

« Caractéristiques édaphiques des groupements steppiques à *Stipa tenacissima* L. »

Mohamed BOUAZZA (*), Noury BENABADJI (*), Roger LOISEL (**),
Gérard METGE (**)

(*) Université Abou-Bekr Belkaid, Faculté des sciences, Département de Biologie, Imama, Tlemcen ALGERIE

(**) Université de MARSEILLE St Jérôme, Laboratoire d'Ecologie, Avenue Escadrille Normandie Niémen 13397.
Cedex 13 Marseille, FRANCE

Résumé

Dans le cadre de nos recherches nous étudions les sols des groupements végétaux steppiques caractéristiques à *Stipa tenacissima* L. Les résultats analytiques des sols montrent :

- Un pourcentage élevé en éléments grossiers,
- Une teneur élevée en calcaire totale,
- Une structure particulière qui domine sur l'ensemble des profils,
- Les sols en profondeur sont bruns,

Par ailleurs les résultats de l'ACP (Analyse en composante principale) évoquent entre autres la fidélité de la végétation à la morphologie en relation directe avec la lithologie.

MOTS CLES : Steppe, Sol, *Stipa tenacissima* L. ACP (Analyse en composante principale), Tlemcen, Oranie.

Summary

The upper plateau of the Algerian country is considered as a part of the steppe area of the south west Oranean area. This area falls under the influence of the semi arid climate. The present investigation was undertaken to study the soil types and components of in the upper plateau in relation to the steppe plant groups of *Stipa tenacissima* L.

The edaphologic results of soil show

- A high percentage elements,
- A high of calcaire total,
- A structure particular who dominante on profiles whole,
- The soils depth of field are brown.

In a edaphologic perspective, the different principal component analyses (ACP) demonstrated that the most important edaphic parameters for plant diversity is in relation with lithologie.

KEYS WORD: Steppe, Soil, *Stipa tenacissima* L., ACP (Analysis composant principal), Tlemcen, Oranie

INTRODUCTION

Plusieurs auteurs ont étudié et cartographié les sols, en particulier en Afrique du Nord: Gaucher (1947), Durand (1958), Boulaine (1960), Simonneau (1961), Ruellan (1971), Pouget (1980), Achour (1983); Aubert (1989), Hudson (1993), Halitim (1985); in Benabadji (1995) et Bouazza (1995), Ait Meguellat (1997), Saada (1999), Kadi Hanifi (2003), ils ont fourni des interprétations pédogénétiques, ce qui a amené certains d'entre eux à rattacher les sols d'Afrique du Nord:

- * soit aux sols rouges méditerranéens,

- * soit aux sols steppiques dont l'extension est importante dans la majorité des plaines et des vallées semi- arides; ils rappellent en effet, par nombre de leurs caractères les sols châtains, les sols bruns et les Siérozems des grandes plaines steppiques de Russie (Aubert, 1965).

Duchaufour (1977) a bien précisé que tous les sols qualifiés de steppiques appartiennent à la classe des sols iso humiques(sols de steppe).

Certains facteurs tels que la structure et la texture influent sur l'aération et les réserves d'eau. La concentration et la composition chimique du sol sont étroitement liées à la vie des plantes.

Devant l'absence de données en pédologie sur notre zone d'étude nous avons été amené à réaliser un certain nombre d'analyses quantitatives et qualitatives. L'intérêt de ces analyses permettra de contribuer à la connaissance des sols dans la région d'étude.

CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA REGION

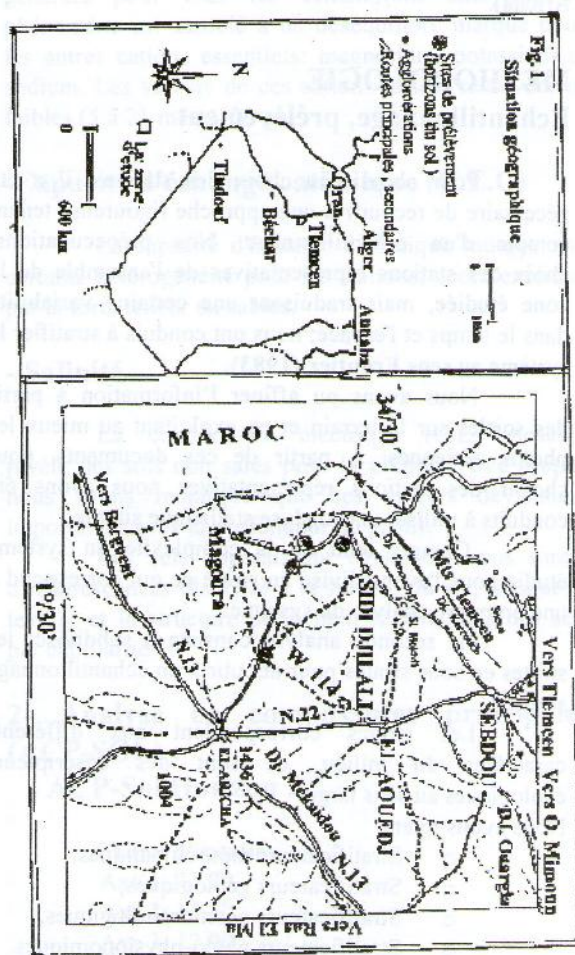
La zone d'étude se situe en Algérie occidentale. Le milieu où s'insère notre zone d'étude est un vaste écosystème situé au Sud de la wilaya de Tlemcen et se caractérise particulièrement par ses hautes plaines steppiques.

