

Caractérisation phytocéologique de la zone humide Chott El Beida (Sétif, Algérie)

Phytocological characterization of the wetland Chott El Beida (Sétif, Algeria)

Toufik ALIAT* & Mohamed KAABECHE

Départ. de Biologie, Faculté des Sciences, Univ. Ferhat Abbas de Sétif, Algérie. *(aliatoufik@yahoo.fr)

Résumé. Cette étude phyto-écologique concerne une des principales zones humides salées de la région des hautes plaines orientales algériennes. Il s'agit du Chott El Beida, site Ramsar qui s'étend sur une superficie de 12 223 ha. Après avoir identifié les principaux facteurs qui déterminent le contexte écologique du site, un inventaire floristique a été réalisé. Dans une seconde étape, une ACP (analyse en composantes principales) a été appliquée à l'ensemble des données. L'étude a montré que les différentes communautés végétales sont distribuées en ceintures de végétation selon les caractères physico-chimiques du sol. La conductivité électrique et le rapport d'absorption du sodium (SAR) semblent beaucoup agir sur la répartition des espèces.

Mots-clés : Zone humide, Phytocologie, Typologie, Chott El Beida, Algérie.

Abstract. This phyto-ecological study is about one of the main salty wetlands in the Algerian high oriental plains region. It is the Chott El Beida, Ramsar site, which extends over 12 223 ha. After identifying the main factors that define the ecological context of the site, a floristical inventory was established. In a second step, the PCA (Principal Components Analysis) was applied to all data. The study has shown that the various vegetal communities are distributed on bands depending on the physico-chemical characters of the soil. The electric conductivity and the rate of sodium absorption (RSA) seem to be determinant on the distribution of species.

Keywords: Wetland, Phytocology, Typology, Chott El Beida, Algeria.

Abridged English version

This is a phyto-ecological study of Chott El Beida, one of the main salty wetlands in Algeria. It is a Ramsar site, located between longitudes 5° 53' 20" E - 5° 53' 30" E and latitudes 35° 57' 80" N - 35° 54' 20" N (Fig. 1). It is a part of the eastern High plains (Setif, Algeria), at about 885 m altitude, extending over 12 223 ha. Similar studies related to the waterside vegetation of these wetlands were previously done on the salinity and the anthropological pressure factors, but they considered only one vegetal band. In the present work, after investigating the main influent factors on the ecological system, an inventory of the flora was established. A methodology based on transect samplings was followed. Several pedological parameters have been analysed and the PCA (Principal Components Analysis) was applied to all data. We simultaneously achieved observations on both soil and vegetation ; each "floristical relevé" was systematically associated with soil horizons. Three field trips were organised to explore the site. Four transects were chosen, considered as being particularly homogeneous and representative.

Besides observations noted on every transect, a number (1 to 5) of natural vegetal bands was identified (Tab. 1). The obtained results show that, the more we go away from the Sebkhah, the more salinity decreases, carbonate increases, and groundwater becomes deep. The salinity in the soils is due to chlorinated sulphate or sodic sulphate. The physico-chemical parameters are not much correlated nor to variation of soils, neither to the vegetation bands. The studied parameters show differences, depending on the bands. However, these variations are almost insignificants, and depend on the studied cases. In fact, only the salinity and the SAR (Sodium Absorption Rate) (Tab. 3) show significant

variations according to the studied bands ($\chi^2 = 15,126$; $p = 0,004$ and $\chi^2 = 10,431$; $p = 0,034$ respectively), while rate of the total carbonate in the soil does not show significant differences ($\chi^2 = 3,896$; $p = 0,420$). Along the transects, only the rate of total carbonate in soils presents a significant difference ($\chi^2 = 9,687$; $p = 0,214$), thus the soils of western and south transects present the highest rates.

Plant species of the site have a therophyte predominance (Table 2). Among the 56 listed species, we have 27 therophytes (48,21 %), 15 hemicryptophytes (26,78 %), 11 chamaephytes (19,64 %) and 3 geophytes (5,36 %), namely *Beta vulgaris*, *Convolvulus arvensis* and *Aeluropus litoralis*. The biological spectrum for all transects is conform with the semi-arid Mediterranean bioclimate (Table. 2). All these species belong to 24 families and 51 genera. The annual component is 34 species (60,71 %), greater than the perennial one (22 species or 39,28 %). This zone is characterized by a domination of taxons belonging to the following families: *Asteraceae* with 10 species (17,86 %) and 10 genera, *Poaceae* with 9 species (16,07 %) and 8 genera, *Chenopodiaceae* with 8 species (14,28 %) and 6 genera, *Caryophyllaceae* with 5 species (8,93 %) and 3 genera.

The analysis of correlations between the number of species by band and the physico-chemical properties of the corresponding soil reveals the presence of significant positive correlations with pH, and negative with the EC (Electric Conductivity), CCE (Capacity Cationic Exchange) and SAR (Tab. 3). Indeed, the well correlated EC and SAR with significant variations in the studied bands seem to influence negatively the presence of the species and consequently the floristic biodiversity in these bands. The relationship between soil factors and the presence/absence of

the studied species are insignificant. The organic matter, the ratio C/N, the fine texture of soil (clay and fine silt) represent the properties of the soil that are well correlated with the presence of some species (*Aizoon hispanicum*, *Bromus rubens*, *Ctenopsis pectinella*, *Galium tricorutum*, *Glaucium corniculatum*, *Halocnemum strobilacum*, *Medicago sp.* and *Paronychia argentea*). The EC, SAR and the ESP (rate of exchangeable sodium) did not correlated

well to *Centaurea sp.* and *Schismus barbatus*. Several species remains indifferent to the corresponding soil properties (Fig. 3).

