

La végétation autour du Chott Hodna,⁽¹⁾ indicatrice des possibilités culturales et son milieu edaphique

PAR

Charles KILLIAN⁽²⁾



PREMIERE PARTIE

INTRODUCTION

Le Chott Hodna, d'une surface de 8.000 km², situé à 240 km au Sud-Est d'Alger, constitue un bassin fermé, sans écoulement périphérique qui est alimenté par plusieurs grands oueds, originaires de l'Atlas Tellien. Le versant Sud de cette montagne qui atteint une altitude d'un millier de mètres, en moyenne, et s'élève de 1.200 à 1.800 m, baisse subitement à 400 m ; il se forme une large cuvette, rigoureusement plane, le Djerr, de 16×80 km. A cette importante dénivellation correspondent des changements très accentués des conditions biologiques, parcequ'échelonnés sur un espace relativement restreint.

En allant ainsi du Nord au Sud (voir carte fig. 1), on traversera toute une série d'associations végétales, très hétérogènes, propres aux rocailles, steppes, dunes et terrains salés, qui traduisent fidèlement les effets combinés des conditions climatiques et édaphiques. La plu-

(1) C'est l'apport d'eau par les oueds qui caractérise un Chott et qui le distingue d'une *Sebka*, constituée, comme lui, par une dépression remplie d'eau salée. Cette dernière peut, dans ce cas, provenir des eaux, infiltrées dans un sol où elles auront traversé et lessivé beaucoup de sédiments salés ; mais les sels peuvent aussi s'y condenser par évaporation en surface (DESPOIS).

(2) Manuscrit déposé le 10 octobre 1952.

Les premiers résultats de nos analyses et observations ont été publiés en 1951 (C.R. Ac. Sc. Tome 232) ; un rapport plus détaillé a été donné à l'impression au Congrès pour la Science désertique de Jérusalem le 1^{er} mars 1952.

viosité, par exemple, qui oscille, au pourtour, entre 300 et 400 mm, diminue à 300 et 200 mm, pour tomber à 200 et 180 mm dans le bassin central ; ici le climat est nettement plus chaud et plus sec que celui des Hautes Plaines. Ce manque de pluie, joint à une forte salure du sol, confèrera au paysage un aspect sensiblement désertique.

Voilà, en gros, les phénomènes météorologiques qui caractérisent le pays : pour de plus amples détails on consultera le livre, récemment paru, de Despois, qui étudie aussi le relief des sols hodnéens et fournit une carte sommaire de ces sols.

La question principale était de savoir jusqu'à quel point ces changements de la couverture végétale peuvent nous renseigner sur l'utilisation agricole possible des différents sols. De nombreux prélèvements, faits toujours dans la région racinaire, autant en surface que sur des profils, dans des associations où dominait une espèce ou dans leurs mélanges, nous renseigneront à ce sujet.

B. — TECHNIQUE UTILISEE

GRANULOMETRIE :

Méthode internationale par sédimentation, à la pipette murale.

HYGROSCOPICITE :

Repesées des sols après 10 jours, en chambre humide, dans le vide.

SELS SOLUBLES :

Précipitation après passage à la bougie Chamberland.

EQUIVALENT D'HUMIDITE :

Aspiration de l'eau de saturation à travers un filtre frité.

pH :

Electrode à verre et, comparativement, électrode au Quinhydrone.

POROSITE, EAU ET AIR PAR VOLUME :

Méthode du Laboratoire des Sols à Versailles.

CA et MG :

Précipité sous forme COO-Ca-COO et $\text{Mg}(\text{NH}_4)^2\text{PO}_4\text{H}$, exprimé en CaO et MgO .

CL :

Précipité sous forme de Ag Cl_2 , exprimé en Cl .

SULFATES :

Précipité sous forme de Ba SO_4 , exprimé en SO_4H_2 .

CALCIMETRIE :

Calcimètre Fröhling.

COMPLEXES ABSORBANTS ET IONS ECHANGEABLES :

Méthode KOTZMAN (Extrait à l'acide chlorhydrique).

C. — LES ZONES DE VEGETATION

a) *Chasmophytes de la bordure septentrionale*

La bordure des collines au Nord-Ouest du Chott est constituée par des poudingues très grossiers du Miocène inférieur, déposés en tables horizontales. Ils se décomposent en un cailloutis d'une teinte rouge typique. La végétation que supporte cette rocaille est essentiellement chasmophytique : on y retrouve l'*Erinacea anthyllis*, buisson de la région montagnaise qui atteint sa limite Sud ici. Cette zone est caractérisée, en outre, par l'abondance de l'*Acanthyllis numidica*, l'*Anabasis articulata* et l'*Atractylis serrata*. Suivant le graphique 2 planche 1, ces terres, ayant une fraction sablonneuse de plus de 70 %, un équivalent d'humidité bas, sont, par conséquent, très perméables et ne renferment qu'une quantité moyenne de sels solubles et de chlorures en particulier. Lorsqu'elles sont gypseuses le taux de $H^2 SO^4$ et du CaO augmente au delà de la moyenne de 1 et de 16 respectivement (graphique 3). Un mélange d'*Acanthyllis* et de *Thymelea hirsuta*, sur un sol non gypseux, est caractérisé par le graphique 4, très similaire, à nouveau, du graphique 2 ; mais il s'agit toujours de terres sableuses, parfois faiblement sablo-limoneuses.

Notre végétation change d'aspect à l'entrée du bassin hodnéen, par exemple au défilé du Ksob et c'est là que certaines espèces méditerranéennes feront une nouvelle apparition : il s'agit de *Coris monegasca*, *Lavandula dentata*, *Paronychia argentea* qui se mélangent à d'autres, originaires des steppes telles *Artemisia Herba-alba*, *Micropus bombycinus*, *Teucrium polium* et *Moricandia teretifolia*.

Lorsque cette végétation envahit les collines au Sud du barrage, elle se répartit en zones très régulières, les flancs étant occupés par *Artemisia Herba-alba*, les bas-fonds, souvent très gypseux (renfermant 26 % de CaO et 20 % de SO^4 , dont 1,4 % solubles) par *Erodium glaucophyllum* qui est une plante spécifiquement gypsicole ; elle se trouve exclusivement sur cette qualité de sols, très peu perméables, (équivalent d'humidité de 54 %, hygroscopicité de 8,5 %) qui retiennent sur place les sels solubles (2,8 %), peu chlorurés (0,006 %). Il en est tout autrement des sommets, ravinés par les pluies. Ici, suivant le graphique 5, l'équivalent retombe à un taux plus faible et les sels solubles sont au minimum ; leur porosité, au contraire, hausse à 60 %, par suite de leur taux aérien excessif (55 %) (graphiques 5 à 7).

Ces terrains, maigres et perméables, sont occupés de préférence par *Thymelea hirsuta*, connue comme espèce indicatrice des sols lessi-

ses. La caractéristique éolaphique se manifeste particulièrement aux postes avancés que cette espèce occupe sur la rive S.O. du Chott.

Une autre particularité d'une certaine station, illustrée par la photo II, est d'être abondamment lessivée en surface (graphique 7 a) tout en étant imperméabilisée par une couche gypseuse, sise à 1,20 m de profondeur: elle est, d'ailleurs, très déficiente en C et en Az (0,12 % et 0,01 p. 1 000) contre 0,6 et 0,29 en surface (graph. 7 a et b).



PHOTO II. — Peds isolés de *Thymelia lirsata*, sur sol très lessivé et gyp. S.O.S.

Entre les peds : *Detentaria carpositica* rive S. du Chott.

Le *Thymelia lirsata*, essentiellement halophile, peut donc être considéré également comme gypsophile.

Il peut en être de même de *Noëa spinosissima* qui est une autre espèce typique de la bordure septentrionale du Chott, dont elle colonise les sols caillouteux, sur d'énormes étendues. Ses normes édaphiques correspondent, en principe, à celles de l'*Acanthyllis* et du *Thymelea* avec cette importante différence que *Noëa* semble fuir le gypse (graphique 8, mélange avec *Thymelea hirsuta*).

En font foi d'autres mesures, faites en bordure de la limite australe du Chott, près de Ced-es-Djir : le sol en question, très riche en sable, mélangé de gravier (qui constitue 72 % de la terre fine) est caractérisé par sa forte perméabilité d'où découlent ses autres qualités (pl. I graph. 9).

Il y a confirmation par d'autres analyses, faites dans les mêmes peuplements (par exemple graphique 11). Cependant sur les collines, où pointe le gypse, une légère hausse du limon fait disparaître le *Noëa* qui sera remplacé partiellement par une gypsocalophyte des plus typiques, le *Suaeda vermiculata* dont les caractéristiques ressortent du graphique 10. Il en sera encore question ultérieurement.

Cette prédilection pour les sols pierreux est d'ailleurs typique non seulement pour le *Noëa*, mais pour quantité d'autres espèces steppiques. Je cite *Asteriscus pygmaeus*, *Artemisia Herba-alba* et surtout *Anabasis articulata* dont le graphique édaphique est représenté par la figure 12. Lorsque, dans les bas-fonds, il y a une légère hausse de limon, il cède la place au *Stipa pennata* (graphique 13).

Au point de vue chimique, ces sols des steppes ont toujours un faible pourcentage en sels solubles, chlorures et sulfates, quelle que soit leur végétation.

Plus au Sud, toujours en terrain caillouteux, mais en pente, la végétation devient plus abondante et suffisamment tendre pour pouvoir servir de pâture aux troupeaux en parcours. L'érosion ayant, par endroits, enlevé la faible couche végétale, ces pâturages seront toujours de qualité médiocre. Leur forte perméabilité, et l'éloignement de la nappe souterraine, entraîne le lessivage de tous les éléments solubles : j'ai dosé 0,003 % de chlorures, 0,15 % de sulfates et 0,8 % de sels totaux. D'autre part la consistance trop peu grumeleuse du sol empêchera toujours l'installation des bonnes herbes fourragères telles l'*Artemisia Herba-alba*, et c'est la végétation des annuelles qui dominera. Par années humides ces pâturages ont un aspect d'opulence ; ils sont, en mars et avril, littéralement couverts de fleurs où *Muricaria prostata* et *Mathiola lunata* mêlent leurs couleurs éclatantes. Mais

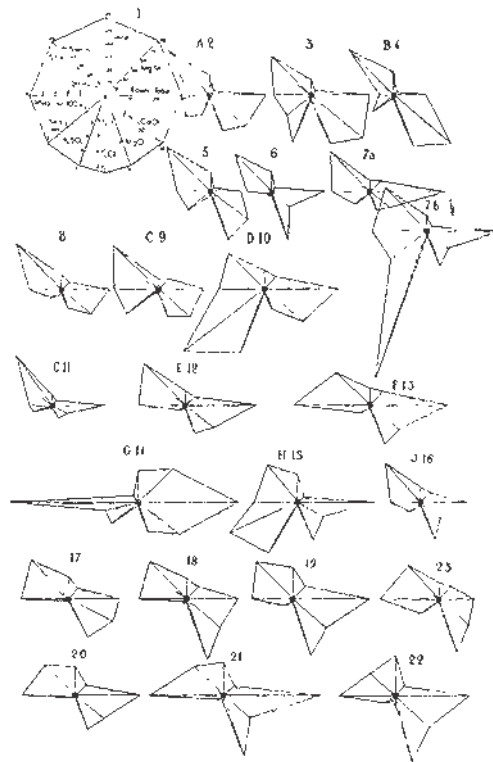


PLANCHE I. — Polygone de référence avec les caractéristiques physiques dans la moitié supérieure et les caractéristiques chimiques dans sa moitié inférieure, exprimés en pour cent de sol sec.

Fig. 2-23. — Polygone édaphique du :

Fig. 2-3 (série A). — *Acanthyllis unidica* (2), vers Aïn-el-Hadjel (3), et à El Gaous.

Fig. 4-8 (série B). — *Thymelea hirsuta* (4), avec *Acanthyllis* (MAGRA), (5) vers Aïn-el-Hadjel, (6) *Bir Himeur*, (7) (a et b), vers Bir Heni, (8) avec *Noëa*, vers Aïn-el-Hadjel.

Fig. 9-11 (série C). — *Noëa spinosissima* (9) Ced es Djir, (11) Bordj es Djir.

Fig. 10 (série D). — *Suaeda vermiculata* (Ced es Djir), collines.

Fig. 12 (série E). — *Anabasis articulata* (Ced es Djir).

Fig. 13 (série F). — *Stipa pennata* (Ced es Djir).

Fig. 14 (série G). — *Senebiera lepidiodes* (Bir Ced el Ghaba), fossé.

Fig. 15 (série H). — *Atriplex parvifolia* et *Suaeda fruticosa* (Medouga), champ abandonné.

Fig. 16-23 (série I). — *Salsola vermiculata* : (16) Bordj es Djir, (17) entre Msila et Barika ; (18) Klafel ; (19) Bir Heni ; (20) Bon Hamadou ; (21) Barika ; (22) N° Gaous ; (23) Aïn-Teboucha.

cette prospérité est de très courte durée et les herbages surpâturés seront fréquemment envahis par une espèce non palatable : *Cleome arabica*, abondante surtout au voisinage des habitations humaines. Le dernier stade de dégradation, enfin, sera indiqué par *Thapsia Garganica*, plante toxique des amas de pierrailles, à laquelle se joindra *Thymelea hirsuta*, autre plante indicatrice des pâturages ruinés.

b) Végétation de la zone irrigable cultivée

Plus près du Chott le terrain s'aplanit et de vastes plaines s'étendent à perte de vue, fertilisées par plusieurs oueds, à l'aide de barrages de déviation et par quelques sources artésiennes. Les excellentes qualités de ces dépôts fluviatiles compacts, sans cailloux, très calcaires et lessivés de sels toxiques, sont réhaussés par l'incorporation de matières éoliennes venues des contreforts gréseux du Nord qui en ameublissent la surface. Mais c'est surtout aux possibilités d'irrigation que cette plaine doit sa fertilité.

En effet, cette région a de tout temps intéressé la colonisation et les cultivateurs la considèrent, depuis des temps immémoriaux, comme grenier à céréales.

De nombreuses analyses chimiques ont déjà été faites dans les terrains de cultures (v. DESPOIS).

C'est elle, en revanche, qui a subi les plus importantes modifications anthropogènes.

A la place de l'ancienne végétation steppique, une flore hygrophile s'est introduite, localisée surtout aux abords des canaux d'irrigation : on y trouve de nombreuses *Crucifères* et des *Composées*, en fleurs dès le premier printemps, parmi lesquelles domine *Periderea fuscata*, pareille à l'espèce de la plaine mitidjienne.

L'aspect de cette végétation change foncièrement aux endroits non irrigués, aux abords des villages. Les bonnes espèces fourragères ayant entièrement disparu par le surpâturage, sont remplacées par une banale flore rudérale dans laquelle abonde surtout le *Peganum Harmala*, si typique pour les Hautes-Plaines algériennes. L'abondance de l'*Enarthrocarpus clavatus* sur sols argileux, puis une foule d'espèces nitrophiles, venues du Nord, telles *Silybum Marianum*, *Centaurea calcitrapa* et *Malva silvestris* lui donnent son caractère particulier.

Dans les champs de céréales foisonne *Moricandia arvensis* dont l'abondante floraison teinte la contrée tout entière d'un beau violet clair ; mais cette espèce ne dépasse guère la zone des cultures.

Un autre témoignage de la bonne qualité des sols nous est fourni par l'analyse floristique des canaux de drainage. Ils sont remplis, suivant leur richesse azotée, de plantes nitrophiles ubiquistes, telles *Hordeum murinum* ou *Malva microcarpa* ; ou bien, plus riches, ils abritent de petits gazons de chiendent avec des *Matricaria pubescens* et des *Calendula aegyptiaca* comme compagnes. A d'autres endroits, tels Ced-El-Rhaba, j'ai noté *Senecioidea lepidioides* qui indique un sol abondamment drainé et fertilisé par des apports organiques. Le graphique 14 nous indique, en effet, l'important pouvoir rétenteur de ces sols, presque complètement déchlorurés et désulfatés, pouvoir qui va de pair avec une hausse des éléments biogènes ($C = 1.2 \%$ $Az = 2.23 \text{ p. } 1.000$).

Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la zone rudérale, les restes de l'ancienne flore steppique deviennent plus nombreux. La plupart des endroits surpâturés sont occupés par *Thymelea hirsuta* et, à côté, ce sont les espèces non palatables, telles *Mesembryanthemum nodiflorum*, qui prennent le dessus ; quelques pieds survivants d'*Atriplex Halimus*, constituent des témoins de l'ancienne végétation dominante.

Quant aux champs de céréales qui s'étendent à perte de vue, ils hébergent une plante messicole du Nord, *Chrysanthemum coronarium*, bien attachée à cette région, au delà de laquelle elle devient de plus en plus rare.

Cependant à faible distance, la salure réapparaît : en témoignent les champs en friche ou se mélangent aux espèces ubiquistes, telles *Kalbfussia Muelleri*, *Anacyclus clavatus* et *Peganum Harmala*, d'autres espèces qui témoignent d'un réensablement : je cite tout d'abord *Suaeda fruticosa* qui est entremêlé d'une végétation non halophile.

Par ailleurs c'est l'*Atriplex parvifolia* qui envahit de plus en plus les champs en friche : son graphique édaphique témoigne d'une hausse importante de SO_4H^2 (4 %), des sulfates solubles (2 %) et, de même, des sels magnésiens (3,9 %) (graph. 15). Ce résultat complète, de meilleure façon, ceux de la région alfatière où l'*Atriplex parvifolia* présentait, de même, une plus grande tolérance envers la salure que *A. Halimus* (KILLIAN, 1948).

L'ensablement des terrains en friche progressant, on voit apparaître les premiers échantillons de Halophytes obligatoires sous forme de *Suaeda vermiculata* et *Salsola tetrandra* auxquels se mêle *Frankenia pulverulenta* là où le sel cristallise en surface. Il en sera question ultérieurement.

c) Zone limoneuse à *Salsola vermiculata* et *Atriplex Halimus*, partiellement irrigable.

En continuant notre itinéraire, en direction du Chott, nous entrons dans une région où l'action destructrice de l'homme est moins prononcée et où les espèces les plus résistantes au pacage font leur réapparition. Il s'agit de l'*Atriplex Halimus* et du *Salsola vermiculata* qui, en raison de leur dominance, feront l'objet d'une étude plus détaillée.

Ces deux espèces se présentent rarement à l'état pur, mais constituent des peuplements très mélangés qui dominent, partout, dans l'espace énorme, situé entre la zone caillouteuse du Nord et la région centrale, occupée par des halophytes spécialisées.

On peut se demander : quelle est la valeur indicatrice des peuplements relativement purs d'une part et des associations mixtes de l'autre ; que signifie la prédominance soit de l'*Atriplex*, soit du *Salsola* ?

Les deux espèces, tout d'abord, ont ceci en commun de pouvoir subir une immersion plus prolongée par les eaux de crue que celle de la région de culture, mais nettement moins longue que les Halophytes des rives boueuses du Chott où viennent percoler les grands Oueds, venus du Nord.

Leur substratum se présente généralement sous forme d'une couche limoneuse, extrêmement puissante, déposée dans une véritable fosse de sédimentation dont les géologues estiment l'épaisseur à 3 ou 400 mètres.

