée entre les sites 1 et 2, suivie de celle des sites 2 et 3 et 1 et 3. Ceci traduit le gradient de salinité croissante. Les sites 1 et 3 sont les plus éloignés du point de vue écologique alors que la similarité est plus grande entre les sites 1 et 2. Il est d'ailleurs très intéressant de remarquer qu'à mesure que l'on se dirige vers le site 3, le nombre d'espèces de la catégorie b, c'est à dire celles qui sont spécifiques au site suivant, sont plus nombreuses (18 espèces communes entre les sites 2 et 3).

4. 1. 1 Les coefficients de similitude pour les espèces vivaces

Il est également intéressant de calculer les coefficients de similitude en ne tenant compte que des espèces vivaces. Ces dernières, étant plus adaptées, se trouvent de façon permanente dans le milieu, et traduisent au mieux les conditions écologiques. Les résultats obtenus se rapprochent beaucoup plus de la réalité terrain et reflètent au mieux le gradient (tab.35).

Tableau. 35. Répartition des différentes catégories d'espèces vivaces par site.

Sites de prélèvement	a	b	c	d
Site 1 et 2	07	02	08	24
Site 2 et 3	04	11	14	03
Site 1 et 3	02	06	14	11

Le tableau récapitulatif des indices de similitude calculés sur le nombre d'espèces vivaces donne les résultats suivants (tab.36).

Tableau. 36 . Les indices de similarité par les espèces vivaces.

Coefficients de similarité	Site 1 et 2	Site 2 et 3	Site 1 et 3
SORENSEN	0.58	0.24	0.16
JACCARD	0.41	0.13	0.09

La décroissance des indices (tab.36) entre les sites de prélèvement 1 et 3 est la même que celle observée précédemment. Ainsi, la tendance globale montre une affinité plus grande entre les deux premiers sites, puis les sites 2 et 3, et enfin une plus grande divergence entre les sites 1 et 3 est respectée. Les valeurs plus élevées des indices de similitude montrent qu'il serait judicieux, afin d'obtenir une meilleure caractérisation entre les sites, cadrant avec la réalité terrain, d'utiliser les indices calculés sur la base des espèces vivaces.

5. Les indices de diversité

La caractérisation de la diversité des différents sites de prélèvement est un paramètre important, car la diversité floristique représente l'un des attributs vitaux de l'écosystème (ARANSON et LE FLOC'H, 1995).

L'indice de diversité se doit d'estimer deux paramètres :

- la richesse spécifique du groupement étudié,
- la régularité des espèces, relative à leur mode d'occupation de l'espace. En effet, la diversité du groupement dépend des recouvrements respectifs des espèces. Elle tend à devenir maximale à mesure que les probabilités d'occurrence des espèces deviennent plus voisines et minimales à mesure qu'elles deviennent différentes.

A cet effet, nous avons utilisé deux paramètres :

- la diversité traduit par la richesse spécifique totale qui se base sur la liste floristique globale,
- la diversité déterminée par l'indice de SHANNON.

Ce dernier indice semble plus intéressant car il intègre aussi bien la richesse spécifique que la distribution de l'espèce dans l'espace. Chaque espèce aura sa probabilité d'occurrence (C_{si}) mesurée généralement au niveau des lignes.

La formule de SHANNON est la suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i \quad (DAGET, 1976)$$

$$p_i = \frac{n}{N}$$

$$H_{\max} = \log_2 N$$

P_i : représente la probabilité de rencontrer l'espèce i dans le site considéré.

N : représente le nombre total d'espèces dans le site.

Nous avons résumé l'ensemble des données sur le tableau 37 dans lequel nous avons reporté la richesse spécifique de chaque relevé et calculé la diversité floristique exprimée par l'indice de Shannon.

Tableau 37 .Diversité floristique de chaque site calculée par l'indice de Shannon.

Sites de Prélèvement		Liste totale des Espèces	Nombre d'espèces sous la ligne	Perte d'informations (%)	Indice de Shannon		
					H	H max	Equitabilité
Site 1	Relevé 1	19	02	89	0.20	1,00	0.20
	Relevé 2	17	04	76	1.97	2.00	0.98
Site 2	Relevé 3	29	11	62	2.58	3.45	0.74
	Relevé 4	28	06	78	1.07	2.58	0.41
Site 3	Relevé 5	37	06	83	2.06	2.58	0.79
	Relevé 6	35	04	88	1.52	2.00	0.76
	Relevé 7	36	03	91	0.38	1.58	0.23
	Relevé 8	33	04	87	0.95	2.00	0.47

H : entropie. H max : entropie maximal.

Si nous considérons la seule composition floristique, nous remarquons que les résultats obtenus sont à priori surprenants. En effet, le site 3 étant le plus salin possède le cortège floristique le plus important avec 37 espèces, suivi du site 2 avec 29 espèces puis le site 1 avec 19 espèces.

Il peut paraître curieux que le site 3 soit le plus riche en espèces. Ce phénomène trouve plusieurs explications. D'une part, les conditions écologiques (humidité, profondeur et composition minérale du sol) paraissent être plus favorables à l'installation d'espèces parfaitement adaptées à des conditions particulières de salinité. D'autre part, le site 3 est très difficile d'accès et constitue une enclave au milieu de l'oued. L'accès à cette enclave nécessitant la traversée de l'oued, vaseux même pendant les mois estivaux et reste difficile voire même dangereux et n'incite pas les éleveurs à le parcourir, ce qui lui assure une bonne protection.

Le site 2 avec 29 espèces est légèrement moins salin que le site 3.

L'équitabilité calculée dans notre région a été comparée à celle de AIDOU (1989) dans le Sud Oranais et BOUGHANI (1995) dans le Sud Constantinois (tab.38). L'équitabilité

dans nos formations salées est plus grande (0.98 et 0.20) que celle des formations steppiques typiques à armoise blanche et alfa (0.61 et 0.32) et celles présahariennes à *Hammada Scoparia*, *Hammada schismittiana* et *Anabasis articulata* (0.61 et 0.17) Ce résultat à priori surprenant s'explique par le fait qu'il n'existe généralement que peu d'espèces dans ces relevés, avec des recouvrements similaires, ce qui leur confère une grande équitabilité surestimant ainsi la diversité réelle. Les groupements steppiques plus diversifiés, par contre, ont un cortège d'espèces rares plus important, ce qui diminue l'équitabilité du faciès.

Tableau 38. Comparaison avec les données de AIDOUD (1989) et de BOUGHANI (1995).

	Unités de végétation	Total des espèces	Nombre d'espèces Sous la ligne	Perte d'information (%)	H	Hmax	Equitabilité
AIDOUD (1989)	<i>Lygeum spartum</i>	105	50	52	3.14	5.63	0.56
	<i>Stipa tenacissima</i>	104	42	60	1.77	5.38	0.32
	<i>Artemisia herba alba</i>	59	29	51	2.94	4.84	0.61
BOUGHANI (1995)	<i>Hammada scoparia</i>	48	19	60	0.65	4.24	0.15
	<i>Anabasis articulata</i> , <i>Gymnocarpos decander</i> et <i>Salsola vermiculata</i>	39	23	41	0.77	4.51	0.17
	<i>Aristida pungens</i> , <i>Ephedra alata</i> et <i>Hammada schismittiana</i>	56	25	55	0.97	4.63	0.20

La comparaison avec les données de BOUGHANI (1995) traduit mieux la réalité terrain. La liste floristique est relativement pauvre, ce qui est normal, car nous sommes en présence d'un faciès pré saharien (Sud-Constantinois) ; la diversité calculée par l'équitabilité est faible car les recouvrements des espèces sont très différents. Néanmoins, l'équitabilité trouvée semble légèrement sous estimée, car comme le montre la richesse floristique globale, le nombre total d'espèces, est loin d'être négligeable (surtout en bonne année) et les indices ainsi trouvés semblent légèrement sous estimés.

Le tableau montre les limites de l'indice de SHANNON qui semble plus tenir compte de l'équi-répartition des espèces, que de la richesse floristique globale. Il apparaît donc que cet indice montre quelques limites d'applications au niveau des zones arides et ne semble pas très pertinent pour expliquer la diversité floristique dans les cas extrêmes.

En définitive, les unités salines sont pauvres du point de vue floristique, ce qui normalement devrait se traduire par de faibles indices, mais ceux calculés par la formule de SHANNON sont assez élevés et semblent surestimer la diversité réelle. Ils traduiraient néanmoins, une plus grande structuration de nos faciès.

CHAPITRE IV : ETUDE FONCTIONNELLE DE *SALSOLA VERMICULATA* (PHYTOMASSE ET TENEUR EN ELEMENTS MINERAUX)

1. LES METHODES D'ETUDES

1.1 Méthodes de mesure et d'évaluation de la phytomasse

La phytomasse est la quantité de matière végétale vivante ou morte (nécromasse) au moment de l'observation. Elle est définie comme étant la quantité d'énergie stockée à un moment donnée (FLORET et PONTANIER, 1982).

Deux approches méthodologiques sont utilisées pour évaluer la phytomasse :

- La méthode directe est une méthode qui est dite destructive. Elle a été utilisée dans la végétation steppique par divers auteurs citons : JOFFRE, (1978) ; LE HOUEROU, (1980, 1985, 1992) ; FLORET et PONTANIER, (1982) ; WAECHTER, (1982) ; AIDOUD (1983, 1989) ; AIDOUD et *al* (1982) ; MELZI (1986) ; NEDJRAOUI (1990) et BOUGHANI (1995). Elle consiste à couper toute la végétation dans les placettes d'échantillonnage. C'est une méthode rigoureuse et précise. Toutefois, elle a l'inconvénient d'être destructive et laborieuse.
- La méthode indirecte (non destructive) est aussi connue sous le nom de méthode allométrique ou méthode de corrélation (GOUNOT, 1969 ; FLORET et PONTANIER, 1982 ; AIDOUD, 1983, 1989). Elle utilise les relations entre la phytomasse et les mesures de paramètres tels la densité, le diamètre et la hauteur des individus, le recouvrement, la contribution de l'espèce au tapis végétal (DAGET et POISSONET, 1971). L'intensité de la relation peut être évaluée par le coefficient de corrélation et sa formalisation établie par les régressions simples ou multiples entre les grandeurs considérées. Ces dernières sont représentées par des abaques qui, lorsque la relation est suffisamment précise peuvent servir à évaluer la phytomasse. C'est une méthode rapide et peu coûteuse.

1. 1. 1 Principes et techniques

Dans le présent travail, seule l'espèce *Salsola vermiculata* est concernée par ces mesures en vue de mettre en relation le poids de la touffe avec son diamètre et sa hauteur. Pour cela, des touffes de *Salsola vermiculata* sont coupées au ras du sol sur toute la surface de la placette délimitée par une corde puis pesées dans des sachets préalablement tarés. Les mesures ont été effectuées en mai 1997.

Au laboratoire, un tri est effectué sur des échantillons afin de séparer les parties vertes des parties ligneuses. Chaque partie du végétal est ensuite séchée dans une étuve à 65 °C jusqu'à poids constant. La phytomasse est exprimée en kilogramme de matière sèche par hectare (Kg Ms ha⁻¹).

1.1. 2 La surface minimale d'échantillonnage

La surface minimale quantitative d'échantillonnage pour les mesures de la phytomasse a été déterminée sur une série de mesures effectuées en mai 1997. Le principe consiste à mesurer la phytomasse dans des carrés de surfaces croissantes (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 et 128 m²). Les carrés ont été choisis au hasard sur le terrain. La phytomasse est ensuite rapportée à l'hectare, les résultats sont représentés dans les tableaux 39 et 40.

L'analyse des variances sur l'ensemble des valeurs a montré des différences significatives entre les surfaces, excepté les deux dernières surfaces pour lesquelles les variances et les moyennes sont homogènes et nous pouvons considérer que l'aire minimale est stabilisée.