The obtained results allow to distinguish a typology of the zonation of specific habitats in Chott El Beida. This typology underlines the fact that the studied vegetal communities are located in bands of vegetation according to an edaphic gradient in a textural and chemical order.

INTRODUCTION

Les zones humides méditerranéennes sont caractérisées par une grande richesse biologique et assurent d'importantes fonctions écologiques et socio-économiques. Leur superficie dans le bassin méditerranéen est estimée à 21 000 Km², dont 4 700 Km² de lagunes côtières, 2 800 Km² de lacs d'eau douce et de marais et 11 600 Km² de lacs salés temporaires, trouvés majoritairement en Afrique du Nord (Britton & Crivelli 1993).

Les zones humides les plus caractéristiques en Algérie sont endoréiques, constituées de lacs salés athalassiques secs l'été et inondés l'hiver, connus sous les noms de chotts et sebkhas. Selon Kaabeche *et al.* (1993), ces termes désignent une structure géomorphologique à deux niveaux : 1) une zone centrale (sebkha) en cuvette où s'accumulent et se concentrent les eaux de pluies, donc fortement salée, sans végétation ; et 2) une zone périphérique (chott), relativement moins salée, à flore ± riche constituée d'espèces halophiles (essentiellement des chénopodiacées des genres *Salsola*, *Suaeda*, *Salicornia*, *Atriplex*...) réparties en fonction de la salinité et de l'importance (durée et profondeur) des inondations (Whigham *et al.* 1993).

Les zones humides en Algérie sont d'une grande importance pour les oiseaux migrateurs et constituent des lieux d'hivernage pour des milliers de canards, foulques, oies et flamants roses (Kraiem 2002). Aujourd'hui, sur les 300 sites recensés, 50 sont classés dans la liste RAMSAR avec une superficie totale de 2 959 615 ha (Khaznadar *et al.* 2009, site 01). Tous les sites sont sous la menace d'une dégradation de plus en plus inquiétante. Le rythme de leur régression s'est accéléré ces dernières années sous l'effet d'une pression anthropozogène démesurée engendrant un déséquilibre irréversible. Chott El Beida fait partie des sites menacés, malgré son inscription dans la liste Ramsar du fait qu'il constitue un lieu important pour la reproduction et l'hivernage de nombreuses populations d'oiseaux rares et menacés notamment le flamant rose, la Grue cendrée et plusieurs espèces d'Anatidés.

Dans le cadre de la valorisation et de la préservation de cet écosystème aride, l'étude des relations sol-végétation est nécessaire pour la compréhension de son fonctionnement écologique. L'étude des caractéristiques phytoécologiques de la végétation du Chott peut apporter des indications pour une mise en valeur de ces sols en prenant soin de préciser les capacités de résistance au sel des taxons qui s'y développent, de même que leurs stratégies d'installation au niveau de ces derniers.

L'objectif de ce travail est la mise en évidence des liaisons entre les variables biologiques (flore) et édaphiques

(salinité, texture, gypse, calcaire) et de contribuer ou d'expliquer la structure en mosaïque de la végétation du Chott.

MATERIEL ET METHODE

Présentation de la zone d'étude

La zone humide Chott El Beida fait partie des hautes plaines telliennes (Sétif – Algérie), entre les latitudes N 35° 57' 80" et 35° 54' 20" et les longitudes E 5° 53' 20" et 5° 53' 30" (Fig. 1), à altitude moyenne de 885 m, sur une surface de 12 223 ha.

D'une manière générale, les hautes plaines sétifiennes se caractérisent par un climat méditerranéen, continental, semi-aride, à hiver froid humide et été chaud et sec. La distribution des précipitations est très irrégulière dans le temps, avec une moyenne annuelle de 398,7mm. La température maximale est enregistrée au mois de juillet (33,3°C), celle minimale en janvier (1,6°C) ; l'évapotranspiration potentielle égale à 833,64 mm/an. Les données précédentes sont fournies par le Centre météorologique de Sétif pour la période 1981-2005.

Méthodes d'échantillonnage

Le présent travail porte conjointement sur la végétation et le sol ; à chaque relevé floristique est associé systématiquement un profil édaphique dans une surface homogène sur les plans écologique, floristique et physionomique. Dans la phase de reconnaissance, trois sorties ont été effectuées, ce qui a permis de choisir quatre transects, situés aux quatre coins cardinaux du Chott (Fig. 1). Chaque transect traverse des ceintures de végétation naturelle qui se chevauchent entre elles :

- Transect Nord : 5 ceintures larges de 2, 28, 50, 200 et 90 m.
- Transect Est : 2 ceintures larges de 5 et 20 m.
- Transect Ouest : 2 ceintures larges de 3 et 20 m.
- Transect Sud : 1 seule ceinture de 34 m de largeur.