La région nord s'oppose de façon nette par sa richesse et la variété de ses paysages, à l'aridité et à la monotonie relative des vastes plaines qui s'étendent plus au Sud.

La région est traversée par la route nationale N °22, reliant le Nord au Sud. Elle se trouve en contact avec les monts de Tlemcen au Nord-ouest (Djebel Tenouchfi 1840 m). La région est limitée par l'état du Maroc à l'Ouest, et par des communes de Mekmen Benamar et Ras El-Ma à l'Est.

La région s'allonge au Nord avec une longitude de 1°20' Ouest et de latitude de 34°38' Nord, par contre

au Sud elle est de 1°12' de longitude Ouest, et 34°12' latitude Nord (Fig. 1).



CADRE GEOMORPHOLOGIQUE

La dépression au Sud de Sebdou est remplie en grande partie par du matériel Quaternaire d'origine alluvionnaire.

Le calcaire noir borde la région Est de l'agglomération. Au sud de Sebdou les couches marneuses peu épaisses où baignent les blocs de calcaire beige, recouvrent les hautes plaines steppiques.

Les formations quaternaires s'organisent en terrasses emboîtées le long des Oueds.

Les sols alluviaux à nappe subissant de fortes fluctuations se rencontrent dans les lits majeurs des rivières, c'est le cas de nos régions situées à Hassi Zerrouk (Magoura).

Les sols colluviaux sont plus grossiers, les matériaux ont été transportés mécaniquement par un processus d'érosion le long des pentes, c'est le cas des stations situées dans la zone du Djebel Mékaidou (El-Aricha).

METHODOLOGIE

Echantillonnage, prélèvement

Pour aboutir au choix des stations, il a été nécessaire de recourir à une approche rigoureuse tenant compte d'un échantillonnage. Nos préoccupations; choix des stations représentatives de l'ensemble de la zone étudiée, mais traduisant une certaine variabilité dans le temps et l'espace; nous ont conduits à stratifier le système au sens **Frontier (1983)**.

Nous avons pu affiner l'information à partir des sorties sur la terrain et en exploitant au mieux les photos aériennes. A partir de ces documents, pour choisir des stations représentatives nous avons été conduits à utiliser une analyse statistique simple.

Compte tenu de la complexité du système étudié nous l'avons divisé en strates ce qui correspond à une première analyse du système.

Une seconde analyse consiste à subdiviser les strates en sous strates pour aboutir à un échantillonnage stratifié.

Les strates correspondent aux différents caractères du milieu, ce sont des descripteurs écologiques au sens large.

Nous avons retenu

- Stratificateurs mésoclimatiques,
- Stratificateurs géologiques,
- Stratificateurs géomorphologiques,
- Stratificateurs phyto-physionomiques.

Afin de définir correctement les limites de ces espaces, nous avons utilisé des documents cartographiques de la région.

Chaque profil selon le cas comprend 2 ou 3 horizons. Au total nous avons 11 profils répartis sur des sites d'études situés entre Sidi Djilali et Magoura. Les profils édaphiques ont été creusés au sein des peuplements végétaux homogènes. Nous avons utilisé les échantillons perturbés. Les principaux caractères "in situ" figurent sur les tableaux analytiques (localisation, substrat, microtopographie, végétation.....).

- Analyses physiques et chimiques

Nous nous sommes inspiré du document de Aubert Guy (1998) pour ces analyses physico-chimiques.

*Physiques

Les teneurs en argiles et en limons (granulométrie) sont évaluées par la pipette de Robinson qui fait appel à la loi de Stockes.

*Chimiques

○ Conductivité électrique (Méthode extrait aqueux au 1/5),

○ Carbone organique (Méthode d'Anne, 1945),

○ Azote total (méthode Kjeldahl),

○ Sulfates: (méthode précipitation présence du BaCl₂). Ces anions ont été extraits totalement en présence d'eau acidulée,

○ Chlorures: (méthode argentométrique de Mohr). Les chlorures étant tous solubles, sont extraits par l'eau chaude. Pour rendre visible la fin de la précipitation, on ajoute à la solution d'extraction du chromate de potassium

○ Q 4/6 et AH/AF (méthode colorimétrique à 600 nm et 400 nm),

On caractérise la qualité de l'humus par les mesures des densités optiques d'une solution de composés humiques à deux longueurs d'onde différentes (600nm et 400nm). Le quotient Q 4/6 représente le rapport de la densité optique à une longueur de 400 nm à celle mesurée d'une longueur d'onde de 600 nm,

○ Calcaire total (méthode calcimètre de Bernard),

○ Phosphore total (méthode Lorenz-Scheffer),

○ Complexe absorbant (méthode Schollenberger et Drembelbis),

Les dosages du potassium et du sodium ont été effectués par la méthode spectrophotométrique d'émission; ceux du magnésium et du calcium par la méthode spectrophotométrique d'absorption atomique,

○ Capacité d'échange cationique (méthode Metson).

