# Analyse des associations végétales de la plaine salée du Bas-Cheliff, Algerie

# Analysis of vegetal associations in the salted plain of Lower-Cheliff, Algeria

Ababou Adda [1],
Chouieb Mohammed [2],
Khader Mohamed [3],
Mederbal Khalladi [3],
Bentayeb Zineddine [4]
& Saidi Djamel [4]

Les associations végétales sont des communautés de plantes qui se caractérisent par une composition floristique et des propriétés sociologiques bien définies. Celles-ci se développent dans des conditions d'habitats uniformes (Flahault & Schroter, 1910), reconnus par la présence d'espèces diagnostiques (Westhoff & Van der Maarel, 1978). Dans ce contexte, le terme espèce diagnostique est un concept très important dans la classification de la végétation. Il désigne des plantes ayant une très haute fidélité à une communauté végétale particulière et qui servent comme critère de reconnaissance de cette communauté (Curtis, 1959). Leur présence, abondance ou vigueur est un indicateur des conditions du milieu (Gabriel & Talbot, 1984). L'étude des facteurs écologiques qui expliquent la répartition des groupements végétaux nécessite une analyse du gradient (direct ou indirect). Pour identifier directement les facteurs écologiques régissant la structure d'assemblage d'espèces l'ACR serait la plus requise (Leps & Smilauer, 2003, Zuur *et al*, 2007). Les coefficients de fidélité sont un autre moyen permettant

[1] Département de Biologie, Faculté de Biologie et Agronomie, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, Algérie. *E-mail:.ab_adda@yahoo.fr.* [2] Département d'Agronomie, Faculté des Sciences de l'ingénieur, Université Abd El Hamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie. [3] Département de Biologie Faculté des Sciences et Sciences de la terre, Université Mustapha Stambouli, Mascara, Algérie. [4] Département d'Agronomie, Faculté de Biologie et Agronomie, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, Algérie.

l'assemblage de la végétation en unité de végétation, mais indépendamment des conditions du milieu et selon le degré de fidélité d'une espèce à une unité de végétation donnée. Dans ce contexte, notre étude se propose deux objectifs: D'une part, analyser les groupements végétaux, en relation avec les conditions du milieu, à l'aide de l'ACR. D'autre part, identifier les différentes unités de végétation au moyen du coefficient de fidélité Phi. Ces dernières seront utilisées plus tard comme indicateurs des conditions stationnelles dans un écosystème particulier et en perpétuelle dégradation.

## MATERIEL ET METHODES

ZONE D'ETUDE — Couvrant environ 450 km$^2$ le Bas-Chelif (Fig.1) est l'une des plus vastes plaines alluviales quaternaire du sublittoral ouest Algérien. Cette plaine, comprise entre la latitude 35,750° - 36,125° N et la longitude 0,5°-1° E, se trouve à 35 km de la méditerranée, à environ 70 m. d'altitude. En fait, c'est un synclinal qui est encadré au Nord par les collines du Dahra et au Sud par les collines de Benziane. Celles-ci sont composées respectivement de marnes et de limon argileux ainsi que par

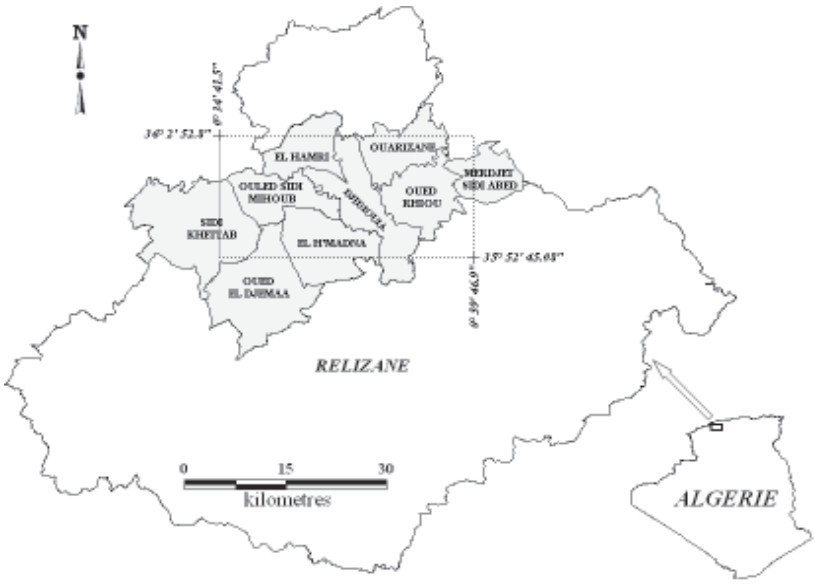


Fig. 1. Plaine du Bas-Cheliff encadrée au nord par les collines de Dahra et au sud par les collines de Benziane et traversée par l'oued du Cheliff.

des schistes et des marnes salées. La nature de ces sols explique la haute salinité de cette plaine. L'autre particularité de cette plaine est inhérente à son climat semi-aride caractérisé par une température moyenne annuelle de 19,12° C, une faible pluviométrie annuelle (entre 200 à 300 mm) et une période récurrente de sècheresse de 7 mois. Ces conditions pédo-climatiques, accentuent le niveau de salinité.

Echantillonnage de la végétation — L'échantillonnage de la végétation a été effectué au cours du printemps 2006, 2007 et 2008 (21 mars – 21 mai) selon la méthode Braun Blanquet (Maarel Van der, 1975) avec une échelle d'abondance-dominance de sept degrés (Westhoff & Van der Maarel, 1978). 145 relevés ont été effectués dans la plaine du Bas Cheliff totalisant 40 espèces. Après élimination des espèces rares et des relevés avec très peu d'espèces, seules 29 espèces et 133 relevés furent gardés pour l'analyse.