Sur cette base, chaque ceinture était pour nous une unité de végétation à échantillonner.

Les relevés floristiques ont été effectués selon la méthode phytosociologique évoquée par plusieurs auteurs notamment Djebaili (1978) et Kaabeche (1990). Dans le présent travail, l'aire minimale, selon les critères floristiques, physionomiques et écologiques observés, est très variable allant de 1-2 m² pour les étroites ceintures de végétation jusqu'à 64-128 m² pour les plus larges. Les ouvrages consultés pour la détermination des espèces sont : La Flore du Sahara (Ozenda 1977) et la Nouvelle Flore de

l'Algérie et des régions désertiques méridionales (Quézel & Santa 1962-1963). La détermination des types biologiques ainsi que le spectre biologique ont concerné la totalité des espèces répertoriées.

Les profils pédologiques ont été réalisés sur une profondeur de 50 cm. Les analyses physico-chimiques ont été faites selon des protocoles expérimentaux mentionnés par Soltner (1986) & Baize (1988) : pH, CE (conductivité électrique, ds/m); CT (calcaire total); C (carbone); MO (matière organique, %); N (azote total); C/N (rapport carbone/azote); G (gypse); CEC (capacité d'échange cationique, meq/100 g); ESP (taux de sodium échangeable, %); SAR (rapport d'absorption du sodium, meq/l); A (argile, %); LF (limon fin); LG (limon grossier); SF (sable fin) et SG (sable grossier).

Etant donné que les résultats des propriétés des sols étudiés n'étaient pas distribués normalement, le test de Kruskal-Wallis (ANOVA de rang, non paramétrique) a été réalisé pour tester les différences des propriétés entre les transects choisis, d'une part, et les ceintures végétales, d'autre part.

Par ailleurs, les coefficients de corrélation de Spearman ont été calculés pour déterminer les relations entre les différentes plantes recensées et les propriétés des sols correspondants.

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistica (Statsoft, Version 6).

RESULTATS ET DISCUSSION

Caractérisation physicochimique des sols (Tab. 1)

Transect Nord

Le sol de la sebkha du transect nord présente un pH alcalin (8,03), une conductivité électrique élevée (15,85 ds/m), un faible taux de matière organique, un taux de sodium échangeable supérieur à 15 %, une présence de gypse et une salinisation de type chloruré sodique.

Les cinq ceintures de ce même transect présentent un pH alcalin entre 8,16 et 8,40, une conductivité électrique qui diminue en s'éloignant de la sebkha (10,48 à 0,27 ds/m), un taux de calcaire variable qui augmente au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la bordure de la sebkha (5,31 à 29,24), une texture moyenne à fine et un taux de gypse élevé dans les premières ceintures.

Transect Est

Les deux ceintures de ce transect présentent un pH alcalin entre 8,27 et 8,36, une conductivité électrique élevée, des taux de calcaire total et de gypse faibles et une texture moyenne.

Transect Ouest

Les deux ceintures de ce transect présentent un pH alcalin entre 8,00 et 8,15, une conductivité électrique élevée, un taux de calcaire appréciable, un faible taux de gypse et une texture moyenne.

Transect Sud

Il traverse une seule ceinture, caractérisée par un pH alcalin, une conductivité électrique de 3,23 ds/m, un taux de calcaire élevé et une texture moyenne.

Remarques générales

Les résultats obtenus montrent que plus on s'éloigne de la Sebkha plus la salinité diminue, plus le calcaire augmente et plus la nappe d'eau devient profonde. La salinisation au niveau des sols est de type sulfate chloruré ou chlorure sulfate sodique. En effet, l'étude hydrochimique de la région effectuée par Boudoukha (1998), a montré que les eaux sont largement influencées par le faciès sulfaté, chloruré sodique provenant soit directement des formations gypsifères, soit par le mélange des eaux karstiques de l'ensemble allochtone sud Sétifien. Le faciès chimique des eaux est largement