Un sondage effectué dans cette fosse, à Barika, par le Service de l'Hydraulique et de la Colonisation, a mis à jour une couche de limons sablonneux, épaisse de 36 mètres qui était superposée à des marnes gréseuses, épaisses de 72 mètres ; ces deux assises formant le quaternaire continental étaient relayées, à 105 mètres seulement, par un gisement de transition vers le pontien.

Un deuxième sondage, dans cette même région est tombé, de 11 à 13,20 m, sur des galets roulés et du sable limoneux qui constitue une forme alluviale du quaternaire.

Les mesures granulométriques faites dans le lit de l'Oued *Leham* (près de Barika) jusqu'à 7 mètres de profondeur m'ont appris, en outre, que le maximum de particules fines se trouve en surface. Même observation pour l'Oued *Bou Hamadou*.

d) *Salsola vermiculata*.

Salsola vermiculata, appelé « oucerif » par les autochtones, est une espèce xérohalique des plus répandues dans la région irrigable à sols mi-lourds du Chott : elle fuit autant la zone des collines, à forte perméabilité que l'espace salé, à immersion prolongée, du centre. Mes observations, à son sujet, confirment en principe celles de Zohary qui les condense dans quelques chiffres. Mais, à mon avis, les choses sont plus complexes que ne l'a pensé cet auteur : j'ai préféré faire des relevés aussi nombreux que possible dans des populations mixtes d'une part, aux stations limites et dans des peuplements purs de l'autre, autant en profondeur qu'en surface et en exposer les résultats par des séries de graphiques.

L'étude du *Salsola vermiculata*, ainsi envisagée, revêt un certain intérêt, parce que ce sont ses peuplements qui indiqueront aux indigènes les endroits à défricher, en vue d'y planter des céréales.

Ce qu'ils devraient éviter, à tout prix, c'est de défricher inconsidérément tout peuplement de cette *Salsolacée*. Car ni elle ni aucune des autres espèces xérohaliques qui l'accompagnent n'est rigoureusement rivée à une qualité invariable de sol. Mais l'aire occupée par les unes et les autres sera d'autant mieux caractérisée que leurs peuplements seront plus purs ; au contraire, les peuplements mixtes auront toujours une aire plus étendue dont l'interprétation peut se heurter à des difficultés sérieuses.

Malgré tout il s'est avéré, toujours à nouveau, que chaque espèce a des besoins édaphiques spéciaux et que son emplacement dépend, en première ligne, des conditions, infiniment variables, du sol. Celles-ci constituent comme partout ailleurs, sur les Hautes Plaines algériennes, une véritable mosaïque de constellations, favorables aux uns, nuisibles aux autres.

Seul le relevé statistique, encore inachevé, pourra nous dire si telle espèce sur tel sol a une chance de dominer et d'éliminer sa concurrence ou si, dominée par elle, elle en sera chassée.

Cette lutte pour l'espace dont je décrirai de nombreux exemples, est le facteur qui prime partout et qui se manifeste précisément par l'abondance et la variété des populations mixtes. Au contraire, la dominance absolue d'une seule espèce est un phénomène plutôt rare et confiné aux seuls endroits où elle trouve son optimum édaphique.

Pour en revenir au *Salsola vermiculata*, cet optimum a été révélé dans une population pure qui, à Bordj-es-Djir, s'étendait sur des km carrés (photo III). Le sol en question était d'une perméabilité plutôt forte et d'une hygroscopicité relativement faible, d'où il résultait un important lessivage de tous les sels solubles totaux, chlorurés et sulfatés (0,13 %) -- graphique 16 : Porosité moyenne (17 %), mais bonne aération (42,55) ; par contre une calcimétrie (18 %) et une teneur en éléments biogènes plutôt faibles (C = 0,6 % Az 0,6 p. 1.000).



PHOTO III : Population pure du *Salsola vermiculata* avec abondante végétation d'annuelles. Bordj-es-Djir

L'uniformité des sols, habités par notre *Salsolacée*, m'a amené à en étudier le complexe absorbant ce qui m'a fourni des résultats assez inattendus.

TABLEAU I
COMPLEXE ABSORBANT (en milli-équivalents %)

Profondeur	Na	K	Ca	Mg	Insat.
Surface	0,17	0,72	6,63	6,11	0
70 cm	1,96	0,72	110,7	0	5,3

Le faible taux du Na échangeable, en surface, contraste ici avec celui du Mg. A 70 cm c'est le contraire parce qu'il y a dominance du Na.

Je doute cependant que ces chiffres aient une portée générale car une analyse à un autre point du même *Salsoletum* n'a pu confirmer cet excédent de Mg.

Par ailleurs, en terrain plus sablonneux, les chiffres pour le Na échangeable baissent à 0,92 m. eq. % (Bir Himeur) et à 0 m. eq. % (Klafil), mais le taux de MgO peut rester inchangé (5,8).

D'autres sols, prélevés également à des stations pures, et dispersés sur tout le territoire (voir légende), présentaient des graphiques, remarquablement concordants. En témoignent les figures 17 à 22. Seul le pH, légèrement alcalin en principe, peut varier de 8,5 à 9,3 sans qu'on puisse en fournir une interprétation plausible. De toute façon, notre *Salsola*, à l'état pur, habite des terres sablo-limoneuses ou légèrement limoneuses.

Si, au contraire, on prend ses peuplements mixtes, leurs caractéristiques peuvent changer considérablement, preuve d'une extension insoupçonnée de son amplitude édaphique : A Bou Hamadou, la plante prospère ainsi sur des sols bien plus limoneux à teneur calcaire (40 %) et saline (0,36 %) accrues (graphique 23). A l'Est de Barika, elle se trouve sur d'autres sols plus lourds (25 % d'argile) et en même temps plus salins et plus chlorurés (graphique 24, pl. 2).

Mais le maximum de particules dispersées a été révélé sur les berges de l'oued Barika où notre *Salsola* vit certainement dans des

conditions extrêmes. Effectivement, elle ne produit que des touffes espacées, qui en outre, sont de petite taille (photo IV et graphique 25, a et b). En surface se présentait une couche d'argile presque pure (90 %), renfermant un maximum de calcaire (32 %), de chlorures (0,187 %) et de sels solubles (1,7 %), mais dépourvue de gypse.



PHOTO IV. — Pieds de petite taille et isolés du *Salsola vermiculata*.
Berges limoneuses de Foued Leham.

Sa constitution très particulière nous explique d'ailleurs l'absence, presque complète, des plantes annuelles.

Or, malgré les apparences, cette couche n'est pas complètement imperméable : à 40 cm déjà l'argile cède sa place à des assises, forte-

ment sablonneuses dont les caractéristiques se rapprochent sensiblement de ce que j'avais décrit à d'autres stations (graphique 23).

A ce sujet, un point extrêmement important est à retenir. *C'est dans cette couche même que Salsola condense son système racinaire* (graph. 25 b). Cette observation intéressante a pu être contrôlée ailleurs, à Ced-es-Fellah par exemple, où une couche limoneuse, de faible porosité (43,4 %) était superposée, à 60 cm, à un sable gris dont la porosité atteignait 55,9 %. Ici, de même, les racines se condensaient dans la couche limite entre le sable et le limon.

Je conclus : si *Salsola vermiculata* peut s'ajuster à des sols, lourds en surface, ce défaut doit obligatoirement être compensé, en profondeur, par la présence d'un sol plus meuble et mieux pénétrable. On peut même aller plus loin et admettre que l'inhomogénéité du profil joue un rôle sélectif pour la colonisation des sols par notre espèce ; en effet, les autres Salsolacées plutôt halophytiques, nous le verrons tout de suite, occupent des sols à *profil uniforme*.

Vu sa prédilection pour les sols meubles on ne s'étonnera donc pas si notre *Salsola vermiculata* envahit facilement des sols, plus ou moins ensablés, même caillouteux, où il voisine avec des espèces steppiques plutôt psammophiles telles *Stipa pennata* et *Lonchophora capiomontana*. En font foi les graphiques 26 et 27, relatifs à des stations à important taux sablonneux.

Mais quelle que soit leur composition granulométrique, ces sols ont un caractère commun avec les limons, précédemment étudiés : partout le pourcentage en chlorures et en sulfates demeure extrêmement faible.

La question, enfin, se pose de savoir quelles sont les conditions édaphiques qui marquent l'extrême limite dans l'extension du *Salsola vermiculata* ?

Un sondage, fait à une pareille station « frontière », à Sidi Laobi, nous révèle un taux chloruré qui, en surface surtout, est bien plus élevé que dans les autres stations. Comment peut-on interpréter cette anomalie apparente ?

Or, suivant le graphique 28, les échantillons des différentes profondeurs renferment, en même temps que ces chlorures, des quantités importantes de gypse, constituant, à 40 cm, un véritable horizon d'accumulation. C'est ce gypse pulvérulent qui, très vraisemblablement, fonctionne en antidote du chlorure tout en favorisant l'aération d'au-

tant plus que la décalcification de ces sols est presque complète. Le profil en question est sableux, avec intercalation d'une assise sablo-limoneuse.

Notre interprétation se trouve confirmée à Bir Just, qui est une autre station limite, face à un peuplement massif de Halophytes obligatoires. Ici les pieds de *Salsola* sont restés nains et localisés sur des petites buttes où s'était accumulé, en surface, un mélange de détritits et de sels cristallins, lui conférant une réaction franchement alcaline (9,2). Ici, de même, l'action toxique des chlorures est contrebalancée par celle des sulfates, qui forment, comme précédemment, une véritable couche d'accumulation, située à 71 cm en dessous de la surface (graphiques 29).

Cependant, en présence d'un taux excessif des chlorures, les conditions édaphiques deviennent franchement limitantes et la plante présente des symptômes nets de déchéance : il y a, tout d'abord, réduction massive de ses pieds. En présence de 0,86 % de Cl et de 3,2 % de sels totaux ils cessent d'être viables, à moins d'une neutralisation par un excédent de sulfates : c'est ce qui s'est présenté dans un de mes prélèvements où le taux en SO_4 était de 2,2 %, la moitié des sulfates étant solubles.

La preuve définitive que les sels solubles, beaucoup plus que la compacité du sol, limitent l'extension de notre *Salsola vermiculata* est fournie par le cas suivant : à Bir Anat, il s'est révélé parfaitement viable dans un sol argilo-limoneux où un taux élevé de limons (30 %) était combiné à une forte teneur en argile (37 %) mais où ni sels solubles ni les chlorures ne dépassaient une certaine moyenne (graphique 30).

Enfin, la meilleure argumentation réside dans le fait que les cultivateurs indigènes considèrent les terres de *Salsola vermiculata* comme parfaitement aptes à la culture des céréales. Ils ont l'habitude de les défricher en vue d'y installer leurs champs d'orge. Le graphique 31 illustrant les caractéristiques d'un pareil champ, après déracinement d'une nappe de *Salsola vermiculata*, montre effectivement, combien les fractions dispersées sont bien équilibrées par rapport aux fractions sableuses, diminuant ainsi au maximum l'ascension des solutions salines.

Il résulte de tout ce qui précède que l'amplitude édaphique du *Salsola vermiculata* est bien plus étendue que l'on ne le supposait

jusqu'ici ; mais les conditions édaphiques demeurent constantes aux stations optima seulement (graphiques 17 et 22).

L'essentiel est la bonne aération, offerte à son système racinaire qui se loge exclusivement dans les couches les plus meubles, parce que plus ou moins sablonneuses. Lorsque les racines se localisent dans le haut, la constitution sableuse des couches de surface est indiquée par l'apparition d'espèces annuelles, essentiellement psammophiles, telles *Schismus barbatus*, *Ifloga spicata*, *Astragalus cruciatus* et *Bassia muricata*.

Très exceptionnellement, ces couches peuvent s'ensaler et, dans ces conditions, donneront asile au *Statice Thouini*, plante halophytique, compagne très particulière pour un xérophyte steppique.

Bien plus fréquemment, les espèces qui l'accompagnent fuient, au contraire, les chlorures, au même titre que *Salsola* lui-même : tel est le cas d'une petite Crucifère annuelle, *Diploaxis erucoïdes*, qui peuple, dès le mois de mai, en grandes quantités les sols limoneux, légèrement ensablés en surface ; de là elle s'étend à perte de vue, sur tous les terrains limoneux. Ayant exactement les mêmes besoins et la même sensibilité aux chlorures en particulier, elle constituera son compagnon le plus fidèle (photo V).

Mais partout où le limon s'enrichit en chlorures et surtout là où le *Salsola vermiculata* cède sa place au *Salsola tetrandra* il se retirera avec son compagnon, de son côté, dans les canaux de drainage. Avec une nouvelle hausse du sel le *Diploaxis* est relayé définitivement par le *Spergularia diandra* et le *Mesembryanthemum nodiflorum*, plus tolérants que lui envers la salure.

Cette fidélité au terrain, bien plus stricte chez le *Diploaxis* que chez le *Salsola*, se manifeste par son maintien, pendant un temps indéfini, aux endroits où ce dernier a été exterminé par l'excès de pâturage : j'ai pu le constater, autour des ruines de Tobna, près de Barika, ancienne capitale romaine (photo V).

Ici le sol avait maintenu sa fertilité, réputée de tout temps, malgré l'action destructive de l'homme. En témoigne l'excellent rendement des cultures de céréales (voir photo).

Diploaxis erucoïdes devient ainsi l'emblème des vieux centres de culture : je l'ai retrouvé en société du *Salsola vermiculata* à Bir Himour où les deux espèces présentaient une dominance absolue, éliminant même l'*Atriplex Halimus*, à besoins édaphiques très similaires.

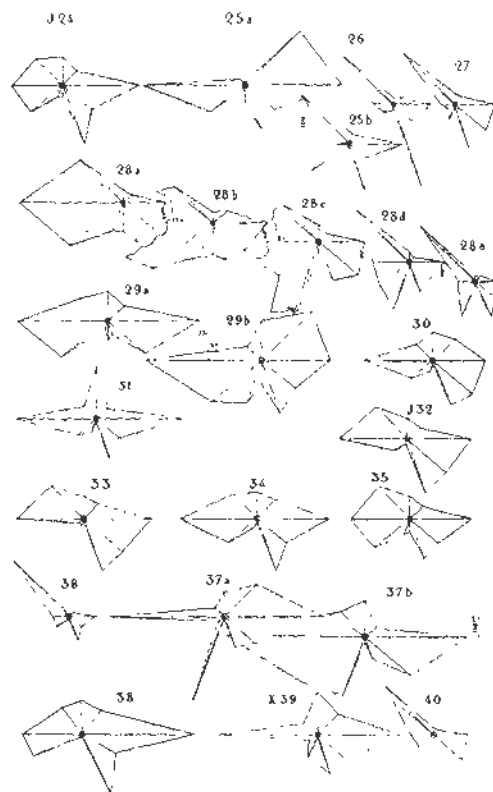


PLANCHE 2. — Fig. 24-31 (série I). — *Salsola vermiculata* : (24) entre Barika et Selmane ; (25) berges de l'Oued Barika ; (26) Bou Hamadou ; (27) Bir Himeur ; (28) Sidi Laobi (a-e, a-5, b-20, c-40, D-70, C-100 cm.) ; (29) Bir Just a = 37, b-37 cm. ; (30) Bir Anat ; (31) champ sur S. v. défriché.

Fig. 32-37 (série J). — *Atriplex Halimus* : (32) berge de l'Oued Leham ; (33) Pelouse à *Cynodon Dactylon* ; (34) : station pure à Bir Himeur ; (35) : de même à Ain Kebab ; (36) : butte à Sidi Laobi ; (37) : profil dans une population d'*Atriplex* nain à Chellal (a) : 10 cm., (b) : 1 m. 10 ; (38) : champ de céréales dans une population d'*Atriplex*, à Bou Hamadou.

Fig. 39-41 (série K). — Effet de l'épandage : (39) : canal de drainage près de la Rocade ; (40) : Ensablement en-dessous d'un buisson à *Zizyphus*. Oued Dokra ; (41) : *Haloxylon tamaricifolium*, bordant la pelouse du *Zizyphus*.

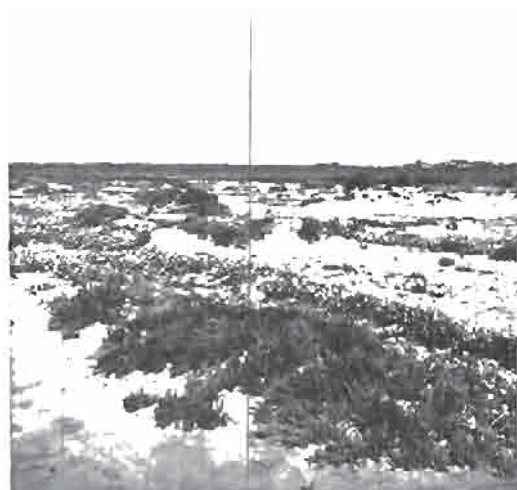


PHOTO V. — Au premier plan : *Salsola vermiculata*
 Au deuxième : *Diplolaxis erucoides*.
 A l'horizon : Champs de céréales

Il s'agissait d'un sol, très limoneux et très dessalé et ceci, chose fort curieuse, malgré la proximité de la nappe salée qui se situait à 3 ou 4 mètres seulement. Il est évident que, dans ce cas, la proximité de cette nappe était moins importante que le pouvoir retenteur de l'eau du sol, permettant la survie du *Salsola* en période de sécheresse.

Mais j'ai pu constater, à cette occasion, que *Diplolaxis erucoides* réagit un peu différemment du *Salsola* parce qu'il est régulièrement chassé au voisinage des dunes : sa place sera occupée par une florule très différente, à caractères beaucoup plus hygrophiles et dont les principaux représentants sont : *Muricaria prostrata*, *Calendula aegyp-*

lioca, *Diploaxis muralis* et *Linaria resurpinata*. On peut en conclure que *Diploaxis cruceoides* est un meilleur indicateur de l'absence de sable que *Salsola vermiculata* qui s'en accomode plus facilement.

Cependant, lui aussi, se trouve limité par certains psammophytes qui opposent des barrières infranchissables à son expansion. Il s'agit principalement d'une espèce, le *Traganum nudatum* qui le remplace partout, où les dépôts éoliens deviennent trop massifs. J'hésite, par conséquent, à le considérer comme plante indicatrice du périmètre irrigable, au même titre que *Salsola vermiculata*, tel que l'a proposé GUINCHET.

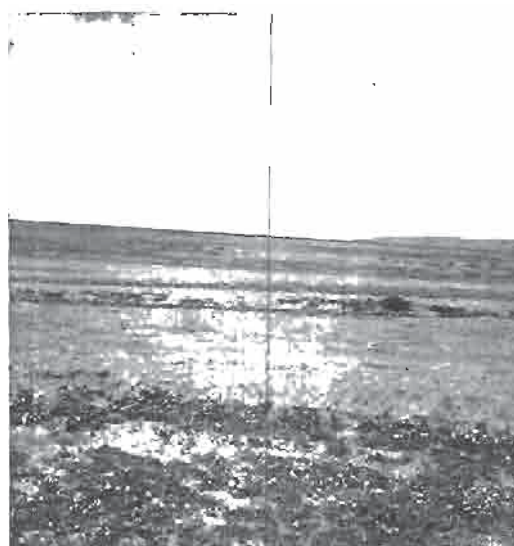


PHOTO VI. — *Diploaxis cruceoides*, se maintenant sur d'anciens terrains à *Salsola vermiculata* exterminé, près des ruines de Tolma.