Variables environnementales — Les variables environnementales calculées pour chaqu'un des 133 sites sont de nature physique (granulométrie, altitude, stabilité structurale (DMP) (Le Bissonnais et le Souder, 1995), coloration du sol (RVB)) et chimique (conductivité, CaCO3, pH, $Ca^{++}$, $Na^{+}$, Cl, MO, dureté totale).

Analyse des données — Le test de colinéarité entre les variables environnementales a révélé un fort coefficient de corrélation ($r > 0.9$) entre les variables sable et limon, $Na^{+}$ et $Cl^{-}$. Aussi, nous avons choisi d'éliminer le Cl et le limon. Apres un test de normalité (Shapiro-Wilk) les variables qui avaient une distribution non normale ont été log transformées avant leur intégration dans l'analyse. La présélection individuelle (Okland & Eilertsen, 1994) par le test Monte Carlo (999 permutations sans restriction) a montré qu'a l'exception du sable, toutes les variables étaient significatives (p-value $< 0.05$) avec des facteurs d'inflation de la variance $< 4$ (VIF) (Erkel-Rousse, 1995; Besse, 2001).

Pour établir la relation entre les variables environnementales et les espèces végétales dans la plaine du Bas-Chelif a opté pour l'analyse direct du gradient, à savoir l'analyse canonique des correspondances (ACC) (Ter Braak, 1986) ou l'analyse canonique des redondances (ACR) (Ter Braak, 1994; Legendre & Legendre, 1998; Leps & Smilauer, 2003). Pour choisir l'une des deux méthodes, nous avons réalisé une DCA (Detrended Correspondence Analysis) (Hill & Gauch, 1980). D'après Lepš & Smilauer, (2003), et Jongman *et al.,* (1996), selon les résultats de cette DCA si la longueur du plus long gradient est $< 3$ les meilleurs résultats sont obtenues par l'utilisation des méthodes linéaires (ACR), si le plus long gradient est $> 4$ les meilleurs résultats sont obtenues par l'utilisation des méthodes unimodales (ACC), alors que si le plus long

gradient est compris entre 3 à 4 les deux méthodes sont bonnes. Les résultats obtenus montrent que la valeur du plus long gradient est de 3.95 (Tableau 2), ce qui confirme que les deux méthodes sont valables pour notre étude. Mais vu la nature de nos données, même après avoir éliminés une bonne quantité d'espèces rares et de relevés contenant peu d'espèces le problème des doubles absences persiste toujours, et vu que l' ACC et l'ACR sont très sensibles aux matrices avec beaucoup de zéros de telle sorte que la double absence aura le même poids que la double présence. Legendre & Gallagher, (2001) ont montré que les données transformées par la distance de la corde (Orlóci, 1967) ou par la distance d'Hellinger (Rao, 1995) suivies d'une ACR sont moins sensibles à la double absence et par conséquent à l'effet d'arc. Apres plusieurs comparaisons entre les deux transformations la distance d'Hellinger nous a fourni les meilleurs résultats. C'est pourquoi nous avons opté pour la transformation d'Hellinger suivi d'une ACR. Les variables environnementales les plus significatives ont été déterminées à l'aide de la méthode lambda Wilk's (Butler & Wood, 2004 ; Marques de Sa, 2007).

Afin d'identifier les différentes unités de végétation, les échantillons sont séparés en groupes similaires, selon leur contribution et leur coordonnées sur les deux premiers axes de l'analyse des redondances (ACR). Quatre groupes prédéfinis montrant des relevances écologiques majeures et facilement interprétables sont utilisés. Pour évaluer la diversité de la végétation nous avons calculé les indices de diversité Shannon-Weiner et de Simpson (Simpson, 1949 ; Legendre & Legendre, 1998). Par la suite le coefficient d'association phi (Sokal & Rohlf, 1995; Chytrý *et al*. 2002) est utilisé pour identifier les espèces discriminantes entre les quatre groupes. Ce coefficient est une mesure statistique d'association qui peut être utilisé comme mesure de fidélité. Il est définit comme suite:

$$\Phi = \frac{u_{hyp}}{\sqrt{N-1}} = \frac{N.n_p - n.N_p}{\sqrt{n.N_p.(N-n).(N-N_p)}}$$

La même notation que celle utilisée par Bruelheide (2000) et Chytry *et al*. (2002) est utilisé dans cette étude **:**

*N* = le nombre total de relevés dans toute la région d'étude;

*Np* = nombre de relevés dans une unité de végétation particulière;

*n* = nombre d'apparitions de l'espèce dans l'ensemble des relevés (N);

*np* = nombre d'apparition de l'espèce dans les relevés d'une unité de végétation particulière (Np).

Ce coefficient ne considère que la présence ou l'absence de l'espèce. Son avantage est celui de son indépendance de la taille des données. Les valeurs du coefficient phi sont comprises entre 0 à 1. La plus haute valeur

1 est obtenue lorsque l'espèce est présente dans tous les relevés de l'unité de végétation et y est absente partout ailleurs. Une valeur positive inférieur à 1 signifie que l'espèce est absente de certains relevés de l'unité de végétation et y est présente dans certains relevés en dehors l'unité de végétation. La valeur 0 est obtenue lorsque la fréquence relative des espèces dans l'unité de végétation est égale à la fréquence relative dans le reste de l'ensemble des relevés, ce qui indique qu'il n'y a aucune relation entre l'espèce et l'unité de végétation cible.

