

O . R . S . T . O . M .

OBSERVATIONS SUR LES SOLS STEPPIQUES DE
LA PLAINE DES TRIFFA
(MAROC ORIENTAL)

—

RAPPORT DE 2ème ANNEE

—

par B. HEUSCH

OBSERVATIONS SUR LES SOLS STEPPIQUES DE
LA PLAINE DES TRIFFA

Dans "Typologie des sols du Maroc", G.BRYSSINE écrit : les deux types de sols (sols bruns et sols châtons) paraissent étroitement associés : ils passent latéralement des uns aux autres. Nous allons tenter en particulier de mettre en évidence les facteurs, qui, dans le cas des TRIFFA, ont conduit à une différenciation.

LE MILIEU

La plaine des TRIFFA se situe à l'extrémité N.E du Maroc, en bordure de la mer Méditerranée, au pied des montagnes des Béni-Snassen (altitude maximum au Ras Fourhal 1532 m).

Les limons qui recouvrent la plaine proviennent tous des Béni-Snassen qu'une faille très importante sépare en deux parties. La partie Ouest de la montagne est surtout constituée de formations (1) (calcaires et marnes salées) dont l'érosion donne des limons (2) calcaires.

Au contraire, les roches (1) dont l'altération (3) (avant érosion) donne (2) beaucoup d'argile et peu de calcaire prédominant dans la partie Est.

Les limons alluviaux forment en plaine une série de glacis d'épandage dont la pente moyenne est comprise entre 1 et 3%. La sédimentation a été très importante au Soltanien et réduite au Rharbien ancien.

.../...

-
- (1) roche géologique d'origine
(2) roche-mère
(3) roche altérée.

Il règne dans cette plaine un climat assez original pour le Maroc, doux (température moyenne annuelle 18°) et sec (340 mm de pluie par an) dans l'ensemble.

A BERKANE, principal poste météorologique, la température minimum moyenne avoisine 5° pendant les mois de Janvier et de Février. La pluviométrie moyenne mensuelle dépasse 30 mm d'Octobre à Mai et atteint 50 mm en Janvier. Les réserves en eau du sol, calculées par la méthode Thornthwaite, atteignent un maximum de 60 mm à la fin de l'hiver. Le tableau ci-dessous, et la carte pluviométrique en annexe donnent des renseignements plus détaillés.

Données climatologiques de Berkane (T.P)

| | |
|--|-------------|
| Pluviométrie moyenne (1925-1958) | 365 mm |
| Température moyenne (1925-1956) | 18,2 degrés |
| Hygrométrie moyenne (1949-1955) | 70,9% |
| Evapotranspiration Thornthwaite annuelle | 914 mm |
| Altitude | 145 m |

- P = pluviométrie mensuelle, en mm,
- + M = température maximum mensuelle, en °C,
- m = température minimum mensuelle, en °C,
- e = degré hygrométrique mensuel probable, en % (les chiffres sont ceux d'Oujda),
- E = évapotranspiration calculée en mm.

| | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P | 17,0 | 27,0 | 24,1 | 34,8 | 86,8 | 32,2 | 61,6 | 89,4 | 24,9 | 8,4 | 1,2 | 1,4 |
| M | 30,3 | 26,3 | 22,3 | 18,3 | 17,7 | 19,0 | 20,8 | 23,0 | 25,3 | 28,9 | 32,5 | 32,8 |
| m | 17,3 | 13,3 | 9,2 | 6,3 | 5,5 | 6,0 | 7,7 | 9,9 | 11,8 | 15,9 | 18,7 | 19,2 |
| e | 72,0 | 74,1 | 72,6 | 69,3 | 77,3 | 76,0 | 73,7 | 71,7 | 69,2 | 63,5 | 66,1 | 65,7 |
| E | 113 | 75 | 52 | 26 | 23 | 27 | 42 | 58 | 77 | 118 | 153 | 150 |

.../...

Le climat, toujours de type méditerranéen, paraît avoir varié comme suit : température : maximum au Mellahien, minimum au Soltanien. Pluviométrie : maximum au Soltanien, minimum à l'Actuel. La chronologie absolue qui paraît actuellement la plus valable est la suivante :

- 70 000 ans Début du Soltanien (1)
- 45 000 ans Soltanien I - maximum pluviométrique principal (2)
- 20 000 ans Soltanien III - minimum thermique (2) (3)
- 10 000 ans Fin du Soltanien (Alleröd) (4) et début du Rharbien ancien (6)
- 6 000 ans Maximum transgressif Mellahien (5) et maximum thermique (4)
- 5 000 ans Maximum pluviométrique secondaire
- 2 500 ans Fin du Rharbien ancien (7) et début du Rharbien récent et actuel.

DESCRIPTION DES TYPES DE SOLS STEPPIQUES LES PLUS REPANDUS

a/ Partie Est de la plaine : pluviométrie moyenne annuelle 340mm description d'un profil caractéristique (N°5) ; sous une végétation dont le climax est un groupement à oléastre et à lentisque, on observe de haut en bas les horizons suivants :

-
- (1) Tricart - Géochronologie quaternaire - Revue de Géomorphologie dynamique - 9^e année - n° 11-12
 - (2) Burney - The stone^{age} of northern Africa p.165 - Pelican book - Londres 1960- 288 pages
 - (3) Sonneville Bordes & L'âge de la pierre P.U.F. p.23 et 26. Paris 1961 - 125 pages
 - (4) Dubois - Indications pollennalytiques..du flandrien français C.R.A.S.
 - (5) Gigout - Ages par radio-carbone de deux formations des environs de RABAT - C.R.A.S. T.249 (1959)
 - (6) Roche - Nouvelle datation de l'épipaléolithique marocain C.R.A.S. T. 249 (1959)
 - (7) Occupation phénicienne dans le Rharb, à Banassa.

- I 0-20 cm. * Texture apparente légère, couleur rouge-brun foncé, structure grumelleuse, quelques cailloux roulés épars dans la masse, dépôt soltanien.
- II 20-50cm. † Texture apparente lourde, couleur rouge foncé, structure prismatique, dépôt soltanien.
- III 50-110 cm. * Passage progressif à un limon rose à poches calcaires, déposé au quaternaire moyen.

Comme le confirme le tableau ci-dessous, les caractéristiques générales de ce type de sol (qui couvre environ 10 000 ha) sont donc les suivantes :

- Texture argilo-sableuse,
- Structure grumelleuse en surface à prismatique en profondeur.
- Départ presque total du calcaire, dont une partie a pu s'accumuler en profondeur.
- Répartition apparemment isohumique de la matière organique.