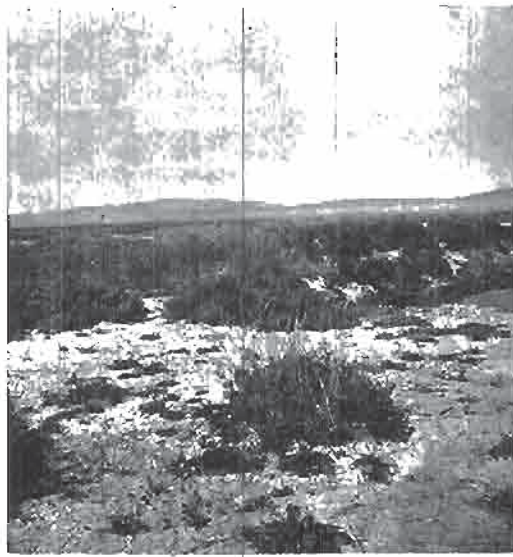


PHOTO VII. — *Atriplex halimus* occupant les berges de l'oued Leham.

En effet les deux espèces présentent de profondes différences de leurs caractères écologiques et sont fréquemment en compétition : généralement c'est le degré d'ensablement qui décide laquelle des deux va dominer.

J'y reviendrai dans un chapitre ultérieur.

D'un autre côté, l'augmentation des fractions dispersées ne sera pas indéfiniment supportée par notre *Salsolacée* : lorsque le pourcentage global de ces particules dépasse 70 à 80 % et que celui des chlorures oscille autour de 1 % ce sont *Suaeda fruticosa* et *Salsola tetrandra* qui prendront le dessus. Cette question sera traitée, à son tour, dans un autre chapitre.

b) *Atriplex Halimus*.

J'ai signalé à plusieurs reprises qu'il existe, dans l'espace hodnén, une autre espèce ayant des besoins édaphiques très similaires à ceux du *Salsola vermiculata*. On la trouve souvent en sa société ou seule, dans les mêmes plaines limoneuses : c'est l'*Atriplex Halimus*, le guetaf des Arabes.

Bien que fréquemment juxtaposées, ces deux espèces se distinguent nettement par leurs besoins édaphiques.

L'*Atriplex* est ainsi souvent rivé aux berges des oueds qui coulent temporairement, inondant les rives de leurs crues, fait plutôt exceptionnel pour le *Salsola* (photo VII). Ces dépressions étant plus souvent parcourues par des troupeaux ovins que les alentours, s'enrichiront davantage en matières organiques et plus particulièrement en sels azotés : les buissons d'*Atriplex* deviendront ainsi les stations de choix pour les petites pelouses si typiques de *Cynodon Dactylon*, et surtout des nitrophytes du genre *Matricaria aurea*, *Malva microcarpa*, *Silybum Mariarum* puis *Calendula aegyptiaca*, *Moricandia arvensis*, *Medicago maritima* et *Plantago ovata*.

Un prélèvement, fait sous un pareil buisson d'*Atriplex*, sur les rives de l'Oued Leham, présente des caractéristiques édaphiques similaires à celui d'un *Salsola vermiculata*. La principale différence réside dans la forte porosité, typique d'un limon pur et qui atteint 55 à 57 % contre 43 à 50 % chez celui-là (graphique 32). D'autres caractères différentiels viennent s'y ajouter : l'enfouissement du substratum par le puissant système souterrain du chiendent, conditionne une baisse importante de la porosité, à 47 %. D'autre part, il entraîne une hausse du taux azoté de 0,4 p. 1.000, trouvé là, à 1,99 p. 1.000, ici, accompagnée d'une baisse des chlorures (de 0,098 à 0,015 %) et des sels totaux (de 0,61 à 0,21 %) (graphique 33).

Les renseignements ci-dessus sont confirmés par d'autres, obtenus aux stations pures du guetaf (graphique 34 : Bir Himeur ; graphique 35 : Aïn Kebab).

Rien de particulier à signaler, à leur sujet : l'une est caractérisée par un léger enrichissement salin, l'autre a un pourcentage plus important en sulfates.

Mais l'*Atriplex* n'est nullement rivé au sol limoneux des berges. Il prospère aussi bien en stations très sablonneuses d'où le *Salsola vermiculata* est rigoureusement exclu. Il abonde ainsi sur la bordure

S.E. du Chott où dominent les phénomènes éoliens et où le limon est fortement mélangé de sable dont le pourcentage hausse à 91 %. Il en résulte une importante diminution de leur équivalent d'humidité et de leur hygroscopicité, allant de pair avec une baisse du taux des sels, aussi bien solubles qu'insolubles (photo VIII et graphique 36).

Je m'explique la psammophilie de l'*Atriplex* par l'importance de son système racinaire qui lui permet de retrouver en profondeur le limon qui est son milieu préféré.

Dans ces conditions, il peut même s'implanter sur des talus sablonneux et dessalés des fossés de drainage, au milieu d'une végétation halophile pure de *Halocnemum strobilaceum* : j'ai pu le constater à Baniou, îlot du Chott hodnien.

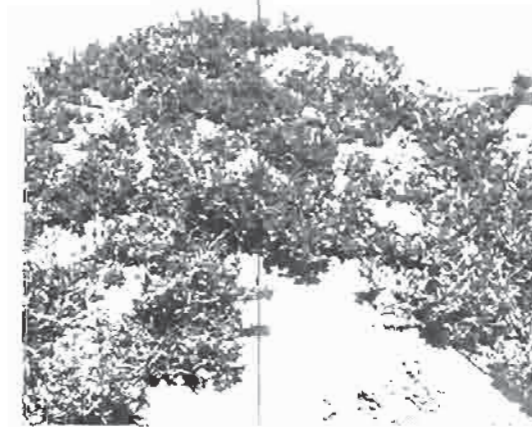


PHOTO VIII. — *Atriplex Halimius* colonisant des buttes de sable, à Baniou.

Mais ce qu'il recherche, avant tout, ce sont des terrains limonneux, profonds et homogènes, qui, par leur épaisseur et leur inclinaison, peuvent être sillonnés de canaux d'érosion profonds. Il évitera, au contraire, les fossés récents, creusés en surface.

Tous ces chiffres sont confirmés par d'autres obtenus sur des profils d'altérations (près du barrage de l'oued Lebani) et qu'a bien voulu me communiquer le Service de la Colonisation et de l'Hydraulique. Dans une association mixte où dominait *Atriplex halimus* sur *Salsola tetrandra* et *Suaeda frutescens*, la présence des Graminées révélait un sable dessalé en surface dont le pourcentage allait de 60 à 75 0/0, et dont le pH, de 8,58, diminuait à 7,6 en profondeur avec peu de chlorures (0,005 0/0) en surface, haussant à 0,025 0/0 à 2 cm.

Ces chlorures sont plus abondants (0,055 %) en surface, dans une autre série, où ils sont neutralisés par le gypse. Ici les fractions limonneuses et argileuses sont également plus importantes en surface (63 et 63 % respectivement). Enfin, sur un sol, légèrement plus argileux où l'adjonction aux mêmes associations, du *Plantago coronopus*, trahissait également le lessivage du sol, les chlorures tombaient de 0,03 à 0,0014 %. Ici le pH atteignait 8,2 à 8,3 avec 48 à 40 % de limon et 21 à 20 % d'argile. Le calcaire oscillait de 27 à 31 %.

En résumé, notre *Atriplex* possède une tolérance à l'ensablement, supérieure à celle du *Salsola* ; d'autre part, il s'accommode plus facilement que lui des terrains limonneux plus compacts et à forte teneur gypseuse (sols sablo-limonneux).

Un prélèvement à *Medougal* dans un sol très lourd et homogène m'a effectivement donné un pourcentage très élevé de sulfates (en surface 7,1 % de SO_4H^2 et 7,4 % en profondeur). Ces chiffres marquent, indubitablement, son maximum de tolérance : tout excédent lui sera néfaste et lui fera perdre sa place à l'avantage d'une autre espèce du même genre, l'*Atriplex parvifolia* qui, grâce à sa tolérance saline accrue, s'étendra au delà des limites de son congénère, jusqu'au voisinage des Halophytes obligatoires.

Une autre preuve tangible que la gypsophilie de notre *Atriplex halimus* à ses limites, est fournie par mes observations, faites à Chellal où la plante présentait tous les symptômes d'une déficience, les buissons demeurant nains et étalés sur le sol (photo IX).

Tous les essais faits par les cultivateurs indigènes, depuis 10 ans, pour dessaler cet endroit, au moyen d'irrigations, n'avaient jamais donné le résultat escompté. Un sondage, effectué à 1,10 m de profondeur m'a cependant appris que le minime de l'*Atriplex* résultait de l'exiguïté de sa couche nourricière qui l'obligeait à étaler ses racines dans un horizon de sable gris, épais de 10 cm seulement (graphique 37 a). En dessous de cette assise meuble elles tombent dans un horizon d'accumulation gypseux, riche en sels solubles, mais peu chlorure, et impénétrable.



PHOTO XIX. — *Atriplex Halimus* naïn, sur croûte gypseuse, près de Chellal.

C'est ce qui se confirme par l'analyse du complexe absorbant dans l'horizon gypseux et en dessous.

TABLEAU II
COMPLEXE ABSORBANT (en milli-équivalents %)

Profondeur	Na	K	Ca	Mg	Insat.
10 cm	0,15	0,36	4,02	0,87	0,30
1 m. 10	0,15	0,72	3,23	0,67	0,30

Très vraisemblablement, c'est l'irrigation elle-même qui avait mis en contact la surface salée, riche en sulfates solubles, avec la nappe phréatique, peu profonde à cet endroit : dans ces conditions, les sulfates se sont précipités, constituant, à 1 m. 10 déjà, cette couche dure, imperméable aux racines du guetaf (graphique 37 h).

Ces fortes variations stationnelles de l'*Atriplex Halimus*, dont il était question, sont bien connues des phytosociologues. Selon ZOHARY, son association est l'une des plus complexes : elle comporterait 95 espèces dont aucune n'est confinée à l'*Atriplecetum* exclusivement, leur valeur comme diagnostic demeurant, par conséquent, très effacée, même pour les espèces constantes.



PHOTO X. — *Atriplex Halimus*, pieds nains, et supprimés, en société du *Halocnemum strobilaceum*, au N. de Medougal

Quant aux besoins édaphiques variés de l'*Atriplex Halimus*, ils ne sont pas entièrement inconnus : je les ai étudiés moi-même, il y a une dizaine d'années, et mes résultats confirment tout ce qui vient d'être dit. Je me suis occupé, à ce moment, des parties non irriguées de l'oasis de Beni-Ounif et j'ai trouvé que le « guetaf » assez tolérant à la salure et à l'argile peut disparaître lorsque la concentration saline de cette argile devient très forte. Dans ces conditions, c'est le *Suaeda fruticosa* qui le remplace.

Mêmes observations au centre hodnéen. Ses graines, transportées par le hasard de la dissémination au milieu d'une végétation halophile pure ne résistent pas à l'immersion prolongée : lorsqu'elles germent les plantes qui en sortent demeurent toujours en état de déficience. En témoigne notre photo X où l'on reconnaît les derniers survivants d'une colonie d'*Atriplex Halimus*, noyée dans une population pure *Haloecnum strobilaceum*.

Nous retrouverons d'autres cas, auprès des sources cratériformes, où A. occupe toujours les sommets, relativement dessalés (photo XIX, décrite plus tard). Je ne puis donc le qualifier, avec ZOHARY d'espèce obligatoirement halophile. A mon avis, sa présence, bien au contraire, témoigne plutôt d'une tendance au dessalement.

Par conséquent, un peuplement d'*Atriplex*, bien développé en soi limoneux, peut être considéré comme indicateur sûr d'un terrain utilisable pour la céréaliculture (1) ou du moins en état d'amélioration. C'est ce que sait d'ailleurs le cultivateur indigène qui, aux alentours du Chott, comme partout ailleurs, défriche les stations de guetaf, de préférence celles qui seront inondées par les grandes crues d'hiver : les traditions, transmises de père en fils, lui disent que l'alluvionnement, couvrant les graines, est de la plus grande utilité pour la culture des céréales. En même temps, il évite, grâce au labour, très en surface, de sa charrue en bois, de remuer le sous-sol qui pourrait être salé.

Il se rend d'ailleurs parfaitement compte que si l'ensemencement des bas-fonds peut donner une certaine avance à ses cultures, par suite de la chaleur solaire accumulée, il n'en résultera jamais l'exubérance des semis, touchés par les crues : elles ne résisteront pas aux

(1) Non pas pour celle des agrumes.

gelées, surtout par des hivers déficients en pluies (1), le labour trop en surface, de la charrue indigène ne pouvant, en revanche, donner assez de vigueur aux jeunes plantes.

De pareils échecs ne sont pas à craindre dans les terrains riverains, irrigués spontanément où l'alluvionnement supplée au labour déficient. Leur rendement est toujours assuré et l'aspect des cultures sera tel que le représente la photo XI. Suivant le graphique 38, le sol en question est caractérisé par l'importance de sa fraction limoneuse et argileuse (36 et 34 %), en équilibre parfait avec la fraction sablonneuse, les taux élevés de l'hygroscopicité (4,5 %) et de l'équivalent d'humidité (48 %) ; parmi les sels solubles les chlorures et les sulfates se présentent en quantité minime ; le gypse est remplacé par des carbonates (31 %). Cette même photo nous montre d'ailleurs des restes de l'ancienne végétation sous forme d'énormes buissons d'*Atriplex*.

Il est à remarquer cependant que l'aspect floristique de ces champs change radicalement lorsqu'ils sont laissés en friche. *Atriplex Halimus* est remplacé par une autre espèce du même genre qui supporte davantage de sel : c'est le *parvifolia* dont il était déjà question tout à l'heure, et qui indique un réensablement du terrain.

L'ACTION DE L'EPANDAGE DES EAUX DE CRUE SUR LA VEGETATION SPONTANEE

Si la présence d'*Atriplex Halimus*, dans la zone limoneuse, susceptible d'irrigation, indique généralement aux cultivateurs les endroits à défricher, ils considèrent comme tels, à priori, toutes les zones d'épandage, situées le long des grands oueds.

Prenons comme exemple l'oued Enfida, au Nord-Est du Chott, qui, chaque hiver, inonde une large région de ses limons fertiles. Nous y retrouverons, effectivement, toute la flore bien connue des sols limoneux, qui indique toujours des terrains fertiles. Mais une autre espèce buissonnante, témoin du proche voisinage de la nappe souterraine, y fait son apparition : c'est le *Zizyphus Lotus* dont les racines trouvent l'eau, déjà, à 40 m. de profondeur.

(1) La discussion des conditions météorologiques de l'espace hodnéen amène effectivement DESPOIS à conclure que le climat y est trop capricieux pour permettre la culture sèche des céréales. Des pluies de 300 mm., suffisantes pour la réussite de l'orge, ne se produisant qu'une année sur cinq.

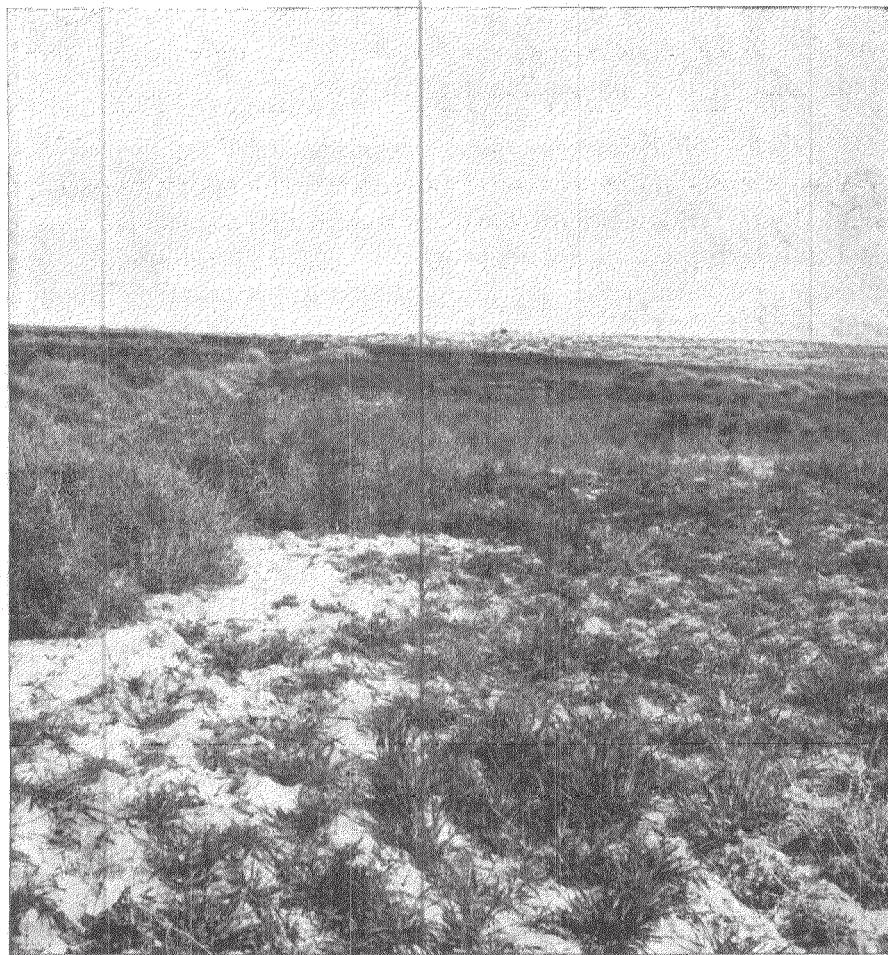


PHOTO XI. — Champ de céréales, établi dans un peuplement d'*Atriplex Halimus* qui, lui, s'est maintenu en bordure ; Bou Hamadou.

D'une façon générale, cette zone, comparée à celle des collines, présente relativement peu d'espèces annuelles, en raison de la plus grande profondeur des sous-sols. Seule la composition de sa flore d'annuelles messicoles témoigne de sa fertilité. En effet tous les endroits cultivés se couvrent de fleurs de teinte violette du *Moricandia arvensis* à laquelle se superpose fréquemment la couleur jaune du *Diplotaxis muralis*, le carmin du *Silene fuscata* et le jaune d'or du *Chrysanthemum coronarium*. Bref, nous avons affaire à une flore ségétale qui correspond à celle des meilleurs champs de la plaine Mitidjienne.

L'analyse des sols fournit un témoignage supplémentaire de cette fertilité : un champ de culture dans l'oued Enfida présentait un important pouvoir reteneur d'eau, combiné à une extrême pauvreté en sels toxiques dont j'ai dosé 3 mg pour les chlorures, 0,7 % pour les sulfates, 0,8 % pour les sels magnésiens. Malgré tout ce sol est riche en sels solubles (2,7 %).

Un autre critérium est fourni par l'analyse floristique des champs laissés en friche : ils présentent un aspect bien différent de celui que nous avons relevé en zone salée. Y dominent les nitrophytes comme *Calendula aegyptiaca* qui se mélangent à d'autres espèces indiquant un dessalement complet, telles *Kalbfussia Muelleri*, *Adonis vernalis*, *Diploaxis erucoides* et *Reseda Phyteuma* : nulle part *Atriplex parvifolia* ni *Suaeda vermiculata* des lieux abandonnés près des rives australes du Chott.