Traitements de données par l'AFC (Analyse en composante principale)

Pour pouvoir comparer les échantillons de sol nous avons retenu un traitement numérique au cours duquel deux techniques sont utilisées.

- ACP (Analyse en composante principale),

- CHA (Classification hiérarchique ascendante), appelée Hiérarchie du moment d'ordre 2. L'analyse en composante principale a été menée à partir de l'ensemble des données, soit une matrice de 33 échantillons de sol en ligne et 25 paramètres édaphiques analysés en colonnes.

INTERPRETATION DES RESULTATS

1- Caractéristiques des sols (Tableaux 1 et 2)

- Granulométrie

On note un peu partout des taux d'argile inférieurs à 20%. Quant à la fraction limoneuse, elle est variable et oscille en général entre 13 et 39%. En ce qui concerne les éléments grossiers (sables), leur pourcentage demeure faible et ne devient prépondérant que dans certains sols développés, souvent sur d'assez fortes pentes, c'est le cas de Sidi Djilali. Ces sols dans la majorité des cas sont légers et perméables. En effet les analyses granulométriques mettent en évidence une teneur élevée en sables atteignant 55%.

- Matière organique

Tous les sols étudiés montrent une faible teneur de matière organique. Cette dernière existante dans différents horizons est due soit à la dégénérescence totale, soit au renouvellement partiel du système racinaire. Le carbone est très faible, il se situe entre 8 et 18% o. Les déficits les plus accusés se trouvent sur les stations situées au Sud de la zone. Tous les échantillons analysés révèlent des taux pauvres en azote total.

Le rapport carbone organique sur l'azote dans la plupart des prélèvements varient entre 9 et 20.

- pH

L'acidité n'a pas été mise en évidence, même dans les stations proches des milieux pré forestiers. Il apparaît que les espèces steppiques peuvent très bien pousser sur des sols à forts taux de calcaire. Le pH est alcalin, il varie entre 7 et 9.

-Calcaire total

La plupart des roches de la région sont constituées de calcaire. Il en résulte une influence notable sur la dotation chimique comme sur la constitution physique. Les teneurs en calcaire atteignent dans l'ensemble des échantillons 20 à 30% et même 45% à Sidi Djilali.

-Phosphore total

Concernant le phosphore total, les proportions sont faibles dans l'ensemble. La pauvreté en phosphore s'accroît davantage en profondeur. Les valeurs varient entre 0,47% o et 1%o.

-Bases échangeables

La saturation en cations échangeables Ca^{++} est générale pour tous les échantillons analysés; ce phénomène est associé à un déséquilibre marqué pour les autres cations essentiels: magnésium, potassium et sodium. Les valeurs de ces cations restent relativement faibles (5 à 21 méq /100 g).

-Capacité d'échange cationique (C.E.C)

La capacité d'échange cationique indique une certaine hétérogénéité pour les stations; ceci s'explique par la forte teneur en sables.

- Salinité

La conductivité électrique (C.E) mesurée révèle des sols non salés pour la plupart. A ce propos nous avons remarqué que ces valeurs deviennent importantes avec la profondeur du profil.

Les sels apparaissent également sous forme d'efflorescences blanches à la surface du sol, lorsque la texture et la structure permettent la remontée des sels par capillarité.

2- Analyse en composantes principales (ACP-SOL) :

- ACP-Sol Horizon 2

°Taux d'inertie

Axe 1: 21,70

Axe 2: 18,70

Axe 3: 12,90

Axe 4: 9,90

. Variables explicatives de la répartition des horizons :

Axe: 1

MO: 0.61

C : 0.67

SO₄--: 0.50

Ca⁺⁺: 0.40

Il est à remarquer sur cet axe un gradient de richesse en matière organique, en carbone et en calcium décroissant du pôle positif au pôle négatif. En outre l'élément sulfate se caractérise par un gradient croissant qui va du côté négatif vers le côté positif.

Axe: 2

ST: 0.42
T: 0.42
Cl-: 0.48
Cd: 0.40

L'examen de cet axe permet de noter que les paramètres édaphiques se rapportant à la salinité semblent dominer avec un gradient croissant du pôle négatif au pôle positif du chlore et de la conductivité.

On voit d'autre part sur cet axe l'importance d'un gradient sables totaux et texture décroissant du côté positif vers le côté négatif.

Axe:03

PO: 0.61
CAT: 0.43
EG: 0.31

Sur cet axe les variables montrent une importance relativement faible. On retiendra toutefois que la variable phosphore semble jouer un rôle important.

Ensembles d'horizons affines :

Ensemble A

Sous-ensemble A1: J11, K11

Sous-ensemble A2 : J21, J31, L31

Ensemble B

K21, L11, M31, M11, M21

L'examen des plans de projection 1/2 et 1/3 amène à proposer les interprétations suivantes.

L'ensemble A réunit les horizons les plus riches en matière organique. Ces sols correspondent à des steppes infiltrées dans les ensembles pré forestiers à *Quercus* et à *Juniperus* des Djebels Mécaïdou et Tenouchfi (Sidi Djilali).