Pour déterminer la variation entre les différentes unités de végétations à travers les différents sites nous avons analysé la similarité (ANOSIM) (Clarke, 1993, Clarke & Warwick, 1994) par application de la similarité Bray-curtis. Elle produit une statistique RANOSIM qui varie entre -1 et 1. Des valeurs proches de 0 indiquent qu'il n'y a pas de différence entre les différents groupes, des valeurs proches de 1 indiquent que les groupes sont différents du point de vue communauté écologiques (Clarke & Gorley, 2001).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Liste des Espèces — A travers la liste des espèces retenues pour l'analyse après élimination des espèces rares et des relevés floristiques contenant très peu d'espèces, on remarque sur le Tableau 1 que :

- les Chenopodiaceae, Asteraceae, Poaceae et a un degré moindre les Fabaceae représentent les familles dominantes;
- la faible diversité sur une superficie de 450 km$^2$ témoigne sur des conditions environnementales (sol et climat) extrêmes;
- la présence remarquable des Chenopodiaceae et des Caryophyllaceae témoigne déjà sur la nature salée des sols;
- toutes ces espèces sont exclusivement herbacées;
- parmi ces 29 espèces, *Suaeda fruticosa (L.)* est l'espèce dominante avec 104 occurrences sur les 133 relevés.

### ORDRE D'IMPORTANCES DES FACTEURS

Les résultats de la DCA (Tableau 2) montrent que l'axe 1 est le plus long des axes et explique à lui seul 14.1% de la variabilité des espèces, alors que l'axe 2 ne représente que 6.5% de cette variabilité. Le premier axe est très bien corrélé aux données environmentales (0.83) (Tab.2) contrairement aux autres axes. Cela suppose que l'ensemble des données est sous l'influence d'un seul gradient dominant. La projection des différentes variables environmentales (Fig.2) montre deux groupes de variables qui s'opposent sur le premier axe : le premier groupe,

Tableau 1. Liste des espèces recensées dans la plaine du Bas-cheliff (Argerie)

| Espèce | Famille | code |
|---|---|---|
| *Suaeda maritima (L.) Dumort* | Chenopodiaceae | Su.m(Ch) |
| *Arthrocnemum macrostachyum Moric.* | Chenopodiaceae | Ar.m(Ch) |
| *Atriplex halimus L.* | Chenopodiaceae | At.h(Ch) |
| *Salsola vermiculata L.* | Chenopodiaceae | Sa.v(Ch) |
| *Suaeda fruticosa (L.) Forssk* | Chenopodiaceae | Su.f(Ch) |
| *Beta vulgaris maritima L.* | Chenopodiaceae | Be.m(Ch) |
| *Hypochaeris glabra L.* | Asteraceae | Hy.g(As) |
| *Cirsium vulgare (Savi) Ten.* | Asteraceae | Ci.v(As) |
| *Onopordum acanthium L.* | Asteraceae | On.a(As) |
| *Calendula arvensis L.* | Asteraceae | Ca.a(As) |
| *Leucanthemum vulgare Lam.* | Asteraceae | Le.v(As) |
| *Scolymus hispanicus L.* | Asteraceae | Sc.h(As) |
| *Bellis perennis L.* | Asteraceae | Be.p(As) |
| *Agrostis vulgaris L.* | Poaceae | Ag.v(Po) |
| *Lolium multiflorum Lam.* | Poaceae | Lo.m(Po) |
| *Hordeum murinum L.* | Poaceae | Ho.m(Po) |
| *Phalaris arundinacea L* | Poaceae | Ph.a(Po) |
| *Melilotus officinalis (L.) Lam* | Fabaceae | Me.o(Fa) |
| *Medicago sativa L.* | Fabaceae | Me.s(Fa) |
| *Scorpiurus muricatus L.* | Fabaceae | Sc.m(Fa) |
| *Spergula sp L.* | Caryophyllaceae | Sp.s(Ca) |
| *Spergularia marina (L.) Griseb.* | Caryophyllaceae | Sp.m(Ca) |
| *Plantago coronopus L.* | Plantaginaceae | Pl.c(Pl) |
| *Plantago lanceolata L.* | Plantaginaceae | Pl.l(Pl) |
| *Foeniculum vulgare L.* | Apiaceae | Fe.v(Ap) |
| *Torilis nodosa L.* | Apiaceae | To.n(Ap) |
| *Anagallis arvensis L.* | Primulaceae | An.a(Pr) |
| *Sinapsis arvensis L.* | Bromeliaceae | Si.a(Br) |
| *Erodium cicutarium L.* | Geraniaceae | Er.c(Ge) |

négativement corrélé à ce premier axe, se compose de la conductivité, l'argile, le sodium, le calcium et de la dureté totale. Le deuxième groupe est quant à lui positivement corrélé à cet axe est se compose de l'altitude, du diamètre moyen pondéral, du CaCO3, de la matière organique et du sable. Les deux variables majeures conditionnant cet axe, bien qu'opposées l'une à l'autre, sont la conductivité et l'altitude.