Des renseignements d'un autre ordre m'ont été fournis par l'étude des canaux de drainage ; leur flore nous témoigne ici d'une accumulation de sels, drainés de la surface des terrains ambiants. Ils sont, en effet, remplis de *Mesembryanthemum nodiflorum*, Halophyte charnue très typique.

Partout ailleurs la flore de ces canaux met en évidence leur rôle éminemment dessalant. Il en est ainsi, pour les environs de l'oued Leham, réputés pour l'abondance de leurs sources minérales très salées. En effet, d'après les relevés de M. ARGELÈS, faits pour le Service de la Colonisation et de l'Hydraulique, ces eaux renferment 0,9 et 2,7 g de chlorures par litre.

Cependant si l'on analyse la terre des canaux de drainage, on trouve une forte dilution des sels solubles et surtout des chlorures qui se joint à une importante teneur en matières organiques (l'Az pouvant atteindre 1,87 p. 1.000). D'autre part, aux pourcentages élevés en limon correspondent des taux élevés de l'hygroscopicité et de l'équivalent (graphique 39).

Malgré tout la porosité de ces sols est bonne (54 %) et ils renferment beaucoup d'eau (19 % par volume), ce dont la présence d'une tendre Graminée, *Schismus barbatus*, à exigences hygrophiles, fournit un témoignage supplémentaire.

Parmi les espèces sousfrutescentes, on y trouve simultanément le *Salsola vermiculata* et le *Suaeda fruticosa* dont l'association caractérise ici des sols simplement argileux et dessalés.

Le cas le plus frappant d'une amélioration des sols, due à l'épandage des eaux de crue, s'est présenté au Sud-Est du Chott sur la piste allant de Barika à El Kantara ; il offre un intérêt très particulier parce qu'il représente, pour ainsi dire, une expérience naturelle, très ancienne, que l'on peut dater d'une centaine d'années. Etablie en 1850, cette piste a été abandonnée en 1925, et les canaux d'irrigation n'ont plus été entretenus depuis cette époque. Ceci a eu comme effet de permettre aux eaux de crues de s'épandre largement sur la zone ambiante, peuplée par une végétation pure de *Haloxyylon Schmidtii* (photo XII).

Or l'épandage des eaux a eu comme suite un enherbement des fossés et l'apparition de nombreuses espèces annuelles de grande valeur fourragère telles *Calendula aegyptiaca*, *Erodium pulverulentum*, *Plantago ciliata*, mais aussi d'autres, telles *Schimus barbatus* et *Arnebia procumbens*, indiquant leur ensablement en surface.

Mais le changement floristique ne s'est pas arrêté là. Peu à peu les espèces annuelles ont été relayées par des espèces perennes parmi lesquelles s'est établie une succession régulière : le *Suaeda fruticosa*, premier colonisateur, a cédé sa place au *Salsola vermiculata*, qui, avec l'élargissement de la zone d'épandage, a été relayé, à son tour, par *Atriplex Halimus*, plutôt rare dans de pareils fossés plats. Finalement, aux endroits les plus profonds, et en même temps humides, près des berges de l'Oued Dokara, apparut le Jujubier, *Zizyphus Lotus*, qui était accompagné, ici, d'une plante des bonnes terres : *Artemisia Herba-alba*.

Cet épineux indique généralement la transition du climat méditerranéen au climat plus aride des Hautes-Plaines, à températures plus basses. Dans nos vallées, il caractérise cependant des régions à nappe souterraine élevée, et où, par conséquent, l'irrigation est possible. Il est donc l'emblème d'une certaine richesse telle qu'elle caractérise effectivement l'Oued Enfida ; on le retrouve d'ailleurs dans d'autres vallées, tout aussi fertiles, telles l'Oued Bitam et l'Oued Magra. Ici comme partout, il prépare le terrain à une série d'annuelles à feuilles tendres, constituant de petites pelouses, formées surtout de *Medicago denticulata* ; y apparaissent *Linaria marginata*, mais surtout le *Matricaria aurea*, indicateur connu des terres très azotées. Le sol, habité par lui, est, en effet, particulièrement meuble, plutôt sablonneux mais toujours complètement dessalé : à peine 1 % de chlorures, généralement moins de 0,2 % de SO_4H^2 et toujours moins de 1 % de sels solubles (graphiques 40) ; il est, par contre, nettement plus riche

[illegible]

en Az (1,1 p. 1.000) qu'en dehors de la pelouse (0,49 p. 1.000) où domine *Haloxylon Schmidlii* (dont les stations présentent une légère hausse de caractères physiques) (photo XII et graphique 41 (pl. 3)).

Des observations de ce genre sont très précieuses parce qu'elles nous renseignent sur le climax d'une association végétale et sur ses possibilités d'évolution. Effectivement ces nouveaux venus, plus hygrophiles et à croissance plus rapide, remplaceront, dans les fossés, l'ancienne végétation et la relègueront aux stations plus sèches. Plus exigeants et à moindre pouvoir concurrent, ils subiront un nouveau recul, au fur et à mesure qu'ils s'éloignent des bas-fonds irrigués : ici la steppe à *Haloxylon* reprendra ses droits et, à l'approche des pentes caillouteuses, vers le défilé d'El Kantara, c'est la flore des Chasmophytes qui se réinstalle, avec *Acanthyllis tragacantha* comme espèce dominante.

Si, par conséquent, l'épandage des eaux de pluie constitue l'un des facteurs les plus puissants, modificateur des sols, son action sur les associations végétales n'en est pas moins importante.

e) L'action éolienne sur les sols et sur la végétation.

Mais il est un deuxième facteur qui joue un rôle aussi fondamental et qui se manifeste partout dans l'espace hodnéen : c'est l'action éolienne. On peut en suivre, ici, les effets, depuis les premiers débuts d'ensablement jusqu'à la formation des puissantes dunes.

Celles-là se massent, en particulier sur la rive Sud du Chott, dans le « Rmel » face au vent dominant et au Sud de la roche crétacée de Baniou, lieu d'origine de ces sables. Tous ces sols sont trop légers pour êtreensemencés.

Lorsque la couche sablonneuse est faible, nous voyons apparaître certaines annuelles dont *Astragalus cruciatus* et *Erodium pulverulentum* sont les plus répandues. D'autres viennent s'y ajouter, tel *Muricaria prostrata*, *Schismus barbatus*, *Plantago ciliata* et *P. cynops*, auxquels se joignent des psammophiles moins exclusifs tels *Linaria virgata*, *Silene nicaeensis*, *Anacyclus clavatus*, *Lotus corniculatus*, *Bassia muricata* et *Sisymbrium Irio*, ces dernières figurant aussi en nitrophytes.

Mais une accumulation bien plus forte de matériaux éoliens est indispensable pour faire apparaître les premiers véritables psammophytes du type de *Traganum nudatum*. Cette plante déclenche la formation de petites buttes qui captent le sable et qui peuvent s'agran-

dir à un diamètre de plusieurs décimètres (photo XIII). Leurs caractéristiques édaphiques figurent dans les graphiques 42 et 47 ; à ces qualités particulières s'ajoutent une forte porosité (67 %), due surtout à l'excès d'aération (61 %) et une décalcification (9 à 10 %) pouvant, parfois, déprimer leur réaction ionique à 7,8 ou 8,0.

Cette résistivité au sable se manifeste aussi chez d'autres espèces buissonnantes des steppes, douées d'un important pouvoir drageonnant en particulier chez le *Salsola vermiculata* qu'on trouve fréquemment en compagnie du *Traganum* ; mais lorsque ce dernier le concurrence en terrain sablonneux, il finira toujours par l'évincer (graphique 44). Autrement dit, la présence de notre psammophyte indique un



PHOTO XIII. — Monticules de sable couverts de *Traganum nudatum*, près de Medougal.

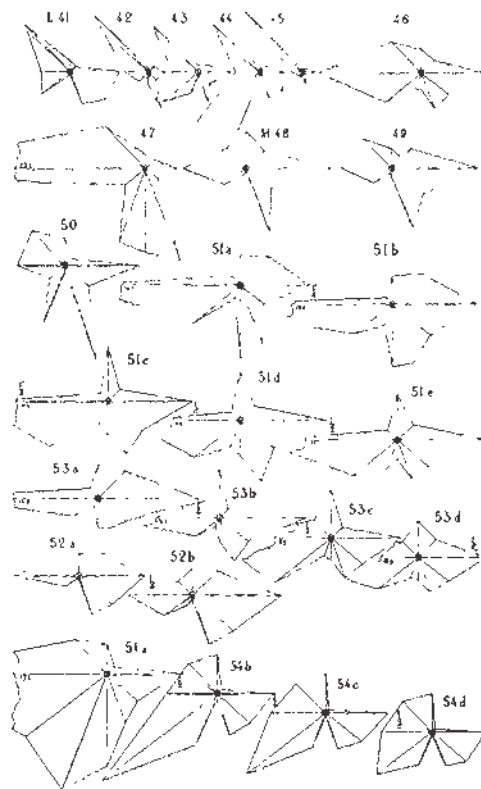


PLANCHE 3. — Fig. 42-47 (série L). — Effet de l'ensablement (42) : Monticule à *Traganum nudatum*, à Baniou ; (43) : petite dune à *Traganum* ; (44) : mélange de *Traganum* et de *Salsola vermiculata*, petit Chott ; (45) : dune à *Thymelea microphylla* Ghaba ; (46) : Dépression interdunaire avec *Euphoria Guyoniana* à Aïn Kebab ; (47) : *Limonium Guyonianum*, dunes de Me Dougal.

Fig. 48-53 (série M). — *Suaeda fruticosa* : (48) : population mixte, avec *Atriplex Halimus*, Me Dougal ; (49) : population mixte, avec *Atriplex parvifolius* (Bir Himeur) ; (50) : Au-delà des limites d'irrigation, à Medougal ; (51) : Profil dans une population pure (a) : 10 cm., (b) : 25 cm., (c) : 40 cm., (d) : 70 cm., à Ced es Ghaba ; (52) : Céréales sur défrichement du *Suaeda fruticosa* ; (53) : avec *Salsola tetrandra* ; station extrême, à Sidi Laobi.

Fig. 54 (série N). — Profil d'un champ de céréales sur une source cratériforme, à Aïn Djebana (a) : surface ; (b) : 10 cm. ; (c) : 40 cm. ; (d) : 50 cm.

degré d'ensablement, incompatible avec la culture des céréales. En effet, les sols où vit *Traganum* sont toujours beaucoup trop secs pour êtreensemencés de céréales. D'ailleurs, pratiquement, leur culture devient impossible lorsque l'épaisseur de sable dépasse 1 mètre : dans ces conditions viennent s'y installer des buissons, spécialistes des sables : *Retama Raelam* et *Anabasis articulata* var. *oropediorum*. Leur puissance indique un ensablement, généralement accompagné d'un lessivage et d'une décalcification, poussée au maximum (graphique 45). Ceci est le cas, surtout, des endroits colonisés par *Aristida pungens*, psammophyte par excellence, viable exclusivement dans les dunes puissantes.



PHOTO XIV. — Bas-fonds de dunes où la déflation du sable a découvert un sol plus limoneux envahi par *Euphorbia Guyoniana* : Medoagal.

Notons, à cette occasion, que la distinction entre les véritables psammophytes et les espèces susceptibles de supporter un faible ensablement n'avait pas échappée aux phytosociologues : pour le Sud tunisien, GUINCHET les classe dans des associations très différentes, correspondant à celles de leur milieu habituel, non ensablé. Il reconnaît l'importante valeur diagnostique que possèdent, à ces stations, les psammophytes annuelles.

Lorsque, au contraire, les dunes regressent, nous voyons les espèces des steppes, telles *Salsola vermiculata* reprendre leurs droits ; leur retour est marqué par une hausse de pourcentage des particules dispersées, du calcaire et des sels magnésiens et une baisse de la porosité à 44 %. Dans les bas-fonds des dunes, cette déflation est marquée, en outre, par l'apparition de l'*Euphorbia Guyoniana* (photo XIV). Son graphique édaphique nous prouve qu'il recherche des terrains plus ou moins argileux et, par le fait, moins perméables et moins poreux (45 %) (graphique 46) (sols sablo-limoneux).

Aussi les endroits qu'il colonise, sont-ils toujours plus riches en matières organiques. Leur minimum, repéré dans les dunes et tombé à 0,1 % de C et 0,1 p. 1.000 d'Az, décuple ici : 1,1 % de C et 0,95 p. 1.000 d'Az.

De toute façon l'apparition de cette Euphorbe est le symbole d'une nette amélioration du terrain, apte à retenir assez d'eau pour y établir des cultures. C'est d'ailleurs ce que firent les cultivateurs indigènes, quiensemencèrent ces bas-fonds interdunaires, partout où apparût l'ancien seuil limoneux, marqué par des colonies d'*Euphorbia Guyoniana*.

L'évolution régressive des dunes peut aller plus loin et finalement c'est le *Suaeda vermiculata* qui reprend sa place ; mais il ne s'imposera pas d'emblée : concurrencé par le *Trigonum nudatum*, il succombera dans la plupart des cas, parce que trop étroitement spécialisé en gypso-halophyte.

Il en est de même lorsqu'il dispute le terrain à l'*Atriplex Halimus*, (dont nous avons déjà signalé les aptitudes psammophytiques) qui, à son tour, évincera le concurrent (photo XV). Il arrive même que le guetaf, par suite de sa croissance plus rapide, supprime le *Traganum*.

L'éternelle lutte pour l'espace se présente donc avec une acuité toute particulière en terrain sablonneux ; nulle part ailleurs on constatera un parallélisme aussi étroit entre les changements des associations végétales et les modifications édaphiques.



PHOTO XV. --- Dunes supportant *Atriplex Halimus*, en voie de supprimer *Suaeda vermiculata* : S. de Banio.

Quelques exemples supplémentaires en fourniront la preuve. Prenons comme point de départ des légers ensablements que l'on rencontre partout où s'accumulent des matières éoliques. Quand les sables commencent à se masser sur un fond argileux on y rencontre une flore extrêmement riche (qui profite de l'humidité emmagasinée en hiver) et dont la photo XVI nous donne une faible idée ; j'ai noté parmi les espèces annuelles *Launcea nudicaulis*, *Salsola lanuginosa*, *Adonis vernalis*, *Schismus barbatus*, *Bassia muricata*, *Medicago denticulata*, *Spitzziella Saharæ*, *Ciccia calcareata* et *Hfloga spicata*, qui disparaîtront toutes avec la progression des sables ; à d'autres endroits, ce sont *Trisetum humile*, *Plantago*, *Psyllium*, *Calendula aegyptiaca*, *Reseda Phyleuma*, *Lonchophora capiomontana*, *Lolus ornithopodioides*, *Euphorbia exigua*, *Delphinium pubescens*, *Matricaria aurea*, *Linaria virgata*, *Statice Thouini*, *Arnebia decumbens*, *Hedysarum carnosum*, *Erodium ilicifolium* et *Hypochaeris glabra* ; toutes ces plantes cèdent peu à peu le terrain aux psammophytes plus spécialisées, caractéri-

sées par leur puissant système racinaire : il s'agit, en l'espèce, d'*Nolletia chrysocoides*, puis *Thymekia microphylla* ; enfin, il faut citer les rares espèces annuelles, spécialistes des dunes : *Malcolmia aegyptiaca* et surtout le *Centaurea memphitica*, et à moindre degré : *Plantago ovata*. Par ailleurs la présence, au pied des dunes, du *Limonium geyoniannum* (de même que celle du *Zigophyllum album*) marquent toujours une très forte salure (1,3 % de chlorures, 5,3 % de H^2SO_4 , 4,6 % de MgO et 1,8 % de sels totaux), d'autant plus dangereuse qu'elle circule facilement dans ce milieu sablonneux, très meuble (équivalent : 12 %, graphique 47). On peut admettre que le sable s'est déposé, ici, sur un substratum argileux, très salé à l'origine.



PHOTO XVI. — Riche flore psammophile. Au premier plan : *Spitzelia Saharæ* et *Erodium ilicifolium*.

e) *Zone centrale.*

Au delà de la zone des alluvions limoneuses, plus ou moins ensablées ou couverts entièrement par des dunes, se situe le domaine des Halophytes obligatoires. Leur disposition en zones concentriques a, de tout temps, frappé l'attention, et on l'observe ici, comme partout dans les dépressions salées de l'Afrique du Nord.

La question vient à l'esprit : quelle est exactement la cause de cette zonation ?

La plupart des auteurs l'explique par la durée variable de la submersion à laquelle sont exposés ces terrains en hiver. Elle est, en effet, au maximum dans le centre, au minimum à la périphérie, occupée par *Salsola vermiculata*, *Atriplex Halimus*, et surtout auprès des espèces des steppes. Tel est le cas, en particulier, du *Haloxylon Schmidti*, dont j'ai vu les échantillons, trop longtemps submergés, dépérir sur une large échelle ; il est donc possible de l'utiliser comme indicateur fidèle pour l'extension des inondations (photo XVII).



PHOTO XVII. — Colonie de *Haloxylon Schmidti*, dont la partie centrale a dépéri, par suite d'une submersion.

SUAEDA FRUTICOSA

D'autres, moins sensibles, occupent une position intermédiaire : tel est le cas de *Suaeda fruticosa* (1) que l'on trouve aussi bien dans la zone salée que dans les régions périphériques à degré de salure minime.

Nous l'avons déjà signalé, mêlé au *Salsola vermiculata* ; l'une de ces stations mixtes renfermait 0,08 % de chlorures et 0,29 % de sels totaux (graphique 39). Il en existe même aux endroits où il vit avec l'*Atriplex Halimus* (graphique 48).

Ailleurs c'est le taux des chlorures qui hausse, par exemple en société de l'*Atriplex parvifolius* (graphique 49) ; ou bien, en population mixte avec le *Salsola vermiculata*, il peut y avoir une augmentation du pourcentage sulfaté (à 3,3 %) ; enfin dans un champ en friche, au delà de la limite d'irrigation, à Medougal, j'ai dosé 3,9 % de MgO et autant de sulfates (graphique 50).

En contrée plus salée, une différenciation s'établit entre les deux espèces : *Suaeda fruticosa* se condense, en peuplements relativement purs, dans les fossés de drainage, et se sépare du *Salsola vermiculata* qui, moins halophile, occupera les berges (photo XVIII).

Cette halophilie relative ressort d'une autre observation : notre espèce fuit toujours les bas-fonds dessalés où surgissent des sources d'eau douce, marquées par la présence de peuplements à jones et qui indiquent fidèlement la proximité de la nappe phréatique. A Aïn-Deka, au proche voisinage de ces mares, j'ai effectivement trouvé toute une gamme d'espèces, correspondant à des sols à différents degrés de dessalement : des Halophytes obligatoires, tels *Halocnemum*, *Aeluropus*, *Cressa cretica* voisinant avec des Halophytes facultatifs tels *Statice Thouini*, *Picridium orientale*, puis *Limonium pruinosum*. Seul *Suaeda fruticosa* ne figure pas dans cette ambiance.

Tout autrement lorsqu'il vit en peuplement pur : dans ces conditions, ses caractéristiques sont nettement définies : tel est le cas à Ced-es-Ghaba où il affectionne les sols très lourds, fortement chlorurés et magnésiens, mais relativement peu sulfatés, caractérisés surtout par la valeur élevée de l'hygroscopicité ; il se comporte donc ici en véritable halophyte (graphiques 51 c).

