

50377
1984
204

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
DE LILLE

U.E.R DE GÉOGRAPHIE ET D'AMENAGEMENT
SPATIAL

+50377
1984
204

THESE

DE DOCTORAT DE 3^{eme} CYCLE

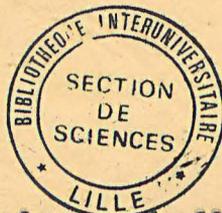
Option: Géographie Physique

Aptitudes et contraintes
du milieu physique sur l'amé-
nagement des plaines de Triffa

(MAROC DU NORD-EST)

Essai de synthèse

Présentée par: M'Hammed DAHMANI



Membres du JURY : M. 1^{er} Professeur J. SOMME, Président
M. 1^{er} Professeur R. LHENAFF, Rapporteur
M. 1^{er} Professeur P. GUEREMY, Examineur

SCD LILLE 1



D 030 301297 0

juin 1984

50377
1984
204

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES 50377
DE LILLE ^D 1984
U.E.R DE GÉOGRAPHIE ET D'AMÉNAGEMENT 204
SPATIAL

THESE

DE DOCTORAT DE 3^{eme} CYCLE

Option: Géographie Physique

**Aptitudes et contraintes
du milieu physique sur l'amé-
nagement des plaines de Triffa**

(MAROC DU NORD-EST)

Essai de synthèse

Présentée par: M'Hammed DAHMANI



Membres du JURY : M. le Professeur J. SOMME, Président
M. le Professeur R. LHENAFF, Rapporteur
M. le Professeur P. GUEREMY, Examineur

Juin 1984

REMERCIEMENTS

Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué à l'U.E.R. de Géographie et d'Aménagement Spatial de l'Université des Sciences et Techniques de Lille I.

Je tiens à exprimer ma grande reconnaissance à Monsieur le Professeur J. SOMMÉ, pour l'accueil qu'il m'a réservé dans son U.E.R. et pour l'honneur qu'il me fait de présider le Jury de cette thèse.

Que Monsieur le Professeur R. LHÉNAFF, mon Maître, trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance et gratitude, pour ses précieux conseils et critiques formulés au cours de 3 années d'études et d'amitié. Je lui en sais gré.

Je remercie Monsieur BARFÉTY, Directeur du C.R.O.U.S., Monsieur VANHECHE et toutes les personnes du service d'accueil des Etudiants Etrangers, où chacun s'ingénie à vous rendre le séjour plus agréable en France.

Que Madame DEVLESSCHAUWER qui a eu la lourde charge de dactylographier ce document soit remerciée et assurée de ma gratitude.

T A B L E D E S M A T I E R E S

REMERCIEMENTS	2
INTRODUCTION GÉNÉRALE	10

<u>1ÈRE PARTIE : APPROCHE GÉOMORPHOLOGIQUE DU PIÉMONT NORD DES BÉNI-SNASSEN (RÉGION D'AHFIR-AÏN RÉGADA)</u>	14
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<u>INTRODUCTION : PRINCIPAUX TRAITS DU RELIEF</u>	14
---------------------------------------------------	----

I - <u>PRESENTATION GEOLOGIQUE</u>	17
------------------------------------	----

A - CRITERES DE DATATION DU JURASSIQUE	17
----------------------------------------	----

1) Le Domérien inférieur	17
--------------------------	----

2) Le Domérien supérieur	18
--------------------------	----

3) Le Toarcien	18
----------------	----

4) L'Aalénien	19
---------------	----

B - <u>LA STRUCTURE</u>	20
-------------------------	----

1) La partie culminante de la montagne	20
----------------------------------------	----

2) La retombée nord du massif	23
-------------------------------	----

3) Tectonique	26
---------------	----

a) <i>les mouvements tectoniques anté-vindoboniens</i>	27
--------------------------------------------------------	----

b) <i>les déformations néo-tectoniques</i>	27
--------------------------------------------	----

<u>CONCLUSION</u>	29
-------------------	----

II - <u>ESSAI SUR L'EVOLUTION GEOMORPHOLOGIQUE DU PIEMONT</u>	30
A - DU FLANC MONTAGNEUX A LA PLAINE	30
B - PRESENTATION REGIONALE	32
1) La région d'AHFIR	32
a) <i>la vallée de l'oued Chaaba au sud d'Ahfir</i>	32
b) <i>la zone de confluence des oueds Chaaba et Sidi Azouz</i>	33
c) <i>le plateau d'Ahfir</i>	36
2) La région d'AGHBAL	39
a) <i>la retombée calcaro-dolimitique du massif</i>	39
b) <i>les rebords des versants</i>	43
c) <i>la confluence des oueds Atchane et Bouhfeir</i>	45
3) La région de REGADA	49
a) <i>le secteur sud : la retombée de la montagne</i>	50
b) <i>le secteur nord d'Aïn Rēgada : les buttes du Jurassique supérieur</i>	52
4) Génèse des croûtes	54
 <u>CONCLUSION</u>	 58