PROFIL 5

| Profondeur du prélèvement, en cm. | 10 | 30 | 80 | 130 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|
| Caractéristiques physiques | | | | |
| -Sable % | 28,3 | 22,0 | 17,6 | 27,4 |
| -Limon % (2-20 µ) | 19,6 | 12,2 | 10,0 | 12,7 |
| -Argile % | 49,6 | 61,0 | 41,0 | 31,6 |
| -Calcaire % | 1,3 | 3,6 | 32,1 | 26,2 |
| Caractéristiques chimiques | | | | |
| - Carbone % | 1,55 | 1,02 | 0,3 | 0,1 |
| - Azote % | 0,24 | 0,15 | 0,07 | 0,05 |
| - Sels solubles % | 0,81 | 0,78 | 0,83 | 0,62 |
| - Chlorures % | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,12 |
| - Capacité d'échange (m.e.q) | 23,9 | 27,1 | 16,5 | - |
| - Fer libre % | 0,84 | 0,84 | - | - |
| - Fer total % | 8,06 | 6,72 | - | - |

.../...

Caractéristiques hydrodynamiques

| | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|
| -Humidité équivalente % | 25,2 | 27,6 | 21,1 | 25,3 |
| -Densité apparente | 1,55 | 1,43 | " | " |

b/ Partie Ouest de la plaine : pluviométrie moyenne annuelle 310 mm ; description d'un profil caractéristique (17) ; sous une végétation dont le climax est un groupement à jubier et à Withania on observe de haut en bas les horizons suivants :

- I 0-20 cm. - Texture apparente légère, couleur brun-rouge, structure particulière, dépôt soltanien.
- II 20-40 cm. - Texture apparente franche, couleur brun-rouge, structure nuciforme peu marquée, taches calcaires à la base de l'horizon, dépôt soltanien.
- III 40-80 cm. - Texture apparente franche, couleur brun-rouge clair, structure polyédrique nombreux granules calcaires. Dépôt du quaternaire moyen. (Tensiftien probable).

Comme le confirme le tableau ci-dessous, les caractéristiques générales de ce type de sol (qui couvre environ 6 000 ha) sont donc les suivantes :

- Texture sablo-argileuse,
- Structure particulière en surface et grumelleuse en profondeur,
- Lessivage partiel du calcaire, dont une partie s'accumule progressivement en profondeur.
- Répartition apparemment isohumique de la matière organique.

PROFIL I7

| Profondeur du prélèvement | 10 | 30 | 50 | 100 |
|----------------------------|------|------|------|------|
| Caractéristiques physiques | | | | |
| -Sable % | 44,5 | 39,0 | 36,7 | 44,8 |
| -Limon % | 10,8 | 7,7 | 6,9 | 12,2 |
| -Argile % | 33,0 | 28,0 | 25,4 | 17,4 |
| -Calcaire % | 9,2 | 22,9 | 28,0 | 25,2 |

.../...

| Caractéristiques chimiques | | | | |
|----------------------------------|------|------|------|------|
| -Carbone % | 1,16 | 0,74 | 0,48 | 0,25 |
| -Azote % | 0,12 | 0,09 | 0,06 | 0,04 |
| -Sels solubles % | 1,02 | 1,82 | 2,73 | 0,86 |
| -Chlorures % | 0,48 | 0,04 | 0,94 | 0,03 |
| -Capacité d'échange (en m.e.q) | 17,3 | 15,6 | 15,2 | - |
| -Fer libre % | 0,45 | 0,84 | - | - |
| -Fer total % | 3,36 | 4,20 | - | - |
| Caractéristiques hydrodynamiques | | | | |
| -Humidité équivalente | 18,7 | - | 21,9 | - |
| -Densité apparente | 1,49 | - | 1,51 | - |

c/ Partie Est de la plaine : pluviométrie moyenne annuelle 360 mm ; description d'un profil caractéristique (130). On observe de haut en bas les horizons suivants :

- I 0-20 cm. - Texture apparente franche, couleur jaune-brun, structure fondue légèrement grumeleuse, dépôt du Rharbien récent et de l'Actuel.
- II 20-130 cm. - Texture apparente lourde, couleur rose-brun structure polyédrique à nuciforme. L'horizon est plus foncé à sa partie supérieure, plus rouge en sa partie médiane, plus sableuse en sa partie inférieure. Dépôt du Rharbien ancien.
- III 130-170 cm. - Horizon semblable à l'horizon I du profil décrit en (a) sauf pour le carbone, l'azote et les sels solubles.
- IV 170-190 cm. - Horizon semblable à l'horizon II du profil décrit en (a) sauf pour le carbone, l'azote et les sels solubles. Dépôt soltanien.

Comme le confirme le tableau ci-dessous, les caractéristiques générales de ce type de sol (qui couvre environ 1500ha),

.../...

sont donc les suivantes (1) :

- Age récent (Post-Soltanien), extension faible,
- Texture sablo-limoneuse,
- Structure grumeleuse en surface à polyédrique en profondeur,
- Aucun départ de calcaire, faible taux d'argile,
- Répartition isohumique de la matière organique.

PROFIL I30

| Profondeur du prélèvement | 10 | 40 | 110 | 150 | 180 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|
| Caractéristiques physiques | | | | | |
| -Sable % | 23,0 | 18,6 | 53,6 | 60,6 | 38,3 |
| -Limon % | 35,2 | 29,7 | 21,0 | 19,3 | 20,5 |
| -Argile % | 32,1 | 42,9 | 18,9 | 20,6 | 41,6 |
| -Calcaire % | 9,3 | 7,3 | 6,1 | 0 | 0 |
| Caractéristiques chimiques | | | | | |
| -Carbone % | 1,49 | 1,11 | 0,79 | 0,48 | 0,32 |
| -Azote % | 0,15 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,05 |
| -Sels solubles % | 0,80 | 0,70 | 0,77 | 0,69 | 0,70 |
| -Chlorures % | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,09 | 0,12 |
| -Capacité d'échange (en m.e.q) | 37,5 | 34,7 | - | - | - |
| -Fer libre % | 0,56 | 0,84 | - | - | - |
| -Fer total % | 6,38 | 5,38 | - | - | - |
| Caractéristiques hydrodynamiques | | | | | |
| -Humidité équivalente % | 25,7 | 27,8 | 19,4 | 19,5 | 21,9 |
| -Densité apparente | 1,27 | 1,48 | - | - | - |

COMMENTAIRE -

De façon à réduire l'erreur due à l'échantillonnage, tous les chiffres cités ci-dessous, sauf contre indications, résultent

.../...