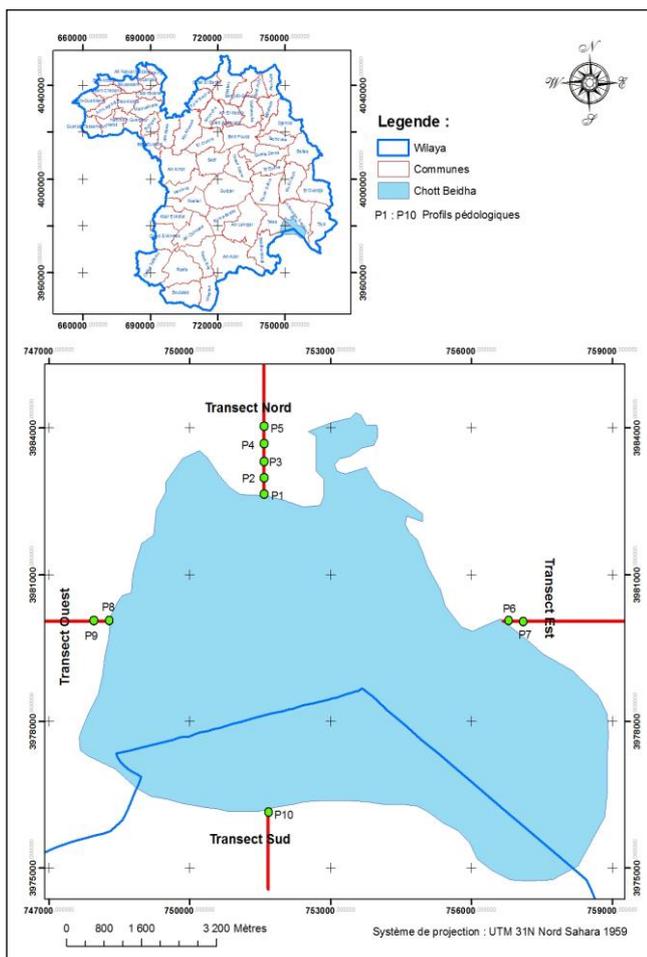


Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude (Source : LandSat 7 ETM+ P194/R035 (Proj UTM zone 31 – Datum WGS84), 02 Avril 2001) et des profils pédologiques

Figure 1. Location of the study area and of the soil profiles

Traitement des données

Afin de saisir les relations entre les propriétés des sols et les plantes recensées à l'échelle de l'étude, une analyse en composantes principales (ACP) a été entreprise sur l'ensemble des variables (sols et plantes). Elle présente, sous forme graphique, le maximum d'information contenu dans le tableau des données initiales (centrées réduites).

influencé par le trias, ce qui leur donne des teneurs relativement fortes en sodium, en chlorure et en sulfates.

Les paramètres physicochimiques sont peu corrélés du fait de la variation des sols et des ceintures étudiées. Halitim (1988) explique que le facteur pouvant empêcher l'établissement de corrélations entre les sols et certaines propriétés fonctionnelles comme la rétention en eau des sols serait l'hétérogénéité texturale (Tab. 2).

Relations entre les paramètres physicochimiques

Le pH est négativement corrélé au SAR (-0,45), la CE est très positivement corrélée aux : CEC, ESP et SAR respectivement avec 0,61, 0,78 et 0,89. Le calcaire total est corrélé positivement aux fractions fines du limon et du sable (0,40 et 0,52) et négativement aux : gypse et sable grossier (-0,59 et -0,61). La matière organique est corrélée positivement à la fraction fine du sol (argile et limon fin) (0,48 et 0,48) et très positivement avec C/N (0,82). L'azote (N) est négativement corrélé au C/N (-0,50). Le gypse est positivement corrélé avec CEC et SG (0,41 et 0,59) et négativement avec SF (-0,50). La CEC est positivement corrélée avec Esp et SAR (0,42 et 0,57). L'ESP est positivement corrélé avec le SAR (0,79). Le SAR est positivement corrélé avec SG (0,53) et négativement avec LG (-0,40). L'argile (A) est positivement corrélée avec le limon fin (0,99) et négativement avec le limon grossier (-0,68). Le limon fin est négativement corrélé avec le limon grossier et le sable grossier (-0,65 et -0,40). Le sable fin est

négativement corrélé avec le sable grossier (-0,66). Selon Halitim (1988), le SAR augmente dans le même sens que la CE. La CEC dépend de la texture ainsi que du taux et de la qualité de la matière organique (Gobat *et al.* 2003). Quand la CEC augmente, les complexes argilo-humifères et la texture fine (argile et limon fin) augmentent au niveau des sols salés (Ghezlaoui *et al.* 2011). La texture fine induit la diminution du taux de sable (Mimoune 1995). Quand la matière organique diminue, la matière grossière favorise la minéralisation plus que l'humification (Pouget 1980), sachant que les sols à texture fine sont plus riches en matière organique que les sols à texture grossière (Pouget 1980).

Les paramètres étudiés présentent des différences selon les ceintures. Néanmoins, ces différences sont de faible importance. Seuls la salinité et le SAR présentent des variations significatives selon les ceintures étudiées ($\chi^2 = 15,126$; $p = 0,004$ et $\chi^2 = 10,431$; $p = 0,034$ respectivement) alors que le taux de calcaire total dans le sol ne présente pas de différences significatives ($\chi^2 = 3,896$; $p = 0,420$).

Selon les transects, seul le taux de calcaire total dans les sols présente une différence significative ($\chi^2 = 9,687$; $p = 0,214$). Les sols des transects ouest et sud présentent les taux les plus élevés ; ceci pourrait être due à la nature géologique de la région, ces terrains sont représentés par l'ensemble allochtone Sud Sétifien formé d'une série de massifs calcaires de l'Eocène calcaire qui affleure à Djebel Tafourer (Boudoukha 1988).