Tableau 2. Résumé des résultats de la DCA. 133 relevés et 12 variables environnementales.

| Axes | Axe 1 | Axe 2 | Axe 3 | Axe 4 |
|---|---|---|---|---|
| Valeurs propres | 0.44 | 0.20 | 0.16 | 0.12 |
| Longueur du gradient | 3.95 | 2.76 | 3.09 | 2.53 |
| Corrélation espèces – variables environnementales | 0.83 | 0.35 | 0.46 | 0.25 |
| Pourcentage cumulatif des variances des espèces | 14.1 | 20.6 | 25.6 | 29.4 |
| Pourcentage cumulatif des variances de la relation espèces - variables environnementales | 42.7 | 46.6 | 0.0 | 0.0 |

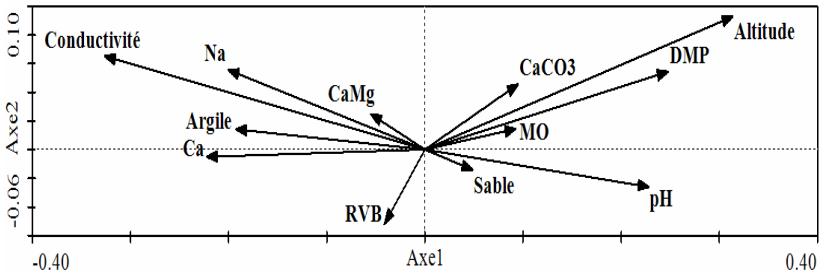


Fig.2. Biplot DCA avec projection des 12 variables environnementales sur axe1 axe 2.

L'étude des effets marginaux a montré que les variables altitude, conductivité et structure du sol (DMP) sont les plus importantes. Elles sont suivies par les variables $Ca^{++}$, pH, $Na^{+}$ et à un degré moins le taux d'argile et la matière organique. Les variables restantes jouent par contre un rôle secondaire. L'accroissement des valeurs propres après ajout d'une nouvelle variable durant la phase de présélection à montré que la première variable utilisée est l'altitude, et elle est hautement significative (*F-statistic* >> *p-value*) selon le test Monte Carlo (999 permutations). L'ajout successif des variables conductivité, $Na^{+}$ et DMP, induit des accroissements respectifs très hautement significatifs ($p<0.01$) dans les valeurs propres. Les variables CaMg, $Ca^{++}$, et CaCO3 confèrent des améliorations significatives ($p<0.05$). Les variables qui restent contribuent par contre, avec des accroissements non significatifs.

## VÉGÉTATION ET FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

L'analyse des redondances montre que la variabilité expliquée par les quatre premiers axes est de 21% (Tableau 3). La variabilité expliquée par chaque variable selon l'analyse des redondances partielle est la suivante: altitude = 12.56 (p**), conductivité = 10.95 (p**) , stabilité structurale (DMP) = 9.14 (p**), $Ca^{++}$ = 6.3 (p**), pH = 6.12 (**), $Na^{+}$ = 4.76 (p**), Argile = 3.03 (p**), MO = 2.23 (p*), CaCO3 = 1.9 (p*), RVB=1.81 (p*), CaMg = 1.65 , Sable = 1.22. Cet ordre signifie que la distribution de la végétation au niveau de la plaine du Bas Cheliff est fortement liée à l'altitude, la conductivité, la structure du sol, le $Ca^{++}$, le pH, le $Na^{+}$, l'argile et à un degré moindre à la matière organique et au CaCO3.

Tableau 3. Résumé des résultats de l'analyse des redondances; ACR totale (133 relevés et 29 espèces), et les corrélations significatives entre les deux premiers axes et les variables environnementales (**p < 0,01 ;*p<0.05). En plus des résultats du test de Monte Carlo montrant la signification des axes canoniques.

| | Axe 1 | Axe 2 | Axe 3 | Axe 4 |
|---|---|---|---|---|
| Valeurs propres | 0.136 | 0.042 | 0.021 | 0.012 |
| Corrélation espèces – variables environnementales | 0.815 | 0.683 | 0.519 | 0.481 |
| Pourcentage cumulatif de variance des espèces | 13.6 | 17.8 | 19.9 | 21.0 |
| Pourcentage cumulatif de variance de la relation espèces – variables environnementales | 54.9 | 71.8 | 80.3 | 85.0 |
| Corrélation Axe – Variable | | | | |
| DMP (Diamètre moyen pondéral) | 0.57** | 0.22 | 0.74 | -0.46 |
| MO (Matière organique) | 0.21* | 0.05 | 0.33 | -0.16 |
| C.E (Conductivité) | -0.75** | 0.52 | -0.09 | -0.00 |
| $Na^{+}$ (Sodium) | -0.46** | 0.41 | -0.01 | 0.04 |
| $Ca^{++}$ (calcium) | -0.50** | 0.06 | -0.43 | 0.4 |
| CaCO3 | 0.21* | 0.23 | 0.28 | -0.34 |
| pH | 0.52** | -0.25 | 0.025 | -0.00 |
| Argile | -0.44** | 0.164 | -0.25 | -0.11 |
| Sable | 0.111 | -0.101 | -0.06 | -0.39 |
| CaMg (Dureté totale) | -0.13 | 0.17 | 0.07 | 0.21 |
| Altitude | 0.70** | 0.42 | 0.632 | -0.22 |
| RVB (coloration du sol Rouge-vert-bleu) | -0.09 | -0.29 | -0.38 | 0.06 |
| Test Monte Carlo (999 permutations) | F | p-value | | |
| Signification du premier axe canonique | 18.85 | 0.0010 | | |
| Signification de tous les axes canoniques | 3.286 | 0.0010 | | |

Le test de permutations Monte Carlo (999 permutions) révèle que la variabilité expliquée par les axes canoniques est hautement significative (F=3.286; p<0.01). Le premier axe canonique, très hautement significatif, toujours selon le test Monte Carlo (F=18.854; p<0.01) explique à lui seul 13.6 % de la variabilité totale des espèces végétales et 54.9 % de variance de la relation végétation et variables environnementales. Cet axe est positivement corrélé à l'altitude, la structure du sol, le pH, le CaCO3 et la matière organique d'une part, et négativement corrélé à la conductivité, le $Ca^{++}$, le $Na^{+}$, et l'argile (Tableau 3) d'autre part. De ce fait, le micro relief observé au niveau de la plaine du Bas-Chelif a un effet considérable sur la répartition spatiale de la salinité et par conséquent sur la répartition de la végétation. Les basses altitudes engendrent un dépôt de sels aggravé par une forte capacité de rétention du sol liée à un taux d'argile élevé, ce