(1) L'homologue, dans la partie Ouest de la plaine du type (C) est un sol minéral brut alluvial, non steppique, déposé au Rharbien et qui couvre de très faibles surfaces.

de moyennes (1) portant sur plusieurs profils analogues, 10 dans le cas du sol (a), 12 dans le cas du sol (b), 9 dans le cas du sol (c), les chiffres I, II, III réfèrent aux horizons des profils décrits ci-dessus. Les commentaires s'appliquent d'ailleurs très fréquemment aux profils caractéristiques analysés plus haut.

A - Caractéristiques physiques -

1 - M o r p h o l o g i e

? | Dans l'ensemble des cas, la pédogénèse a fait disparaître la stratification des nappes alluvionnaires.

On observe toujours en surface, une structure grumeleuse plus ou moins marquée suivant le type de sol. En profondeur, cette structure est nuciforme lorsque le milieu est riche en calcaire, elle tend à devenir prismatique à mesure que le taux de calcaire diminue.

Sur le terrain, l'appréciation directe de la texture donne toujours l'impression que l'horizon de surface est le plus sableux, ce qui est d'ailleurs confirmé par les observations de M. BRYSSINE et de M. CHEVRON-VILLETTE.

2 - C o u l e u r

se manifeste L'ensemble des profils étudiés montre une tendance à être coloré en brun en surface. En profondeur, une coloration rouge s'exteriorise, particulièrement lorsque le dépôt est d'âge soltanien, et que la teneur en calcaire est faible.

(1) Moyennes dont les différences sont statistiquement significatives.-

3 - Composition granulométrique (fraction non calcaire)

On relève les chiffres suivants :

| Horizon | I | II | III |
|---------|------|------|------|
| Sol (a) | | | |
| Sable | 35,7 | 31,9 | 31,2 |
| Limon | 22,4 | 23,8 | 15,2 |
| Argile | 41,2 | 42,2 | 53,6 |
| Sol (b) | | | |
| Sable | 44,9 | 43,0 | 41,7 |
| Limon | 21,8 | 22,2 | 16,6 |
| Argile | 32,9 | 34,8 | 41,7 |
| Sol (c) | | | |
| Sable | 41,9 | 39,8 | - |
| Limon | 35,1 | 31,0 | - |
| Argile | 21,8 | 30,3 | - |

L'étude des dépôts soltaniens montre de très nettes différences en ce qui concerne le taux d'argile, aussi bien en surface qu'en profondeur, entre les sols (a) et (b). Cette argilogénèse n'est pas sous la dépendance de la pluviométrie, car les sols du même âge, de la plaine contiguë du Zebra, sous un climat plus sec, sont cependant fréquemment plus argileux.

Plus qu'à des nuances climatiques, il faut attribuer ces différences aux origines lithologiques des roches-mères des sols. En effet, le matériel lithologique des Béni-Snassen, dont l'érosion a donné naissance à ces limons, présente des faciès très différents en ce qui concerne les parties Est et Ouest, différences conformes à ce que l'examen des sols de la plaine laisse prévoir.

Les sols (a) et (c), dont les roches-mères proviennent de la même zone d'érosion montrent de très nettes différences, en particulier en ce qui concerne les taux de limon et d'argile.

Les sols (c) recouvrent fréquemment des paléo-sols enterrés du type (a), et c'est en particulier le cas du profil 130. A chaque fois, le paléo-sol est plus argileux que le sol qui le recouvre; il n'est donc pas possible d'expliquer ces différences de composition par un tri granulométrique à la sédimentation.

La teneur en limon décroît et la teneur en argile croît à mesure que l'âge du sol augmente, ce qui paraît explicable par une altération progressive du limon dans le sol en place.

La teneur en sable des sols (a) et (c) est différente, ce qui peut s'expliquer, soit par une altération progressive des sables, après sédimentation, soit par l'action de paléo-climats différents avant ou après la sédimentation.

Il est remarquable d'observer qu'il n'y a aucune corrélation entre la texture apparente des divers horizons de chacun des profils, et leur composition granulométrique. L'examen des teneurs en sels solubles et en calcaire permet d'éliminer l'hypothèse d'argiles plus ou moins dispersés. (Même si tout le calcaire est sous forme très fine, la différence entre I et II est trop faible dans le cas du sol (a) pour expliquer cette différence de texture apparente). Il est possible d'émettre l'hypothèse de l'existence d'argiles minéralogiquement différentes formées sous des paléo-climats différents. Il est aussi possible de penser que la texture apparente est causée par une microstructure liée à l'orientation des pellicules argileuses autour des micro-agrégats, cette orientation étant sous la dépendance du régime hydrique, donc du climat, présent ou passé. L'observation de sols enterrés laisse à penser que la structure prismatique de

.../...

l'horizon II du sol (a) a été acquise dès le Soltanien, période de beaucoup plus humide en hiver que l'époque actuelle.

4 - M i c r o - s t r u c t u r e

L'analyse granulométrique de l'horizon de surface, sans aucun traitement chimique préalable, donne les résultats suivants :

| Type de sol | Nombre d'échantillons | Répartition des agrégats en mm. | | | |
|-------------|-----------------------|---------------------------------|-------------|---------------|-------------------|
| | | 2 0,2 | 0,2 0,02 | 0,02 0,002 | moins de 0,002 |
| (a) | 11 | 21,3 | 53,8 | 18,4 | 6,1 |
| (b) | 6 | 12,9 | 63,5 | 20,7 | 2,3 |

Statistiquement les fréquences maxima sont toutes dans la même colonne - agrégats de 0,2 à 0,02 mm - mais les dispersions sont très différentes. Les sols que l'observation sur le terrain montre comme étant les moins sensibles à l'érosion, et les plus aptes à être irrigués ont des courbes de distribution très "aplaties".

5 - B i l a n - h y d r i q u e

La mesure des caractéristiques hydrodynamiques du sol permet de dresser le tableau suivant :

| | Sol (a) | | Sol (b) | | Sol (c) | |
|---|---------|------|---------|------|---------|------|
| Profondeur en cm | 10 | 50 | 10 | 50 | 10 | 50 |
| Densité apparente | 1,50 | 1,42 | 1,44 | 1,46 | 1,45 | 1,59 |
| Humidité équivalente % | 26,2 | 27,3 | 19,0 | 22,4 | 19,2 | 25,9 |
| -Pluviométrie annuelle en mm | 340 | | 310 | | 360 | |
| -Réserves en eaux du sol, à la fin de l'hiver en mm | 60 | | 50 | | 70 | |
| -Profondeur de sol amené à rétention en cm | 34 | | 37 | | 46 | |

Les réserves en eau du sol ont été calculées par la méthode Thornthwaite, et la tranche de terre amenée à capacité de rétention par cette réserve, par la formule $h = 10.H/0,45.C.D$ (1).