(1) A cette classification correspond l'observation de CHAPMAN suivant laquelle la plantule du *Suaeda fruticosa* ne supporte pas la saturation du sol en chlorures mais que, pour la plante adulte, ce facteur n'est pas limitatif.



PHOTO XVIII. - Fossé occupé par *Suaeda fruticosa*. Sur les plats : *Salsola vermiculata* ; Bir Himeur.

Toutefois, les conditions réalisées à Ced-es-Ghaba ne sont pas encore celles qui règnent au centre hodnécien et n'excluent pas radicalement les possibilités culturales. La valeur de ces sols ne se révèle donc *qu'après* l'irrigation.

Tout près de notre prélèvement, les cultivateurs, profitant des possibilités d'irrigation, avaient, en effet, installé des champs de céréales. Il s'agissait de sols, anciennement occupés par *Suaeda fruticosa*, ce que prouvent les nombreux pieds échappés au défrichement. Il en résulta une nette amélioration des conditions culturales : en té-

moigne l'aspect des graphiques, 52 a et b, marqués par une forte diminution de l'hygroscopicité.

On peut donc dire, en résumé, que le *Suaeda fruticosa* est caractérisé par une amplitude édaphique très étendue : s'il vit sur des sols argilo-limoneux en surface, limono-argileux en profondeur presque dessalés, mais il supporte aussi bien une forte salure. Mais ce qu'il évite, avant tout, ce sont les endroits à submersion prolongée du centre hodnéen.

Si, occasionnellement, il s'avance vers ces stations extrêmes, on ne le trouve jamais seul, mais toujours en société de Halophytes plus spécialisées, tels *Salsola tetrandra*.

Un sondage fait à une pareille station mixte, à Sidi Laobi (graphique 53), face à notre station limite du *Salsola vermiculata*, complète très avantageusement les renseignements sur l'édaphisme chez l'un et chez l'autre (graphique 28 et graphique 53). On peut les résumer ainsi : Homogénéité du profil chez le *Suaeda fruticosa*, inhomogénéité au contraire, chez le *Salsola vermiculata* ; dans le premier, que l'association soit pure ou qu'elle soit mixte, il y a toujours abondance de sels hygroscopiques, jamais dans l'autre.

Ces différences stationnelles sont conditionnées par la diversité des besoins écologiques de leurs racines. J'y ai insisté suffisamment.

Signalons, dans cet ordre d'idée, qu'il existe d'importantes différences sociologiques entre nos deux espèces, qui n'avaient d'ailleurs pas échappé aux phytosociologues. La forte variété de l'association du *Suaeda fruticosa*, contrastant avec l'homogénéité de la société du *Salsola vermiculata*, en Tunisie, avait, en effet, frappé GUINCHET ; il incorpore le *Suaeda fruticosa* aussi bien dans le *Tamaricion* que dans le *Suaedion* où cette espèce trouve la société du *Sphenopus divaricatus* et du *Frankenia laevis*, avec un cortège plus complexe et moins continu d'associés que partout ailleurs.

De ce qu'il précède il résulte que la végétation spontanée, dans ces régions du Chott à salure croissante, peut fournir des indications sur leurs possibilités culturales, plus digne de foi que partout ailleurs.

Le cas suivant en donnera une nouvelle preuve des plus convaincantes : on connaît, depuis les travaux fondamentaux de SAVORNIN, les fameuses « sources cratériformes », en pleine région salée du Hodna et constituées par la sortie d'eau douce sur un socle de travertin. L'une d'elle, située sur la rive Sud du Chott, à Aïn-

Djebana, était caractérisée par la présence de *Salsola vermiculata* auquel se joignaient des espèces subpsammophiles, tel *Moricandia teretifolia* et *Diploëtaris virgata* ; il s'agissait par conséquent de plantes appartenant aux sols limoneux. Absence totale du *Diploëtaris erucoides*, rigoureusement halophobe.

Sur ces sols sablo-limoneux, dessalés en apparence, des essais de culture furent tentés ; pourtant l'apparition, à quelques mètres de distance, du *Salsola tetrandra*, *Salicornia fruticosa*, *Frankenia corymbosa*, *Suaeda vermiculata* et surtout du *Frankenia pulverulenta* auxquels se joignaient comme subhalophiles *Spergularia marginata* et *Launea nudicaulis* auraient pu prévenir le cultivateur du danger de l'ascension des sels toxiques.

Effectivement, les dosages échelonnés sur différents niveaux du sous-sol fournissent une preuve irrécusable de cette remontée des sels. Ainsi, nos graphiques 54 a et b montrent une très forte accumulation saline, principalement en surface, contrastant avec un dessalement presque complet à 50 cm de profondeur. Mais peu importe, l'ascension des sels fut fatale aux cultures des céréales : la presque totalité de leurs feuilles étaient brûlées en mars.

Pourtant, d'après le dire des cultivateurs, ces cultures en plein Chott sur des socles travertineux correspondent à une coutume très ancienne ; on pourrait en conclure que le dessalement des points d'eau par les sources jaillissantes fut plus important autrefois. De toutes façons, leur nombre fut bien plus considérable dans le temps ; mais de ces sources taries il ne subsiste plus que les troncs ruinés.

Les plus grandes parmi ces buttes sont encore couronnées d'échantillons fort anciens de *Tamarix* qui est un arbre très avide d'eau ; d'autres se sont ensablées et ont été envahies par des *Nitraria* ; la plupart, enfin, se sont couvertes d'une banale végétation xérohalique avec *Suaeda vermiculata* comme espèce dominante. Très exposées au vent, ces buttes se sont ensuite ensablées et supportent alors une population mixte de psammophytes annuelles, dont je cite *Arnebia decumbens*, *Ifloga spicata*, *Hypercoüm Gueslini*, *Senecio coronopifolia* et *Herniaria cinera*.

Les sources cratériformes sont intéressantes à un deuxième point de vue : on peut constater que la végétation s'y installe souvent en zones régulières suivant le degré de dessalement du sol. Celle de Bir-Ferhat (représentée par la photo XIX) est couronnée par une végé-



PHOTO XIX. — Source cratériforme dont la partie supérieure est couverte d'*Atriplex Halimus* avec des cultures, les flancs par *Suaeda vermiculata*, les bas-fonds par des Halophytes, tels *Frankenia verniculata* ; Bir Ferhal.

tation abondante d'*Atriplex Halimus*, conditionnées par des venues d'eau, et les flancs sont occupés par *Suaeda vermiculata*, la base par des halophytes spécialisées tels *Frankenia pulcrulentia* (1).

(1) Ce groupement purement édaphique met en évidence le caractère très artificiel de sa classification sociologique, le *Frankenia Pulverulenta* étant considéré par GUINOTIER comme faisant partie de l'*Arturochemetum* se rapprochant aussi du *Halocnemum strobilaceum*. La plante existe aussi, nous l'avons vu, dans les zones plus périphériques.

HALOPHYTES DU CENTRE HODNEEN

Toutes les stations, situées au delà de la zone de *Suaeda fruticosa*, sont occupées, au Chott, par des Halophytes spécialisées et qui se groupent généralement en associations mixtes, rarement en associations pures. Il s'agit du *Suaeda vermiculata* et du *Salsola tetrandra*.

Leur présence témoigne toujours d'une richesse relative en chlorures, car elles disparaissent régulièrement aux endroits où apparaît la nappe phréatique d'eau douce. En revanche, l'approche de la région très salée est caractérisée par une diminution du sable grossier.

1° *Suaeda vermiculata*.

Une exception apparente à cette règle est fournie par certaines stations du *Suaeda vermiculata* qui colonise, à 20 km au N.O. du Chott, des bombements de calcaire miocène ayant constitué les points de sortie d'eau douce. On peut admettre, dans ce cas, que les sols, quoique lessivés, se sont réenrichis en chlorures, par suite de l'évaporation et ceci depuis des temps immémoriaux.

C'est ce qui se produit à Bir Souid, qui tire son nom précisément de la fréquence du *Suaeda vermiculata* (Souid). L'abondance de ses buissons, d'une couleur rouge frappante, attire l'attention de loin.

Or, contrairement à ce que nous constatons pour les stations des bas-fonds, ces buttes faisant obstacle aux vents sont souvent plus ou moins intensément ensablées. Effectivement, leur surface est occupée par une végétation psammophile ; j'ai noté, au hasard : *Schismus barbatus*, *Moricandia teretifolia*, *Plantago psyllium*, *Astragalus cruciatus*, *Hernaria cinerea* et *Erodium pulverulentum*.

En ce qui concerne les caractéristiques édaphiques d'une pareille station limoneuse, le graphique 55 (pl. 4), montre sa richesse extrême en sulfates, à 60 cm. Taux chlorurés et salins importants, mais pas d'excédent de sels magnésiens. Le même prélèvement, mais en surface, nous apprend que le taux sulfaté a tendance à s'accroître vers le haut, où il atteint un maximum de 37 %.

Même observation dans une prise près de l'oued Messif qui est illustrée par les graphiques 56 a et b ; le graphique 57, enfin, prouve définitivement que notre *Suaeda* est une plante liée aux gisements gypseux moyennement chlorurés et magnésiens. La porosité de ces terrains est généralement bonne (60 à 64 %).



PHOTO XX. — Sol à efflorescences salines où domine *Suaeda vermiculata* en train de supplanter *Atriplex Halimus*.

A d'autres stations, notamment en plaine, les couches supérieures sont particulièrement riches en sels solubles qui cristallisent en surface. C'est ce qui apparaît sur la photo XX où les colonies de *Suaeda*, de couleur rouge foncé tranchent sur le fond neigeux de la plaine. Il s'agit d'un prélèvement entre le petit Chott et le Chott de MEDOUAL, situé dans une dépression qui, suivant l'interprétation des géologues, serait à considérer comme ancienne vallée de la cuvette miocène ; par suite de la surélévation des monts entourant le Chott, elle se serait enfoncée davantage, vers les bords S.O. du bassin fermé, tout en se relevant progressivement par sédimentation. Ce mouvement de baisse, d'autre part, se serait combiné avec une hausse de niveau

de la nappe souterraine salée qui, à Bir Souid déjà, n'est plus qu'à 4 mètres de la surface. L'eau ayant coulé à travers les couches miopliocènes qui affleurent précisément à MEDOUGAL et qui contiennent beaucoup de sable gypseux et de l'argile salée, dissoudra des quantités de gypse, de chlorure de sodium et de sulfates solubles. Il en résultera une saturation permanente de ces terres en solutions salines, par suite de la proximité de la nappe souterraine, empêchant tout lessivage. D'autre part, la pauvreté en éléments grossiers et l'absence de cailloux favorisera, à son tour, la remontée de la nappe.

Dans ces conditions, il suffira qu'en hiver surviennent les grands vents du Nord pour que les solutions s'évaporent en peu de temps, laissant un abondant précipité d'efflorescences salines.

Ces efflorescences, comme dit, caractérisent une grande partie des sols « chotteux » du type « solontschak » de la rive australe du Chott, indiquant, à la fois, la proximité de la nappe souterraine et la nature uniformément argileuse du terrain. Un labour n'y apporterait aucune amélioration, mais stériliserait, au contraire, le terrain. Par conséquent la seule utilisation rationnelle de ces sols est de les conserver comme pâturages à chameaux, contrairement à celle des régions périphériques à importants horizons sablonneux qui s'opposent toujours aux mouvements par ascension et dont la vocation est agricole.

Quant aux graphiques édaphiques des stations de plaines, ils n'ajoutent rien de nouveau, ni aux graphiques précédents ni aux résultats des analyses d'eau : hausse du taux des chlorures par rapport à celui des zones périphériques, mais surtout augmentation des sulfates totaux et des sulfates solubles.

Cependant, en terrain plus sablonneux, il y a une forte diminution des sels chlorurés et des sels magnésiens, comme nous l'avions déjà souvent constaté (graphique 58).

Ce qui, au point de vue botanique, frappe l'attention dans ce « Suaedion » de plaine, c'est la rareté des espèces annuelles : quelques espèces particulières telles *Spergula tetrandra* et *Eremopyrum orientale* résisteront à la salure, mais exclusivement en hiver, quand les sols sont lessivés au maximum. Parmi les non halophytes certaines Crucifères réussissent bien à germer, mais dans les fossés seulement ; elles ne s'agrandiront guère et seront anéanties dès les premières chaleurs.

C'est toujours le *Frankenia pulverulenta*, ubiquiste des formations salées, qui résistera le mieux à toute épreuve.

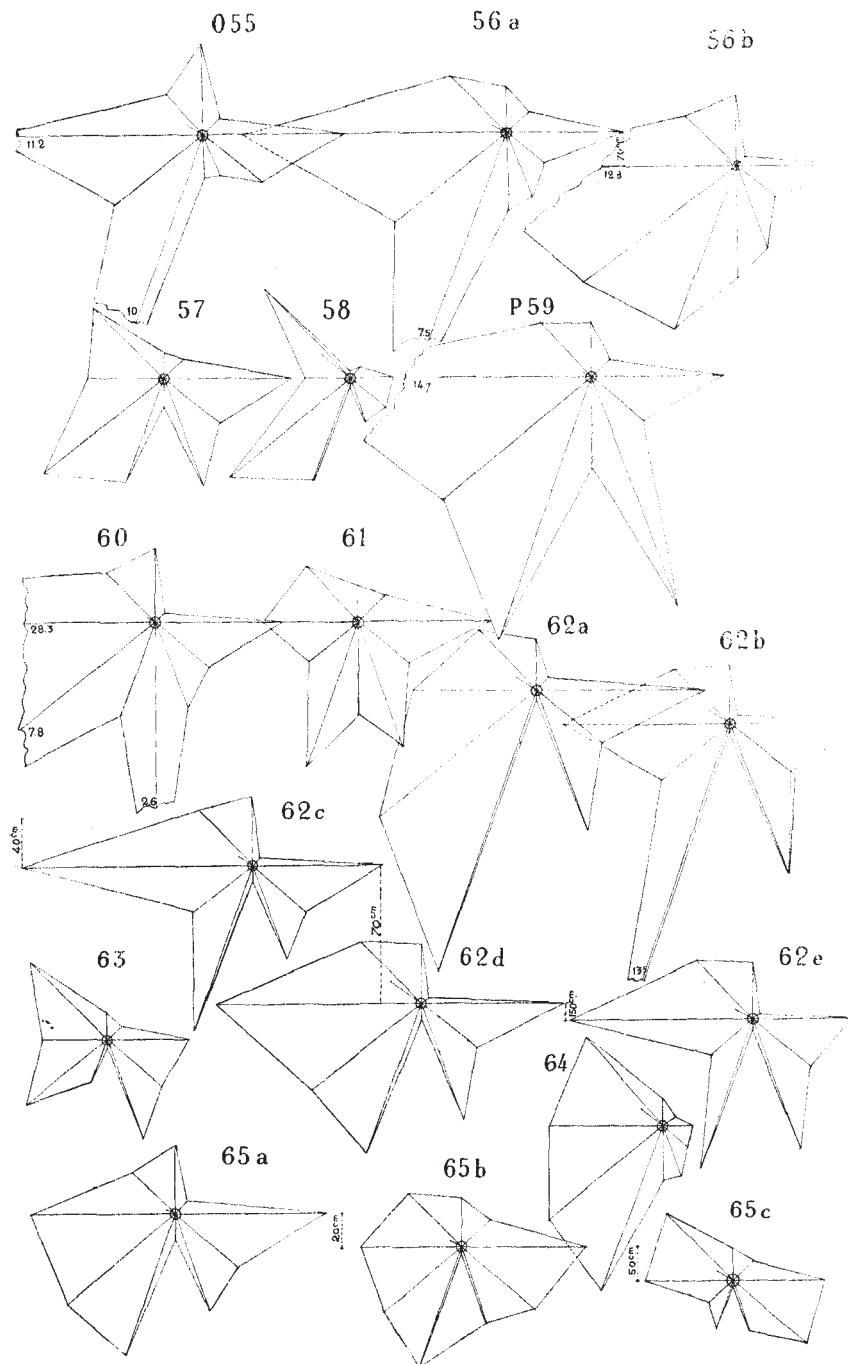


PLANCHE 4. — Fig. 55-58 (série O). — *Suaeda vermiculata* : (55) : population pure à Bir Souid ; (56) : profil près de l'oued Messif : (a) : 10 cm., (b) : 70 cm. ; (57) : population mixte en terrains sablonneux à Aïn Teboucha ; (58) : mélange avec *Traganum nudatum* au petit Chott.

Fig. 59-65 (série P). — *Salsola tetrandra* : (59) : population pure à Bir Himeur ; (60) : Sidi Laobi ; (61) : Aïn Kebab ; (62) : profil en station mixte avec *Suaeda vermiculata* et *Aizoon hispanicum* ; (63) : station sablonneuse mixte à Aïn Deka ; (64) : station mixte sablonneuse à Aïn El Hadjar ; (65) : profil d'un peuplement d'*Aizoon hispanicum* à Ced es Ghaba (a) : surface ; (b) : 10-20 cm. ; (d) : 50 cm.

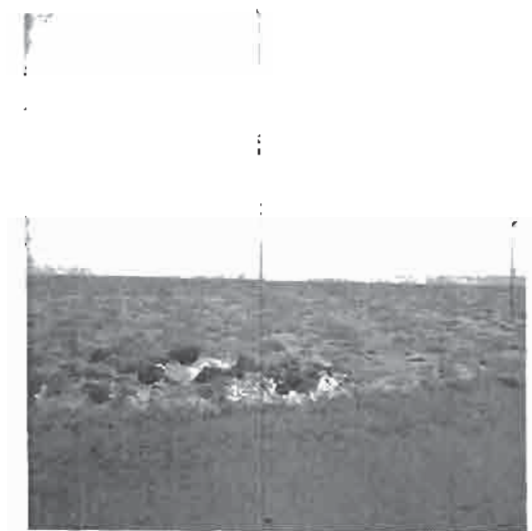


PHOTO XXI. — Derniers échantillons, reconnaissables à leur teinte foncée, du *Suaeda vermiculata* réfugié sur les talus d'un peuplement par de *Halocnemum strobilaceum*. Medougal.

J'ai constaté, enfin, que dans son terrain de prédilection et favorisé par la salure, notre *Suaeda* évince régulièrement l'*Atriplex Halimus*, trop peu halophile (photo XX). Au contraire, en terrain sablonneux c'est le guesal qui prend le dessus (photo XV).

Cependant même en terrain salé, la supériorité de son pouvoir concurrent a ses limites : mis en présence du *Halocnemum strobilaceum* dans la zone centrale du Chott, le *Suaeda vermiculata* lui succombe régulièrement : la photo XXI en fournit un témoignage très expressif : ici les derniers échantillons survivants de notre *Suaeda* sont en

train de se réfugier du « *Haloenemelum* » aux seuls endroits, viables pour eux qui sont les talus, relativement dessalés. Toute l'explication est là.

2° *Salsola tetrandra*.