Tableau 1. Paramètres physico-chimiques des sols analysés (Abréviations : cf Fig. 3)

Table 1. Physico-chemical parameters of the soils analyzed

Transect	Ceintures	Profils	pH	CE	CT	C	MO	N	C/N	G	CEC	ESP	SAR	A	LF	LG	SF	SG
N	C1	P1	8,16	10,48	5,70	1,49	2,56	0,58	2,58	6,65	39,93	55,09	25,17	18,92	8,11	13,48	9,73	49,74
N	C2	P2	8,40	3,84	5,31	1,59	2,73	0,94	1,69	19,95	41,20	23,61	4,63	31,66	10,10	3,51	11,84	42,87
N	C3	P3	8,28	2,10	15,58	1,52	2,61	0,91	1,67	3,99	20,40	23,72	3,46	15,88	6,80	31,78	24,04	21,47
N	C4	P4	8,35	0,27	29,24	2,32	3,98	0,77	3,05	1,22	21,00	1,55	0,50	48,17	20,78	4,35	25,17	1,65
N	C5	P5	8,34	1,04	24,11	1,29	2,22	0,65	2,12	3,87	23,20	8,58	1,33	29,53	12,65	24,36	19,14	14,30
E	C1	P6	8,27	10,23	8,17	1,68	2,89	0,72	2,28	5,91	35,44	55,58	19,06	32,80	14,05	11,46	19,87	29,83
E	C2	P7	8,36	3,86	11,62	1,40	2,40	0,69	2,16	4,23	22,00	40,80	6,31	22,67	9,75	26,13	27,54	13,93
O	C1	P8	8,00	8,60	20,88	1,37	2,34	0,75	2,25	2,60	37,00	51,25	16,33	27,47	11,77	4,80	53,85	2,08
O	C2	P9	8,15	6,13	29,74	1,47	2,52	0,64	2,30	1,53	27,87	57,07	17,15	25,86	11,08	6,32	43,43	13,29
S	C1	P10	7,95	3,23	17,08	1,74	2,99	0,87	2,00	4,57	21,20	40,94	9,21	15,15	6,49	30,75	20,49	27,10

La Flore

Spectre biologique

La flore vasculaire de notre zone est dominée par les thérophytes, particulièrement bien adaptées aux perturbations par leur cycle court. Sur les 56 espèces inventoriées, on note 27 (48,21 %) thérophytes, 15 hémicryptophytes (26,78 %), 11 chamaephytes (19,64 %) et 3 géophytes (5,36 %). Le spectre biologique est typique de l'ambiance bioclimatique méditerranéenne semi-aride (Mejahdi *et al.* 2009) ; les détails par transect figurent dans le Tableau 2. Des résultats similaires ont été obtenus par Khaznadar *et al.* (2009) dans la zone de Chott El Beida. Les hémicryptophytes sont particulièrement présentes dans les milieux assez stables ; ce groupe charnière entre les thérophytes et les géophytes peut

passer d'un type à un autre suivant les conditions de leur développement (Kazi Tani *et al.* 2010). Dans le Chott El-Gharbi (Oranie-Algérie), Ghezlaoui *et al.* (2011) ont également noté une grande dominance des thérophytes par rapport aux autres types biologiques, justifiant cela par une meilleure adaptation de ces dernières aux zones steppiques donc à la sécheresse.

Tableau 2. Répartition des types biologiques par transect
Table 2. Distribution of biological types per transect

Transect	Nombre d'espèces	Thérophytes	Hemicrypto-phytes	Chamé-phytes	Géophytes
Nord	34	14	9	10	1
Est	18	12	1	4	1
Ouest	20	9	7	2	2
Sud	13	7	2	3	1

Richesse floristique

Les familles les mieux représentées sont : *Asteraceae* avec 10 espèces (17,86 %) et 10 genres, *Poaceae* avec 9 espèces (16,07%) et 8 genres, *Chenopodiaceae* avec 8 espèces (14,28%) et 6 genres, *Caryophyllaceae* avec 5 espèces (8,93%) et 3 genres. Khaznadar *et al.* (2009) ont trouvé qu'à Chott El Beida, les familles les plus dominantes sont les *Asteraceae*, les *Poaceae* et les *Chenopodiaceae*. Selon Le Houerou (1995), le quart des espèces halophiles du monde sont des *Chenopodiaceae*, 1/10 des *Poaceae*, 1/20 des *Fabaceae* et 1/25 des *Asteraceae*. Nos Résultats concordent avec ceux de Ghezlaoui *et al.* (2011), qui montrent la dominance des *Chenopodiaceae* à Chott El-Gharbi.

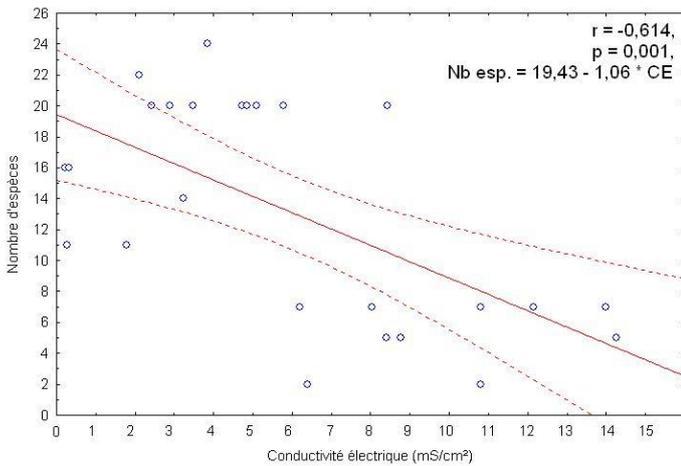


Figure 2. Evolution du nombre d'espèces en fonction de la conductivité électrique du sol

Figure 2. Evolution of the number of species according to the electric conductivity of the soil