Il est remarquable d'observer que le sol qui reçoit le moins d'eau n'est pas celui qui est le moins profondément mouillé. Par ailleurs l'estimation du degré relatif d'évolution du sol par l'observation directe du profil, conduit à un classement inverse pour les sols (a) et (c) de celui que la pluviométrie laisse prévoir. Ce qui pourrait s'expliquer par des âges différents.

B - Caractéristiques chimiques

1 - Sels solubles

L'analyse donne les résultats suivants, en %, à mettre en parallèle avec la pluviométrie actuelle.

| Horizon | I | II | III | Pluviométrie |
|---------|------|------|------|--------------|
| Sol (a) | 0,73 | 0,81 | 1,96 | 340 mm |
| Sol (b) | 0,82 | 0,91 | 1,29 | 310 mm |
| Sol (c) | 0,59 | 0,54 | | 360 mm |

La teneur moyenne en sels est visiblement sous la dépendance étroite de la pluviométrie. Une partie de ces sels s'accumule à la base du profil, comme le montre les chiffres, mais la remontée brutale de la salure de la nappe phréatique, à la
.../...

- (1) C = humidité équivalente à la capacité de rétention (1 atm.)
D = densité apparente,
H = hauteur d'eau en mm ; h = tranche de terre amenée à rétention, en cm.
CD = coefficient de rétention ; pF.D = coefficient de flétrissement

Les études du CENTRE DE RECHERCHE de l'OFFICE NATIONAL DES IRRIGATIONS ont montré qu'on pouvait estimer l'humidité au point de flétrissement (pF) égale à 0,55% de celle de C. La formule de ROLLEY (Irrigations - Ed. BAILLIERE 1953, page 125) : $h = 10 H / (C.D - pF.D)$ peut donc être simplifiée.

suite à l'irrigation de ces sols, laisse à penser que la majeure partie du salant se trouve à plusieurs mètres de profondeur.

Compte tenu des possibilités actuelles de remontée biologique, on peut estimer que cette percolation du sel est sous la dépendance du climat actuel.

La pluviométrie du sol (b) a peut être été surestimée, ce qui expliquerait le désaccord entre les chiffres de ce paragraphe et du précédent.

2 - Calcaire

L'analyse donne les résultats suivants en %.-

| | :Pluviométrie | Horizon | I | II | III |
|---------|---------------|---------|------|------|------|
| Sol (a) | 340 mm | | 1 | 2,5 | 44,7 |
| Sol (b) | 310 mm | | 12,9 | 17,3 | 43,7 |
| Sol (c) | 360 mm | | 5,3 | 4,6 | - |

Il n'y a pas de corrélation entre le degré d'entraînement du calcaire et la pluviométrie actuelle. Dans la partie la plus humide de la plaine, on peut observer une accumulation calcaire en surface (sol (c)). Cette accumulation n'est pas due à une remontée capillaire, car elle n'existe pas pour les sels solubles mais à un apport terreux plus ou moins permanent depuis le Soltanien, dont la teneur en calcaire croît progressivement à mesure que le climat devient plus sec.

Il n'y a pas de corrélation étroite entre l'origine des sols et la teneur en calcaire. Les sols (a) et (c) d'âge différent sont sur des limons provenant du même bassin versant, donc de même roche géologique d'origine. Ils ont pourtant des compositions différentes. Ceci ne peut s'expliquer que par l'action de climats différents, le climat actuel étant le moins décalcifiant.

.../...

Les taches calcaires que l'on observe à la base de certains profils du type (a) et (b) et qui ne correspondent pas obligatoirement à un enrichissement particulier en calcaire, suggèrent l'existence d'une certaine hydromorphie hivernale en profondeur, au Soltanien.

Enfin, la composition des dépôts (Horizon III) du Quaternaire moyen des sols (a) et (b) montre de très nettes similitudes : très faible taux de limon, très forte teneur en calcaire. Bien que la composition des roches-mères ait été différente, l'action vigoureuse des paléo-climats amiérien et tensiftien a uniformisé la composition des dépôts (paléosols zonaux).

3 - Matière organique et azote

On observe que le taux de carbone organique croît proportionnellement au logarithme (1) décimale de la pluviométrie annuelle ($C = K \log.P$), K étant de l'ordre de 0,5 comme le montre le tableau suivant :

| Type de sol | (a) | (b) | (c) |
|--|------|------|------|
| % de carbone de l'horizon de surface (C) | 1,35 | 1,09 | 1,40 |
| Pluviométrie moyenne, en mm (P) | 340 | 310 | 360 |
| K | 0,54 | 0,44 | 0,55 |

L'observation montre que le taux de matière organique est en relation avec le pédo-climat actuel ; toute variation se répercutant dans un délai de 1 à 2 ans, sur le taux de carbone comme le montre les tableaux suivants :

A - Variations du taux de carbone en surface, dans les sols
(a)

.../...

(1) Ce résultat est en accord avec les travaux de Jenny (Factors of soil formation, Mac Graw Hill Book Co 1941-et A study on the influence of climate upon the nitrogen and organic matter content of the soil-Missouri Agr.Exp.St. Bull.152-Nov.1930).

A - Variations du taux de carbone en surface, dans les sols
(a)

| Mode d'exploitation | Teneur en carbone | Nombre d'échantillons analysés |
|---|-------------------|--------------------------------|
| Matorral steppique (végétation primitive) | 2,96 | 4 |
| Culture sèche | 0,93 | 7 |
| Culture irriguée (1)-(2) | 2,82 | 11 |

B - Variations du taux de carbone en surface, dans les sols
(b)

| Mode d'exploitation | Teneur en carbone | Nombre d'échantillons analysés |
|------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Pâturage en sec | 1,09 | 12 |
| Cultures irriguées (1) | 1,72 | 6 |

Le terme de steppe pour désigner la végétation climatique est à éviter ; en effet, ^{on observe} d'une part des arbustes dont les racines puissantes utilisent l'eau qui s'infiltré en profondeur en saison froide, lorsque le développement végétatif est inhibé (température minimum moyenne mensuelle inférieure à 6°), et d'autre part une végétation steppique proprement dite, qui utilise immédiatement l'eau qui tombe au cours de la saison chaude.

Il en résulte une répartition régulière de racines jusqu'à une grande profondeur, descente facilitée par l'absence d'engorge-
.../...

(1) Peu d'apports de fumier.