Sur les graphes (figures 22 et 23) sont représentées les variations de l'erreur standard ($S \bar{x}$) exprimées en pour-cent de la moyenne par rapport à la surface. Ceci nous a permis de retenir des surfaces minimales d'échantillonnage de la phytomasse. L'aire minimale se stabilise à 32 m² et 64 m² suivant les sites. Nous avons retenu cette surface de 32 m² comme surface élémentaire d'échantillonnage de la phytomasse de *Salsola vermiculata* dans le site 2 et 64 m² dans le site 3 ; car nous remarquons que la phytomasse présente de faibles fluctuations entre les surfaces de 16 m² et 32 m² pour le site 2 et de 32 m² et 64 m² pour le site 3. Le site 1 n'a pas fait l'objet de mesure de l'aire minimale car le recouvrement de la végétation est très faible et l'espèce n'était pas à son optimum écologique.

Tableau. 39. Variations de la phytomasse du site 2 en fonction de la surface échantillonnée.

Surface échantillonnée (m ²)	1	2	4	8	16	32	64
Phytomasse (Kg Ms ha ⁻¹)	2000	1250	256	350	470	673	730
	2400	2100	684	674	877	788	839
	300	1250	404	574	1037	785	809
	1850	1350	1350	524	540	893	642
	800	450	706	662	1040	1042	834
	2200	1200	662	712	530	576	731
	200	350	362	924	749	673	839
	600	350	718	700	1037	612	442
	00	975	981	775	1109	640	640
	900	650	1099	1285	975	1029	1040
\bar{x}	1125	993	722	718	836	771	755
S \bar{x}	901	555	343	251	245	168	160
S \bar{x} (%)	80	55	47	35	29	22	21

\bar{x} : phytomasse moyenne en kilogrammes de matière sèche par hectare.

S \bar{x} : erreur standard.

S \bar{x} (%) : erreur standard relative en pour-cent de la moyenne.

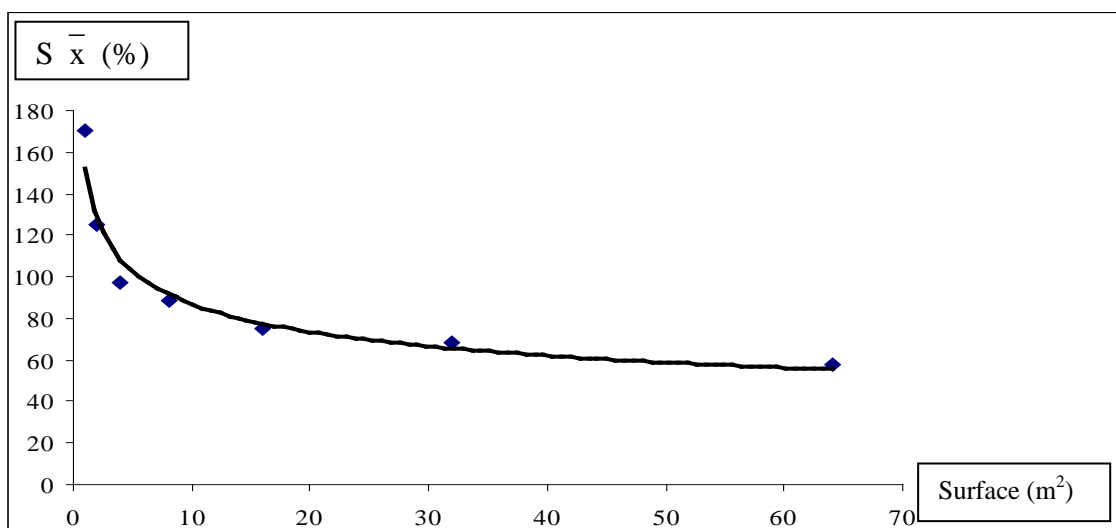


Fig.22. Relation entre la variabilité de la phytomasse (exprimée par l'erreur standard) et la surface échantillonnée du site 2.

Tableau 40. Variations de la phytomasse du site 3 en fonction de la surface échantillonnée.

Surface échantillonnée (m ²)	1	2	4	8	16	32	64	128
Phytomasse (Kg Ms ha ⁻¹)	0	0	430	50	780	250	50	200
	17	30	10	120	430	120	700	350
	15	250	05	600	310	550	800	750
	125	1000	900	270	400	150	1000	1000
	1000	00	700	180	310	225	900	650
	25	750	300	130	30	150	220	625
	250	50	600	100	120	600	700	350
	05	00	1050	70	870	750	650	50
	450	870	10	500	310	250	80	100
00	220	50	100	90	800	750	600	
\bar{x}	188	317	405	212	365	384	585	567
S \bar{x}	320	398	393	189	276	262	341	335
S \bar{x} (%)	170	125	97	89	75	68	58	59

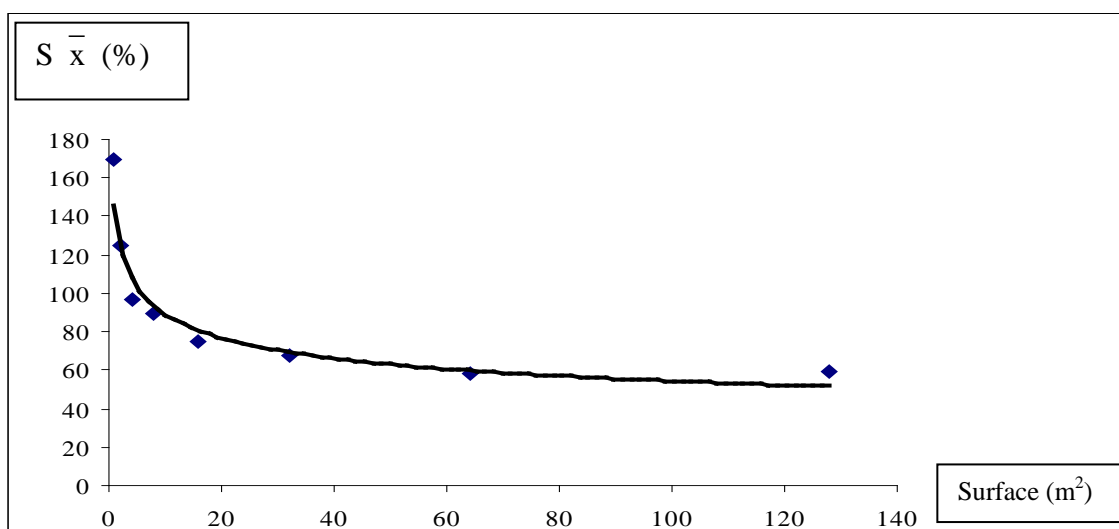


Fig.23 Relation entre la variabilité de la phytomasse (exprimée par l'erreur standard) et la surface échantillonnée du site 3.

1. 2 Les paramètres de structure de la végétation

1. 2. 1 Le recouvrement de la végétation

L'évaluation du recouvrement global de la végétation donne une information sur l'état actuel de la végétation et de son évolution dans le temps.

La méthode utilisée est celle du relevé linéaire appelée encore la technique des "points quadrats". Cette technique est décrite par de nombreux auteurs (GOUNOT, 1969 ; DAGET et POISSONET, 1969, 1971, 1974 ; LONG et *al*, 1970). Cette technique est bien adaptée aux écosystèmes steppiques pour caractériser la distribution spatiale de la végétation (C.R.B.T, 1978 ; AIDOUD, 1983 ; MELZI, 1986 et NEDJRAOUI, 1990).

L'étude est réalisée à l'aide de relevés effectués par points (matérialisés par une aiguille), tous les 10 cm le long d'un ruban gradué de 20 m tendu au-dessus de la végétation.

Les informations notées sont les suivantes :

- Le nombre de lecture qui est de 200 points pour les steppes algériennes (AIDOUD, 1983), il est de 50 points espacés de 4 cm sur pelouse ou prairie des zones tempérées (DAGET et POISSONET, 1971).
- le nombre de points sans végétation,
- le nombre de points où l'espèce *i* à été notée,
- le nombre de points où un élément de la surface du sol a été noté.

1. 2. 2 Les fréquences spécifiques

La fréquence d'une espèce (F_{Si}) est le rapport exprimé en pourcentage du nombre n_i de fois où elle a été rencontrée le long de la ligne, au nombre total de points échantillonnés.

$$F_{Si} (\%) = \frac{n_i \cdot 100}{N}$$

Où :

N est le nombre de points de lecture,

n_i est le nombre de points où une espèce *i* à été notée.

Toutes ces informations nous permettent d'évaluer le recouvrement global de la végétation, les fréquences spécifiques et les contributions spécifiques des espèces.

1. 2. 3 Les contributions spécifiques

La contribution spécifique (Csi) d'une espèce *i* au tapis végétal, est définie comme le rapport de sa fréquence spécifique (Fsi) à la somme des fréquences spécifiques de toutes les espèces recensées sur des points de lectures le long d'une ligne (DAGET, POISSONET, 1969, 1974).

1. 2. 4 La densité d'une espèce

La densité est le rapport entre le nombre d'individus d'une espèce et la surface sur laquelle ils sont répartis. D'après DUVIGNEAUD (1974), elle peut être corrélée à la phytomasse. Les mesures ont été réalisées pendant la campagne d'échantillonnage du printemps 1997. Les mesures de phytomasse et de densité ont été faites sur 30 placettes de 4 m² dans 2 sites de prélèvement. L'échantillonnage a été réalisé dans un faciès pur à *Salsola vermiculata*, l'espèce n'était pas à son optimum de développement sur le plan phénologique. Le principe de la mesure en vue d'établir cette relation consiste à dénombrer les individus, à les couper au ras du sol et les peser.

1. 3 Les paramètres de dimension

1. 3. 1 La hauteur et le diamètre des individus

Les mesures ont porté sur 20 individus de *Salsola vermiculata* pris au hasard dans chaque site de prélèvement. Pour chaque individu, nous avons noté la hauteur maximale de la touffe, le plus grand diamètre de la couronne, le diamètre perpendiculaire, ensuite la moyenne de ses deux mesures est notée en centimètres. La touffe de *Salsola vermiculata* est ensuite coupée au ras du sol et pesée, le poids est exprimé en grammes.

1. 4 Teneurs en éléments biogènes de *Salsola vermiculata* en relation avec la salinité

Les espèces végétales constituent des indicateurs des facteurs chimiques du milieu et leur teneur en éléments nutritifs sont en rapport avec les concentrations des éléments du sol.

La plante puise ses éléments minéraux dans le sol. Ces éléments sont transportés dans les différents organes de la plante sous forme de sève brute. Ils peuvent alors s'accumuler selon la nature de l'élément, de l'organe ou de l'espèce considérée, comme l'ont constaté DUVIGNEAUD et DENAEYER -DE - SMET (1970).

Dans les écosystèmes steppiques, peu d'études ont été réalisées dans le domaine de la composition chimique des espèces.

Dans ce chapitre nous allons étudier l'évolution de la teneur en éléments nutritifs de *Salsola vermiculata* dans les 3 sites en relation avec la salinité.

1. 4. 1 Rôle des différents éléments

Le choix de l'étude des six principaux macro éléments dans la plante a été fait en raison de leur importance du point de vue pondéral et de leur rôle dans la constitution de la plante.

Les méthodes de dosage classiques ont été utilisées.

- **L'azote (N)**

C'est un constituant fondamental de la plante, les teneurs élevées d'azote favorisent la croissance des parties aériennes ; elles provoquent une augmentation du cytoplasme par rapport aux membranes. Chez certaines plantes (riz, légumineuses) les graines peuvent servir de réserves azotées (HELLER, 1981).

- **Le phosphore (P)**

Son rôle est important dans le métabolisme. Il participe aux réactions initiales et intermédiaires de la photosynthèse. Sous forme d'acide phosphorique, il participe aux réactions initiales et intermédiaires de la photosynthèse et aux transferts d'énergie en prenant les formes d'ATP et d'ADP. Les premières réactions de synthèse se font à partir d'un glucide phosphorylé : le ribulose diphosphate (HELLER, 1981).