Les sols pauvres s'opposent à eux sur les axes, c'est-à-dire ceux des steppes dégradées.

ACP-Sol (Horizons 2)

Taux d'inertie :

Axe 1 : 17.60
Axe 2 : 14.70
Axe 3 : 12.40
Axe 4 : 10.20

Variables explicatives de la répartition des horizons (Fig. 2 à 7)

Axe 1 :

ST: 0.65
L : 0.41
M.O : 0.46

Sur cet axe l'élément fort intéressant apparaissant comme jouant un rôle majeur est le taux de sables totaux qui semble dominer les autres variables écologiques. Ces valeurs décroissent du pôle négatif vers le pôle positif, alors que celles des autres variables suivent un gradient inverse.

Axe 2 :

E.G : 0.64
T.F : 0.64

L'examen de l'axe 2 nous permet de constater une forte contribution des variables écologiques texturales (éléments grossiers et fins), les premières sont maximales au pôle positif, les seconds au pôle négatif.

Axe 3 :

C : 0.67
C.A.T : 0.66

Les fortes contributions de cet axe reviennent au carbone et au calcaire total (C.A.T) qui présentent des teneurs maximales au pôle positif.

Ensembles d'horizons affines :

En utilisant la classification hiérarchique, il est possible d'individualiser deux ensembles A et B avec B scindé en deux sous-ensembles :

Ensemble A : J 12, K 12, K 22

Ensemble B :

Sous ensemble B1 : J 22, L 22, M12, L12, J 32.

Sous ensemble B2 : L 23, L 32

CONCLUSION

A partir de cette étude il nous a été possible de dégager les constatations ci-dessous :

- Un pourcentage élevé d'éléments grossiers (55 à 65 %),
- Une teneur élevée en calcaire supérieur à 20 %,
- Un pH basique supérieur à 8.

Les éléments grossiers se trouvent généralement couplés avec le potassium. Les argiles et les limons sont couplés sur les axes.

En profondeur les sols sont bruns, plus sombres à structure particulière dominante. Sur les zones de montagnes (Sidi-Djilali), lorsque l'Alfa se

développe, les touffes ont tendance à freiner les particules fines des colluvions, qui sous le jeu des infiltrations vont déterminer localement un horizon illuvial. Celui-ci entretient une humidité qui favorise le développement de *Stipa tenacissima* aux racines

fasciculées, mais peut devenir néfastes pour d'autres espèces comme le palmier nain aux racines profondes. L' horizon superficiel ou nourricier dans tous les cas de figure est formé essentiellement de limons ou d'argiles

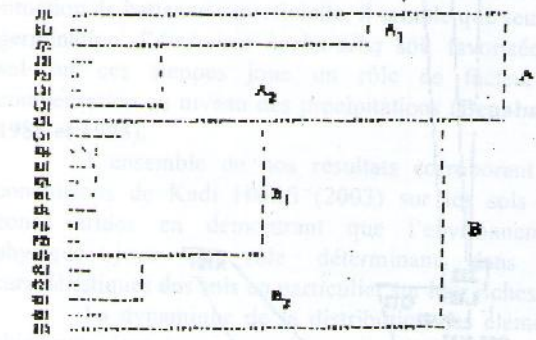


Fig. 2: HIERARCHIE DU MOMENT D'ORDRE 1

- Signification des paramètres édaaphiques
- EG = Eléments grossiers
 - C = Carbone
 - CAT = Calcium total
 - MO = Matière organique
 - L = Limons
 - TF = Terre fine
 - ST = Sables Totaux
 - PO = Phosphore
 - CL = Chlore
 - CD = Conductivité électrique
 - SO = Sulfate
 - T = Capacité d'échange cationique

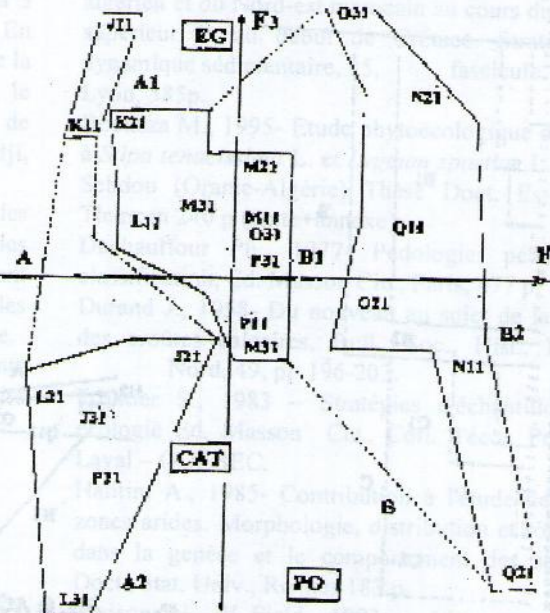


Fig. 3: ACP-Sol Plan 1-3 (horizon 1)