(2) Chevron-Villette avait déjà été frappé par la richesse en carbone de ce sol, lorsqu'il était irrigué (sol chatain humifère de Madarh)

ment hydrique et de phénomènes d'anaerobiose, et par conséquent une matière organique régulièrement répartie dans le profil, ce que confirme le tableau suivant :

| Horizon | | I | II | III |
|----------------|---------|------|------|------|
| <u>Sol (a)</u> | Carbone | 1,35 | 0,77 | 0,16 |
| | Azote | 0,16 | 0,07 | 0,02 |
| <u>Sol (b)</u> | Carbone | 1,09 | 0,76 | 0,44 |
| | Azote | 0,13 | 0,08 | 0,07 |
| <u>Sol (c)</u> | Carbone | 1,40 | 0,80 | - |

On remarque que la teneur en azote est en relation avec la teneur en carbone et la profondeur.

4 - Fer -

Les quelques analyses effectuées (voir les profils 5, 17 et 130) montrent nettement qu'il n'y a aucune relation entre la teneur en fer libre ou total, et la couleur.

Nous avons vu que le climat actuel ne paraît pas capable de mettre en mouvement le calcaire, à priori le fer, qui exige un milieu acide pour s'individualiser sous forme d'hydroxyde ferrique rouge;

Par contre les théories pédologiques (Reifenberg, Lossaint) s'appliquent remarquablement bien au climat soltanien. En particulier la coloration rouge des sols (a) est explicable par le fait que ce sont les seuls à n'être que très peu calcaire. Il faut estimer que la couleur rouge des autres sols est essentiellement d'origine lithochrome : rubéfaction au cours de l'altération en montagne, antérieure donc aux processus de sédimentation et de pédogénèse.

5 - Capacité d'échange

Le tableau ci-après comparé les résultats de l'analyse de l'horizon de surface à celui des rendements d'une culture de haricots secs, pratiqué en irrigué.

.../...

| Sol | Nombre d'échantillons | Capacité d'échange en meq/100 g | Nombre de relevés | Rendements en qx/ha |
|-----|-----------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------|
| (b) | 18 | 16,8 | 6 | 8 |
| (a) | 11 | 26,0 | 10 | 15,5 |

Cette analyse permet donc une très intéressante prévision de fertilité des sols que l'on se propose d'irriguer, avant toute expérimentation.

Rappelons que les sols étant saturés, la somme des bases échangeables est sensiblement égale à la capacité d'échange.

FACTEURS DE LA PEDOGENESE

Les principaux facteurs de formations des sols étudiés peuvent être classés dans l'ordre d'importance décroissante suivant :

- Le paléo-climat soltanien (1) : durée, efficacité.
- Le paléo-climat rharbien.
- La nature de la roche géologique d'origine.
- Le climat actuel : répartition de la matière organique et des sols solubles.

Le jeu combiné de ces facteurs suffit à expliquer les différences observées dans la cartographie de ces sols.

L'importance donnée aux paléo-climats est évidemment dû au fait que la pluviométrie est allée constamment en diminuant dans le temps avec d'obligatoires répercussions sur les énergies climatiques d'altération et les possibilités de lessivage.

Il n'a pas été possible de mettre en évidence le rôle joué par le facteur topographie, et par le facteur : nature du mode d'alluvionnement.

.../...

(1) Les paléo-climats plus anciens n'ont agi que sur la partie profonde, plus ou moins momifiée des sols.

PROCESSUS PEDOGENETIQUES -

Les principaux processus ayant conduit à la formation des sols décrits ci-dessus peuvent être résumés comme suit :

1°/ Processus sous la dépendance du climat actuel :

- Uniformisation des strates alluvionnaires.
- Acquisition d'une structure grumeleuse et d'une texture apparente limoneuse par orientation des pellicules argileuses autour des micro-agrégats.
- Répartition et composition typique de la matière organique.
- Brunification de surface.
- Entraînement et répartition des sels solubles.

2°/ Processus passés (soltaniens) ayant agi en plus des processus actuels :

- en_gorgement temporaire hivernal conduisant en particulier à :
 - L'acquisition d'une structure polyédrique si le matériel est calcaire, et prismatique, si le matériel est peu calcaire.
 - La décomposition des éléments altérables de la fraction limoneuse non calcaire.
 - La mise en mouvement du calcaire avec formation éventuelle de taches calcaires à la base du profil si le milieu est mal drainé.
 - La mise en mouvement du fer en milieu réducteur, et enrobement des particules par précipitations d'hydroxydes ferriques lorsque le milieu devient acide et oxydant au cours de l'été.

Les sols (a) et (b) sont donc indiscutablement polyphasés.

.../...

CLASSIFICATION GENETIQUE ET JUSTIFICATION DES APPELLATIONS

Dans une optique statique, cherchant à classer les sols d'après leurs principales caractéristiques telles qu'elles apparaissent actuellement, et compte tenu de la morphologie et de l'analyse des profils, on peut proposer la terminologie suivante :

- Sous-classe des sols steppiques isohumiques à complexe saturé (matière organique provenant du système radiculaire, très évoluée, bien répartie et décroissant progressivement en profondeur).
- Groupe des sols de climat méditerranéen - Sous-groupe des sols polyphasés.
- Sol (a) : Sol châtain évolué du Soltanien,
- Sol (b) : Sol brun évolué du Soltanien,
 - Sous-groupe des sols monophasés
- Sol (c) : Sol brun peu évolué du Rharbien.

Dans une optique dynamique, où l'on ne tient compte que des éléments susceptibles de faire évoluer actuellement les profils considérés, (sels solubles et matière organique), on peut proposer la terminologie suivante :

- Sous-classe des sols steppiques isohumiques à complexe saturé.
- Groupe des sols méditerranéens - Sous-groupe des sols marrons
- Sol (a) : sol marron évolué sur limon châtain évolué,
- Sol (b) : sol marron peu évolué sur limon brun évolué,
- Sol (c) : Sol marron évolué sur limon brun peu évolué.

Remarques : la datation soigneuse des sédiments par les méthodes géologiques usuelles (1) nous a permis de juger assez facilement de l'actualité de divers phénomènes.

(1) Voir A. PUJOS. Présentation de la carte des sols du Rharb S.S.N.P.M. N° 13/1960

pédogénétiques et de proposer par conséquent une terminologie adéquate dans le cadre d'une classification dynamique des sols. Sur le plan des appellations pratiques, lorsqu'on se propose de bouleverser l'évolution actuelle des sols par de nouvelles techniques de mise en valeur, l'intérêt d'une telle classification en fonction d'une évolution future inconnue reste à préciser.