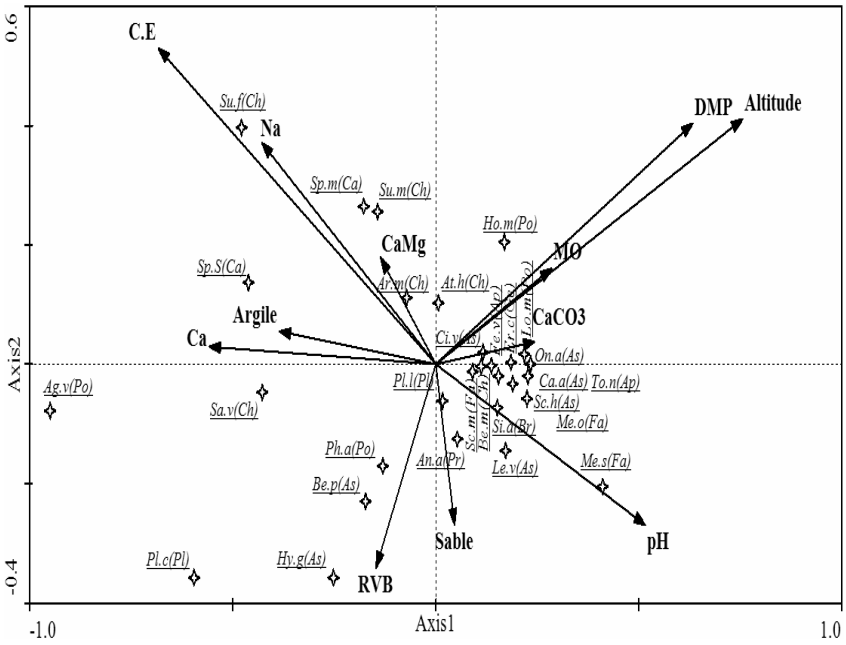


Fig. 3. Biplot ordination contrainte (RDA) de la végétation du Bas Cheliff, 133 relevés, 29 espèces et 12 variables environnementales soumis à une présélection par le biais d'un test de Monte Carlo, les lettres entre parenthèse représentent les familles (*Ch* : Chénopodiacées, *Ap* : Apiacées, *As* : Astéracées, *Br* : Broméliacées, *Ca* : Caryophyllacées, *Fa* : Fabacées, *Ge* : Géraniacées, *Pl* : Plantaginacées, *Po* : Poacées et *Pr* : Primulacées).

qui empêche leur drainage. Ce processus conduit à une dégradation de la structure du sol (Fig.3) et favorise l'apparition d'espèces végétales halophiles telles que les Chénopodiacées et les Caryophyllacées, caractéristiques de conditions extrêmes. Les altitudes relativement hautes sont quant à elles caractérisées par un faible taux de sels et un taux de matière organique légèrement élevé, ce qui améliore la structure du sol et laisse apparaître un cortège floristique plus diversifié (Astéracées, Fabacées, Géraniacées, Apiacées, Brassicacées, Primulacées, Plantaginacées). Le deuxième axe exprime 4.2% de la variabilité totale des espèces végétales et 16.9 % de variance de la corrélation espèces et variables environnementales. Il est positivement corrélé à la conductivité et au $Na^+$ avec une apparition notable de Chénopodiacées, notamment l'*Atriplex halimus (L)*, *Suaeda maritima (L)*, *Arthrocnemum macrostachyum (Moric.)*, *Suaeda fruticosa (L) et Sspergularia marina (L).* Il est en revanche négativement corrélé au sable, à l'intensité de coloration du sol et au pH avec apparition notable d'Astéracées et de quelques Poacées. En somme, nous considérons que la variance de 71.8 % expliquée par ces deux premiers axes canoniques est largement suffisante pour tirer des conclusions sur la relation végétation et variables environnementales dans la plaine du Bas-Chelif.

## ÉTUDE DES ASSOCIATIONS VÉGÉTALES

Le coefficient de fidélité Phi a permit de définir quatre unités de végétation caractéristiques des conditions stationnelles de chaque groupe de relevés (Fig.4). Chacune de ces quatre unités est composée d'espèces avec des valeurs de fidélité hautement significatives (***p, **p) à significatives (*p) selon le test de Fisher (Tableau 4). L'unité de végétation D, composée exclusivement de Chénopodiacées et de Caryophyllacée, est hautement positivement corrélée à la conductivité et témoigne de sols rassemblant tous les facteurs de dégradation. L'unité de végétation aussi positivement corrélée à la conductivité témoigne de sols légèrement salés. En raison des conditions stationnelles dans lesquelles elles prospèrent ces deux unités de végétations sont les moins diverses selon l'indice de diversité de Simpson et de Shannon-Weiner (Tableau 4). Le taux de sels élevé élimine en effet un grand nombre d'espèces végétales sensible à la salinité au profit des espèces halophiles. Au contraire des unités A et D, les unités de végétations B et C sont négativement corrélée à la conductivité et témoignent par leur présence des bonnes conditions de station. Ces deux unités (B et C) présentent les indices de diversités les plus élevés (Tableau 4) car elles prospèrent dans des conditions physico