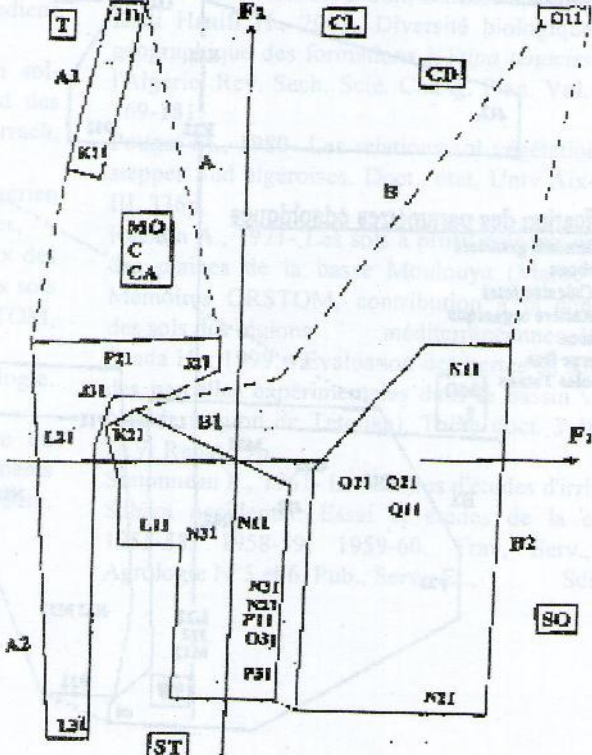


Fig. 4: ACP-Sol Plan 1-3 (horizon 1)

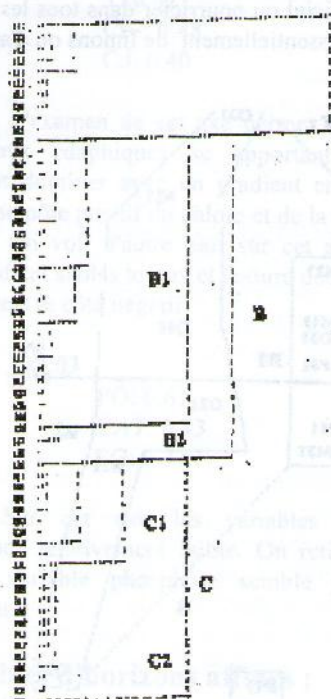


Fig. 5: HIERARCHIE DU MOMENT D'ORDRE 2

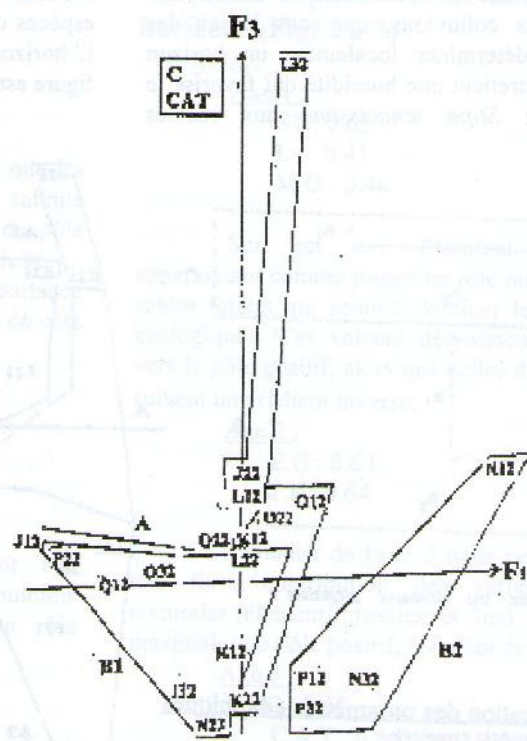


Fig. 6: ACP-Sol Plan 1-3 (horizon 2)

Signification des paramètres édaques

- EG = Eléments granulaires
- C = Carbone
- CAT = Calcaire total
- MO = Matière organique
- L = Limons
- TF = Terre fine
- ST = Sables Totaux

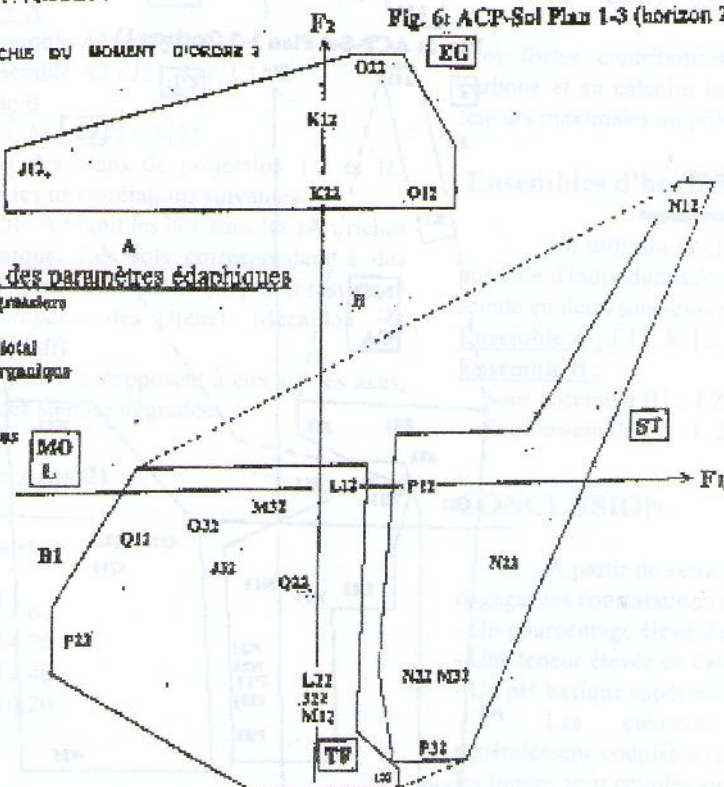


Fig. 7: ACP-Sol Plan 1-2 (horizon 2)