Relation flore / propriétés physico-chimiques des sols

Plusieurs études avaient discuté la relation entre les caractéristiques physico-chimiques du sol et la répartition des espèces (Youssef *et al.* 2009 ; Halis *et al.* 2012). Dans le présent travail, l'analyse des données floristiques et des propriétés physicochimiques des sols a révélé la présence de corrélations significatives positives avec le pH et négatives avec la CE, la CEC et le SAR (Tab. 3). En effet, la CE et le SAR qui sont significativement corrélés et qui présentent des variations selon les ceintures étudiées, semblent influencer négativement la présence des espèces et par voie de conséquence la biodiversité floristique dans ces ceintures (Fig. 2). Le nombre d'espèces rencontrées par ceinture augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne du plan d'eau. L'existence de gradients de salinité spatiaux-temporels a été traditionnellement considéré comme l'un des facteurs les plus importants dans ces environnements physiques pour influencer la distribution des plantes (Chapman 1974).

Tarmi *et al.* (2009), Canadas *et al.* (2010) et Acherkouk *et al.* (2011) ont également révélé que le sol est déterminant dans la répartition de la végétation. Canadas *et al.* (2010) affirment que la salinité joue un rôle prépondérant et que l'abondance et la richesse des espèces sont négativement corrélées avec la conductivité électrique du sol. La salinité

du sol exerce une certaine influence sur le développement de la végétation. La présence de quantités importantes de sels dans la solution du sol abaisse le potentiel hydrique et réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu physiologiquement sec (Djebaili 1978).

L'ACP réalisée sur l'ensemble des paramètres physico-chimiques et biologiques (propriétés physico-chimiques des sols en variables actives et présence absence des espèces en variables supplémentaires) renferme 95,41 % de l'information totale sur les 5 premiers axes.

Le premier axe représente à lui seul 34,60 % de l'information totale. Dans le côté positif, l'axe est déterminé par l'ESP, CE, SG et le SAR (avec respectivement les coordonnées suivantes 0,742 ; 0,692 ; 0,675 et 0,664) et à un degré moindre par la CEC (0,574). La partie négative de l'axe est beaucoup plus expliquée par la partie fine de la texture du sol (LF et Argile ; respectivement : - 0,805 et - 0,754), la matière organique (- 0,711) et le calcaire total (- 0,689) (Fig. 3). Le deuxième axe renferme 23,55 % de l'information totale. Il est représenté positivement par l'azote total (0,670) et négativement par le SAR et le rapport C/N (-0,693 et -0,679) (Fig. 3). Le 3^{ème} axe, avec 20,08 % de l'information, est caractérisé positivement par le gypse et la CEC avec respectivement 0,675 et 0,657 et négativement par le LG (-0,619). A partir de l'axe 1, on peut voir que la conductivité électrique s'oppose au taux de calcaire total dans les sols en question ce qui rejoint les observations précédentes.

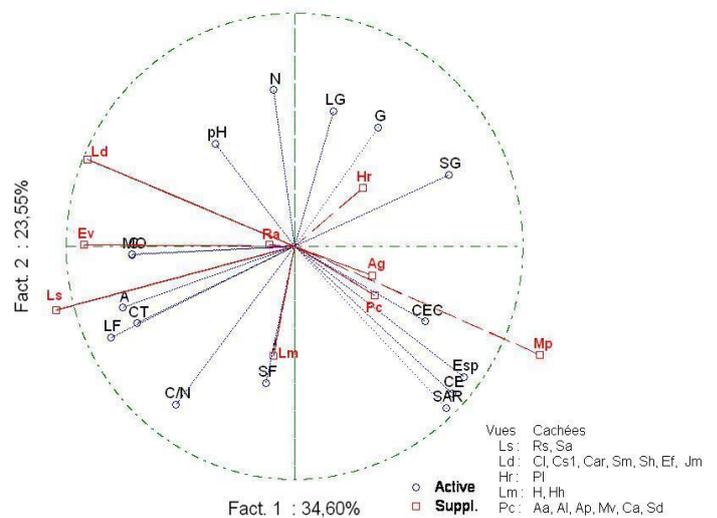


Figure 3. Plan factoriel F1 x F2 (variables actives en bleu, variables supplémentaires en rouge). CE: conductivité électrique ; CT: calcaire total ; C: carbone ; MO: matière organique ; N: azote totale ; C/N: rapport carbone/azote ; G: gypse ; CEC: capacité d'échange cationique ; ESP: taux de sodium échangeable ; SAR: rapport d'absorption du sodium ; A: argile ; LF: limon fin ; LG: limon grossier ; SF: sable fin ; SG: sable grossier.

Figure 3. Factorial plan F1 x F2 (blue : active variables, red : supplementary variables)

Pour les espèces végétales, il existe peu de liaisons entre leur présence absence et les facteurs du sol. La matière organique, le rapport C/N, la texture fine du sol (argile et limon fin) représentent les propriétés du sol les plus

corrélées positivement avec la présence de quelques espèces, notamment *Aizoon hispanicum* L., *Bromus rubens* L., *Ctenopsis pectinella* (Delile) De Not., *Galium tricorutum* Dandy, *Glaucium corniculatum* (L.) Rudolph, *Halocnemum strobilacum* (Pall.) M. Bieb., *Medicago sp.* et *Paronychia argentea* (Pourr.) Lamk. La CE, le SAR et l'ESP sont négativement corrélés à *Centaurea sp.* et *Schismus barbatus* (L.) Thell. Plusieurs espèces restent indifférentes pour les propriétés des sols correspondants.