Le *Salsola tetrandra*, appelé « Yel » par les autochtones, représente la troisième Salsolacée dominante des bas-fonds salés. Elle végète rarement seule, mais plus fréquemment en société du *Suaeda vermiculata*. Cependant, contrairement à elle, notre espèce préfère de beaucoup les bas-fonds aux stations en relief. Généralement, ses touffes



PHOTO XXII. — Population pure de *Salsola tetrandra*, prise à la région abiotique du Chott Ain-Kebab.

sont basses et étalées sur un sol, grumeleux par le foisonnement des sels cristallisés (photo XXII). Quant à son graphique édaphique, établi pour une station presque pure à Metkaouak, il nous montre une forte teneur en limon (sol limono-sableux) avec un excédent de sols solubles, en particulier des sulfates (1,35 %) mais surtout beaucoup de sels magnésiens (graphique 59). C'est là d'ailleurs sa caractéristique essentielle que l'on retrouve en de nombreux endroits ; je me dispense de la figurer par d'autres graphiques.

Un deuxième graphique (N° 60), met en évidence un excédent de chlorures et simultanément de sels totaux d'où hausse, dans de très fortes proportions, de l'hygroscopicité (28,3 %). Le sol en question présente comme particularité supplémentaire de fixer d'importantes quantités d'eau (30 % par volume).

Lorsque cette saturation est due à la fois à une hausse de limon et de l'argile, elle a une importante répercussion sur son aération et, conjointement, sur sa porosité. Ainsi en est-il à Ced-es-Fellah, dans une végétation pure de *Salsola tetrandra*. Le sol en question est caractérisé par son taux aérien, extrêmement bas (15 %), diminuant automatiquement, à 42 %, la porosité. Ces chiffres, valables pour une profondeur de 70 cm, ne sont cependant pas les mêmes en surface, où le mélange de sable et d'argile réhaussait à 38 % le taux aérien, à 49 % sa porosité.

A son tour l'augmentation de la porosité à une répercussion intéressante là où elle est particulièrement forte (prélèvement 60) : elle entraîne une hausse de la matière organique qui renferme 1,09 % de C et 1 p. 1.000 d'Az en surface ; mais ces valeurs diminuent considérablement à faible profondeur et retombent au minimum de 0,3 % pour le C et 0,1 p. 1.000 pour l'Az, à 60 cm déjà.

Or, la diversité des caractéristiques pédologiques du *Salsola tetrandra* n'est pas encore épuisée. Suivant le graphique 61, seuls les chlorures peuvent être en excédent et tous les autres composants tombent dans la moyenne des sols plus périphériques.

De ce qui précède, il résulte que les caractères chimiques des sols, colonisés par *Salsola tetrandra*, sont plutôt inconstants ; ce sont tantôt des sels solubles tantôt les chlorures qui dominent, plus fréquemment les sels magnésiens ; mais il n'y a aucune règle fixe. En ce qui concerne les sulfates, leur taux est toujours important, sans pourtant atteindre les maxima, observés chez le *Suaeda vermiculata*. C'est ce qui m'amène à penser qu'aucun des facteurs chimiques ci-dessus

énumérés, n'exerce à lui seul un rôle sélectionnant. Tout dépend de leurs proportions relatives, dans les différentes couches du profil.

Effectivement, dans un peuplement mixte du *Salsola tetrandra* et du *Suaeda vermiculata*, à 20 km de l'Oued Msila, le taux des chlorures augmentait, à 50 cm déjà, de 0,14 à 0,53 et celui des sulfates de 15 à 24 %. Par conséquent, le profil en question présentait une couche d'accumulation déjà à très faible profondeur.

Il y a confirmation, pour un deuxième prélèvement dans la même société mixte, où l'accumulation des sulfates et des sels magnésiens se produisait dès 20 cm. Les autres horizons, en dessous de cette couche étaient, au contraire, d'une homogénéité remarquable (graphique 62). Nous avons déjà signalé ce phénomène dans une population mixte du *Salsola tetrandra* et du *Suaeda fruticosa* (voir le sondage 53).

Je me dispenserai d'insister encore sur les nombreux prélèvements de sols, effectués dans la zone de *Salsola tetrandra*, parce que leur interprétation n'ajouterait rien de nouveau à ce qui a été dit précédemment.

Les mêmes caractères sont propres également à ses sols près du barrage de l'Oued Leham, sondés par le Service de l'Hydraulique et de la Colonisation.

Très fréquemment leur forte hygroscopicité chimique, de même l'abondance de la fraction argileuse, surtout en profondeur, leur confèrent leur particularité spécifique.

Je dirai seulement que toutes ses caractéristiques seront fortement atténuées, lorsqu'il se produit, en surface, un mélange avec du sable éolien ; les graphiques 63 et 64 en fournissent des exemples.

Je n'ai pas davantage à dire au sujet de la composition floristique de notre peuplement : ici, comme dans toute la zone salée, le nombre des annuelles, déjà faible, diminue au fur et à mesure que le sol se charge de combinaisons solubles ; on en conclura que la culture des céréales ne doit plus y réussir. D'ailleurs l'agriculteur indigène s'en rend parfaitement compte lorsqu'il évite de semer les grains, partout où apparaît *Salsola tetrandra*.

Une seule espèce annuelle, très répandue dans cette zone, fait exception à la règle, étant douée d'une résistance étonnante envers la salure : il s'agit d'une véritable Halophyte, très rare dans la région steppique et que l'on peut, pour cette raison, considérer comme le compagnon le plus fidèle de notre *Salsola* : c'est l'*Aizoon hispanicum*.

Cette espèce se distingue des autres annuelles passagères, par sa tolérance extraordinaire envers l'accumulation des sels en surface : c'est ce qui ressort d'un sondage, fait au fond d'une cuvette salée, de limons sablonneux, à Ced-es-Ghaba. Tous les éléments salins que j'ai pu analyser sont en hausse vers la surface, correspondant à une baisse du sable ; en profondeur, au contraire, leur taux baisse à un tel degré qu'à 50 cm. déjà le sol est pratiquement dessalé (graphique 65). Il est surprenant de constater qu'à leur tour les éléments biogènes atteignent leur maximum en surface avec 1,25 % pour le C et 1,35 p. 1.000 pour l'Az. Y aurait-il formation de salant noir ? On pourrait l'admettre parce que le pH augmente à 9,2. De toute façon, son accumulation est faible, parce que, à 50 cm. déjà, le pourcentage du C et de l'Az est réduit à 0,3 % et 0,5 p. 1.000 respectivement.

3° *Halocnemum strobilaceum*.

Toute l'étendue centrale du Chott hodnéen, d'une superficie de 16 : 80 km., est totalement impropre aux cultures. De plus en plus chargées de sels alcalino-terreux et alcalins, au fur et à mesure qu'on s'en approche, ces terres très argileuses ne conviennent qu'à certaines Halophytes très spécialisées : elles disparaissent à leur tour dans la zone interne abiotique, faisant place à une boue visqueuse très salée, et imperméable à l'air.

Cette salure est particulièrement prononcée sur la rive australe du Chott : ici les cours d'oued auxquels le climat continental subdésertique donne un régime très irrégulier, se perdent sans traces, dans les sables et augmentent encore l'ensablement. C'est le « Rmel ».

Cette monotonie du Chott central, est interrompue, à quelques rares endroits, par l'apparition d'échantillons survivants de *Tamarix* qui semblent marquer les endroits où la nappe souterraine n'est pas trop éloignée (photo XXIII).

Par ailleurs, la végétation est composée d'un petit nombre d'espèces sousfrutescentes parmi lesquelles une seule domine : c'est le *Halocnemum strobilaceum*. Le bas de ses tiges attaquées par les solutions salines corrosives, présente une teinte brun clair très typique : c'est celle précisément qui se communique à tout le paysage, lui donnant son caractère d'extrême monotonie (photo XXI).

Un sondage fait en plein centre d'une population pure de notre *Halocnemum* au Nord de Baniou, nous montre quels sont ses besoins



PHOTO XXIII. — Région centrale du Chott, avec quelques échantillons survivants de *Tamarix*, témoins de la proximité d'une nappe d'eau douce. (Pont de Banjou).

optima (graphique 66, a-f, pl. 5). Le sol en question est pour ainsi dire de l'argile pure avec très peu de sable, en surface. Saturée de solutions salines, cette argile est presque impénétrable à l'air dont le taux tombe au maximum de 14,6 % avec un pourcentage aqueux accru à 35,5 %. Cette mauvaise aération entraîne une forte diminution de la porosité (49 %). Quant aux sels solubles, ils renferment autant de chlorures que de sulfates, extrêmement hygroscopiques ; par conséquent, le taux de l'hygroscopicité démesurément haussé, perd toute signification réelle, le maximum normal se situant dans des sols non salés autour de 20 %.

Une autre particularité s'ajoute encore : les sulfates, dans notre profil, sont entièrement solubles, par conséquent la teneur en gypse doit être plutôt faible ; il en est de même du calcaire qui est de 10 à 11 % ; par conséquent, ni l'un ni l'autre ne pourront exercer une activité antitoxique très efficace. On est donc amené à admettre que tous ces sols sont intoxiqués par le $Mg SO_4$ au même titre ou encore plus que par les chlorures. Mentionnons finalement que le taux organique est faible en surface (0,5 % de C et 0,56 p. 1.000 d'Az). Ceci

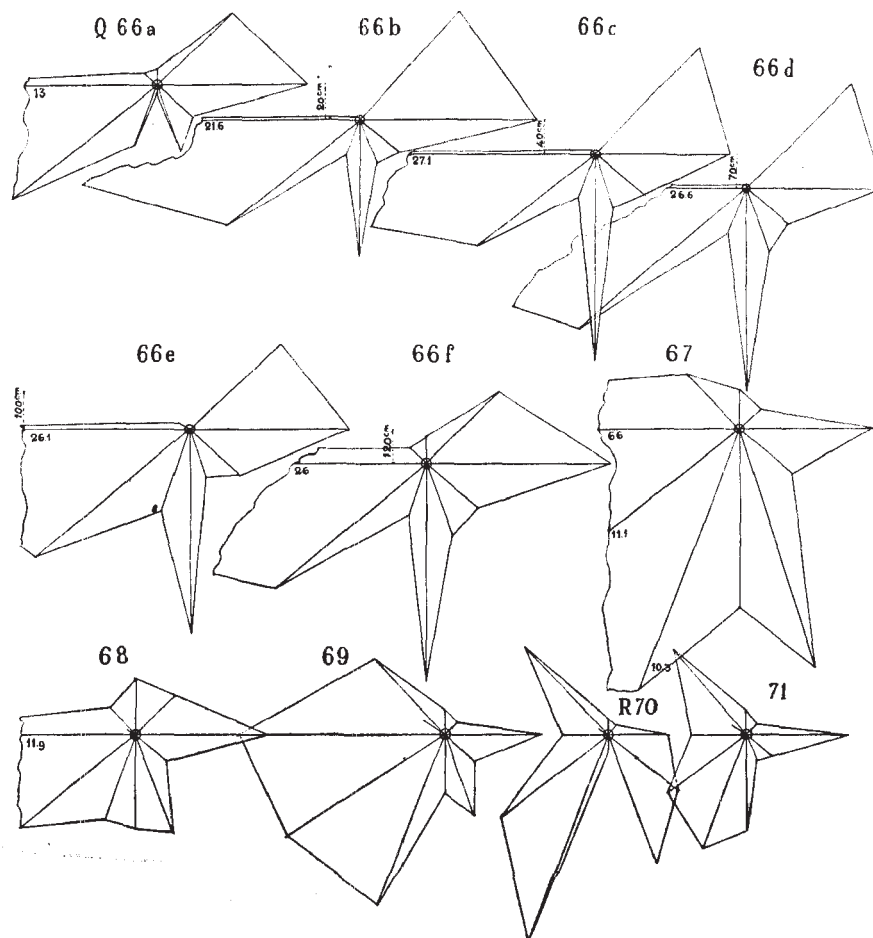


PLANCHE 5. — Fig. 66-69 (série Q). — *Halocnemum strobilaceum*. (66) : profil d'un peuplement pur à Baniou. (a) : surface ; (b) : 20 cm. ; (c) : 40 cm. ; (d) : 70 cm. ; (e) : 100 cm. ; (f) : 120 cm. ; (67) : Aïn Kelba, population pure ; (68) : Chott, rive sud ; (69) : population pure ensablée ; (70) : butte ensablée.

Fig. 71 (série R). — *Aeluropus repens*, Aïn Kersaz.

pourrait nous expliquer l'absence de salant noir ; la preuve en est que la réaction ionique oscille partout autour de 8,4 sans atteindre une alcalinité franche ; son maximum est exceptionnellement de 8,8 à 9,0.

Deux autres prélèvements, dans la même association (graphiques 68 et 69), mais situés à des points très éloignés nous montrent que le taux sableux n'est pas toujours aussi faible, et leurs caractéristiques physiques y compris le taux hydrique (11 %) et aérien (31 %) et la porosité (42 %) se modifient en conséquence. Quant à la composition saline de ces terres limono-argileuses, elle est tout aussi variable que celle du *Salsola tetrandra*, ni le taux chloruré, ni le taux sulfaté et magnésien n'étant obligatoirement excédentaire. Lorsque le Mg, Cl et SO⁴ dominent simultanément, comme c'est le cas dans le graphique 67, nous avons affaire à des sols particulièrement toxiques, renfermant Mg Cl² et Mg SO⁴ à la fois. Leur toxicité, surtout pour le premier, est en effet supérieure à celle du NaCl.

Mais quoiqu'il en soit partout le pourcentage des sels totaux reste invariablement élevé (2 à 5 %).

D'autre part, malgré l'uniformité apparente de cette région du Chott, l'ensablement peut y apporter des modifications, insoupçonnées jusqu'ici. J'ai trouvé ainsi pour des taux sableux accrus à 53,71 et même 85 %, des pourcentages chlorurés, situés en dessous de l'unité, ceux des sels solubles oscillant entre 1 et 3 % (graphique 70 au pied d'un *Haloenemum* ensablé).

Très souvent ces endroits sont marqués par la présence de plantes qui ne sont pas des Halophytes proprement dits ; on y voit apparaître des plages assez étendues d'échantillons prostrés de *Beta macrocarpa*, accompagnés, parfois, de pieds isolés d'*Euphorbia glabulosa*. Il s'agit dans ce cas de sols franchement sableux.

Mais on y trouve bien plus fréquemment des Halophytes du type dessalant tels *Frankenia pulverulenta* et surtout *Aizoon hispanicum* qui ne redoutent pas les sels cristallisant en surface. Dans leur société on trouve parfois *Aeluropus repens*, Graminée qui peut s'avancer jusqu'à la limite de la zone abiotique (graphique 71).

En dehors de ces îlots de plantes prostrées, l'analyse de la boue visqueuse nous a donné des chiffres extrêmes de chlorures (5 %), de sels totaux (14 %) et de sels magnésiens (4 à 5 %) ; joints à une aération déficiente, ils nous expliquent l'absence de toute végétation phanérogamique. Ces données confirment entièrement des chiffres fournis par ZOHARY qui trouve qu'à 6 à 8 % les chlorures stérilisent définitivement un sol.

D'autre part, qu'il s'agisse de la région centrale salée du Chott ou de ses pourtours plus ou moins désalés, mes propres mesures confirment invariablement mes premières conclusions : aucune espèce n'est immuablement liée à tel sol mais transgresse de l'un à l'autre en constituant des populations mixtes de composition très variable. Les endroits caractérisés par la dominance absolue de telle espèce où, par conséquent, tous ses besoins sont réalisés au maximum, sont plutôt rares ; bien plus fréquemment les végétaux doivent se contenter de milieux à condition plus ou moins défectueuses où ils auront à lutter avec d'autres espèces mieux ou moins adaptées. La sélection qui triera la plus apte à la survivance s'exercera souvent par de faibles modifications du sol, dues à l'ensablement d'une part, à l'épandage de l'eau de pluie de l'autre, deux facteurs, susceptibles de créer une infinité de types de sols.

Précisément les sols lourds du centre hodnéen, avec leurs conditions biologiques extrêmes, peuvent nous fournir les meilleurs exemples de parcelles modifications floristiques, résultant des modifications pédologiques.

Prenons la contrée d'Aïn-Kelba, située à un niveau très bas, dans des terres très salées, où domine *Halocnemum strobilaceum*. Partout ailleurs cette espèce a ses limites bien tracées qui la séparent nettement du « Suaédion » ; son optimum est réalisé là où l'inondation hivernale se prolonge le plus. Mais cette règle est infirmée lorsqu'elle vit en société du *Suaeda vermiculata* et du *Salsola tetrandra* : c'est encore Aïn-Kelba qui en fournit les exemples tout à fait classiques.

En effet, *Halocnemum* y voisine avec des espèces, typiquement steppiques, telles *Salsola vermiculata* qui s'avance en populations clairsemées.

Je n'ai trouvé aucun intérêt, dans ces conditions, à faire de nouveaux relevés d'espèces qui n'auraient pas du tout correspondu aux relevés « classiques », déjà établis par les phytosociologues et considérés par eux comme explicatifs.

Au contraire, en plaçant en tête l'analyse des sols, la granulométrie surtout, le problème se résoudra aisément. Dans notre cas particulier, l'ensablement, modifiant essentiellement des sols, très lourds à l'origine, pourra fournir une explication tout à fait satisfaisante.

On comprend facilement pourquoi l'*Atriplex Halimus* vit en parfaite harmonie avec le *Suaeda vermiculata* sans pouvoir le suppri-

mer : les deux espèces ayant chacune une partie de leurs exigences édaphiques réalisées se tiennent ainsi en équilibre. L'ensablement (67,3 %) est en faveur de l'*Atriplex* qui ainsi résiste mieux aux chlorures (0,038 %) en surface, grâce aussi à l'accumulation des sulfates (13,2 %). Mais à 35 cm déjà la hausse des chlorures à 0,33 % et des sels magnésiens, de 2 à 4 %, est plutôt favorable au *Suaeda vermiculata*.

Deux espèces généralement antagonistes, *Salsola vermiculata* et *Suaeda vermiculata*, arrivent à s'harmoniser de leur côté : même situation : hausse de sable (75 %) et des chlorures qui se maintiennent ainsi jusqu'à 1 mètre de profondeur. Mais ici c'est l'augmentation du limon en profondeur qui est plutôt en faveur du *Suaeda*.

Même hausse du limon en profondeur pour un cas où *Halocnemum strobilaceum* se trouvait mêlé au *Suaeda vermiculata* avec un taux sableux de 73 % en surface : leur association peut s'expliquer par l'abondance des sels solubles qui atteignent 4,8 % avec un taux chloruré de 0,43 %.

A Aïn-Nakra, à quelques kilomètres de distance d'Aïn-Kelba, la salure augmenta davantage et la totalité des bas-fonds fut accaparée par *Halocnemum strobilaceum*, accompagné parfois du *Salicornia fruticosa* et de l'*Azoon hispanicum* ; ces trois espèces ne tolèrent plus aucune intrusion d'espèces non halophytiques.