- **Le potassium (K)**

Le potassium est un élément indispensable, nutritif et de synthèse. Il est considéré essentiellement comme un agent catalytique dans les réactions enzymatiques (transphosphorylations, formation de composés hydrocarbonés) (MAZLIAK, 1974).

Il intervient aussi dans la photogénèse, l'ouverture des stomates et la régulation osmotique (HELLER , 1981).

- **Le sodium (Na)**

Le sodium est présent chez tous les végétaux . Son rôle est peu connu. Il semblerait qu'il ait un rôle dans le maintien d'une pression osmotique suffisante et peut se substituer au potassium.

- **Le calcium (Ca)**

Le calcium intervient dans la migration des glucides et la neutralisation des acides organiques en excès dans la cellule (MAZLIAK, 1974). Il entrave l'action toxique de Na^+ , K^+ et Mg^{++} . Le calcium est un facteur important régissant les relations sol-plante. Il joue un rôle indirect mais prépondérant en modifiant les facteurs physico-chimiques du sol (capacité d'échange, pH, migration des colloïdes ou leur floculation).

- **Le magnésium (Mg)**

Le magnésium est un constituant permanent des végétaux. Il s'y trouve en combinaison organique dans la chlorophylle et diverses substances cellulaires (MALIAK, 1974). Il intervient dans l'assimilation du phosphore (HELLER, 1981).

1. 4. 2 Echantillonnage du matériel végétal en vue de l'étude de la composition chimique

Le matériel végétal a été récolté en mai 1997 lors de l'étude de la phytomasse dans les différents sites de prélèvement. Nous avons séparé 3 lots dans la plante:

- Les pousses annuelles entièrement vertes.

- les organes ligneux.
- Les racines.

1. 4. 3 Les méthodes d'analyses

Le matériel végétal a été récolté en mai 1997, lors de l'étude de la phytomasse dans les différents sites de prélèvement. Au laboratoire les échantillons sont triés pour l'analyse chimique. Les plantes sont d'abord séchées à l'étuve à 85 °C jusqu'à obtention d'un poids sec. Les échantillons sont réduits en poudre fine dans un broyeur muni de tamis à fines mailles (0,2 mm) et conservés dans des flacons à l'abri de la lumière et de la chaleur.

- La minéralisation nitroperchlorique (ABRAMSON et KHANE, 1948 *in* NEDJRAOUI, 1981) permet d'obtenir directement les éléments en solution .
 - Le sodium (Na) et le potassium (K) sont dosés au spectrophotomètre à flamme Eppendorf.
 - Le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) sont dosés au spectrophotomètre à absorption atomique Perkin Elmer.
 - La teneur en phosphore (P) est déterminée par colorimétrie en présence du réactif sulfomolybdique. Le colorimètre utilisé est un spectrophotomètre UV/Visible Phillips
 - La teneur en azote total (N) est déterminée par distillation après une minéralisation sulfurique suivant la méthode classique de Kjeldahl.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2. 1 Etude de la phytomasse

Les études portant sur la phytomasse de *Salsola vermiculata* sont rares. Les résultats disponibles dans la bibliographie concernant notamment la phytomasse sont fragmentaires (C.R.B.T, 1978 et BOUABDALLAH, 1992).

Dans le tableau 41 sont représentées les valeurs de phytomasse de *Salsola vermiculata* mesurées dans deux sites de prélèvement.

Ces valeurs sont des moyennes résultantes d'une série de mesures effectuées pendant l'année 1997. De plus, la phytomasse des parties ligneuses et vertes de la plante ont été

déterminées séparément. Ces mesures ont été effectuées sur des sites non protégés et qui sont donc accessibles au pâturage notamment pendant les périodes de disette.

Tableau 41. Phytomasse aérienne moyenne.

Sites de prélèvement	Phytomasse totale moyenne en Kg Ms ha ⁻¹	Phytomasse verte moyenne en Kg Ms ha ⁻¹	Phytomasse ligneuse moyenne en Kg Ms ha ⁻¹
Site 2	841.25 ± 311.56	206.27 ± 77.17	636.42 ± 235.41
Site 3	148.75 ± 56.37	36.60 ± 14.03	112.41 ± 42.33

L'examen du tableau 41 fait ressortir que dans les deux sites de prélèvement, *Salsola vermiculata* présente des valeurs de phytomasse totale très différentes. Dans le site 2 la phytomasse totale de *Salsola vermiculata* est beaucoup plus élevée (841.25 Kg Ms ha⁻¹) que dans le site 3 (148.75 Kg Ms ha⁻¹) avec une production de feuilles vertes beaucoup plus importante. Il semblerait qu'une trop forte salinité inhiberait la production de l'espèce.

Dans le tableau 42 sont reportées les proportions des différentes parties de la plantes par rapport à la phytomasse totale.

Tableau 42. Rapports des phytomasses des différentes parties de *Salsola vermiculata* à la phytomasse totale.

Sites de prélèvement	Phytomasse total en Kg Ms ha ⁻¹	Phytomasse des Parties vertes (%)	Phytomasse des parties ligneuses (%)
Site 2	841.25	24.54	75.65
Site 3	148.75	24.53	75.56

La plus grande proportion de la phytomasse est due à la partie ligneuse qui est sensiblement égale dans les 2 sites de prélèvement. Nos résultats concordent avec ceux obtenus par SALEM SOLIMAN (1993) dans une étude dans la région de Syrte (Libye) qui trouve pour *Salsola sieberi* des proportions de l'ordre de 75.42 % pour la partie ligneuse et 24.57 % pour la partie verte. Il en est de même pour *Salsola tetrandra* qui présente des proportions de l'ordre de 80 % pour la partie ligneuse et 20 % pour la partie verte. Ces résultats semblent être liés à la morphologie de l'espèce.

2. 1. 1 Cycle phénologique de *Salsola vermiculata*

LE FLOC'H (1969), définit la phénologie comme étant l'étude des relations entre la périodicité des phénomènes morphologiques et celle des variables écologiques actives et plus particulièrement les variables climatiques. Son étude nécessite selon AIDOUD (1983), un dispositif particulier selon le type biologique de l'espèce et son abondance. *Salsola vermiculata* fait partie des espèces qui ont un rythme saisonnier et par conséquent, le suivi du cycle phénologique doit être réalisé dans des carrés permanents. Nous n'avons pu installer ce dispositif en raison des conditions particulières de cette période. Le cycle de *Salsola vermiculata* a été établi d'après les observations effectuées durant les campagnes d'échantillonnage, et les informations données par QUEZEL et SANTA (1962 – 1963).

Les boutons floraux se forment de juin à juillet sur les rameaux du printemps précédent. La floraison s'étend de juin à octobre. La maturité des graines a lieu entre le début juin pour des floraisons précoces et décembre pour celles tardives. Celles-ci sont disséminées à partir de juin.

2. 1. 2 Variations saisonnières de la phytomasse aérienne

La figure 24 représente le cycle saisonnier de la phytomasse aérienne totale de *Salsola vermiculata* dans les sites de prélèvement.

Les fluctuations les plus importantes de la phytomasse aérienne totale sont enregistrées dans le site 2. Les valeurs maximales observées sur la courbe (fig.24) se situent en été et en automne dans les deux sites de prélèvement. Ces valeurs (tab.43) semblent correspondre à la phénologie de la plante: la croissance des feuilles vertes se situe en général en été et le début de la floraison en automne. Les valeurs minimales de la phytomasse sont dues au dessèchement des feuilles en hiver et au printemps.

Tableau 43. Evolution saisonnière de la phytomasse totale de *Salsola vermiculata*.

Année	1997			
Saisons	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Phytomasse totale (Kg Ms ha ⁻¹) du site 2	646	581	976	1162
Phytomasse totale (Kg Ms ha ⁻¹) du site 3	122	119	131	223

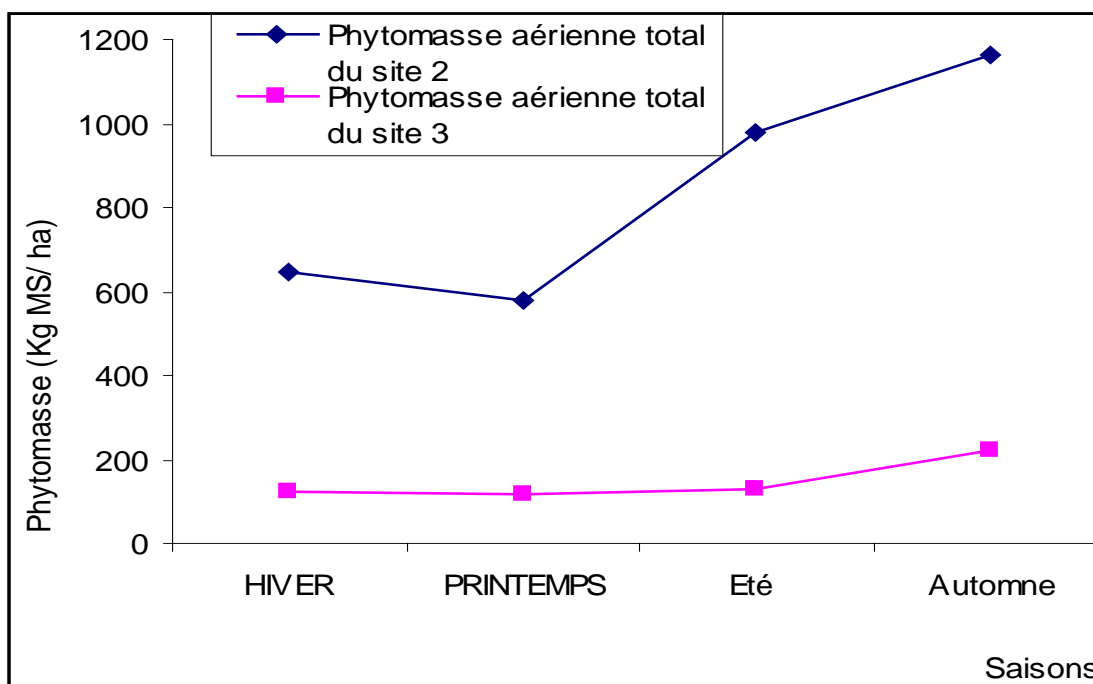


Fig.24. Variations saisonnières de la phytomasse totale dans les sites de prélèvement.

2. 1. 3 Relation entre la phytomasse aérienne et le recouvrement

Nous avons essayé d'établir des relations entre la phytomasse aérienne (P.A) de *Salsola vermiculata* et les paramètres de structure de la végétation, telles que, la fréquence spécifique (Fsi) et sa contribution spécifique (Csi) au tapis végétal.

Les facteurs de corrélations obtenus sont reportés dans le tableau 44. .

Tableau 44. Relations entre la phytomasse aérienne et les paramètres quantitatifs.

Sites de prélèvement	P. A / Fsi	P. A / Csi
Site 2	0.73	0.59
Site 3	0.60	0.40

Les relations entre la phytomasse aérienne et les paramètres de structure de *Salsola vermiculata*, ne sont pas très significatives. Ces résultats peuvent s'expliquer par la morphologie et la disposition spatiale très hétérogène que présentent les touffes de *Salsola vermiculata* et qui entraînent donc des variations beaucoup plus marquées pour la phytomasse que pour la fréquence et la contribution de l'espèce au tapis végétal. D'après ces résultats, il serait inadéquat d'appliquer la méthode indirecte pour l'évaluation de la phytomasse de *Salsola vermiculata* à partir de ces paramètres.