CONCLUSION

De ce qui précède, on peut retenir les constatations suivantes

- 1°) Lorsque les dépôts sont de même âge, les différences d'évolution des sols ont pour origine une composition différente des limons sur lesquels ils se développent. Cette différence est due à la nature des roches-mères des bassins versants dont sont issus ces limons: c'est le cas des sols bruns et châtaîns soltaniens étudiés.
- 2°) Lorsque les dépôts sont d'âges différents, et issus des mêmes roches, les différences d'évolution des sols ont pour origine des paléo-climats différents. Ces pédo-climats différents conduisent à des altérations de la roche géologique d'origine, un triage granulométrique au cours du transport et une évolution des roches-mères (limons) postérieurement au dépôt, très différents.
- 3°) Il est important d'étudier l'âge des limons et la composition des roches dont ils sont issus.
- 4°) J. Boulaine écrit : les sols d'un périmètre d'irrigation reçoivent une quantité d'eau supérieure à celle qui a présidé à leur formation. Ils sont donc menacés :
 - d'une dégradation physique,
 - d'une dégradation chimique.

Dans la mesure où une étude soignée peut mettre en évidence l'origine paléo-pédologique des sols considérés liés à l'existence de paléo-climats humides, ces risques sont évidemment fortement réduits.

.../...

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- Grillot G. et
Bryssine G. - Etude préliminaire des sols et des aptitudes agricoles du périmètre irrigable des Triffa. C.R.A./Rabat.- 1946
50 pages - 1 carte au 1/100 000è
- De Chevron -
Villette A. - Note sur les sols des Triffa (dact.)
1956 ORSTOM- 25 pages- 1 carte au 1/
100 000è
- Gaucher G. - Premières observations sur la plaine
des Triffa (dact.) 1945.S.M.P. 69 pages
- Heusch B. - Etude agropédologique de la plaine des
Triffa (ronéo) 1962. SOGETIM-195 pages-
5 cartes au 1/20 000è
- Drësçh J. - Les changements de climat et les mou-
vements du sol en Afrique du Nord.
L'information géographique 1960. p.107
- Gèze B. - La notion d'âge du sol. Annales agro-
nomiques.1959 N° 3, p. 237 à 255.
- Boulaine J. - Fruits et primeurs de l'Afrique du
Nord. 1952-n° 233-234 - Esquisse d'une
agronomie des périmètres irrigables,
p.57 à 61.

O . R . S . T . O . M .

OBSERVATIONS SUR LES SOLS STEPPIQUES DE
LA PLAINE DES TRIFFA
(MAROC ORIENTAL)