D'ailleurs, l'analyse des eaux, effectuée à cet endroit par le Service de l'Hydraulique et de la Colonisation, nous en fournit une explication tout à fait plausible : les eaux souterraines passent, ici, à travers des argiles, riches en sels échangeables et le Mg soluble est encore plus important que le Na et le Ca solubles d'où formation de quantités abondantes de $Mg SO^4$ et $Mg Cl^2$. Leur dissolution dans l'eau est beaucoup plus forte que celle du gypse, ce qui augmente la toxicité de ces sols (les végétaux étant beaucoup plus sensibles aux sels magnésiens qu'aux chlorures). D'ailleurs ces combinaisons magnésiennes peuvent provenir non seulement des eaux souterraines, mais aussi de l'échange d'ions, dans le sol lui-même qui cède l'ion Na, SO^4 , Mg ou Ca. Il en résulte une eau riche en sulfates (on estime le pourcentage du $Na^2 SO^4$ à 0,147 g : 1). Il n'y a donc rien d'étonnant de voir, à Aïn-Nakra, toutes les espèces Halophytes mitigées, chassées des bas-fonds, chercher refuge sur les collines gypseuses qui caractérisent cet endroit. Il est extrêmement instructif d'y suivre leur répartition qui s'effectue exactement suivant leur tolérance aux sels :

Y dominent *Mesembryanthemum nodiflorum* et *Statice Thouini* qui nous sont connues pour leur forte adaptabilité à la salure, puis *Moricandia teretifolia*, un peu moins tolérant ; enfin, aux rares endroits, totalement dessalés par l'ensablement, on trouve quelques échantillons d'*Anacyclus Valentinus* et même du *Schismus barbatus* dont le port prostré et la teinte rouge prouvent qu'il y vit dans des conditions limitantes.

Mais à côté de ces espèces annuelles se rencontrent les derniers survivants des espèces steppiques sousfrutescentes, sous forme de *Suaeda vermiculata* et, fait inattendu, de l'*Artemisia Herba-alba* qui, très vraisemblablement, y trouve ses stations limites.

Cette plante, on le sait, est une caractéristique essentielle de la région alfatière où elle forme des nappes d'une très grande extension. En bordure de cette région, elle se concentre, au contraire, aux endroits les mieux irrigués et se trouve de préférence dans les ravineaux de pluie. Nulle part, dans cette zone, elle est exposée au danger d'une immersion dans l'eau salée.

Il en est de même sur les collines de l'Aïn-Nakra où elle bénéficie d'une bonne aération (50,7 % d'air) et d'une forte porosité (62 %) qui caractérisent toujours de pareils sols gypseux pulvérulents. D'ailleurs le chevelu de ses radicelles correspond tout à fait à ce que j'ai signalé ailleurs dans les mêmes conditions édaphiques (1949) (1).

On peut admettre que ce sont précisément ces fortes doses du Ca SO_4 qui lui permettent ici de faire face à l'accroissement des sels chlorurés nuisibles dont j'ai dosé 0,046 à 0,18 % ; elle y supporte, de même, une forte teneur magnésienne (plus de 2 %).

Si c'est le gypse qui fonctionne ici en antidote c'est l'ensablement qui lui permet la colonisation des stations basses et sa pénétration jusqu'au voisinage du *Halocnemum*.

La teneur importante en sable (75 %) délaye, dans ces conditions, à 0,05 et 1 % respectivement les taux chlorurés et sulfatés en même temps qu'il hausse la perméabilité et réduit à 19,1 % l'équivalent d'humidité.

Mes observations relatives à la végétation spontanée sont amplement confirmées par d'autres, relatives aux plantes cultivées dans cette contrée à salure extrême.

(1) En Israël, selon Boyko, *Artemisia Herba-alba* trouverait, au contraire, son optimum sur les collines de 550 m d'altitude.

Très souvent, les bas-fonds de Nakra présentent de mauvaises conditions culturales et il n'est pas rare d'y rencontrer des taches étendues de brûlures dans les champs de blé. Seuls les endroits plus élevés et spécialement ceux qui présentent des possibilités d'irrigation pourront donner des résultats satisfaisants. J'ai rencontré ainsi, dans un seul champ, abondamment drainé, toute la gamme des plantes messicoles du Nord, avec *Matricaria pubescens*, *Malva microcarpa*, *Calendula aegyptiaca*, *Moricandia cinerea* et même *Medicago laciniata*. Quelques-unes d'entre elles telles *Moricandia arvensis*, ont été dispersées dans les champs des bas-fonds où, cependant, elles ne résistèrent guère à la salure et où elles furent réduites à l'état d'échantillons nains.

D. — PARTIE GENERALE

La présente contribution à l'étude de la végétation du bassin hodnéen et de sa valeur indicatrice s'est inspirée des principes suivants :

Il existe, en pays aride, une relation nette entre la répartition des végétaux spontanés et la qualité des sols qu'ils occupent.

Généralement, la végétation se présente sous forme de groupements mixtes. Bien plus rares sont les groupements purs où domine une espèce, et qui restent confinés aux endroits où leur évolution atteint un certain optimum ; dans ce cas, l'équilibre entre le sol et la plante est relativement établi.

Il était logique de commencer par l'étude de ces stations pures et de les comparer aux stations mixtes et finalement aux stations limites où l'espèce doit faire face à un maximum de facteurs adverses (KILLIAN 1939).

Parmi ces derniers, ce sont deux principalement qui, dans l'espace bodnéen, dominant l'expansion des végétaux. L'excès de sécheresse en été et l'excès d'eau en hiver ; puis il y a un facteur chimique qui est l'abondance des sels toxiques, imprégnant le sol. Ensemble, ils constituent les conditions limitantes par excellence, et à ce point de vue, ont une importance bien plus grande que les conditions nutritives.

Lorsqu'on étudie ces facteurs dans la région périphérique du Chott leur importance se confirme partout. Ici la répartition des espèces indicatrices dépend plutôt des caractères physiques des sols, tout comme dans la région alfatière. Puis il y a intervention d'un facteur topographique, souvent combiné au facteur pédologique : tous ces

terrains étant plus ou moins déclives et rocailleux, que la roche affleure ou quelle soit décomposée en gravier, présentent une forte perméabilité. Aussi sont-ils généralement peuplés de chasmophytes et de plantes annuelles, qui par année humide, peuvent produire de médiocres pâturages, desséchant rapidement et utilisables exclusivement par les troupeaux de passage.

Plus au Sud, dans la zone de culture intense, le facteur eau joue seul : l'irrigation étant abondante, la végétation xérohalique primitive sera remplacée par une végétation de hygrophytes, de nitrophytes et surtout de plantes de culture. Les champs de céréales avec leur sol grumeleux qui souffrent rarement d'un excédent d'eau hébergent aussi une foule d'espèces messicoles, stationnées exclusivement là.

Au delà de cette zone les endroits où réapparaît la végétation autochtone sont marqués par la présence de deux espèces xérohaliques d'une importante valeur indicatrice : *Salsola vermiculata* et *Atriplex Halimus* : les deux fuient autant la région des collines trop lessivée que la région centrale trop salée ; l'un exige un sol limoneux, perméable et bien aéré, par conséquent moyennement lessivé et à faible teneur en chlorures et en sulfates.

Mais, si, en principe, le *Salsola vermiculata* est confiné aux sols dessalés, aptes aux cultures, il pourra transgresser cette limite, lorsque les chlorures sont désintoxiqués par le gypse. Si, d'autre part, il évite les sols trop argileux, il peut s'y adapter malgré tout, à condition d'y trouver un horizon mieux aéré et plus perméable où il pourra étaler son système racinaire. C'est dans ces conditions extrêmes qu'il manifestera toute son amplitude édaphique.

Or, malgré sa malléabilité, son pouvoir d'adaptation a des limites : lorsque le substratum devient uniformément compact, il sera remplacé par une autre espèce, à allure plus halophytique qui est le *Suaeda fruticosa*. Lorsqu'au contraire le terrain s'ensable de trop, il cédera sa place au *Traganum nudatum* ; le *Diplocharis erucoides*, espèce annuelle qui représente son compagnon le plus fidèle, ne l'accompagnera plus, dans ces conditions.

En ce qui concerne *Atriplex Halimus*, fréquemment associé au *Salsola vermiculata*, il partage avec lui l'aversion contre les terrains à immersion hivernale prolongée, et sera, à son tour, rigoureusement banni de la région centrale halophytique. L'une et l'autre indique donc les endroits où l'on pourra, avec quelque chance de succès, tenter des cultures.

Cependant, les deux associés se séparent souvent, lorsque les limons deviennent trop profonds ou trop homogènes ou lorsqu'ils contiennent un excédent de chlorures et de sulfates. Mais ils se sépareront surtout, lorsque l'ensablement dépasse certaines limites : l'amplitude édaphique, déjà grande chez *Salsola vermiculata*, révélera alors toute son importance chez *Atriplex Halimus*. A sa plus forte adaptabilité correspond d'ailleurs la variété supérieure de ses « associations », bien connue aux phytosociologues.

Plus près du Chott, donc au delà de la région steppique, le facteur eau est remplacé, peu à peu, par le facteur sel : ce dernier domine finalement en tant que facteur chimique.

Mais son influence sur les caractères physiques des sols n'est pas négligeable. En effet, l'exposition durable au NaCl, en diminuant leur perméabilité et en s'opposant au lessivage, désagrège finalement leur structure grumeleuse ; l'excès d'eau et le manque d'air viennent empirer les conditions vitales en entraînant une accumulation toujours plus forte de sels. Y contribue, à son tour, le climat aride et surtout les précipitations torrentielles en hiver, que, par année humide, on peut considérer, selon GATCHER, comme principaux régulateurs des sels.

Voilà, en gros, les facteurs qui séparent le domaine des Halophytes de celui des plantes steppiques. Mais leur interprétation est loin d'être complète : on ignore, selon l'auteur précité, du tout au tout, l'influence mutuelle des différents sels de Na, Cl, SO_4 , Mg et Ca et leur action sur la toxicité de leurs combinaisons, en particulier quand Cl et Mg se trouvent associés ; on ignore, de même, l'action réciproque des sels dans leur toxicité totale, et le rôle du taux hydrique dans le sol, en rapport avec l'emplacement de la nappe phréatique, l'augmentation de la limite de solubilité du Ca SO_4 , Ca CO_3 et Mg CO_3 avec la concentration des solutions salines du sol (RICHARDS).

Que doit-on, dans ces conditions, utiliser comme critérium pour délimiter les terrains salés des terrains steppiques ? on a proposé, tout d'abord, le pH.

En admettant avec les auteurs américains, que le $\text{pH} = 8,5$ marque la limite supérieure d'un terrain steppique vis-à-vis d'un terrain salé, on trouve, au centre hodnéen, ce point critique fréquemment dépassé.

En effet, la détermination, à l'électrode de verre, du pH m'a régulièrement donné le chiffre de 9 dans les terrains chotteux..

En dessous d'une végétation très halophile d'*Aizoon Hispanicum* j'ai même mesuré un pH de 9,2, mais les taux les plus élevés du pH = 9,3 ont été trouvés en surface d'un monticule à *Salsola vermiculata*, à sa limite d'extension où la terre s'était enrichie en sels solubles, brassés avec la matière détritique, accumulée sous ces végétaux buissonnants.

Ceci ne m'a pas empêché de retrouver cette réaction alcaline, pH = 9, en pleine association de *Salsola vermiculata* (voir graphique 16). D'autre part, des taux moins alcalins, de 8,8 caractérisaient certains sols habités par le *Salsola tetrandra* et même les stations du *Halocnemum strobilaceum*.

L'utilisation du pH comme critérium, séparant les sols très salés des sols steppiques est donc incertaine. En effet, ce facteur, selon RICHARDS, est trop influé par des facteurs divers : chaux, gypse, ions échangeables, solutions salines, limons et matières organiques. Il y aurait, selon lui, des pH de 9 à des endroits où il n'y a pratiquement pas le Na échangeable et du pH de 7 à 9 où le Na échangeable est à son maximum. Le pH peut servir, tout au plus, dans des aires particulières à sols apparentés.

Plus récemment, on a attribué une grande importance pédologique au *Complexe absorbant* et parmi les ions échangeables au Na.

BHARUCHA étudiant les bases échangeables de la mangrove indienne distingue, à ce point de vue, trois catégories de sols :

1° les sols Ca-Mg et

2° le sol Ca-Na ;

tous les deux sont salés.

Puis 3° le sol Ca-K, caractérisé par une association non halophytique de *Suaeda fruticosa*. Il y aurait donc là un criterium intéressant pour l'Écologiste.

En admettant, avec RICHARDS, que le taux de 1,5 meq. % pour le Na échangeable constitue la limite entre terrain steppique et terrain salé, cette loi est déjà enfreinte par le cas du *Salsola vermiculata* :

cette plante steppique peut envahir des terrains dont le Na échangeable dose près de 2 meq. % à 70 cm. :

TABLEAU III

I. — *SALSOLA VERMICULATA* (Profil 16)

Complexe absorbant en milli-équivalents %

Profondeur	Na	K	Ca (1)	Mg	Insat.
Surface	0,17	0,72	6,63	6,11	0
70 cm	1,96	0,72	110,6	0	5,3
(1) Chiffres faussés par l'excès du gypse.					

TABLEAU IV

II. — *SALSOLA VERMICULATA* à 20 cm (Profil 18)

Complexe absorbant en milli-équivalents %

Profondeur	Na	K	Ca	Mg	
20	0	7,44	5,82	2,09	

TABLEAU V

Autre observation pour un profil d'*ATRIplex HALIMUS* (Profil 37)

Complexe absorbant en milli-équivalents %

Profondeur	Na	K	Ca	Mg	Insat.
10	0,15	0,36	4,02	0,87	0,3
110	0,15	0,72	32,3	néant	néant

Puis 4° pour un champ de céréales de bonne qualité (Bou Hamadou).

TABLEAU VI

COMPLEXE ABSORBANT (en milli-équivalents ‰)

Profondeur	Na	K	Ca	Mg
Région radiculaire...	1,43	1,52	11,86	5,6

Un autre champ à céréales puissantes (Oued Bitam) (Profil 38) m'a donné les chiffres suivants :

TABLEAU VII

COMPLEXE ABSORBANT (en milli-équivalents ‰)

Profondeur	Na	K	Ca	Mg
Région radiculaire.....	0,3	1,37	19,7	9,8

Voici ensuite deux cas, choisis parmi les sols habités par de véritables Halophytes.

TABLEAU VIII

SALSOLA TETRANDRA (*Barika*) (Profil 31)

Complexe absorbant en milli-équivalents ‰

Profondeur cm	Na	K	Ca	Mg	Insat.
Surface	0,59	1,41	29,2	0	1,2
60	3,26	0,97	71,3	6,98	1,85

TABLEAU IX

SALSOLA TETRANDRA (sol très gypseux). (Profil 60)

Complexe absorbant en milli-équivalents %

Profondeur cm	Na	K	Ca	Mg	Insat.
0	0,87	0,41	201,88	0,03	3,30
60	3,48	0,64	221,15	8,7	1,2

TABLEAU X

Mélange de *SUAEDA VERMICULATA* et de *SALSOLA TETRANDRA* (Profil 63)

Complexe absorbant en milli-équivalents %

Profondeur cm	Na	K	Ca	Mg	Insat.
10	1,2	0,65	30,19	3,05	6,19
70	4,59	0,70	27,74	4,51	1,20

TABLEAU XI

Mélange de *SALSOLA TETRANDRA* et de *SUAEDA VERMICULATA* (Profil 59)

Complexe absorbant en milli-équivalents %

Profondeur cm	Na	K	Ca	Mg	Insat.
Surface	0,63	0,41	135,88	0	0,60
50	1,96	0,87	13,59	9,9	3,30

TABLEAU XII

FRANKENIA PULVERULENTA, mélange de Crucifères, surface salée

Complexe absorbant en milli-équivalents %

Profondeur	Na	K	Ca	Mg	Insat.
Région radiculaire	0,54	1,0	109,4	17,0	—

TABLEAU XIII

HALOCNEMUM STROBILACEUM

Complexe absorbant en milli-équivalents %

Profondeur	Na	K	Ca	Mg	Insat.
Région radiculaire	0,87	0,51	38,59	7,28	0,10

De ces chiffres que je pourrais augmenter à volonté, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Dans nos sols, le Ca échangeable, bien que sa détermination soit faussée par l'abondance du gypse, reste le principal cation et ne cède nulle part sa place au Na échangeable.

2° En ce qui concerne le Na échangeable, il est indubitablement plus important, surtout en profondeur, dans les sols habités par de véritables Halophytes que dans les sols steppiques. Toutefois, il n'atteint nulle part les valeurs citées par KELLEY dans les « sols alcalins », mais se rapproche de ceux, indiquées par lui, dans les sols « modérément alcalins ».

Quant à nos sols extrêmes (XII et XIII), habités par *Frankenia* et *Halocnemum*, par leur taux relativement faible du Na échangeable et leur pourcentage important du Mg échangeable, ils se rapprocheraient plutôt du type « Solonetz ».

Malgré tout j'hésite à choisir le Na échangeable (aussi bien que le Mg échangeable), comme facteur différentiel entre les sols des plantes steppiques et des Halophytes.

Leur rôle est trop complexe et trop peu connu actuellement.

En outre, selon KELLEY, l'échange de base dans les sols salés et plus encore dans les sols gypseux, diffère fondamentalement de ce qu'il est dans les sols normaux.

Mais à notre point de vue, purement écologique, les caractéristiques physiques auxquelles nous avons attribué une importance toute particulière, me semblent bien plus significatives et, de toute façon, gardent leur valeur intégrale.

D'autre part, il me semble fondamental de ne pas utiliser qu'un seul facteur, mais tout un groupe et d'en doser les rapports mutuels.

De nombreux exemples en ont fourni des preuves concluantes :

On ne peut ainsi attribuer de valeur exclusive même aux résultats des analyses granulométriques. Dans les stations mixtes en particulier, leurs chiffres expriment plutôt des possibilités édaphiques que des réalités absolues et immuables.

Mais aller plus loin, et vouloir prétendre, comme le fait encore récemment M. GAUCHER, que les renseignements édaphiques obtenus pour telle espèce sont d'ordre strictement local et, par conséquent, dépourvus d'intérêt général, serait foncièrement faux. Bien au contraire, les résultats énoncés ci-dessus confirment, malgré leur complexité, les conclusions de tous mes travaux précédents, à savoir que la vocation édaphique d'une espèce perçue en tout lieu. Mais il ne faut oublier qu'elle est souvent relative, c'est-à-dire qu'elle doit être comprise par rapport à celle de sa concurrente.

La meilleure preuve à l'appui de cette conclusion, est fournie par le cas de *Suaeda fruticosa* qui est une Halophyte à caractères écologiques très fluants ; on le trouve en association mixte, aussi fréquemment dans la région périphérique qu'aux abords du Chott où, cependant, il fuit toujours les endroits complètement dessalés, tels les marécages de sources. Aussi les terres qu'il habite sont-elles souvent susceptibles d'une utilisation agricole.

Mais ceci n'empêche qu'en groupement pur il ne se comporte en véritable Halophyte avec un profil très homogène et foncièrement différent du profil de *Salsola vermiculata*. Y aurait-il analogie avec le phénomène de suppléance et de métabiose (nécessité de vitamines en cultures isolées, facultatif en cultures mixtes), si important en microbiologie ?

Revenons, après cette digression, à notre point de départ, relatif aux Halophytes extrêmes et aux Halophytes mitigées : dans cette dernière catégorie pourrait se classer, à la rigueur, le *Suaeda vermiculata* qui, grâce à sa gypsophilie, peut coloniser les collines gypseuses, relativement peu salées ; ceci n'empêche qu'en plaine, il supporte des sols à forte accumulation saline en surface.

Il faut en arriver au *Salsola tetrandra* pour trouver une Halophyte obligatoire qui habite les bas-fonds limoneux très salés et où elle doit faire face à un excédent de sels solubles, en particulier aux sels magnésiens, très hygroscopiques, parfois même à un excédent de chlorures et de sulfates. Sa présence exclut donc la céréaliculture.