Dans le cas de l'alfa, dans le Sud Oranais, AIDOUD (1983) et NEDJRAOUI (1990) trouvent des corrélations hautement significatives entre la phytomasse, les fréquences spécifiques et les contributions spécifiques ($r = 0.95$ pour les fréquences spécifiques et $r = 0.94$ pour les contributions spécifiques) lorsque les faciès sont homogènes et peu dégradés. Pour la même espèce, les corrélations sont peu significatives dans les faciès présahariens ($r = 0.45$ pour les fréquences spécifiques et $r = 0.24$ pour les contributions spécifiques) dans lesquels la distribution de l'alfa est très hétérogène. Ceci recoupe nos résultats.

2. 1. 4 Relation entre la phytomasse et la densité de l'espèce

Les mesures prises sur les touffes de *Salsola vermiculata* ont donné les coefficients de corrélation exprimés dans le tableau 45.

Tableau 45. Relations entre la phytomasse et la densité de l'espèce.

Sites de prélèvement	Site 2	Site 3
Coefficient de corrélation	0.45	0.39

Les valeurs des coefficients de corrélation sont relativement faibles dans les 2 sites de prélèvement. Ceci est dû à la grande variabilité du poids de la touffe de *Salsola vermiculata*.

D'après nos mesures, une touffe de *Salsola vermiculata* peut peser de 50 g à 200 g dans le site 2 et de 150 g à 950 g dans le site 3. Le poids des individus varie dans une large amplitude et ne permet pas d'établir une bonne relation entre le nombre d'individus et le poids.

D'autre part, l'hétérogénéité spatiale est très importante. En effet, la distribution des touffes de *Salsola vermiculata* est aléatoire avec des formes très irrégulières et très hétérogènes ne permettant pas d'avoir une bonne corrélation entre la phytomasse et la densité.

AIDOUUD (1983) n'a pas trouvé de bonne corrélation entre la phytomasse et la densité de l'Alfa et du Sparte qui sont deux espèces graminéennes caractérisées par leur grande taille et leurs formes très irrégulières et très hétérogènes. Par contre, quand il s'agit d'une espèce chaméphytique telle que l'Armoise blanche, il trouve une meilleure corrélation en établissant des classes de tailles et dans des milieux homogènes (glacis avec un coefficient de corrélation $r = 0.92$ et dayas avec un coefficient de corrélation $r = 0.95$).

BOUGHANI (1995) dans le Sud Constantinois, n'a pu établir de bonne corrélation ($r = 0.49$) dans le cas des espèces chaméphytiques telles que *Hammada scoparia*, *schmittiana* et *Anabasis articulata*.

2.1. 5 Relations entre le poids total, le diamètre, la hauteur et le biovolume des touffes

La recherche de corrélations entre les différents paramètres mesurés, donne les résultats mentionnés dans le tableau 46.

touffes.

Site de prélèvement	SITE 1	SITE 2	SITE 3
Poids moyens (g)	98.36	101.58	343.30
Nombre de touffes	20	20	20
Diamètres moyens (cm)	21	29	56.50
Coefficient de corrélation	0.79	0.90	0.90
Hauteur moyenne (cm)	16.35	14.00	26.76
Coefficient de corrélation	0.30	0.69	0.58
Diamètre . hauteur (biovolume)	320	452	2058
Coefficient de corrélation	0.35	0.81	0.82

L'analyse des résultats du tableau 46 est illustrée dans la figure 25, montre que les coefficients de corrélation entre le diamètre et le poids sont très significatifs seulement dans les sites 2 et 3. Il semblerait donc, que dans ce type de milieu, on peut estimer la phytomasse de l'espèce à partir de la mesure du diamètre moyen de la couronne.

FLORET et PONTANIER (1982), dans une étude dans le Sud Tunisien portant sur des espèces chamaephytiques (*Artemisia herba-alba* et *Rhantherium suaveolens*), obtiennent de très bonnes corrélations entre le poids total et le diamètre ($r = 0.95$ et $r = 0.93$). Le port de ces deux espèces se rapproche de celui de *Salsola vermiculata*. Nos résultats sont donc conformes à ceux obtenus par ces auteurs.

AIDOUD (1983) dans le Sud Oranais trouve une très bonne corrélation entre le poids total et le diamètre des touffes de l'armoise blanche ($r = 0.85$).

BOUABDALLAH (1992) dans les chotts Zahrez gharbi, Zahrez chergui et le Hodna a établi des corrélations entre le poids frais et le diamètre au carré, il trouve des coefficients de variation très significatifs pour les espèces suivantes :

Salsola vermiculata : 0.94

Salsola tetrandra : 97.

Atriplex halimus : 0.85

En ce qui concerne la hauteur, les résultats sont moins probants car la croissance de *Salsola vermiculata* s'effectue surtout par les bourgeons latéraux. AIDOUD (1983) dans le cas de l'armoise blanche, trouve une corrélation relativement peu élevée entre le poids total et la hauteur ($r = 0.65$) et ceci s'expliquerait par la croissance de l'armoise qui s'effectue également

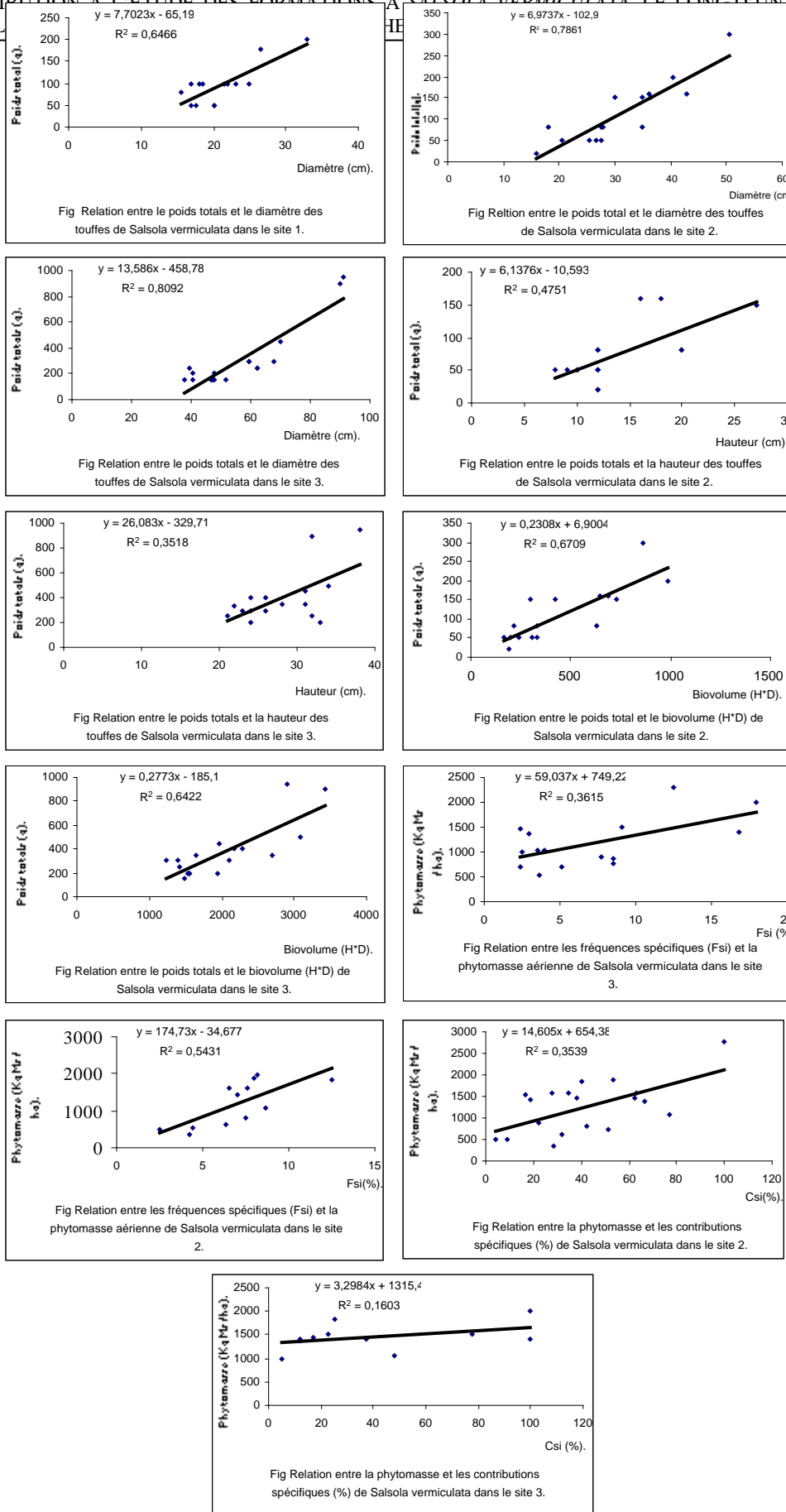
par les bourgeons latéraux. La croissance de ces espèces est beaucoup plus important au niveau du diamètre par rapport à la hauteur.

Nous avons également établi la liaison entre le poids des touffes et leurs biovolumes et nous remarquons que la corrélation est hautement significative dans les sites 2 et 3. En effet, si le poids d'une touffe est lié au diamètre ou à la hauteur, il le serait plus au produit des deux, c'est à dire le biovolume.

Sur d'autres espèces chamaephytiques en Tunisie présaharienne, FLORET et PONTANIER (1982) trouvent des corrélations hautement significatives :

Artemisia herba alba : $r = 0.96$.

Helianthemum lipii var intricatum : $r = 0.77$. Nos résultats concordent avec ceux obtenus par ces auteurs.



2. Fig. 25. Relations entre le poids total et le diamètre, la hauteur, le biovolume, les fréquences spécifiques et les contributions spécifiques des touffes dans les sites de prélèvement.

Sur la figure 26 et le tableau 47, nous avons essayé de mettre en relation les variations de la phytomasse saisonnière des parties vertes de *Salsola vermiculata* avec la pluviosité saisonnière.

Dans le site 2 (Fig.26) la phytomasse verte de *Salsola vermiculata* augmente régulièrement pendant toute l'année d'observation et atteint une valeur maximale en automne avec une phytomasse de l'ordre de 285.71 Kg Ms ha⁻¹. Nous remarquons un décalage entre l'augmentation de la pluviosité et celle de la phytomasse. Selon NEDJRAOUI (1990) ce décalage correspond au temps mis pour la constitution de réserves de l'eau du sol suffisantes pour provoquer un accroissement de la phytomasse. Après une diminution due à la sécheresse estivale, une reprise de la phytomasse a lieu en automne grâce à l'apparition des pluies automnales.

Dans le site 3 (fig.26) la phytomasse est relativement faible et stable pendant l'année d'observation avec une légère augmentation en automne. Ceci est en relation avec la quantité de pluie reçue.

Tableau 47. Phytomasses et pluviosités saisonnières.

Saisons	H	P	E	A
Phytomasse verte (Kg Ms ha⁻¹) du site 2	156.60	142.85	239.92	285.71
Phytomasse verte (Kg Ms ha⁻¹) du site 3	30.26	29.32	32.16	54.67
Pluviosité (mm) de l'année d'observation	24	30	06	08

H: hiver. P: printemps. E: été. A: automne.