RAPPORT DE 2ème ANNEE

par B. HEUSCH

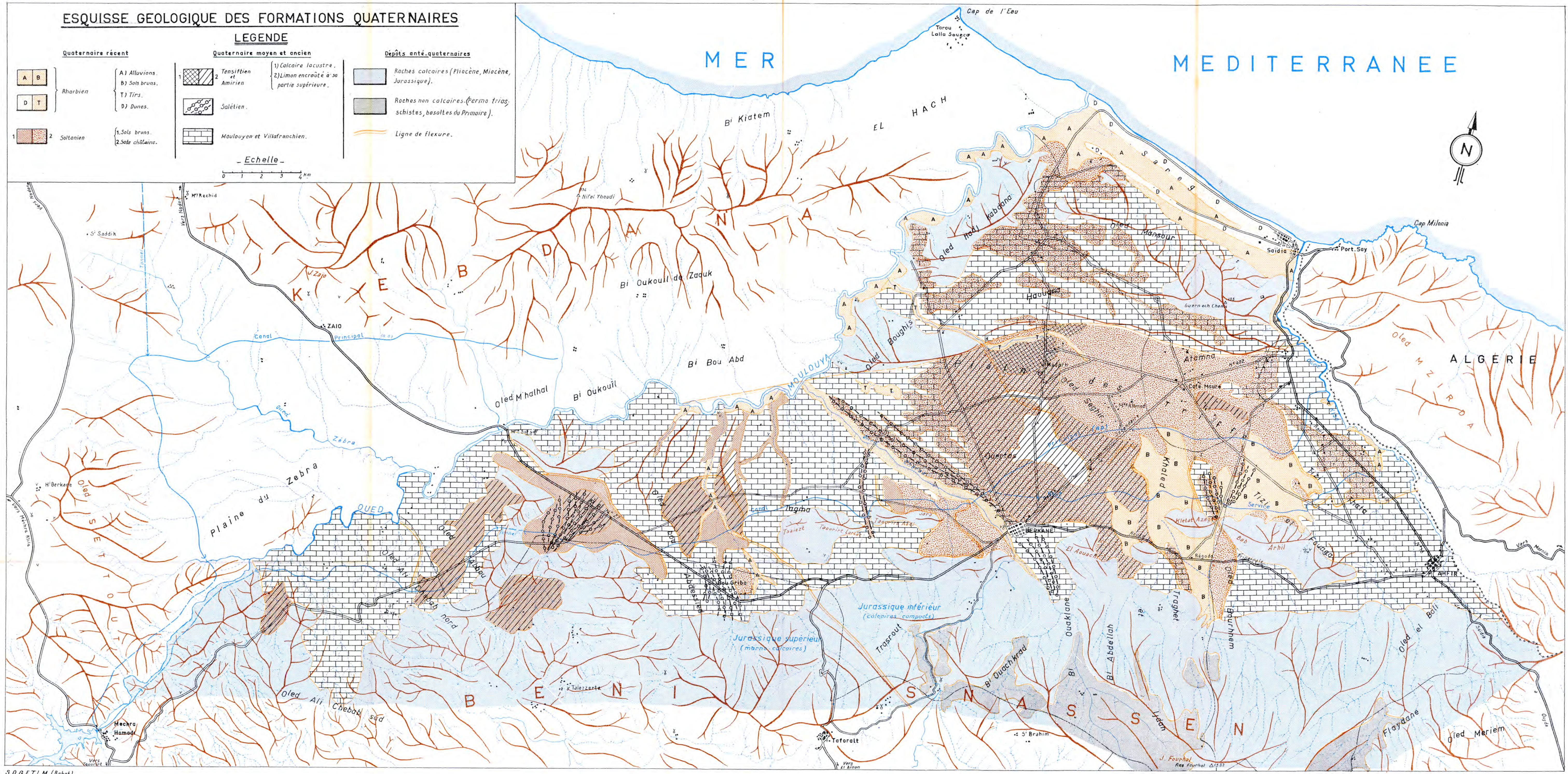
A N N E X E

ESQUISSE GEOLOGIQUE DES FORMATIONS QUATERNAIRES

LEGENDE

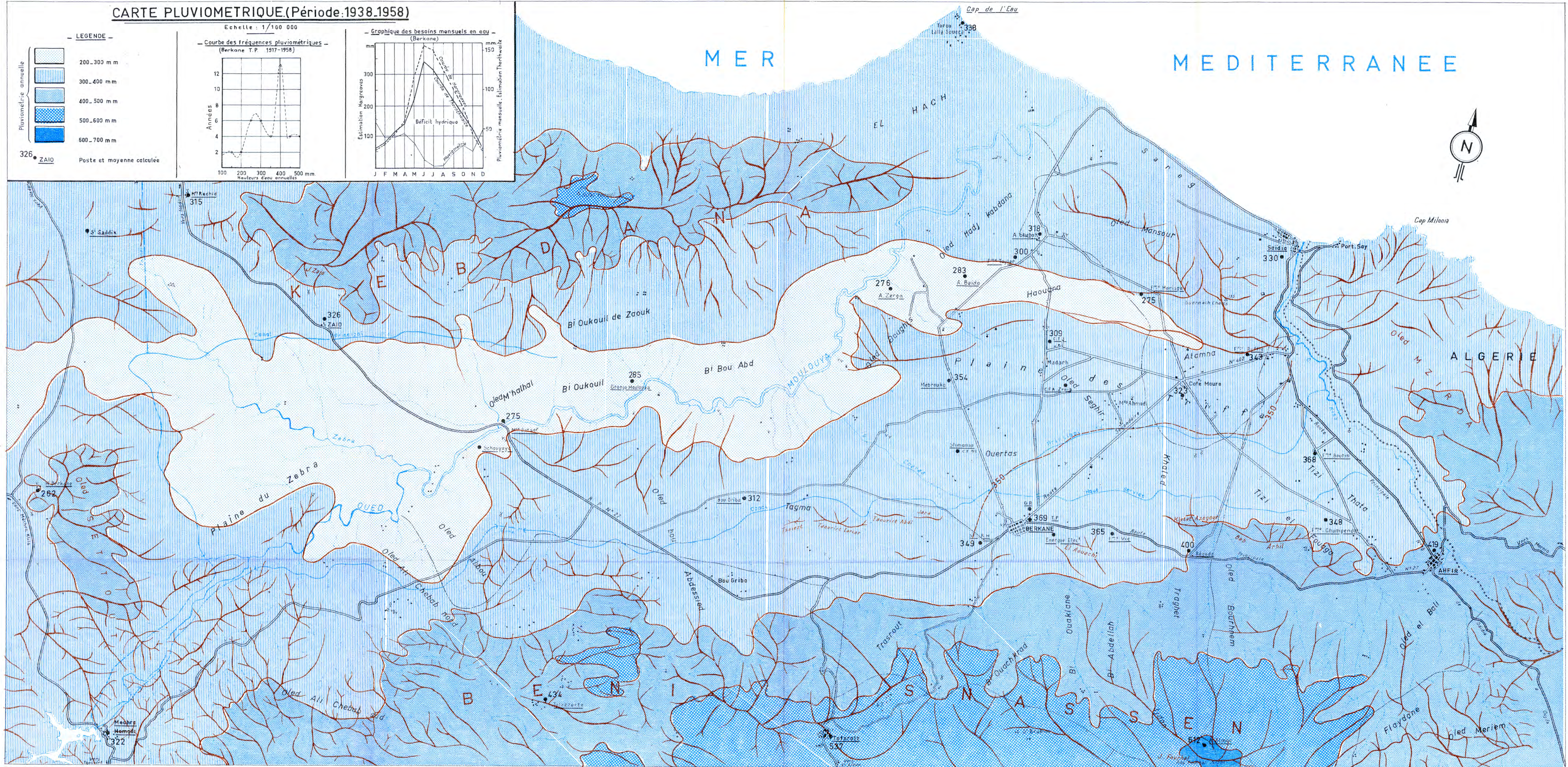
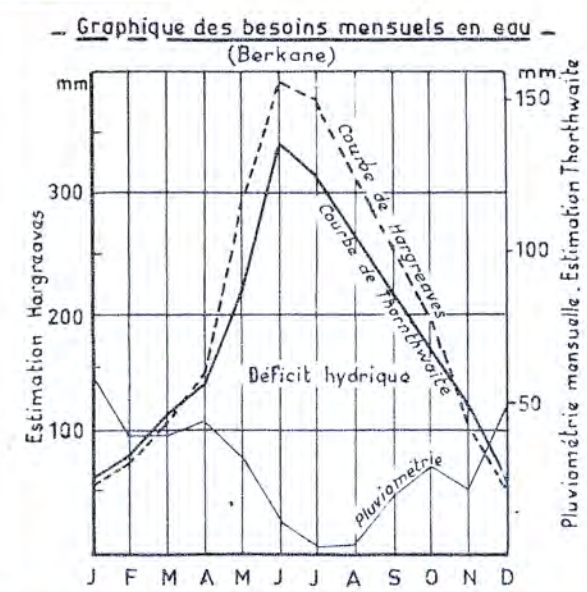
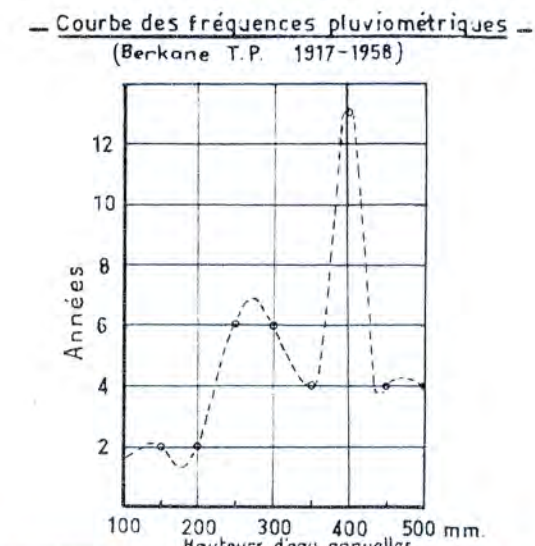
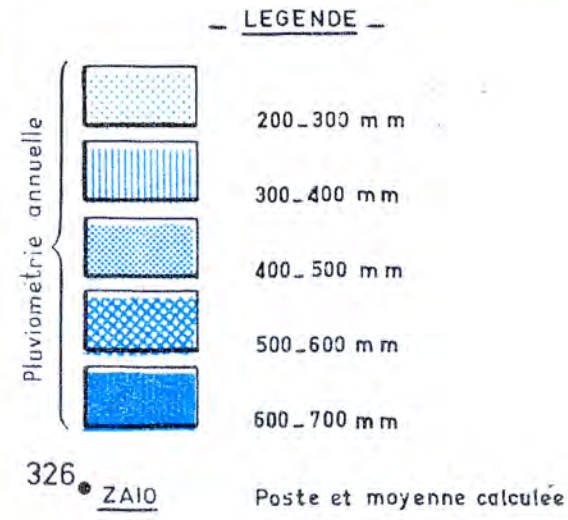
| Quaternaire récent | | Quaternaire moyen et ancien | | Dépôts anté-quaternaires | |
|--------------------|-------------------|-----------------------------|---|--------------------------|---|
| | A) Alluvions. | | 1) Tensiftien et Amirien. | | Roches calcaires (Pliocène, Miocène, Jurassique). |
| | B) Sols bruns. | | 2) Limon encroûté à sa partie supérieure. | | Roches non calcaires (Permien trias, schistes, basaltes du Primaire). |
| | T) Tirs. | | Salétien. | | Ligne de flexure. |
| | D) Dunes. | | Moulouyen et Villafranchien. | | |
| | 1) Sols bruns. | | | | |
| | 2) Sols châtains. | | | | |