Tableau 3. Corrélations nombre total d'espèces / paramètres physico-chimiques du sol (Abréviations : cf. Fig. 3)

Table 3. Correlations total number of species / physico-chemical parameters of the soil

	pH	CE	CT	C	MO	N	C/N	G	CEC	ESP	SAR	A	LF	LG	SF	SG
r	0,407	-0,614	0,245	0,004	0,005	0,181	-0,116	0,036	-0,527	-0,306	-0,590	-0,058	-0,101	0,257	0,092	-0,255
p	0,044	0,001	0,237	0,984	0,982	0,385	0,582	0,863	0,007	0,137	0,002	0,782	0,631	0,215	0,661	0,219

CONCLUSION

La présente étude montre que la végétation de Chott El Beida pourrait être divisée en 3 principales unités : la 1^{ère} qui est limitrophe à la Sebkhia est caractérisée par des espèces hyper-halophiles et gypso-halophiles ; la 2^{ème} regroupe des espèces qui tolèrent le gypse et des espèces favorisées par le caractère limoneux des sols et la 3^{ème} marquée par des espèces liées au calcaire ou tolérant sa présence. Cependant, il faut préciser qu'à l'intérieur de chacune de ces unités, il y a des espèces d'affinités écologiques différentes dues à l'existence de chevauchements ou de zones de transition déterminés par la microtopographie, les vents ou le ruissellement qui agissent sur la répartition et le lessivage des éléments constitutifs du sol. Chott El Beida est constitué par un cortège floristique très varié qui témoigne de la diversité des paramètres physico-chimiques du sol et plus particulièrement la salinité, le limon, le calcaire et le gypse.

Cet écosystème, dont les intérêts ne sont pas négligeables, est peuplé par des espèces végétales capables d'accomplir leur cycle de vie dans des conditions extrêmement contraignantes. Les halophytes accumulatrices de sel sont en fait proposées selon Kleinkopf *et al.* (1975) pour diminuer le taux de sel dans les sols salés, permettant ainsi leur mise en valeur.

D'après Sheikh & Mahmood (1986), une culture dense de *Suaeda fruticosa*, par exemple, peut accumuler jusqu'à environ 2,5 tonnes/ha/an de sel.

Les résultats de ce travail constitueraient un outil d'utilité certaine pour les programmes de gestion et de conservation du site, notamment en ce qui concerne l'orientation des actions de protection de la végétation qui est soumise non seulement à des contraintes naturelles (stress abiotique), mais également à une pression anthropique et pastorale croissante menaçant à moyen terme la régénération naturelle. La répartition géographique limitée des espèces nécessite un programme de conservation en équilibre avec les conditions climatiques actuelles (Killian 1948). La conservation et la préservation de ces zones, de leur flore et de leur faune ne devraient pas se limiter spécialement aux espèces protégées. Une éducation écologique et une meilleure sensibilisation en particulier des

Nos résultats rejoignent ceux de Jafari *et al.* (2004) et He *et al.* (2007). Les premiers ont démontré que la distribution de la végétation est étroitement liée à des caractéristiques du sol telles que : la salinité, la texture, le gypse et le limon. Les seconds ont trouvé que la matière organique, le nitrogène total et la conductivité électrique sont très liés à la distribution de la végétation dans un écosystème prairial des régions arides et semi-arides.

riverains permettraient une prise de conscience de l'intérêt que revêtent ces zones en plus d'une stricte application de la réglementation.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement les professeurs Bachir Abdelkrim (Université El Hadj Lakhdar, Batna) et Moussa Houhamdi (Université de Guelma) ainsi que Docteur Lilya Nouri (Université El Hadj Lakhdar, Batna) pour leurs conseils, orientations et lecture du présent article.

REFERENCES

- Acherkouk M., Maatougui A. & El Houmaiz M. A. 2011. Communautés végétales et faciès pastoraux dans la zone de Taourirt-Tafoughalt du Maroc oriental: Ecologie et inventaire floristique. *Acta Botanica Malacitana* 36, 125-136.
- Baize D. 1988. *Guide des analyses courantes en pédologie*. Edit. Lavoisier, Tec. et Doc. Inra, Paris, 257 p.
- Boudoukha A. 1988. *Hydrogéologie des hautes plaines sétifiennes (qualité chimique des eaux souterraines)*. Thèse Doct. d'Etat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba, 186 p.
- Britton R.H. & Crivelli A.J. 1993. Wetlands of southern Europe and North Africa: Mediterranean wetlands. In: Whigham D.F., Dykyjova D. & Hejny S. (Eds.). *Wetlands of the World I*. Kluwer, Netherlands, 129-194.
- Canadas E.M., Jimenez M.N., Valle F., Fernandez-Ondono E., Martin-Peinado F. & Navarro F.b. 2010. Soil - vegetation relationships in semi-arid mediterranean old fields (SE Spain) : implications for management. *J. of Arid Environ.* 74, 1525-1533.
- Chapman V.J. 1974. *Salt Marshes and Salt Deserts of the World*. Verlag Von J. Kramer, Vremerhaven.
- Djebaili S. 1978. *Recherches phyto-sociologiques et écologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien*. Thèse Doct. Univ. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier, 229 p.
- Ghezlaoui B.E., Benabadji N., Benmansour D. & Merzouk A. 2011. Analyse des peuplements végétaux halophytes dans le Chott El-Gharbi (Oranie-Algérie). *Acta Botanica Malacitana*. 36, 113-124.
- Gobat J.M., Agrano M. & Matthey W. 2003. Le sol vivant. *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes*, 566 p.
- Halis Y., Benhaddya M. L., Bensaha H., Mayouf R., Lahcini A. & Belhamra M. 2012. Diversity of Halophyte desert vegetation of