Halocnemum strobilaceum, enfin, représente le type extrême qui se contente des sols les moins aérés (1) et qui envahit aussi les argiles pures, très riches en sels solubles et en chlorures et, par surcroît, souvent dépourvus de leur antidote, le gypse. Il s'agit, selon DURAND, « de solontchaks où les sels solubles sont en quantité suffisante pour que la végétation normale soit remplacée par une végétation halophile. Toujours selon cet auteur, cette tendance se manifeste, en Algérie, à partir de 0,18 % de Cl. Leur pH serait voisin de 7 et augmenterait avec le calcaire. Ces solontchaks comprennent des sous-types, suivant qu'ils contiennent du SO^4 , Cl, CO^3 , du Na ou du Mg

De toute façon, ils sont tous complètement inaptes à une utilisation agricole, tout comme les sols à *Salsola tetrandra*. Si, par conséquent, les conditions de toxicité chronique sont particulièrement désastreuses dans les parties centrales du Chott, l'importante dispersion des particules rend l'effet de ces sels plus néfaste que leur faible dispersion en territoire sablonneux de périphérie.

Mais il ne s'agit pas de schématiser et de chercher partout, au centre hodnéen, toxicité et asphyxie.

Effectivement, ces solontchaks, malgré leur uniformité apparente, sont moins homogènes qu'on ne le pensait jusqu'alors : comme partout ailleurs l'ensablement peut les modifier.

Mais *Halocnemum* s'en accommode, grâce à l'extension considérable de son amplitude granulométrique et saline. C'est ce qui explique pourquoi il est à même de voisiner avec les espèces les plus

(1) Dans leur travail sur la zonation autour des lacs secs des Etats-Unis (Jl of. Ecol. 5, p. 127) CANNON et FOX attribuent un important rôle sélectif à cette aération. Au contraire, dans les bas-fonds de ces lacs l'absence d'air expliquerait l'absence d'une zonation.

diverses, typiquement steppiques, telles *Artemisia Herba-alba*. Dans cette étrange « association » intervient finalement l'action aérante et désintoxiquante du gypse pulvérulent.

Voilà, en gros, mes résultats au sujet des rapports entre sols et plantes au Chott Hodna.

Pour conclure, je ne puis faire mieux que de citer les résultats d'un Chercheur, particulièrement autorisé en cette matière, M. ZOHARY. Dans le Moyen-Orient, il n'y a, selon lui, « qu'un facteur climatique qui domine qui est la sécheresse. A ce facteur sont subordonnées les microconditions, parmi lesquelles les facteurs édaphiques se classent au premier rang ; mais ces derniers sont purement locaux et peuvent agir simultanément avec le facteur topographique ».

En Palestine comme en Algérie, la diversité des sols trouve donc son expression vivante dans la variété des associations halophytiques.

En ce qui concerne ces dernières, ZOHARY éprouve, comme moi, les plus grandes difficultés à établir les relations exactes entre les uns et les autres et à délimiter les associations végétales et les complexes halophiles ; des douzaines de relevés, pour trancher cette question, étant restés improductifs, il conclut :

« Quelles que soient les alliances qu'on trouvera sur ces sols, e les seront toujours assujetties aux combinaisons, infiniment variables, des facteurs hydriques et du sel, d'où il résulte, spécialement en terrain salé, un grand nombre d'unités phytosociologiques dont la présence montre cette susceptibilité particulièrement poussée de la végétation halophile, bien plus accentuée que chez la végétation purement xérophytique ».

Notre auteur se demande, en particulier, si ces complexes ont rang d'associations et si leur unité, très naturelle en apparence, est dissociable. Il lui est très difficile de se décider pour l'une ou l'autre alternative parce que, selon lui, les méthodes de phytosociologie pure sont inadéquates pour l'analyse, dans ces cas particuliers. Comme, d'autre part, on trouve, dans ces associations, des fragments d'autres séries, elles manquent, par conséquent, de stabilité.

M. GUINOCHE, qui a fait de nombreux relevés des associations salées dans le Sud Tunisien, arrive aussi à ce résultat négatif et décevant. Selon lui, « il est difficile d'obtenir des résultats quantitatifs et toutes les listes restent, par conséquent, purement descriptives et les conclusions, sont, de même, d'ordre tout à fait provisoire ».

En présence de ces aveux, émanant de phytosociologues aussi distingués, il faudra conclure que, dans ces cas au moins, les associations ne peuvent avoir la même valeur indicatrice que les espèces.

Il est étrange, dans ces conditions, de constater que certains phytosociologues répètent, toujours à nouveau, l'assertion, déjà ancienne, mais moribonde, que l'on ne saurait utiliser l'espèce comme unité indicatrice. Prenons par exemple les arguments, exposés dans une récente note par G. LEMÉE. J'estime que loin de s'opposer à ma thèse, ils ne font que la confirmer.

Discutons une à une, les différentes raisons, évoquées par cet auteur, en insistant, comme lui, exclusivement sur les caractères édaphiques.

« Pour l'étude pédologique des sols, l'intérêt des espèces indicatrices est encore diminuée du fait qu'elles ne sont localisées que par une seule ou quelques-unes des nombreuses propriétés des sols ». J'objecterai tout d'abord, que l'étude pédologique des sols et l'étude des sols par rapport aux exigences des végétaux ont des objectifs différents : il s'agit de types de sols, bien classés, pour l'une, de mélanges de sols, souvent très hétérogènes, pour l'autre ; ces études n'ont en commun que la technique.

D'autre part, le fait « d'être localisées par un nombre restreint de caractéristiques édaphiques » ne diminue en rien l'intérêt de ces espèces indicatrices, mais prouve en réalité, l'énorme complexité du problème.

Nous sommes pleinement d'accord avec l'Auteur lorsqu'il insiste sur le fait qu'une parcelle plante indicatrice peut réagir différemment à un facteur donné, lorsque certains autres facteurs sont modifiés ; j'en ai cité moi-même plusieurs exemples ; j'ai souvent insisté sur le fait qu'en « association plus ou moins pure une espèce réagit autrement qu'en « association » mixte, où une partie seulement de ses besoins sont réalisés. Ce fait n'exclut nullement l'intérêt des espèces indicatrices et démontre, une fois de plus, l'effroyable complexité du problème. Mais rien ne légitime, dans ces conditions, l'augmentation arbitraire et infinie des listes d'associations dont la valeur explicative ne s'en trouve pas rehaussée.

S'il est certain « qu'il se crée des races écologiques dans des conditions écologiques nouvelles », je ne vois pas pourquoi elles ne seraient pas indicatrices.

Mais il est inadmissible de dire, avec BRAUN BLANQUET, qu'à chaque association correspond un profil de sol avec des caractéristiques physico-chimiques et biologiques propres. Ainsi dans la biocénose du *Salsola vermiculata* et du *Diplolaxis cruceoides*, le *Salsola* dépend foncièrement des caractéristiques des *différents* horizons, contrairement au deuxième qui, lui, dépend principalement des couches de surface ou de leur proche voisinage. Si son système racinaire ne s'étend pas sur tout le profil, il indique cependant, avec précision, les conditions, réalisées dans ces couches supérieures.

Il me semblerait d'ailleurs difficile d'étudier tout le « profil » d'une fosse de sédimentation telle que le Hodna.

Je crois avoir suffisamment insisté sur l'énorme complexité des conditions édaphiques, si foncièrement hétérogènes du Chott Hodna où plusieurs facteurs se superposent, parmi lesquels domine tantôt l'un tantôt l'autre. Par leur effet combiné s'est constitué un grand nombre de groupements végétaux qui se présentent sous forme d'une mosaïque plutôt que d'une association. Avec L.G. ROMELL, on peut même se demander « si cette disposition en mosaïque permet d'appliquer aux groupements en question les calculs statistiques et les formules de probabilité, utilisés généralement pour une dispersion normale ».

De toutes façons, une lutte pour l'espace s'y engagera, beaucoup plus âpre que dans la région tempérée, où LEMÉE a choisi ses exemples ; il y a, par conséquent, beaucoup plus de chance que les espèces, ayant des besoins similaires se groupent, ici, en « associations ». Si l'on peut donc parfaitement approuver les exemples fournis par cet auteur, pour les conditions du climat tempéré, ils n'ont rien de comparable pour les conditions sévères du Sud algérien.

Ici les espèces halophytiques telles *Halocnemum strobilaceum* sont confinées au centre Hodnéen par des barrières infranchissables et ne transgresseront jamais vers la zone périphérique du *Salsola vermiculata* et, inversement, ce dernier ne transgressera pas dans la zone du *Halocnemum*, à moins que l'ensablement n'y modifie foncièrement les conditions édaphiques.

Vu cette complexité des facteurs qui dominent l'espace hodnéen, l'espèce indicatrice y garde sa valeur intégrale. La prétention de certains phytosociologues de définir, par de simples relevés statistiques et la simple comparaison de leurs listes, la qualité de ces sols et leur utilisation agricole possible, est par conséquent à rejeter. S'il faut avouer que l'utilisation, comme unités indicatrices, de telles espèces

dominantes est souvent malaisée, en terrain salé, en raison de leur forte adaptabilité, l'emploi, comme telles des associations végétales, ne saurait être conseillée, dans ce cas particulier, comme en témoignent les résultats de ZOHARY et de GUINOCHE.

Ces « associations » se sont d'ailleurs révélées comme inadéquates dans d'autres genres de Recherches : Je pense aux relevés de pâturages. Il est significatif, à cet égard, que l'un de nos meilleurs pastoralistes français, M. HEDIN, arrive exactement aux mêmes résultats que moi : tous ses essais pour utiliser les méthodes phytosociologiques à l'étude des associations prairiales en Normandie, ont dû être abandonnés.

D'après cet auteur, des relevés ont très souvent été effectués sur des surfaces trop étendues et, lorsqu'on a pratiqué quelque peu la biologie de quelques espèces prairiales, on se rend compte que les espèces, réunies dans une même association, ne possèdent pas du tout les mêmes exigences écologiques (on remarque la similitude de nos idées). « Déjà la notion des faciès a été dégagée pour situer, par exemple, les portions plus sèches, ou plus ombragées ou celles moins pâturées et les parties exclusivement fauchées. Pourtant l'uniformité semble régner dans ces associations prairiales normandes ou « l'amplitude édaphique des principales espèces et suffisamment large pour que chacune d'entre elles ait les mêmes chances d'installation ». L'auteur estime qu'en gros, dans une vieille prairie uniformisée par les conditions d'exploitation qui sont les mêmes sur toute l'étendue, ne dépendent que des phénomènes de concurrence, liées à des biologies individuelles, bien caractérisées et stables.

Parmi les autres critiques faites à la théorie phytosociologique, je me limiterai à l'une des plus autorisées et des plus pénétrantes, dûe à SCHMID. Elle présente pour nous un intérêt tout particulier parce que, sans la connaître, j'étais arrivé, dès 1939, aux mêmes conclusions.

Cet auteur estime que la base des groupements végétaux est l'espèce et que dans ces groupements chaque espèce réagit aux excitations à sa façon, sans directives d'une « organisation centrale » (voir aussi KILLIAN (1950). Elles s'associent les unes aux autres uniquement parce qu'elles ont des besoins vitaux similaires (K. 1949). Les groupements ainsi réalisés à base d'adaptations mutuelles ont été qualifiés de « biocénoses » (vie en commun), ce qui est un terme neutre, et bien moins prétentieux que celui d'association.

Toute biocénose, suivant SCHMID, s'étend à partir d'un centre et

se modifie continuellement dans sa composition spécifique. Elle peut, en outre, transitionner vers d'autres groupements (mes stations mixtes) et c'est à sa limite d'extension qu'elle subira les changements les plus importants relatifs à sa composition. C'est le même phénomène que j'ai pu constater pour mes stations « limites » ; il n'y a, du reste, qu'à rappeler mes observations relatives aux peuplements psammophiles du Hodna.

SCHMID insiste surtout sur le fait que les unités végétales, appelées traditionnellement des « associations » sont en réalité aucunement intradépendantes. Il s'agit de combinaisons d'espèces sans véritable organisation centrale, étroitement liées au paysage comme unités géographiques ou liées aux unités stratigraphiques ou géologiques (je dirais plutôt édaphiques).

Ce que SCHMID reconnaît comme unité c'est donc la « biocénose » (qui est une unité physionomique) : elle est immuable et résulte de l'action commune des facteurs écologiques, locaux et historiques. Il serait, par conséquent, impossible d'appliquer à cette unité une méthode d'investigations unilatérale, celle de la statistique des espèces, comme l'enseigne la sociologie doctrinaire : celle-ci est écologique c'est-à-dire elle étudie les actions mutuelles et le milieu habité par les végétaux.

En résumé, la biocénose ne ressemble en rien à l'association, parce qu'elle est caractérisée par les modifications continues de sa composition spécifique et parce qu'elle a une aire, souvent très différente, de celle de ses espèces composantes.

Une certaine confusion règne, enfin, parmi les phytosociologues au sujet de l'utilisation des végétaux annuels, accompagnant les espèces perennes comme unités indicatrices.

De pareils compagnons plus ou moins fidèles d'espèces perennes sont le *Diploaxis erucoides* qui était étroitement lié au *Salsola vermiculata* et l'*Aizoon Hispanicum*, très fréquemment en rapport avec les Halophytes obligatoires. D'autres, moins fidèles, accompagnent en grand nombre les formes persistantes, mais pénètrent avec facilité dans les associations voisines ; je les ai signalées pour le groupement du *Salsola vermiculata*, en 1948, et ZOHARY l'a constaté même pour les différentes alliances.

Cette instabilité doit facilement s'expliquer par leurs particularités écologiques : effectivement, en raison de leur hygrophilie plus prononcée, on les voit émigrer, par années sèches, dans les canaux

et les ravineaux où elles sont mieux abritées et où elles constitueraient, suivant les phytosociologues, leurs associations propres ; finalement, l'absence complète des pluies printanières ne permet même plus leur germination et, par conséquent, rend leur utilisation comme plantes indicatrices tout à fait aléatoire.

Pourtant, l'étude de leur écologie intéresserait au plus haut degré la culture des céréales dont la période végétative, sur les Hautes Plaines, coïncide souvent avec la leur.

Je conclus : vu l'importance foncière des facteurs édaphiques en pays aride, leur étude mériterait plus d'attention. Il s'agirait, en particulier, de connaître partout et pour toutes les espèces dominantes l'amplitude des besoins édaphiques et, pour les Halophytes, l'amplitude de leur tolérance envers les sels toxiques.

Mes sincères remerciements vont à M. DURAND, Pédologue du Service de l'Hydraulique et de la Colonisation, auquel je dois les analyses du complexe absorbant, à M. GAUTHIER, Directeur du Service Scientifique, et à M. DROUIN, qui ont facilité mes tournées au Hodna, enfin à M. FAUREL, qui a supervisé mes déterminations de plantes.

LITTÉRATURE UTILISÉE

- ARGELES. — Inventaire hydrologique du bassin fermé du Chott el Hodna. — Rapp. 1 suppl. 1950.
- BOYKO H. — On the role of plants as quantitative climate indicators and the geoeccological law. — *Jl of Ecology*, 35, 1947.
- CHAPMAN. — Biological flora of the British Isles. — *Journ. of Ecology*, 1947.
- DESPOIS J. — Un piedmont subaride : Le Hodna, Alger, 1953, 475 p.
- DUBAND. — Types de sols d'Algérie. Conf. Reun. A.F.E.S. 1952.
- GAUCHER G. — Observations hydrogéologiques de la plaine de Perrégaux, Alger, 1938.
- GAUCHER G. — Observations sur le problème géologique du sel en Algérie, *Agria*, Alger, 1939.
- GAUCHER G. — Observations sur la salure des terres et les effets des façons aratoires en Oranie Orientale. — *Ac. Agr.*, Paris, 1946.
- GAUCHER G. — Les sols salés et les sols récents ou actuels du Bas-Chélif et des Basses Plaines oranaises. — *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 225, p. 250, 1947.
- HEDIN. — Les types des prairies de l'Ouest de la France, leur Ecologie et Phytosociologie. — *V. Internat Grünland Congress.*, 1949.
- KELLEY. — Cation exchange in soils. — *U. S. Monography*, n° 109, New-York, 1948.
- KILLIAN. — Conditions édaphiques et réactions des plantes indicatrices de la région alfatière algérienne. — *Ann. Agron.*, 1938, p. 1.
- KILLIAN Ch. — La Biologie des sols argileux des environs d'Alger et la question des plantes indicatrices. — *Ann. Agr.*, 1939.
- KILLIAN. — Sols et plantes indicatrices dans les parties non irriguées des oasis de Figuig et de Beni-Ounif. — *Bulletin Société Histoire Naturelle Afrique du Nord*, 1941, t. 32, p. 30.
- KILLIAN Ch. — Observations sur la Biologie des végétaux des pâturages, mis en défense en Algérie. — *Ann. Institut Agricole d'Algérie*, t. IV, 1949.
- KILLIAN. — Observations sur la biologie d'un Halophyte saharien, *FRANKENIA PULVERULENTA*. — *Trav. Inst. Rech. Sahariennes*, VII, 1951.
- LAMBERT. — Les terrasses du Hodna. — *Trav. Inst. Rech. Sah.* VI, Alger, 1950.
- LEENHEER. — La caractérisation des profils pédologiques, son importance pratique et scientifique. — *Trav. pour l'établissement de la carte des sols et des végétaux de la Belgique*, n° 4, 1950.
- LEMEE. — Sur la valeur des groupements végétaux comme indicateurs des conditions du sol. — *Bull. Assoc. Française pour l'étude du sol*, n° 35, 1952.
- LUCHETTI et CASALINI. — Terreno, piante et aqua salse, etc. — *Revista Agricoltura della Venezia*, 1949.

- NAVALKAR B.S. and BHARUCHA F.R. — Studies in the Ecology of Mangrove VI. Exchangeable Bases of Mangrove Soils. — *Journ. University of Bombay*, vol XVIII, 1950.
- ROMELL L.G. — Luffväxlingen i Marken, an ekologisk Faktor. Meddel. From Statens Skogsforsöksanstalt Häfte, 19, 1922.
- RICHARDS L.A. — Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. — *U.S. Regional Salinity Laboratory, Riverside California*, July 1947.
- ROSEAU et GAUCHER. — La mise en valeur des terrains à texture délicate et des terrains salés. — *Ann. Inst. Agr. Algérie*, 1946.
- SAVORNIN. — Essai sur l'hydrologie du Hodna. Alger, 1908.
- SAVORNIN. — Etude géologique de la région du Hodna et du plateau sétifien. Alger, 1920.
- SCHMID E. — Vegetationsgürtel und Biocénose. Ber. Schweiz. Bot. Ges 51, 1942.
- SCHMID E. — Zur Vegetations-analyse numidischer Eichenwälder. — Ber. Geobot. Forsch. Inst. Zürich, 1949.
- SELZER P. — Le climat de l'Algérie, Alger 1946.
- DE SIGMOND. — The reclamation of alkali Soils in Hungary. — *Imp. Bur. Soil Sciences Techn. Comitee*, 23, 1932.
- ZOHARY et ORSHANSKY. — Structure and ecology of the Dead sea region of Palestine. — *Pal. Journ. Bot.* IV, 177, 1949.