de structure feuilletée compact. L'argile se place entre la matière organique et la texture sur les axes factoriels.

Lorsque le peuplement est dense (60 % de recouvrement), la couche compact atteint l'horizon feuilleté par les racines nourricières. Dans le cas où le peuplement est diffus, seul l'horizon superficiel (1 à 3 cm) comprend des particules fines ou très fines. En situation de battance superficielle, il semble que seule la germination d'*Artemisia herba-alba* soit favorisée, le sol sur ces steppes joue un rôle de facteur de compensation au niveau des précipitations (Benabadji, 1988 et 1995).

L'ensemble de nos résultats corroborent les conclusions de Kadi Hanifi (2003) sur les sols des zones arides en démontrant que l'environnement physique joue un rôle déterminant dans les caractéristiques des sols en particulier sur leur richesse.

La dynamique de la distribution des éléments chimiques dans ces sols est fortement liée à l'activité biologique de ces écosystèmes steppiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Achour, H., 1983- Etude phytoécologique des formations à Alfa (*Stipa tenacissima* L.) au Sud oranais, Saïda. Thèse doc. 3^{ème} cycle Univ. H. Boumediene, Alger, 216 p.+ annexe.
- Ait Menguellat Z., 1997- Etude de la relation sol-végétation dans les zones de transition au sud des monts des Tlemcen. Thèse Magister, I.N.A. El Harrach, Alger. 88p.
- Alcaraz C., 1982- La végétation de l'Ouest algérien. Thèse d'état Univ., Perpignan. 415 p. + annexes.
- Aubert G., 1965- Classification des sols. Tableaux des classes, sous classes, groupes et sous groupes des sols utilisés par la sélection de pédologie de l'ORSTOM, cah. serv. ; péd. III, 269-288.
- Aubert G., 1989- Notions fondamentales d'édaphologie. Doc. Trav. Eco. IMEP. Marseille III.
- Benabadji N., 1988- Réflexion sur l'importance du facteur édaphique dans la distribution des groupements à *Artemisia herba alba* Asso. au Sud de Sebdo, Sém. Maghreb. Univ. Tlemcen. pp:10-14

- Benabadji N., 1995-Etude phyto-écologique de la steppe à *Artemisia herba alba* Asso et *Salsola vermiculata* L. au Sud de Sebdo (Oranie-Algérie) Thèse Doc. Es sciences. Univ. Tlemcen, 250 p. (texte et annexe).
- Benest M., 1985- Evolution de la plate forme de l'Ouest algérien et du Nord-est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début de Crétacé. Stratigraphie et dynamique sédimentaire, 95, fascicule. 1 et 2 Lyon, 585p.
- Bouazza M., 1995- Etude phytoécologique de la steppe à *Stipa tenacissima* L. et *Lygeum spartum* L. au Sud de Sebdo (Oranie-Algérie) Thèse Doct. Es-Sci. Univ. Tlemcen 240 p (texte+annexe).
- Duchauffour Ph., 1977- Pédologie, pédogenèse et classification, Ed. Masson Cie., Paris, 477 p.
- Durand J., 1958- Du nouveau au sujet de la formation des croûtes calcaires. Bull., Soc., Hist., Nat., Afr., Nord, 49, pp 196-203.
- Frontier S., 1983 - Stratégies d'échantillonnage en écologie Ed. Masson Cie., Coll. d'écologie. Press. Univ; Laval - QUEBEC.
- Halitim A., 1985- Contribution à l'étude des sols des zones arides. Morphologie, distribution et rôle des sols dans la genèse et le comportement des sols. Thèse Doct., état, Univ., Rennes 183 p.
- Hudson N. W. Field, 1993 - Measurement of oil erosion and runoff. FAO Soil, Bull. 68 : 138p.
- Kadi Hanifi H., 2003- Diversité biologique et phyto géographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. Rev. Sech. Scie. Chang. Plan. Vol. N°14 pp. 169-181.
- Pouget M., 1980- Les relations sol végétation dans les steppes Sud algéroises. Doct., état, Univ Aix-Marseille III, 336p.
- Ruellan A., 1971- Les sols à profil calcaire différenciés des plaines de la basse Moulouya (Maroc oriental). Mémoires ORSTOM, contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes. 191p.
- Saada H., 1999 - Evaluation des pertes en sols à partir des parcelles expérimentales dans le bassin versant de Nakhla (région de Tétouan). Thèse doct. 3^{ème} cycle, IAV, Rabat 79p.
- Simonneau P., 1961- Les centres d'études d'irrigation du Sahara occidental. Essai et études de la campagne 1955-58, 1958-59, 1959-60. Trav, Serv., Pédol., Agrologie N°5 et 6. Pub., Serv., Et., Scie.