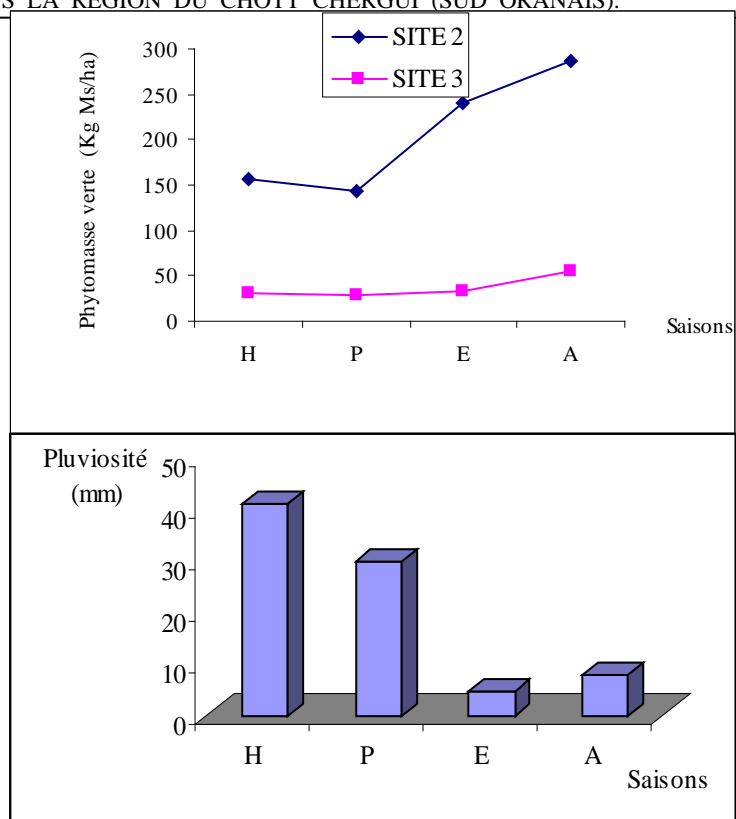


Figure 26. Variations saisonnières de la phytomasse en fonction de la pluviométrie saisonnière.

2. 2 Les éléments biogènes

2. 2. 1 Répartition des éléments biogènes dans les différents organes de *Salsola vermiculata*

Les résultats présentés dans le tableau 48 sont des valeurs moyennes issues d'une série d'analyses (quatre analyses par échantillon):

Tableau. 48. Teneurs moyennes en éléments biogènes (en g /100g) dans les différents organes

de *Salsola vermiculata*

a)- Site 1

Organes	N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	P
Partie verte	2.15 ± 0.14	0.25 ± 0.05	0.007 ± 0.003	0.76 ± 0.09	0.006 ± 0.001	0.14 ± 0.09
Partie ligneuse	0.49 ± 0.26	1.33 ± 0.10	0.23 ± 0.04	0.03 ± 0.04	0.01 ± 0.1	0.007 ± 0.004
Racines	0.72 ± 0.03	1.42 ± 0.35	0.28 ± 0.27	0.22 ± 0.03	0.08 ± 0.05	0.17 ± 0.03

b)- Site 2.

Organes	N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	P
Partie verte	2.70 ± 0.33	0.30 ± 0.24	0.01 ± 0.02	1.15 ± 0.03	0.004 ± 0.001	0.15 ± 0.07
Partie ligneuse	0.62 ± 0.17	2.66 ± 0.36	0.17 ± 0.10	0.04 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.007 ± 0.001
Racines	1.10 ± 0.09	1.16 ± 0.05	0.46 ± 0.07	0.26 ± 0.03	0.10 ± 0.16	0.15 ± 0.02

c)- Site 3.

Organes	N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	P
Partie verte	1.31 ± 0.06	0.20 ± 0.02	0.04 ± 0.02	1.00 ± 0.31	0.02 ± 0.008	0.12 ± 0.04
Partie ligneuse	0.38 ± 0.07	1.33 ± 0.09	0.37 ± 0.04	0.13 ± 0.05	0.04 ± 0.02	0.03 ± 0.02
Racines	0.35 ± 0.04	2.24 ± 0.03	0.24 ± 0.07	0.06 ± 0.03	0.18 ± 0.06	0.12 ± 0.04

L'examen du tableau 48 a,b,c conduit aux commentaires suivants:

La partie verte de *Salsola vermiculata* présente, en général et dans les trois sites, une importante concentration en éléments qui sont essentiels à sa croissance, tels que, l'azote, le phosphore et le potassium. Les parties ligneuses et les racines présentent des teneurs nettement plus faibles en ces éléments et sont plus riches par contre en calcium et magnésium. L'évolution du sodium varie en fonction de la nature de l'organe et des conditions stationnelles. L'ordre d'importance des éléments dans les différents organes est le suivant :

- Dans la partie verte. N > K > Ca > P > Mg > Na.
- Dans la partie ligneuse. Ca > N > Mg > K > Na > P
- les racines. Ca > N > Mg > K > P > Na

Il existe une différence entre les organes âgés où le calcium est l'élément de constitution le plus important, et les organes jeunes de la plante, dans lesquels l'azote et le potassium, éléments intervenant dans les processus de croissance, occupent les premiers rangs.

L'importance pondérale des éléments minéraux dans les différents organes de *Salsola vermiculata* est indépendante des sites de prélèvement. En effet, il apparaît, que les différences sont relativement peu significatives entre les teneurs des mêmes éléments dans les organes de *Salsola vermiculata* d'un site à l'autre. Ces résultats reflètent donc la spécificité biogéochimique de l'espèce considérée. La composition chimique reste une caractéristique qui est propre à l'espèce, et qui ne peut être influencée par celle de l'édaphotope (DUVIGNEAUD et DENAEYER-DE-SMET, 1970).

3. 2. 2 Influence des caractères stationnels sur les teneurs en éléments biogènes de *Salsola vermiculata*

Les teneurs en éléments minéraux du horizons de sol sont reportées pour chaque site de prélèvement dans les tableaux 49, 50 et 51. Nous avons considéré la couche 0 – 15 cm ou 0 – 40 cm suivant les sites car c'est dans cette couche que *Salsola vermiculata* condense son système racinaire. Les valeurs représentées dans ces tableaux sont les résultats obtenus pour la période mai 1997 et correspondent à celles obtenues pour la même période pour *Salsola vermiculata*.

Tableau. 49. Teneurs en élément minéraux du site 1 en g (%).

Profondeur (cm)	N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	P
-----------------	---	------------------	------------------	----------------	-----------------	---

0 – 15	0.90	06	1.04	0.41	0.35	0.30
---------------	------	----	------	------	------	------

Tableau 50. Teneur en élément minéraux du site 2 en g (%).

Profondeur (cm)	N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	P
0 – 40	0.20	09	0.52	1.11	0.76	0.40

Tableau 51. Teneur en éléments minéraux du site 3 en g (%).

Profondeur (cm)	N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	P
0 - 40	0.20	14	1.25	1.29	6.20	0.20

Pour évaluer l'adaptation de *Salsola vermiculata* aux conditions édaphiques, notamment aux caractères chimiques du sol, nous avons calculé le rapport d'accumulation RA (DUVIGNEAUD et DENAEYER-DE-SMET, 1973). Ce rapport exprime l'accumulation d'un élément dans les différents organes de la plante en fonction de la concentration du même élément dans le sol (tab. 52).

$$RA = \frac{\text{teneur d'un élément dans la plante}}{\text{teneur dun même élément dans le sol}}$$

Tableau 52. Rapports d'accumulation d'éléments minéraux dans *Salsola vermiculata*.

Organes	N	P	K	Na	Ca	Mg
▪ Site 1						
Parties vertes	3.85	0.26	1.58	0.009	0.03	0.004

Parties sèches	0.78	0.01	0.18	0.07	0.16	0.22
Racines	1.19	0.44	0.34	0.14	0.17	0.23
▪ Site 2						
Parties vertes	3.78	0.26	0.69	0.002	0.03	0.03
Parties sèches	0.77	0.01	0.02	0.004	0.32	0.18
Racines	1.38	0.26	0.17	0.03	0.14	0.47
▪ Site 3						
Parties vertes	3.31	0.03	0.71	0.001	0.01	0.03
Parties sèches	0.88	0.009	0.18	0.006	0.10	0.18
Racines	1.00	0.03	0.03	0.01	0.17	0.10

Il semblerait que les caractéristiques chimiques du sol n'aient pas une grande influence sur l'accumulation des éléments biogènes dans les différents organes de *Salsola vermiculata*.

Il semblerait également qu'il y ait un phénomène d'exclusion du sodium en excès dans le sol par l'espèce dans le troisième site. En effet, la teneur en sodium dans les organes de *Salsola* qui se trouve au milieu du Chott, contrairement à toute attente, présente des valeurs très faibles.

Les résultats obtenus ne permettent pas de tirer des conclusions définitives. Une étude écophysiological approfondie et portant notamment sur le potentiel osmotique pourrait confirmer les résultats obtenus.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail nous nous devons de résumer nos principales conclusions, et poser les perspectives de recherches.

La zone d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen aride au sens large avec un bioclimat thermo-méditerranéen atténué.

Les sols halomorphes sont caractérisés par la présence de constituants particuliers que sont les sels solubles. L'étude de la salinité a été perçue à travers le concept du profil salin. Il constitue une séquence verticale d'informations traduisant la distribution qualitative et quantitative des sels dans le profil pédologique ainsi que leur tendance évolutive.

L'étude de la conductivité électrique (C.E), à l'échelle du profil, montre que ce paramètre augmente avec la profondeur dans les différents sites de prélèvement, représentant un gradient de salinité croissante. Ceci met en évidence l'existence d'un seul type de profil salin à savoir le type D. L'étude pédologique de la salinité implique des mesures saisonnières permettant de fixer les fourchettes de variations des caractères de la salinité et de confirmer l'existence d'un seul type de profil salin de type descendant à savoir le type D. Cette caractéristique est permanente pendant toute la période d'observation dans les différents sites de prélèvement. Le profil salin est de type descendant et la salinité augmente toujours avec la profondeur.

Dans la seconde partie, à la notion de profil salin global sont venues s'ajouter celles des profils des ions. Les résultats obtenus suggèrent que les facteurs de désalinisation sont importants qu'il s'agisse aussi bien de facteurs naturels qu'artificiels.

Du point de vue floristique, l'étude comparative de la végétation dans les 3 sites a montré que le pourcentage d'espèces halophiles sur le total des espèces augmente d'un site à l'autre montrant une corrélation avec le gradient de salinité. Le taux d'espèces halophiles vivaces est également un paramètre intéressant car il tient compte des espèces pérennes traduisant fidèlement les conditions du milieu. Il est remarquable que ces deux paramètres présentent des courbes similaires.

Les indices de similitudes sont en accord avec un accroissement du gradient de salinité. Les sites 1 et 2 peu salins sont ainsi plus liés que les sites 2 et 3 et ce, quel que soit l'indice retenu. En effet, le site 3 nettement plus salé montre peu d'affinité avec les deux premiers sites sur le plan de la floristique.

Les indices de diversité retenus sont la richesse floristique et l'indice de Shannon. Le deuxième indice est à priori plus élaboré car il tient compte en plus de la richesse floristique, de la répartition des espèces. Il est de ce fait de plus en plus utilisé. Les résultats obtenus montrent que, contre toute attente, le site le plus salé est ici le plus riche en espèces. Cela tient

compte à la spécificité écologique de ce site formé de la juxtaposition de deux éléments, sableux sur buttes et salin sur micro-dépressions. L'indice de Shannon tient davantage compte de la régularité de la distribution d'espèces que de leur richesse. Il montre une équitabilité très élevée de 0.98.

- L'aspect fonctionnel de *Salsola vermiculata* a été abordé à travers l'étude de sa phytomasse dans deux sites de prélèvement et de sa composition minérale.

La phytomasse a été évaluée par des méthodes allométriques "non destructives" utilisant des corrélations avec les paramètres quantitatifs de structures ou de dimension.

Les corrélations obtenues entre le poids et le diamètre des individus sont hautement significatives ($r = 0.79$ dans le site 1, $r = 0.90$ dans le site 2 et $r = 0.90$ dans le site 3).

En ce qui concerne la hauteur, les résultats sont moins probants car la croissance de *Salsola vermiculata* s'effectue surtout par les bourgeons latéraux.

Les paramètres de structure, fréquence et contribution spécifique donnent des résultats moins significatifs ($r = 0.73$ et 0.59 dans le site 2 et $r = 0.60$ et 0.40 dans le site 3).

La phytomasse aérienne présente une importante variabilité en fonction des sites de prélèvement. Elle est très importante dans le site 2 qui est moyennement salé (841.25 ± 311.25 Kg Ms ha⁻¹), par contre elle est faible dans le site 3 qui est fortement salé (148.75 ± 56.37 Kg Ms ha⁻¹). Cependant, la plus grande partie de cette phytomasse correspond aux parties ligneuses de la plante (75.42 % dans le site 2 et 75.45 % dans le site 3).