- Echelle -
0 1 2 3 4 Km



CARTE PLUVIOMETRIQUE (Période: 1938-1958)

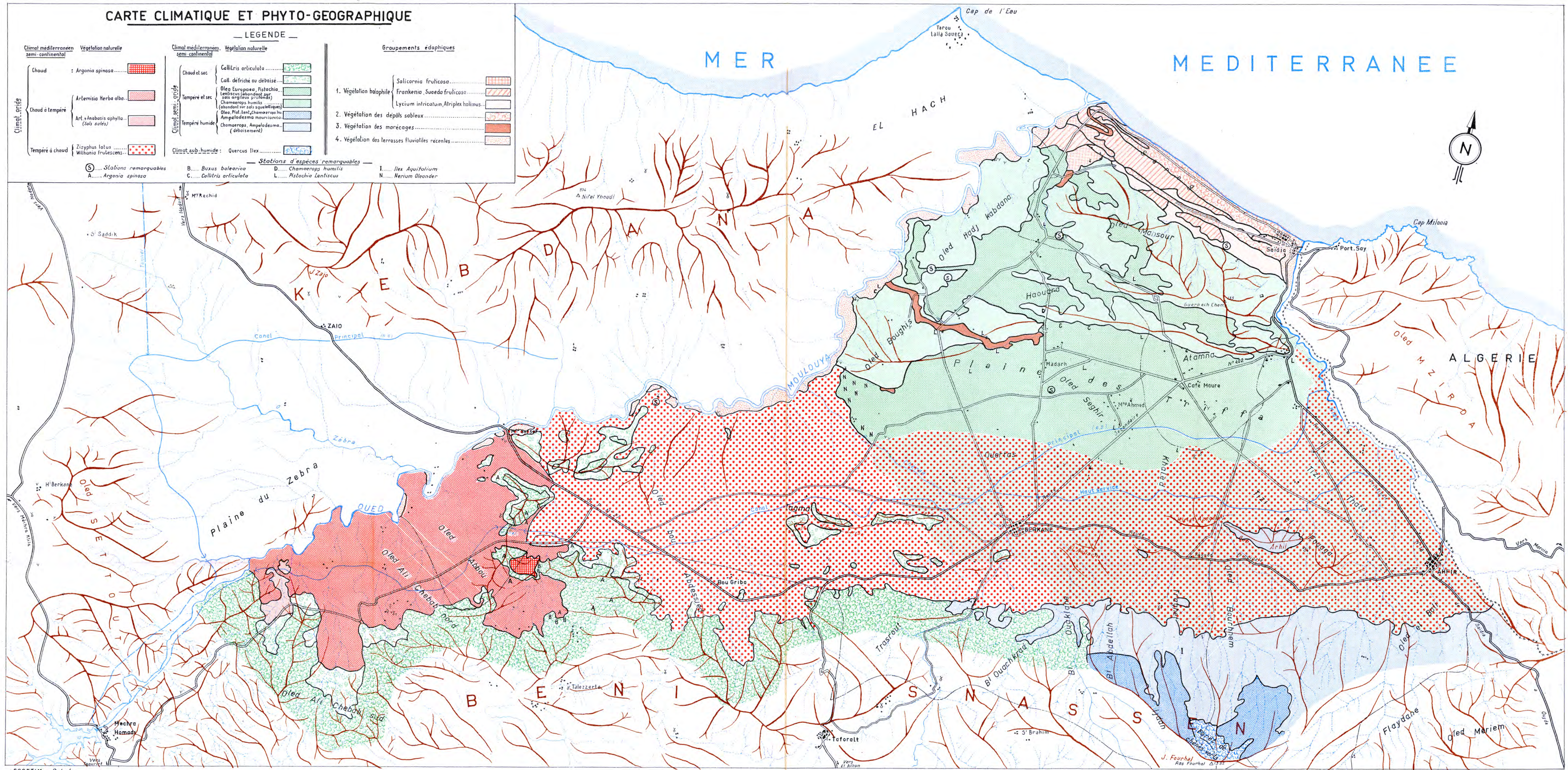
Echelle : 1/100 000



CARTE CLIMATIQUE ET PHYTO-GEOGRAPHIQUE

— LEGENDE —

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|--|------------------------|---------------------------------------|--|--|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Climat méditerranéen semi-continental | | Végétation naturelle | | Climat méditerranéen semi-continental | | Végétation naturelle | | Groupements édaphiques | |
| Climat aride | Chaud | Argania spinosa | [Red grid pattern] | Chaud et sec | Callitris articulata | [Green grid pattern] | 1. Végétation halophile | Salicornia frutescens | [Red diagonal lines] |
| | Chaud à tempéré | Artemisia Herba alba | [Red horizontal lines] | Tempéré et sec | Calli. défriché ou déboisé | [Green diagonal lines] | 2. Végétation des dépôts sableux | Frankenia, Sueda frutescens | [Red vertical lines] |
| | Tempéré à chaud | Zizyphus latifolia Wilthania frutescens | [Red vertical lines] | Tempéré humide | Olea Europaea, Pistachia, Lentiscus (abondant sur sols argileux profonds), Chamaerops humilis (abondant sur sols squelettiques), Olea, Pist. Lent., Chamaerops hu., Ampelodesma mauritanica, Chamaerops, Ampelodesma (déboisement) | [Green horizontal lines] | 3. Végétation des marécages | Lycium intricatum, Atriplex halimus | [Red horizontal lines] |
| Stations remarquables | | Stations d'espèces remarquables | | Climat sub-humide | | 4. Végétation des terrasses fluviales récentes | | [Red wavy lines] | |
| S | Stations remarquables | A | Argania spinosa | B | Buxus balearica | C | Callitris articulata | D | Chamaerops humilis |
| | | | | L | Pistachia Lentiscus | I | Ilex Aquifolium | N | Nerium Oleander |



— ECHELLE: 1/100.000 —