- the different saline habitats in the valley of Oued Righ, low sahara basin, Algeria. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences* 4, 3, 308-315.
- Halitim A. 1988. *Les sols des régions arides*. Livres O.P.U. 382 pp.
- He M.Z., Zheng J.G., Li X.R. & Qian Y.L. 2007. Environmental factors affecting vegetation composition in the Alxa plateau, china. *J. of Arid Environ.* 69, 473-489.
- Jafari M., Zare Chahouki M.A., Tavili A., Azarnivand H. & Zahedi Amiri G.H. 2004. Effective environmental factors in the distribution of vegetation types in poshtkouh rangelands of yazd province (iran). *Journ. of Arid Environ.* 56, 627-641.
- Kaabeche M. 1990. *Les groupements végétaux de la région de Boussaâda (Algérie). Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb*. Thèse Doct. d'Etat. Univ. Paris Sud, Orsay, 104 p.
- Kaabeche M., Gharzouli R. & Gehu J.M. 1993. Observations phytosociologiques sur le Tell et Les Hautes Plaines de Sétif (Algérie). *Documents Phytosociologiques*. N.S. XV, 117-125. Camerino.
- Kazi Tani C., Le Bourgeois T. & Munoz F. 2010. Aspects floristiques de la flore des champs du domaine phytogéographique oranais (NO algérien) et persistance d'espèces rares et endémiques. *Fl. Mediterranea* 20, 5-22.
- Khaznadar M., Vogiatzakis I.N. & Griffiths G.H. 2009. Land degradation and vegetation distribution in Chott el Beida Wetland, Algeria. *Journ. of Arid Environ.* 73, 369-377.
- Killian Ch. 1948. Conditions édaphiques et réactions des plantes indicatrices de la région alfatière. *Ann. Agron. Paris* 18: 4-27.
- Kleinkopf G.E., Wallace A. & Cha J.W. 1975. Sodium relation in desert plants : 4 – Some physiological responses of *Atriplex confertifolia* to different levels of sodium chloride. *Soil Sci.*, 120, 45- 48.
- Kraiem H. 2002. Biophysical and Socio-economic Impacts of Climate Change on Wetlands in the Mediterranean. *Mediterranean Roundtable*. Athens, 33 p.
- Le Houerou H.N. 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation. *Options Méditerranéennes, Série b : Etudes et recherches* 10. CIHEAM. Montpellier, 397 p.
- Mejahdi B., Ibn Tattou M., Barkat D.J. & Khaloufi B. 2009. La flore vasculaire des monts des Trara (nord ouest algérien). *Acta Botanica Malacitana* 34, 57-75.
- Mimoune S. 1995. *Gestion des sols salés et désertification dans une cuvette endoréique d'algues (Sud Chott El Hodna)*. Thèse doc. Spécialité géographie physique. Univ. Aix Marseille I, 209 p.
- Ozenda P. 1977. *Flore du Sahara*. 2^{ème} édition, C.N.R.S., Paris, 622 p.
- Pouget M. 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. *Travaux et Documents de L'O.R.S.T.O.M.* 116. Paris, 555 p.
- Quézel P. & Santa S. 1962 – 1963. *Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, tomes I et II*. Edit. C.N.R.S., Paris, 1170 p.
- Sheikh K.M. & Mahmood K. 1986. Some studies on field distribution and seed germination of *Suaeda fruticosa* and *Sporobolus arabicus* with reference to salinity and sodicity of the medium. *Plant Soil*. 94, 333 - 340.
- Soltner D. 1986. Les bases de la production végétale. 14^{ème} édit. T1. *Col. Sci. et Tech. Agr.*, 453 p.
- Tarmi S., Helenius J. & Hyvonen T. 2009. Importance of edaphic, spatial and management factors for plant communities of field boundaries. *Agr. Ecosystems and Environ.* 131, 201-206.
- Whigham D., Dykojova D. & Hejny S. 1993. Wetlands of the World : Inventory, Ecology and Management. *Kluwer Academic Publishers*, Vol. 1, 768 p.
- Youssef A.M., Al-Fredan M.A. & Fathi A.A. 2009. Floristic Composition of Lake Al-Asfar, Alahsa, Saudi Arabia. *Int. J. Bot.* 5, 116-125.

Sites web

<http://www.ramsar.org> [accès 15 février 2013]

Manuscrit reçu le 05/04/2012

Version révisée acceptée le 19/07/2013

Version finale reçue le 23/12/2013

Mise en ligne le 10/03/2014