Tableau 1
Lieu : Sidi Djillali
Substrat géologique : Jurassique avec Dolomie

RESULTATS ANALYTIQUES
Topographie : versant sud

Végétation *Stipa tenacissima*
altitude : 1305m

	Profil 1			Profil 2			Profil 3			Profil 1			Profil 2		
	0-3	3-11	11-26	0-3,5	3,5-9	9-25	0-5	5-22	22-30,5	0-5	5-25	25-45	0-3	3-20	20-50
Profondeur (cm)	0-3	3-11	11-26	0-3,5	3,5-9	9-25	0-5	5-22	22-30,5	0-5	5-25	25-45	0-3	3-20	20-50
Couleur MUNSELL	5YR	5YR	5YR	5YR	5YR	5YR	5YR	5YR	5YR	2,5YR	5YR	2,5YR	5YR	5YR	5YR
	4/6	4/4	4/3	4/6	4/6	4/6	4/8	4/8	4/8	4/6	4/4	4/8	4/8	7/8	7/8
GRANULOMETRIE(%)															
Gravier >2mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	17	12	13	19	15
Gros sable	14	15	14	21	16	12	21	18	20	36	31	36	28	27	37
Sable fin	46	38	43	44	38	49	37	47	39	28	35	29	37	36	31
Limons	23	32	25	22	31	22	29	23	27	24	24	23	21	21	14
Argile	17	15	18	13	15	17	13	12	14	12	10	12	14	16	18
Matière organique															
M.O (%ao)	2,31	2,62	2,83	2,48	1,91	2,81	2,89	1,94	2,53	3,1	3,02	2,5	2,6	2,9	2,8
Ac. Humiques/Ac. Fulviques	0,53	0,44	0,5	0,46	0,65	0,6	0,49	0,48	0,52	0,6	0,7	0,87	0,53	0,44	0,51
Q 4/6	4,9	5,34	5,01	5,23	4,47	4,62	5,09	5	5,2	4,1	3,99	3,94	5,1	4,3	4,2
C %o	13,41	15,19	15,85	14,39	11,1	16,3	16,79	11,28	14,7	20,3	19,2	16	22,1	18	16
N %o	0,89	1,12	1,09	1,15	1,11	1,45	1,29	1,29	01,28	0,9	0,8	1,03	0,85	0,7	0,6
C/N	15,07	13,56	14,54	12,51	10	11,24	13,01	8,74	11,48	22,55	24	15,53	26	25,71	26,66
RESEVES MINERALES															
CaCO ₃ %	10	17,73	16,04	6,36	0,09	10	9,09	9,54	10,91	8,1	10,9	9,32	9,4	7,1	5,3
P2O ₅ %	0,56	0,44	0,81	0,5	0,5	1,19	0,44	0,47	1,13	0,42	0,48	0,44	0,39	0,4	0,44
COMPLEXE ABSORBANT															
Ca	30	26,26	28,09	16	32,6	17,4	21,6	25,8	24,8	34	32	28	30	38	40
Mg	9,33	10,6	10,9	7,92	8,8	6,93	7,45	7,78	9,01	7,03	6,6	6,7	5,2	6,6	7,3
K	1	0,74	1,06	0,94	1,21	1,3	0,98	0,95	0,63	1,09	1,1	1,15	0,9	1,1	1,2
Na	1,6	3,6	2,7	2,9	2	2,7	1	1,9	0,5	1,4	1,2	2,04	1,2	1,3	2,1
S	41,93	41,2	42,75	27,76	44,61	28,33	31,03	36,43	34,94	43,52	39,9	37,89	37,3	47	50,6
Capacité totale d'échange cationique															
T	7	13	8,1	10,8	10,6	15,6	8	9,8	11	14,3	15,3	13,68	10	9,8	11
Na/T	0,23	0,28	0,33	0,27	0,19	0,17	0,12	0,19	0,04	0,032	0,078	0,149	0,12	0,13	0,19
SOLUTION DU SOL															
pH	8,4	8,8	8,45	8,24	8,35	8,41	8,35	8,37	8,49	8,4	8,51	8,25	9,02	8,46	8,2
Conductivité μ S/cm	106,3	104,6	115	119,3	117	144,6	127,2	129,5	143,5	190	155,3	99,4	126	110	101
SO ₄ -- %	0,271	0,378	0,431	0,173	0,081	0,242	0,243	0,282	0,132	0,095	0,148	0,412	0,1	0,13	0,15
Cl- %	0,0142	0,0142	0,0213	0,0142	0,0142	0,0142	0,0142	0,142	0,0213	0,029	0,03	0,097	0,03	0,029	0,031