Tableau 4. Tableau synoptique des 134 relevés et 29 espèces établit sur la base de l'analyse des redondances et du coefficient de fidélité Phi. Les espèces caractéristiques de chaque unité de végétation (en gras dans le tableau) sont celles avec un coefficient phi significatif selon le test de Fisher (*** p<0.001 ; **p<0.01 ;*p<0.05).

| Tableau synoptique | Coefficient Phi en pourcent | | | |
|---|---|---|---|---|
| Groupes | A | B | C | D |
| Nombre de relevés | 42 | 25 | 30 | 36 |
| Nombre d'espèces diagnostiques | 6 | 7 | 8 | 5 |
| Indice Shannon-Weiner | 1.40 | 1.51 | 1.55 | 1.40 |
| Indice de diversité de Simpson | 0.59 | 0.67 | 0.68 | 0.63 |
| Espèces caractéristiques de l'unité de végétation A | | | | |
| *Plantago coronopus L.* | **50.9*** ** | --- | --- | --- |
| *Bellis perennis L.* | **49.6*** ** | --- | --- | --- |
| *Hypochaeris glabra L.* | **36.5*** ** | --- | --- | --- |
| *Phalaris arundinacea L* | **29.2*** ** | --- | --- | --- |
| *Spergula sp L.* | **25.2** ** | --- | --- | **19.6* ** |
| *Beta vulgaris maritima L.* | **14.9* ** | --- | --- | --- |
| Espèces caractéristiques de l'unité de végétation B | | | | |
| *Torilis nodosa L.* | --- | **27.4** ** | --- | --- |
| *Erodium cicutarium L.* | --- | **21* ** | --- | --- |
| *Onopordum acanthium L.* | --- | **19.2* ** | --- | --- |
| *Cirsium vulgare (Savi) Ten.* | --- | **17.5** | 3.7 | --- |
| *Lolium multiflorum Lam.* | --- | **17.3* ** | 17.3 | --- |
| *Foeniculum vulgare L.* | --- | 13.3 | 9.2 | --- |
| *Scorpiurus muricatus L.* | --- | 8.5 | 4.9 | --- |
| *Hordeum murinum L.* | --- | 7.7 | --- | 4.9 |
| Espèces caractéristiques de l'unité de végétation C | | | | |
| *Sinapsis arvensis L.* | --- | --- | **41.4*** ** | --- |
| *Plantago lanceolata L.* | --- | --- | **29.9** ** | --- |
| *Scolymus hispanicus L.* | --- | --- | **22.2** ** | --- |
| *Anagallis arvensis L.* | --- | --- | **20.3* ** | --- |
| *Calendula arvensis L.* | --- | --- | **19.6* ** | --- |
| *Medicago sativa L.* | --- | --- | **18.7* ** | --- |
| *Melilotus officinalis (L.) Lam* | --- | --- | **17.5* ** | --- |
| *Leucanthemum vulgare Lam.* | --- | --- | **16.4* ** | --- |
| Espèces caractéristiques de l'unité de végétation D | | | | |
| *Suaeda maritima (L.) Dumort* | --- | --- | --- | **35.4*** ** |
| *Spergularia marina (L.) Griseb.* | --- | --- | --- | **29.6** ** |
| *Arthrocnemum macrostachyum M* | --- | --- | --- | **25.6* ** |
| *Suaeda fruticosa (L.) Forssk* | **20.3* ** | --- | --- | **25.1** ** |
| *Atriplex halimus L.* | --- | 3.5 | 0.3 | **11.5** |
| Espèces caractéristiques de deux unités de végétation avec même seuil de significatio | | | | |
| *Agrostis vulgaris L.* | **43.3*** ** | --- | --- | **38.4*** ** |
| *Salsola vermiculata L.* | **31*** ** | --- | --- | **27.7*** ** |

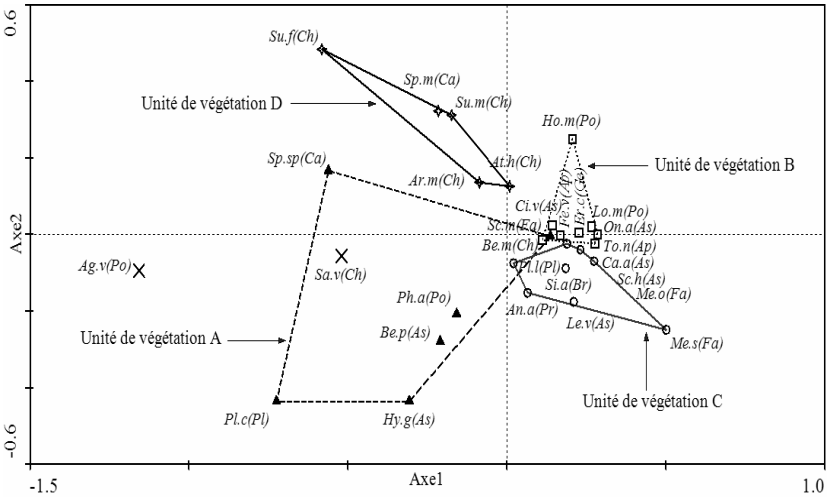


Fig.4. Biplot des unités de végétations

- chimiques meilleures. Les quatre unités de végétation nous permettent ainsi de discriminer entre différents seuils de salinité dans la plaine du Bas Cheliff. Des sols non salé indiqués par les unités B et C, l'unité de végétation A témoigne de sols légèrement salé alors que l'apparition de l'unité de végétation D témoigne d'une salinité excessive.