<u>2ÈME PARTIE : CONTRAINTES CLIMATIQUES DU CLIMAT MILIEU</u>	62
<u>INTRODUCTION : STATIONS ET DONNEES METEOROLOGIQUES DE LA BASSE-MOULOUYA</u>	62
<u>I - UNE PLUVIOMETRIE IRREGULIERE DANS LE TEMPS COMME DANS L'ESPACE</u>	64
1) Une irrégularité dans le temps	64
2) Une irrégularité pluviométrique dans l'espace	65
3) Durée et intensité des pluies	66
<u>II - LES TEMPERATURES SONT BEAUCOUP PLUS CONSTANTES QUE LES PRECIPITATIONS</u>	74
1) Les températures maximales en été	75
2) Les températures minimales en hiver	76
3) Les vents	80
<u>III - COMBINAISON DES PRECIPITATIONS ET TEMPERATURES A PARTIR DES INDICES CLIMATIQUES</u>	80
1) Classification de F. JOLY	81
2) L'indice climatique DE MARTONNE	81
3) Le quotient pluviométrique d'EMBERGER	82
4) Application de la formule de GAUSSEN modifiée par PUJOS	83
<u>CONCLUSION</u>	85

<u>3ÈME PARTIE : ESSAI SUR L'HYDROLOGIE DES TRIFFA ET DU FLANC DES</u>	125
<u>BÉNI-SNASSEN ; ÉVOLUTIONS ET CONSÉQUENCES</u>	
<u>INTRODUCTION</u>	125
<u>I - LA NAPPE PROFONDE DES BENI-SNASSEN</u>	127
A - CARACTERES HYDROGEOLOGIQUES	128
B - APPORTS ET EXUTOIRES DE LA NAPPE	129
<u>II - LA NAPPE PHREATIQUE DES TRIFFA : EVOLUTION DU BILAN</u>	131
<u>HYDROLOGIQUE ET SITUATION ACTUELLE</u>	
A - CARACTERES MORPHOSTRUCTURAUX ET HYDROLOGIQUES	134
1) Le centre de la plaine	134
2) La ride des Oulads Mansour	136
3) La bordure Est de la plaine	138
4) La plaine littorale de Saïdia	139
B - ALIMENTATION DE LA NAPPE DES TRIFFA	144
1) Percolation des eaux de pluie sur la plaine	144
2) Alimentation de la nappe par les eaux de ruissellement superficiel en provenance du flanc Nord des Béni-Snassen.	147
3) Alimentation latérale à partir de la nappe du Lias	148
4) Infiltration des eaux d'irrigation	149
C - EMERGENCES ET PRELEVEMENTS A PARTIR DE LA NAPPE	150
1) Prélèvement par pompage	150
2) Exutoires et émergences naturels	151
3) Evaporation des eaux de la nappe	151

III - <u>CARACTERES CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES</u>	152
1) La nappe du Lias	152
2) La nappe phréatique des Triffa	153
3) Les eaux de plaine côtière	154
<u>CONCLUSION</u>	159

4ÈME PARTIE : ESSAI SUR L'ÉVOLUTION PÉDOLOGIQUE DES TRIFFA 164
ET PIÉMONT NORD DES BÉNI-SNASSEN

INTRODUCTION 164

I - LES PRINCIPAUX CARACTÈRES DES SOLS DU BASSIN ET PIÉMONT 165

A - L'ACCUMULATION CALCAIRE : FORMES ET DISTRIBUTION 165
 DANS LE SOL

1) L'accumulation diffuse 165

2) Accumulation discontinue 166

a) *les amas friables* 166

b) *les nodules* 166

3) L'accumulation continue 167

a) *la pellicule rubannée* 167

b) *la dalle calcaire* 167

c) *la croûte calcaire* 168

4) Un encroûtement 168

a) *L'encroûtement massif* 168

b) *L'encroûtement nodulaire* 168

B - LA RUBÉFACTION 170

C - LA STEPPISATION : Répartition de la matière organique 173
 dans les sols

1) Développement du profil organique dans les sols 174
 du flanc montagneux

2) Développement du profil organique dans les sols 175
 des Triffa

CONCLUSION GÉNÉRALE	211
TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX	219
BIBLIOGRAPHIE	225