Tableau 2

Lieu : Maguoura

Substrat géologique : Calcaire avec dolomie

RESULTATS ANALYTIQUES

Topographie : plaine

Végétation : *Artemisia herba-alba*
altitude : 1200m

	Profil 1				Profil 2				Profil 3				Profil 1				Profil 2				Profil 3			
	0-3	0-11	11-26	0-3,5	3,5-9	9-25	05	5-22	22-30,5	05	5-25	25-47	0-3,5	3,5-19	19-22	0-4	Avr-25	25-42						
Profondeur (cm)	5YR4/6	5YR4/4	5YR4/3	5YR4/6	5YR4/6	5YR4/6	5YR4/8	5YR4/8	5YR4/8	2,5YR3/6	2,5YR4/6	5YR5/6	5YR7/8	5YR7/8	5YR7/8	2,5YR3/6	2,5YR3/4	2,5YR3/6						
Couleur MUNSELL																								
GRANULOMETRIE 5(%)																								
Grauvier >2mm	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31	24	0	0	0	0	0	36						
Gros sable	21	24	25	35	24	31	28	28	19	22	16	16	10	21	24	15	19	17						
Sable fin	39	24	31	34	36	25	36	31	49	32	23	37	37	27	43	37	37	31						
Limon	26	35	25	23	21	35	25	28	14	27	41	33	36	39	19	34	26	33						
Argile	14	17	19	8	19	9	11	13	18	19	20	14	17	13	14	14	18	19						
Matière organique																								
M.O %	2,03	2,74	2,38	3,7	2,76	0,66	3,86	1,03	1,86	3,7	3,67	2,68	3,29	3,02	0,99	3,4	3,5	2,1						
Ac Humi/Ac Fulv	0,52	0,44	0,5	0,53	0,44	0,5	0,47	0,48	40,51	0,69	0,79	0,86	0,52	0,43	0,5	0,4	0,49	0,51						
Q 4/6	4,91	5,34	5,01	4,9	5,34	5,01	5,09	4,8	4,83	4,4	4,08	3,92	4,9	5,34	5,01	5,2	4,99	4,3						
C %/oo	11,8	15,9	13,8	21,4	15,99	3,81	22,38	5,86	10,79	21,49	21,31	15	19,09	17,5	5,96	19,71	20,29	12,21						
N %/oo	1,7	0,43	1,5	1,78	2	1,3	1,87	1,19	0,4	0,85	1,33	1,02	1,19	0,74	0,61	1,77	1,24	1,7						
C/N	6,94	36,98	9,2	13,6	7,99	2,93	13,4	5,01	26,97	25,28	16,02	14,71	16,07	23,65	9,33	11,13	16,36	7,18						
RESERVES MINERALES																								
CaCo3 %	10	9,09	21,82	10	30,91	72,73	45	77,13	10	7,27	11,82	8,18	11,82	28,18	25,45	9,45	5,45	6,36						
P205 %ao	0,44	0,69	0,69	0,62	0,75	0,84	0,87	0,56	0,44	0,47	0,5	0,48	0,56	0,69	0,72	0,62	0,62	0,5						
COMPLEXE ABSORBANT																								
Ca meq/100g	28,6	17	25,6	29,8	33,8	35	24	26,6	16,6	32	32,6	29	33,8	25,8	21	31,4	43,8	28,6						
Mg meq/100g	12,57	6,69	13,98	10,68	9,21	6,88	9,41	7,9	7,78	8,02	6,5	6,75	5,99	5,55	7,12	9,54	6,57	5,28						
K meq/100g	0,74	0,5	0,55	0,82	0,83	0,39	0,5	0,29	2	1,12	0,84	1,09	0,77	0,39	0,1	1,1	0,94	0,61						
Na meq/100g	0,9	5	3,7	2,4	1	2,1	1,5	3,3	0,51	1,6	2,4	1,59	1,6	2	2,8	2,3	4,4	2						
S meq/100g	42,81	29,19	43,83	43,7	44,84	44,35	35,41	38,09	26,89	42,74	42,34	38,43	42,16	33,74	31,02	44,34	55,71	31,49						
Capacité totale d'échange																								
T meq/100g	9,8	5,2	14,8	16,6	11	7,6	7,6	10,4	4,2	16,4	15,6	14,03	9,8	6	4,4	13,4	22	21,4						
Na/T	0,09	0,96	0,25	0,14	0,09	0,28	0,2	0,32	0,12	0,1	0,15	0,11	0,16	0,33	0,64	0,17	0,2	0,09						
Solution du sol																								
pH																								
Conductivité µ S/cm	8,41	8,35	8,92	8,41	9,08	9,77	9,31	9,89	8,4	8,27	8,55	8,31	8,51	9,05	9,01	8,37	8,2	8,24						
SO4 ²⁻ %	144	150	129,6	146	154,6	157,6	124,6	145,4	254	142	140,8	98,3	123	108	128	131,7	146,2	128,3						
Cl ⁻ %	0,1234	0,180	0,239	0,288	0,111	0,263	0,222	0,3	0,119	0,148	0,156	0,156	0,099	0,23	0,16	0,181	0,164	0,222						
CT %	0,0213	0,0213	0,0142	0,0284	0,0142	0,0284	0,0142	0,0284	0,0355	0,0284	0,0284	0,0142	0,0142	0,0142	0,0142	0,0142	0,0284	0,0142						