Tableau 5. Résultats de l'analyse de similarité (ANOSIM) basée sur la corrélation (matrice de haut) et sur la distance Bray-Curtis (matrice de Bas) entre les groupes de relevés obtenus par l'analyse des redondances.

| | Euclidienne | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ***R = 0.36*** | | | |
| Distance de mesure | Groupe 1 | Groupe 2 | Groupe 3 | Groupe 4 |
| Bray-Curtis | | R= 0.16<br>*P= 0**** | R= 0.44<br>*P= 0**** | R= 0.41<br>*P= 0**** |
| | R= 0.17<br>*P= 0**** | | R= 0.60<br>*P= 0**** | R= 0.50<br>*P= 0**** |
| | R= 0.43<br>*P= 0**** | R= 0.58<br>*P= 0**** | | R= 0.04<br>*P= 0.07* |
| | R= 0.39<br>*P= 0**** | R= 0.47<br>*P= 0**** | R= 0.04<br>*P= 0,06* | |

## ANALYSE DE SIMILARITÉ (ANOSIM)

L'analyse de similarité (ANOSIM) avec 10000 permutations (Tab.5) montre des différences significatives dans la composition taxonomique des quatre groupes de relevés quelque soit la mesure de distance utilisée. Les différences les plus significatives ( $p< 0.001$) sont enregistrés entre d'une part les groupes 1 et 2 hautement corrélés à la conductivité et caractérisée par les unités de végétation A et D et d'autre part les groupes 3 et 4 négativement corrélés à la conductivité et caractérisés par les unités de végétation B et C. Cependant, la valeur du $R_{ANOSIM}$ est très faible entre les groupes 3 et 4 avec une p-value non significative indiquant un important chevauchement de la composition taxonomique des deux groupes, ce ci nous permet de conclure que ces deux groupes de partage de nombreuses espèces. La même constatation est valable entre les groupes 1 et 2.

## CONCLUSION

La plaine du Bas-Chelif est l'une des plus vastes plaines du sublittoral Ouest algérien. C'est un écosystème fragilisé par des contraintes édaphiques particulières et par des adversités climatiques rudes. Ces contraintes limitent toute activité agricole, en dehors de quelques parcelles longeant l'oued du Chelif, et réduisent fortement la diversité végétale. Ainsi, durant les trois années de suivi, nous avons dénombré 40 espèces végétales uniquement à l'issue de 145 relevés floristiques.

La salinité constitue le problème environnemental majeur. Elle conditionne la répartition spatiale de la végétation et la formation des unités de végétation sur les 45000 hectares que compte la plaine du Bas Cheliff. Les unités de végétation se forment en fonction de leur tolérance vis-à-vis de la salinité. En effet, nous distinguons d'une part des unités de végétation moins diversifiées constituées d'espèces halophytes, réparties tout au long des sites salés. D'autre part des unités de végétation plus diversifiées, très sensibles à la salinité occupant les sites non salés a légèrement salés. Il est donc important de connaître l'écologie et la biologie de chaque unité de végétation pour la caractérisation des conditions stationnelles.

Notre étude a pu caractériser le cortège floristique et les caractéristiques physico – chimiques de la plaine du Chelif. Dans la perspective d'un aménagement et d´une gestion raisonnés de cet écosystème, il est nécessaire de tenir compte de toutes ses spécificités écologiques et biogéographiques.

## SUMÁRIO

O *Lower Cheliff* (Baixo Cheliff) é uma das maiores planícies salgadas aluviais quaternárias no noroeste da Argélia, situada entre as latitudes 35,750° e 36,125° N e longitude 0.5°-1° L, com uma área de cerca de 450 km$^2$ e uma elevação média de 70 m. É caracterizada por um clima semi- árido e alberga várias espécies vegetais pouco estudadas. A distribuição da vegetação foi investigada em 145 locais por mais de três anos. Um total de 40 espécies foi identificado. O primeiro eixo da da análise de redundância (*RDA*) explica 17,8 % da variância total de espécies e 71,8 % espécies/ambiente. Os efeitos marginais indicado pela variância na estrutura de associação vegetal foram explicados principalmente pela altitude; condutividade, e estrutura do solo. A análise de semelhança revelou diferenças significativas na composição taxonômica de quatro grupos de relêvos selecionados de acordo com a contribuição deles e as coordenadas dos mesmos nos primeiros dois eixos da análise de redundância (*RDA*). O coeficiente de fidelidade phi, em quatro unidades de vegetação está proximamente relacionado com os gradientes ambientais dominantes identificados.


PALAVRAS CHAVE: análise-multivariada; coeficiente-fidelidade; vegetação; salinidade; Baixo-Cheliff; Algeria.


## RESUME

Le Bas-Cheliff est l'une des plus vaste plaine du Nord-Ouest Algérien. C'est une zone salée qui se situe entre la latitude 35,75° - 36,125° N et la longitude 0,5° -1° E. Elle se caractérise par un climat semi aride et abrite de nombreuses espèces végétales peu étudiées. Pour étudier la végétation de cette plaine en relation avec les variables environnementales, nous avons effectué 145 prélèvements de sols et 145 relevés floristiques totalisant 40 espèces. L'Analyse Canonique des Redondances (ACR) révèle que les deux premiers axes expliquent 17.8 % de la variance totale des espèces végétales et 71.8 % de variance dans la relation végétation – variables environnementales. L'étude des effets marginaux montre que la distribution de la végétation dans cette plaine est étroitement liée à l'altitude, la conductivité et la structure du sol. L'analyse de similarité a révélé des différences significatives dans la composition taxonomique de quatre groupes de relevés choisis selon leur contribution et leurs coordonnées sur les deux premiers axes de l'analyse des redondances (ACR). A l'aide du coefficient de fidélité Phi quatre unités de végétations

en relation étroite avec des gradients environnementaux dominants ont été identifiées.