Deux pics de phytomasse sont observés l'un est estival, le second automnal.

Les teneurs en éléments biogènes de *Salsola vermiculata*, montrent peu de variations liées aux conditions stationnelles, notamment dans les sites 1 et 2. Ces résultats reflètent la spécificité biogéochimique de *Salsola vermiculata*.

Cependant, le rapport d'accumulation, qui exprime l'accumulation d'un élément dans une plante par rapport à la concentration du même élément dans le sol (DUVIGNEAUD et DENAYER –DE- SMET, 1973), n'a pas donné les résultats escomptés. Des études ultérieures, sur une durée plus importante, pourraient apporter plus de précisions sur l'accumulation des éléments dans les différents organes de l'espèce en fonction des conditions environnementales.

Au terme de cette étude, il semblerait que le site 2, caractérisé par une salinité moyenne, soit le site de développement optimal de l'espèce. *Salsola vermiculata* aurait des tendances halophiles. Elle trouverait son lieu de prédilection dans des milieux moyennement salés.

Cependant, une trop forte concentration en sels inhiberait sa croissance et elle se défend en s'installant sur des buttes de sol pour fuir une salinité extrême.

Ce travail mérite d'être approfondi et complété en prenant en considération les autres paramètres du sol, l'eau, l'influence de la nappe ainsi que les conséquences éventuelles sur la végétation et son adaptation physiologique à ces conditions particulières du milieu. Cela permettra une meilleure compréhension des mécanismes de fonctionnement de l'écosystème. Dans ce cadre, il serait également judicieux de compléter cette étude par une détermination de la production et des valeurs pastorales de ces types de faciès.

Sur le plan anatomique, il serait intéressant d'entreprendre une étude histo-anatomique de *Salsola vermiculata* pour tenter d'expliquer les changements qui s'observent sur l'espèce soumise à différentes concentrations de NaCl. Il serait également intéressant et utile d'entreprendre des études caryologiques pour vérifier l'éventuelle existence d'un écotype résistant à la salinité et de procéder à la sélection de cet écotype pour repeupler les terres qui subissent actuellement une dégradation importante suite à la remontée des sels.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(citées dans le texte)

ABDELKRIM H . , 1984. - Approche phytoécologique et phytosociologique de quelques nappes alfatières de la région de Djelfa et Tébessa. Thèse Magister, Int. Nat. Agron. Alger, 128 p.

ACHOUR H . , 1983. - Etude phytoécologique des formations à Alfa (*Stipa tenacissima*) du Sud Oranais, Wilaya de Saida. Thèse. Doct 3^{ème} Cycle. Univ. Sci. Technol. H. Boumediène. Alger. 216 p + ann. et tabl. h.t.

AIDOU A . , 1983. - Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud Oranais. Biomasse, productivité primaire et application pastorale. Thèse. 3^{ème} Cycle. Univ. Sci. Technol. H. Boumediène. Alger. 253 p.+ann.

AIDOU F . , 1984. - Contribution à la connaissance des groupements à Sparte (*Lygeum Spartum L.*) des Hauts Plateaux Sud Oranais. Etude phytoécologique et syntaxonomique. Thèse. Doct. 3^{ème} Cycle. Univ. Sci. Technol. H. Boumediene, Alger, 253 p + ann.

AIDOU A . , 1989. - Contribution à l'étude des écosystème steppiques pâturés des Hautes Plaines Algéro-Oranaises. Fonctionnement, évaluation et évolution des ressources végétales. Thèse Doct., Uni. Sci. Techn. H. Boumediène. Alger. 240 p..

AIDOU A . , NEDJRAOUI D . , DJEBAILLI S . , POISSONET P . , 1982. - Evolution des ressources pastorales dans les hautes plaines steppiques du Sud Oranais : productivité et valeurs pastorales des parcours. *Biocénoses* (2)., 43 – 61.

ARONSON J . , LE FLOC'H E . , 1995. - Ecologie de Restauration. Définition de quelques concepts de base *in nature – science – sociétés.* , hors série : 29-35.

BAGNOULS F . , GAUSSEN H . , 1953. - Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat.* Toulouse., 88, 193 – 239.

BAGNOULS F . , GAUSSEN H . , 1957. - Les climats biologiques et leur classification. *Ann. Géogr.* Fr. L XVI., 335, 193 – 220.

BALDY Ch . , 1965. - Climatologie de la Tunisie centrale. *F.A.O./U.N.D.P.* Tun. 8, I 84 p., II. Atlas 20, cartes couleurs 1/100 000, III Annexes.

BARRY J P. , CELLES J C. , FAUREL L. , 1974. - Carte international du tapis végétal et des conditions écologiques au 1/100 000 feuille d'Alger, *Mem. Soc. Hist. Nat ; Afr.Nord*, Alger.

BELKHODJA K . , 1972. - Origine, évolution et caractères de la salinité dans les sols de la plaine de Kairouan (Tunisie centrale). Contribution à l'étude de leur mise en valeur. *Sols de Tunisie* n°4, 105 p.

BENABADJI N . , MERZOUK A . , 1998. – Quelques aspects bioclimatiques et physiologiques des formations à *Salsola vermiculata* L. au sud –ouest d'El – Aricha. *In* : Séminaire international sur la Biodiversité. DGE. Alger

BOULAIN J . , 1957. - Etude des sols des plaines du Chéelif. Thèse Doct. Etat, Univ. Alger, 582 p.

BOUABDALLAH E . , 1988. - Structure et production de quelques communautés végétales halophiles des hautes plaines sud algéroises. *Collogue, phytosociologiques et pastoralisme.* - Paris. 609-617

BOUABDALLAH E . , 1992. - La végétation steppique sur sols salés des Hautes Plaines Sud Algéroises. Composition, structure et production. Thèse. Doc. Uni. Paris sud., 200 p.

BOUGHANI A . , 1995. - Contribution à l'étude de la flore et des formations végétales au Sud des Monts du Zab (Ouled Djellal, Wilaya de Biskra) : Phytomasse, application cartographique et aménagement. Thèse. Mag. Uni. Sci. Tech. H. Boumedienne. Alger. 226 p + ann.

BOUKLATA S . , KHOUCHANE S . , 1997. - Etude morpho-histo-anatomique de trois espèces des dunes maritimes: *Ononis variegata*, *Helichrysum stoechas*, *Salsola kali* et étude comparative de *Salsola vermiculata*, espèce xérophile. Thèse Ing. , Uni. Sci. Tech. H. Boumédiene. Alger, 51 p.

BOUZENOUNE A . , 1984. - Etude phytogéographique et phytosociologique des

groupements végétaux du Sud Oranais . Thèse Doct. 3^{ème} cycle,
Univ. Sci. Technol. H. Boumediène, Alger, 255 p + ann.

CELLES J C . , 1975. - Contribution à l'étude de la végétation des confins Saharo-Constantinois (Algérie). Thèse Doc. Univ. Nice. 336 p + ann.

CHERBUY B . , 1991. – Les sols salés et leur réhabilitation. Etude bibliographique, E.N.S.A. Rennes, 124 p.

CHEVERY C . , ROBERT M . , 1993. - Salures des sols maghrébins: influence sur les propriétés physico-chimique des sols. Répercussions des modifications de ses dernières sur la fertilité notamment azotée des sols. ENSA, Rennes, 59 p.

CHEVERRY C . , 1995. - Comportement des plantes en milieu salé. *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France*. Vol. 81, n° 2, 42 – 46.

CONRAD G . , 1969. – L'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algérien. – C.N.R.S, C.R.Z.A, Paris 527 p.

CORNET A . , et al . , 1951 - 1952. – Carte géologique de l'Algérie. Ech. 1/ 500.000. Alger. Gouvernement Général de l'Algérie, direction du commerce, de l'énergie et de l'industrie. Service de la carte géologique.

C.R.B.T . , 1978. - Rapport phytoécologique et pastoral sur les Hautes Plaines steppiques de la Wilaya de Saida. CRBT, Alger, 256 p + ann + cartes.

DAGET Ph . , 1968. – Etude du climat local en région de moyenne montagne. Thèse Doct. Ing . , Univ. Sci. Techn. Languedoc, Montpellier, 186 p.

DAGET Ph . , 1980. - Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative (cas des thérophytes). *In* : Recherches d'écologie théoriques : les stratégies adaptatives. Paris 89 – 114.

DAGET Ph . , POISSONNET J . , 1969. - Analyse phyto-écologique des prairies, applications agronomiques. *Doc. N° 48. C.N.R.S./ C.E.P.E.*, 85 - 100.

- DAGET Ph . , POISSONET J . , 1971.** - Une méthode d'analyse phytologique des Prairies. *Ann. Agron.* , 22 (1), 5 – 41.
- DAGET Ph . , POISSONET J . , 1974.** - Quelques résultats sur les méthodes d'études phyto-écologiques, la structure, la dynamique et la typologie des prairies permanentes. *Fourrages*, 59, 71- 81.
- DAGET Ph . , AHDALI . , DAVID P . , 1988.** - Le bioclimat méditerranéen et ses modalités dans les pays arabes. *Biocénoses* 3. 73 – 93.
- DEBOODT M . , 1993.** - Sécheresse et salinisation des terres de culture: une nouvelle approche. *In : désertification et aménagement . Cours des séminaires 1993 Médenine (Tunisie)- Agadir (Maroc).* 121-131.
- DIALLO N . , QUEIROZ . , CLARET C 1983.** - Effet du chlorure de sodium sur le métabolisme carboné de *Cakile maritima* et *Kalanchoe blossfeldina*. *Physiol végét.* 21 (4), 621-632.
- DJEBAILI S . , 1970.** - Etude phytoécologique des parcours de Tadmit (Algérie). *Bull. Soc. Hist Nat. Afr. Nord.* 61, 3 – 4, Alger, 175 - 226.
- DJEBAILI S . , 1978.** - Recherches phytosociologiques et écologiques sur la végétation des Hautes Plaines steppiques et de l'Atlas Saharien algérien. Thèse Doct. , Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier, 229 p + ann.
- DJELLOULI Y . , 1990.** - Flore et climat en Algérie Septentrionale : Déterminismes climatiques des espèces. Thèse. Doc. Uni. Sci. Tech. H. Boumediene. 262 p.
- DJELLOULI Y . , DJEBAILI S . , 1984.** - Synthèse des relations flore –climat en zone aride: cas de la Wilaya de Saida. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 181, Actual. Bot. 2, 3, 4: 249 – 264.

DJELLOULI Y. , DJEBAILI S. , 1989. - Les steppes pâturées des Hauts Plateaux algérien. *In : fourrages* n° 120, 393 - 400.

DOMMERGUES Y. , MANGENOT F. , 1970. - Ecologie microbienne du sol. Paris *Masson*, 783 p.

DUBIEF J. , 1959 - 1963. – Le climat du Sahara. *Inst. Rech. Sahara, mém. Inst. Rech. Sahr. Alger*, 2 tomes, 314 p + 275 p.

DUCHAUFOR Ph. , 1970. - Pédologie : Constitutions et propriétés du sol. Paris, *Masson*, 459 p.

DUCHAUFOR Ph. , 1977. – Pédologie. Tome I: pédogenèse et classification. Paris, *Masson* . 477 p, fig, tabl.

DURAND J H. , 1954. - Les sols d'Algérie. Direction de l'hydraulique. Services des études Scientifiques. *Pédologie* n°2, Alger, 244 p.

DUVIGNEAUD P. , DENAEYER- DE- SMET S 1970. - Phytogéochimie des groupes écosociologiques forestiers de haute Belgique. Essai de classification phytochimique des espèces herbacées. *Oecol. Plant.* , 5, (1), 1 - 32.

DUVIGNEAUD P. , DENAEYER- DE- SMET S 1973. - Considération sur l'écologie de la nutrition minéral des tapis végétaux naturels. *Oecol, plant.* , 219 - 246.

DUVIGNEAUD P. , 1974. - Synthèse "écologique, populations, communautés, écosystèmes, " Biosphère ". *Doin*. Paris. 296 p.

EMBERGER L. , 1930. - La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.*, 42, 641 – 662.

EMBERGER L. , 1955. – Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Bot.*. Montpellier, 7, 3-43.

EMBERGER L. , 1971 a. - Considérations complémentaires au sujet des recherches

bioclimatologiques, phytogéographiques et écologiques. *In* : EMBERGER, 1971
b : 291 – 301.

FLORET C . , PONTANIER R . , 1982. - L'aridité en Tunisie présaharienne: climat, sol, végétation et aménagement. Thèse Doct. , Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier, 580 p.

GOUNOT M . , 1969. - Méthodes d'études quantitatives de la végétation. *Masson et Cie.* Paris. 314 p.

GREENWAY H . , 1965. - Plant responses to saline substrates. VII Growth and ion uptake through out plant development in two varieties of *Hordeum vulgare*. *Austr. J. Biol. Soc.* 18, 763-799.

HALITIM A . , 1973. - Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en valeur. Thèse Doct 3^{ème} Cycle. Univ. Rennes. 170 p.

HALITIM A . , 1988. - Sols des régions arides d'Algérie *éd. O.P.U* Alger, 384 p

HAMZA M . , 1978. - Influence des conditions climatiques et du régime du Nacl du milieu sur les limites de tolérance d'une espèce résistante *Hedyrasum carnosum* Desf. *Soc. Bot. Fr Actualités botaniques*, n° 3-4, 45-51.

HAMZA M . , 1980. - Réponse des végétaux à la salinité. *Physiol. Végé.* , 18 (1), 69 – 81.

HAYWARD H E . , LONG E M . , 1943. - Some effects of sodium salts on the growth of the tomato. *Plant physiol .*, 18, 556-568.

HELLER R . , 1981. - Abrégé de physiologie végétale, nutrition. Tome I. *Edit. Masson.* Paris. 244 p.

HIRCHE A . , 1995. - Contribution à l'étude de l'apport de l'image satellitaire à l'inventaire cartographique et phytoécologique d'une zone pré-saharienne, cas de Ouled - Djellal. Thèse, Mag, Uni, Sci, Tech. H. Boumediene, 230 p.

HIRCHE A . , BOUGHANI A . , 2001. - Evolution de la pluviosité dans quelques stations arides. *In* : Sécheresse (à paraître).

IVANOVA E N . , ROSANOV A N . , 1939. - Classification of salinized soils. *Pedology* (U.S.S.R), 7 : 44 - 52.

JOFFRE L M . , 1978. - Note sur une méthode d'estimation de la phytomasse aérienne de l'espèce dominante en milieu steppique (région de Bir Lahmar. Gouvernorat de Médenine). Institut des Régions Arides de Tunisie et D.G.R.S.T. France, projet LAT. Tunisie. Rapport de stage., 16 p. Ronéo.

KADI-HANIFI H . , 1998. - L'Alfa en Algérie: Syntaxonomie, relation: milieu – Végétation , dynamique et perspectives d'avenirs. Thèse. Doc. Uni. Sci. Tech. H. Boumediene. 267 p.

KILLIAN C . , 1949. – La végétation autour du chott Hodna, indicatrice de possibilités culturales et son milieu édaphique. *Ann. Inst. Agric. Alger*, VII , (5), 1-80.

LE FLOC'H E . , 1969 - 1970. – Cartographie de la végétation et son écologie. *In* : *Atlas régional* du Languedoc Roussillon. 36 p.

LEGENDRE L . , LEGENDRE P . , 1979. - Ecologie numérique. 2. La structure des données écologiques. *Masson*. La presse de l'université du Quebec. 247 p.

LE HOUEROU H N . , 1969. - La végétation de la Tunisie steppique (avec référence au Maroc, à l'Algérie et à la Libye). *Ann. Ins. Nat. Rech. Agr.* Tunis, 42 (5) 624 p

LE HOUEROU H N . , 1975. Problèmes et potentialités des terres arides de l'Afrique du Nord. *Options Médit.* , 26 : 17-35. Paris.

LE HOUEROU H N . , 1980. - Fourrages ligneux en Afrique du nord. Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. Centre international pour l'élevage en Afrique. 8 - 12 Avril. Addis Abeba.

- LE HOUEROU H N . , 1985.** - La régénération des steppes algériennes en rapport de mission. M.A.P., 45 p.
- LE HOUEROU H N . , 1992.** - Relations entre la variabilité des précipitations et celle des productions primaire et secondaire en zone aride. *In* : l'aridité : une contrainte du développement, *O.R.S.T.O.M.* Paris. 196 - 220.
- LE HOUEROU H N . , 1995.** – Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. *Option méditerranéenne. C I H E A M – A C C T.* Série B : études et recherches. n° 10. 284 p + annexes.
- LE HOUEROU H N . , HOSTE S H . , 1977.** – Rangeland production and animal rangeland relations in the mediterranean basin and in african sahel-sudanian zone. *J. Range Management.* , 30 (3). , 181 - 189.
- LONG G . , et al. , 1970.** - Méthode d'analyse par points de la végétation prairiale dense. Comparaison avec d'autres méthodes. *Doc. N° 55, C.N.R.S./ C.E.P.E.* Montpellier., 32 p.
- MAZLIAK P. , 1974.** - Physiologie végétale, nutrition et métabolisme. Paris : *Hermann.*, 349 p
- MELZI S . , 1986.** - Approche phytoécologique du processus de la désertification dans un secteur pré-saharien : Messaad – Djelfa. Thèse. Mag. Uni. Sci. Tech. H. Boumediene. Alger 133 p.
- NEDJRAOUI D . , 1981.** - Evolution des éléments biogènes et valeurs nutritives des principaux faciès de végétation (*Artemisia herba alba*, *Lygeum spartum* et *Stipa tenacissima*) des Hautes Plaines steppiques de la Wilaya de Saida. Thèse. Doc. 3^{ème} Cycle. Univ. Sci.Technol. H. Boumediène. 156 p. +ann.

- NEDJRAOUI D . , 1990.** - Adaptation de l'Alfa (*Stipa tenacissima*) aux conditions stationnelles. Contribution à l'étude du fonctionnement de l'écosystème steppique. Thèse. Doc. Uni. Sci. Tech. H. Boumediène. 256 p.
- NEGRE R . , 1966.** – Les thérophytes. *Mém. Soc. Bot. Fr.* 92 – 108.
- OZENDA P . , 1977.** - Flore du Sahara. 2 è éd. C.N.R.S. Paris. 622 p.
- PEGUY Ch . , 1970.** - Précis de Climatologie. Paris. *Gauthier Villars*. 471 p.
- POLJAKOFF-MAYBER A . , GALE J . , 1975.** - Morphological and anatomical changes in plants as response to salinity stresses. Plant in saline environments. Ecological studies 15. *Spinger –Verlag, Berlin – Heidelberg, New York* 213 p.
- POUGET M . , 1973.** - Une manifestation particulière et méconnue de la salure dans les steppes du sud algérois : les plages de salures sur les glacis quaternaires à croûte calcaire. *Bull. Soc. Nat. Afr. Nord* 1 – 2 : 15 – 24.
- POUGET M . , 1980.** - Les relations sol – végétation dans les steppes sud algéroises. Doc. *O.R.S.T.O..M.* Paris. (Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille, 1979). 555 p.
- QUEZEL P . , SANTA S . , 1962 - 1963.** - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. 2 vol. C.N.R.S. Paris ; 1170 p.
- RICHARD M . , al . , 1954.** - Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, *Agricultural handbook*, n°60., 160 p.
- SALEM SOLIMAN A . , 1993.** - Recherches bioclimatique et phytoécologique en Libye. Relation climat - sol - végétation et aménagements sylvo-pastoraux dans quelques périmètres expérimentaux de la région de Syrte. Thèse 3^{ème} . Cycle. Univ. Droit. Eco. Sci. Aix Marseille. 160p.

- SAUVAGE Ch . , 1963.** - Le quotient pluviothermique d'EMBERGER, son utilisation et la représentation géographique de ses variations au Maroc. *Ann. Serv. Phys. Gl. Météorol.* de l'Inst. Sci. Chérif. , XX. 11-23 et 1 carte couleur.
- SELTZER J . , 1946.** - Le climat de l'Algérie. Carbonel. Alger, 219 p.
- SERVANT J . , 1970.** - Etude expérimentale de l'influence des conditions salines sur la perméabilité des sols. Conséquences pédologiques. *Science du sol*, n° 2 : 87-101.
- SERVANT J . , 1973.** - Le profil salin des sols. Méthodes d'études et signification. Application aux sols halomorphes du Midi de la France. *Ann. Agro.* , 24, 3 : 375 - 393.
- SERVANT J . , 1975.** - Contribution à l'étude pédologique des terrains halomorphes. L'exemple des sols salés du sud et sud ouest de la France. Thèse. Uni. Sci. Tech. Languedoc. 194 p + ann.
- SHAINBERG I . , 1975.** - Salinity of soils. Effects of salinity on the physics and chemistry of soils. *In : saline environments. Ed. Springer verlag*, Berlin, Heidelberg et New York 39 - 55.
- SOKAL R R . , MICHNER C D . , 1958 .** - A statistical method for evaluating systematic relationships. Univ. Kansas. *Sci. Bull.* 38 : 1409 - 1438.
- SORENSEN T . , 1948.** - A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skr.* 5 : 1 34.
- STEWART Ph . , 1969.** - Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique: quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord.* T. 59- 23-36, Alger.
- STROGONOV B P . , 1964.** - Physiological basic of salt tolerance. *Trad. Par isr, progr. For*

Scientific Translation. 279 p.

TRICART J . , 1954. – Une forme de relief climatique: les sebkhas. *Rev. Géomorph. Dyn.*,
5, pp. 97-101.

U.R.B.T. , 2000. - Suivi diachronique du processus de désertification “in situ” et par
télétection des Hautes Plaines steppiques du Sud Oranais. 76 p.

WAECHTER P . , 1982. - Etudes des relations entre les animaux domestiques et la
végétation dans la steppe du sud de la Tunisie. Thèse. Doc. Ing. Uni. Sci. Tech.
Languedoc, Montpellier., 293 p

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(consultées)

- AKRIMI N . , BEHAEGHE T . , NEFFATI M . , 1993.** - Etude de quelques caractéristiques germinatives des semences de *Salsola vermiculata* var. villosa (Delil). *Ecologia méditerranéa* XIX (3/4) . 61 – 69.
- AKRIMI N . , 1995.** - Circulation de l'eau dans la plante et adaptation de la plante à la sécheresse. *Med campus n°8*. Aménagement et désertification., 18 – 29.
- BAUDIERE A . , SIMONNEAU J . , SIMONNEAU P . , 1973.** - Contribution à l'étude de la végétation halophile de la plaine Roussillon. Labo. Bota. Centre universitaire de Perpignan 162 p.
- BRUN A . , 1980.** - Effets comparés de différentes concentrations de NaCl sur la germination, la croissance et la composition minérale de quelques populations de Luzernes annuelles d'Algérie. Thèse 3^{ème} Cycle Acad. de Montpellier, 78p.
- BELDJOUDI Z . , DAOUD Y . , 2000.** - Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur le développement végétatif de six cultivars de blé dur. *Congrès Scientifique Arabe El-Oued* (Algérie). 452 - 458. "The contribution of the scientific research and the new technologies in the development and the value enhancement of the arid and semi-arid regions" .
- BINET P . , 1964.** - La germination des semences des halophytes. *Bull. Soc. Fr. de physiologie végétale*. T. 10, n° 4., p 253 – 263.
- BOUKHRIS M . , 1976.** - Etude du comportement physiologique de l'*Atriplex halimus L* à l'égard du chlorure de sodium en vue de sa culture en milieu salé. F.A.O groupe. *des herbages méditerranéens*. 2^{ème} réunion 20 – 23 avril. Tunis. 6 p.
- CHAUMONT M . , PAQUIN C . , 1971.** - Note explicative de la carte pluviométrique l'Algérie septentrionale au 1/ 5 00.000 . Alger. *Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 24 p. 4 feuilles.
- CORRE J J . , 1961.** - Une zone de terrain salé en bordure de l'étang de Mauguio. Etude du milieu et de la végétation. *Bull. Serv. Carte. Phytogéog.* Série B., 2 p :

105 – 151.