MOTS CLÉS: Analyse-multivariée; coefficient-de-fidélité, végétation, salinité, Bas-Cheliff, Algérie.

## SUMMARY

The Lower-Cheliff, is one of the largest quaternary alluvial salted plains in northwestern Algeria, located between latitude 35.750°-36.125°N and longitude 0.5°-1°E, with an area of about 450 km2 and an average elevation of 70 m. It is characterized by a semi arid climate and is home to many vegetal species little studied. Vegetation distribution was investigated over three years at 145 sites. A total of 40 species were identified. The first two axes of the redundancy analysis (RDA) explain 17.8% of the total variance of species data and 71.8% of variance in the species - environment relation. The study of marginal effects indicated that variation in the assemblage structure of vegetation was primarily explained by conductivity, altitude and soil structure. The similarity analysis revealed significant differences in taxonomic composition of four groups of selected reliefs according to their contribution and their coordinates on the first two axes of the RDA. With the fidelity coefficient Phi four vegetation units closely related to the dominant environmental gradients were identified.

KEYWORDS: multivariate analysis; fidelity-coefficient; vegetation; salinity; Lower-Cheliff; Algeria.

## BIBLIOGRAPHIE

BESSE, P. 2001. *Pratique de la modélisation Statistique*, Publications du laboratoire de statistique et probabilité,Université Paul Sabatier, Toulouse III, France.

BRUELHEIDE, H. 2000. A new measure of fidelity and its application to defining species groups. *J. Veg. Sci., 11*: 167-178

BUTLER, R.W. & A.T.A. WOOD, 2004. A Dimensional CLT for Non-Central Wilks' Lambda in Multivariate Analysis, Scandinavian Journal of Statistics, Volume 31, Number 4, December 2004 , pp. 585-601(17)

CHYTRY, M., L. TICHY, J. HOLT & Z. BOTTA-DUKAT, 2002. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures *J. Veg. Sci., 13*: 79-90

CL*ARKE,* K. R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Aust. J. Ecol., 18,* 117-143.

Clarke, K.R. & R.M. Warwick, 1994. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth Marine Laboratory. Plymouth. 144 pp.

Clarke, K.R. & R.N. Gorley, 2001. *Primer* v 5: User Manual/ Tutorial. Primer-E Ltd., Plymouth Marine Laboratory, UK.

Curtis, J.T. 1959. *The vegetation of Wisconsin: an ordination of plant communities*. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, USA. 657 pp.

Erkel-Rousse, H. 1995. Détection de la multicolinéarité dans un modèle linéaire ordinaire : quelques éléments pour un usage averti des indicateurs de Belsley , Kuh et Welsh, *Rev. Statist. Appliq.,* 43 (4): 19-42.

Flahault, C. & C. Schroter, 1910. Rapport sur la nomenclature phytogeographique. *Proc. 3rd Int. Bot.Cong.,* Brussels, *1*:131–164.

Gabriel, H. W. & S. S. Talbot. 1984. *Glossary of landscape and vegetation ecology for Alaska*. Alaska Technical Report 10. Bureau of Land Management, U.S. Department of the Interior, Washington, D. C.

Hill, M. O. & H. G. Gauch, 1980. Detrended correspondence analysis, an improvised ordination technique. *Vegetatio, 42,* 47-58.

Jongman, R. H. G., C. J. F. Ter Braak & O. F. R. van Tongeren, 1996. *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press. Cambridge. 299 pp.

Le Bissonnais, Y. & C. Le Souder, 1995. *Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et a l'érosion Rev. Etude Gest.sols, 2* (1): 43 – 56.

Legendre, P. & L. Legendre, 1998. *Numerical Ecology* (2nd English edt). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 853 pp.

Legendre, P. & E. Gallagher, 2001. Ecologically meaningful transformation for ordination of species data. *Oecologia, 129*: 271-280.

Leps, J. & P. Smilauer, 2003. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 269 pp.

Maarel van der, E. 1975. The Braun-Blanquet approach in perspective. *Vegetatio, 30* (3), 213-219.

Marques de Sá, J. P. 2007. *Applied Statistics Using SPSS.* Statistica, Matlab and R.Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.

OKLAND, R.H. & O., EILERTSEN, 1994. Canonical correspondence-analysis with variation partitioning — some comments and an application. *J. Veg..Sci., 5*, 117-126.

ORLOCI, L. 1967. An agglomerative method for classification of plant communities. *J Ecol., 55*: 193–205.

RAO, C. R. 1995. A review of canonical coordinates and an alternative to correspondence analysis using Hellinger distance. *Qüestiió, 19*:23–63.

SIMPSON, E. H. 1949. Measurement of species diversity. *Nature, 163*: 688.

SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF. 1995. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research.* Third Edition. W. H. Freeman and Company, New York.

TER BRAAK, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology, 67*:1167-1179.

TER BRAAK, C. J. F. 1994. Canonical community ordination. Part I: Basic theory and linear methods. *Ecosc, 1*:127-40

WESTHOFF, V. & E. VAN DER MAAREL, 1978. The Braun-Blanquet approach. In: Whittaker, R.H. (editor). Classification of plant communities, pp. 287-399. Dr. W. Junk , The Hague, The Netherlands.

ZUUR, A.K., E.N. IENO & G.M. SMITH, 2007. *Analysing Ecological Data.* Springer.

Recebido em 12 de dezembro de 2008.