DAGET Ph . , 1976. - Ordination des profils écologiques. *Nat. Monspel. Ser. Bot.* , 26, 109-128.

DAGET Ph . , 1977. - Le bioclimat méditerranéen. Caractères généraux , mode de caractérisation. *Vegetatio*, 34 (1), 1-20.

DAOUD Y . , 1980. - Contribution à l'étude de la dynamique de l'eau et des sels dans un sol irrigué du périmètre du haut-chéiff (Algérie). Thèse de Magister. I.N.A. Alger. 128 p.

DAOUD D. , 1993. - Contribution à l'étude des sols de la plaine du Bas Cheliff. Le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux. Thèse de doctorat d'Etat. I.N.A . , 233 p.

DAOUD Y . , HALITIM A . , 1994. - Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse*; 3 (5): 151 - 60.

DJELLOULI Y . , 1981. - Etude climatique et bioclimatique des Hauts Plateaux du Sud Oranais (Wilaya de Saida). Thèse. 3^{ème} Cycle. Uni. Sci. Tech. H. O Boumediene. Alger. 178 p + ann.

DJILI K . , DAOUD Y . , TOUAF L . , 2000. - Influence des hauteurs des précipitations sur la répartition du calcaire et du pourcentage de sodium échangeable dans les sols du Nord de L'Algérie. *Sécheresse* ; 11 (1) : 37 - 43.

DOUAOUI A . , 1992. - Contribution à l'étude des sols des plaines du Chélif. Variabilité spatiale des propriétés physico-chimiques des sols du Moyen Chélif, incidences cartographiques. Thèse de Magister, I.N.A . , 129 p.

DUBUIS A . , SIMONNEAU P . , 1957. - Les unités phytosociologiques des terrains salés de l'ouest algérien. Dir. Hydr. Equip. Rural- G.G.A., Bull. n° 3.

DUCHAUFOR Ph . , 1968. - L'évolution des sols. Essai sur la dynamique des profils.

Masson et Cie ed. Paris, 94 p.

DURAND J H . , 1956. - Les sols de la station d'étude des sols salins et d'essais agronomiques d'Hamadena (Oran). *Terres et eau* n°28. pub. de D.H.E.R.

GAUCHER G . , 1947. - Méthodes actuelles d'étude des terrains salés en Afrique du Nord. *C.R. Conf. Ped. Medit*, Alger. Montpellier : 464 - 473.

EMBERGER L . , 1933. - Répartition géographique au Maroc de l'alfa. *C.R. Soc. Biogéogr.* , 10 (85), 61-63.

GAUCHER G . , BURDIN S . , 1974. - Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés. *Presses univers.* de France, 230 p.

GOUNOT M . , 1961. - Les méthodes d'inventaires de la végétation. *Bull. Serv. Carte phytogéogr.*, série B. Carte des groupements végétaux. C.N.R.S. tome VI. Fascicule 1, 7– 3.

HEIM G . , 1974. - L'utilité du concept de valeur énergétique en écologie. Une étude basée sur des mesures effectuées sur les plantes méditerranéennes. *Oecol. Plant.*, 9, (3). 281 – 286.

KELLY W P . , 1957. - A general discussion of the chemical and physical properties of alkali soils. First intern-conf. *Soil. Sci. Proc*, vol 4. 483 – 489. *In* : les problèmes de la salinité dans les régions arides. *Coll. Téhéran. U.N.E.S.C.O.*

LE FLOC'H et al . , 1996. - Variabilité des semences de quelques espèces pastorales steppiques tunisiennes en rapport avec les conditions de leur conservation. *Ecologia mediterranea*. Tome XXII.

NEFFATI M . , AKRIMI N . , BEHAECHE T . , 1993. – Etude de quelques caractéristiques germinatives des semences de *Salsola vermiculata* var. *villosa* (*Delile*) *Moq. Tan.* *In* : *Ecologia mediterranea* XIX (3/4). 61 – 69.

OZENDA P . , 1954. - Observations sur la végétation d'une région semi-aride : Les Hauts Plateaux du Sud algérois. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 45 (4), 189-224.

POUGET M . , 1979. - Etude bioclimatique des steppes Algériennes. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* . Alger. 32 - 74.

QUEZEL P . , 1965. - La végétation du Sahara du Tchad à la Mauritanie. 1 Vol. 333 p. Masson. Paris.

RICHARD M . , GOUNY P . , 1965. - Contrôle de la salinité. *Ann. Agro.* 16 , 6 : 625 – 635 peuplement de Pin pignon (*Pinus pinea L*) du littoral méditerranéen. In: *Ecologia mediterranea* n°4. p 49 - 59.

SANKARY M N . , 1978. - Ecology flora and range management of arid and very arid zones of Syria – Conservation and Development. Univ. Of Aleppo – Syria – 793 p.

SIMONNEAU S . , 1954. - La végétation des sols salés d'Oranie. Sur quelques modifications de l'association *Sueda fruticosa* et *Sphenopus divaricatus* (sous ass. à *Sueda fruticosa*) provoquée par la mise en culture dans la plaine du bas-Chélif. *Ann. Agro.* Livraison n° 1. p 91 - 117.

SEMAR A . , OTHMANE T . , MESBAH M . , 2000. - Etude de la salinité des eaux de la nappe superficielle en relation avec le sol par les mesures de conductivité électrique appliquée à la région d'Oureal (Wilaya de Biskra). 465 - 468. *Congrès Scientifique Arabe El-Oued (Algérie)*. 'The contribution of the scientific research and the new technologies in the development and the value enhancement of the arid and semi-arid regions' .

SERVANT J . , SERVAT E . , 1966. - Introduction à l'étude des sols salés du littoral Languedoc – Roussillon. *Ann. Agro*, 17, 1 : 53 - 73.

Tableau 4. Pluviosité moyenne mensuelle et annuelle.

														Moyenne	
Stations	Années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année	Mois
Mecheria	1967-1997	21.88	23.39	37.52	27.16	24.72	12.94	4.92	6.70	21.50	19.44	28.25	21.47	249.89	20.82
Khreider	1979-1997	14.21	12.89	21.12	18.00	17.49	12.18	3.9	10.66	18.45	18.61	21.98	9.38	178.87	14.9

Tableau 7. Température moyenne annuelle et mensuelle.

a)- Station de Méchéria

Années	Températures	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
1985	m	2.07	3.49	5.36	7.63	12.47	16.96	20.88	20.75	16.27	11.46	6.66	3	10.58
	M	11.03	14.02	16.22	19.49	25.28	30.7	35.09	34.66	29.15	22.36	16.33	12.54	22.23
1997	M+m/2	6.55	8.75	10.79	13.56	18.87	23.83	27.98	27.6	22.71	16.91	11.49	7.77	16.4

m : moyenne des minima du mois le plus froid en degré Celsius = 2.07 °C.

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré Celsius = 35.09 °C).

M+ m/2 : température moyenne mensuelle en degré Celsius = 16.4 °C.

t (max) : température moyenne mensuelle la plus forte = 27.98 °C.

t (.min) : température moyenne mensuelle la plus faible = 6.55 °C.

A : = amplitude thermique moyenne annuelle = t (max) – t (min) = 21.43 °C.

b)- Station du Khreider

Années	Températures	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
1987	m	0.7	1.5	4.3	6.8	11.1	15.6	19.1	19.2	15	10.2	5.3	2.0	9.2
	M	11.7	14.4	17.4	20	25.8	31.1	35.7	35.3	29.6	23	16.8	13.1	22.8
1997	M+m/2	6.2	7.95	10.85	13.4	18.45	23.35	27.4	27.25	22.3	16.6	11.05	7.55	16.02

m : moyenne des minima du mois le plus froid en degré Celsius = 0.7 °C.

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré Celsius = 35.7 °C).

M+ m/2 : température moyenne mensuelle en degré Celsius = 16..02 °C.

t (max) : température moyenne mensuelle la plus forte = 27.40 °C.

t (.min) : température moyenne mensuelle la plus faible = 6.20 °C.

A : amplitude thermique moyenne annuelle = t (max) – t (min) = 21.20 °C.

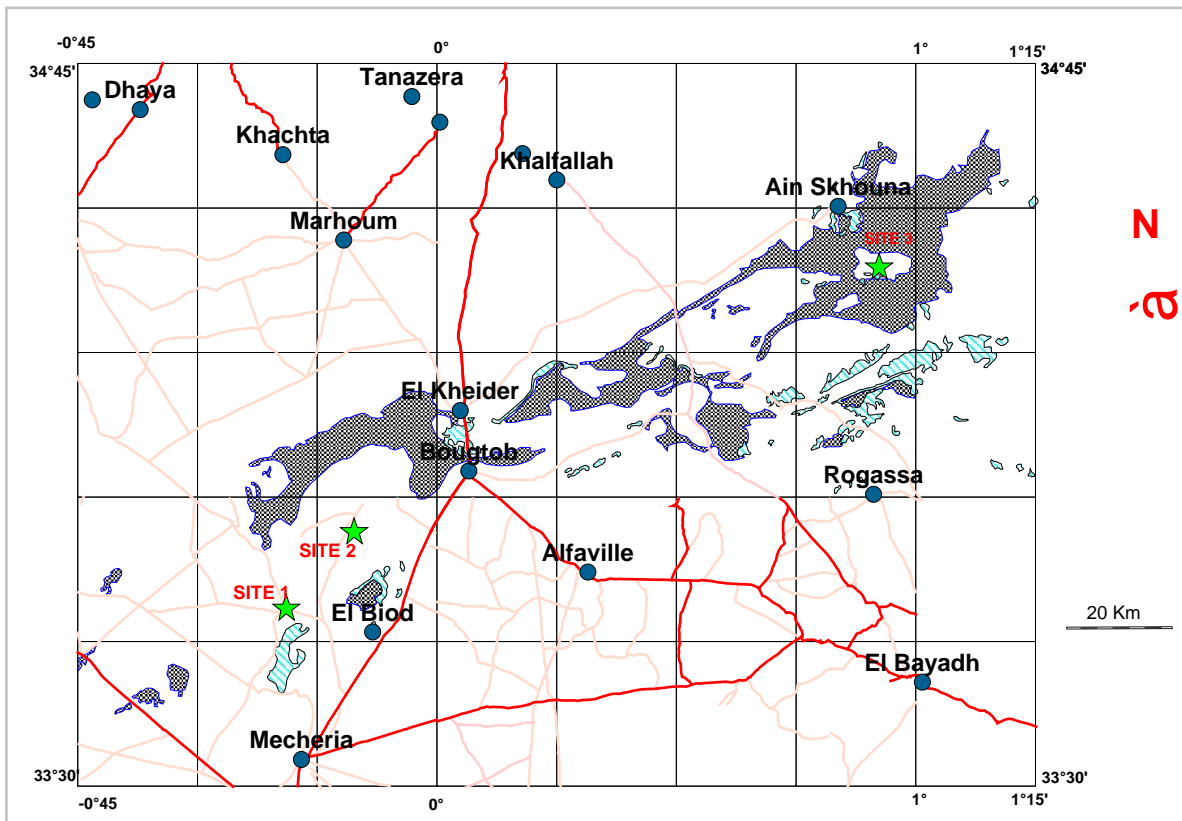


Fig.1 - Localisation géographique des sites de prélèvements.