II - <u>LES SOLS PROFONDS ; SUPERIEURS A 60 CM</u>	177
A - LES SOLS CHATAINS STEPPIQUES SUBTROPICAUX NON CALCAIRES EN SURFACE, A TACHES OU TACHES ET GRANULES, PARFOIS NODULES CALCAIRES	177
B - LES SOLS BRUNS STEPPIQUES SUBTROPICAUX	181
1) Les sols bruns steppiques subtropicaux, peu calcaires en surface	181
2) Les sols bruns profonds calcaires dès la surface	185
C - LES SOLS STEPPIQUES SUBTROPICAUX JEUNES AVEC PEU OU PAS DE TACHES CALCAIRES ET SOLS PEU EVOLUES D'APPORTS, PARFOIS SALES ET ALCALISES	189
1) Les sols bruns jeunes sur sol tirsifié	189
2) Les sols steppiques subtropicaux jeunes et peu évolués d'apports	189
D - LES VERTISOLS ET PARAVERTISOLS ("Tirs et sol tirsifié") hydromorphe	193
E - LES SOLS HALOMORPHES OU SOLS A ALCALIS	196
III - <u>LES SOLS PEU PROFONDS</u>	198
A - LES SOLS PEU PROFONDS SUR CROUTE ET ENCROUTEMENT	198
a) <i>les sols sur encrouûtement</i>	198
b) <i>les sols sur croûte tendre peu épaisse</i>	199
c) <i>les sols sur croûte dure et épaisse avec dalle épaisse en surface</i>	199
B - CARACTERES DES SOLS PEU PROFONDS	199
<u>CONCLUSION</u>	208

INTRODUCTION

La zone située à l'extrême Nord-Est du Maroc, en bordure de la frontière Maroco-Algérienne fait partie de l'étroite frange du Maroc Oriental. C'est une région de plaines et de montagnes, regroupées sous le nom de "Basse-Moulouya" du nom de l'oued principal qui la divise en deux parties :

- sur la rive gauche, s'étendent le massif de Kbdawa au Nord et la plaine de Zebra au Sud ;
- sur la rive droite, les plaines de Triffa forment une large dépression synclinale, étroitement ouverte sur la Méditerranée au Nord avec 14 km de côte. Elle s'élargit vers le Sud jusqu'au piémont Nord des Béni-Snassen. Les Triffa sont limitées à l'Est par l'oued Kiss jusqu'à son embouchure dans la mer, à proximité de la ville de Saïdia.

Bien isolées des zones semi-sahariennes du Maroc Oriental, au Sud des Béni-Snassen, les Triffa se rattachent solidement aux autres plaines telliennes du Maghreb méditerranéen telles que l'Oranie, les plaines des Mittidja et d'Annaba en Algérie ainsi que les plaines côtières de la Basse-Méjerda en Tunisie.

Mis à part le flanc Nord des Béni-Snassen et son piémont, les Triffa apparaissent à nos yeux comme une unité géographique homogène. Mais en réalité cette homogénéité n'est qu'illusoire. Nous allons constater que ce qui caractérise ce milieu, c'est plutôt la diversité de ses composantes ; or plus il existe des contrastes, plus il existe des relations interspécifiques.

Ainsi, l'hétérogénéité des Triffa est liée aux variations lithologiques et la morphologie des massifs dont provient la sédimentation qui comble les plaines. Le cordon des Oulad-Mansour allongé parallèlement à la côte méditerranéenne limite l'influence maritime et contribue aux modifications climatiques. Au Sud, les plaines se rattachent au massif montagneux des Béni-Snassen par un piémont ondulé et une topographie irrégulière surtout dans sa partie Ouest, conséquences d'un double jeu de la tectonique et de l'érosion différentielle.

Tous ces facteurs ont fait des Triffa un milieu assez riche mais non sans problèmes ; ce qui a attiré l'attention de l'homme depuis le début du siècle en vue de faire de cette région un périmètre agricole florissant. Peut-on donc atteindre cet objectif sans considérer les problèmes initiaux posés par le milieu afin de les résoudre, ou du moins éviter leurs complications ? Il serait à notre sens impossible de discuter d'un aménagement savant, celui qui dissocie l'exploitation d'un milieu et l'assurance de sa protection. D'autant plus de combattre et limiter les méfaits qui apparaissent avec sa mise en valeur.

Les plaines des Triffa connaissent actuellement une situation particulière. Soumises à leurs propres conditions naturellement sévères, elles voient leurs problèmes se multiplier sous l'influence de l'homme qui ne cesse de faire preuve de complicité. Restons-nous indifférents à l'égard de l'une des meilleures régions agricoles du pays où la détérioration des sols prend une grande ampleur, renforcée par une remontée des eaux phréatiques salées particulièrement fâcheuse ?

Je n'ai certes pas l'ambition de résoudre des difficiles problèmes, non plus les moyens, mais plutôt le souci d'aider à les situer le plus convenablement possible, aux côtés des chercheurs spécialistes et plus compétents que moi dans leur domaine. En l'occurrence combien, parmi eux ont insisté sur une vision globale de cette région en tant qu'un ensemble de composantes inséparables où l'identification des interrelations serait nécessaire. C'est ce que tente de faire un jeune géographe dont les horizons sont encore limités.

1ÈRE PARTIE

APPROCHE GÉOMORPHOLOGIQUE DU PIÉMONT NORD DES BÉNI-SNASSEN (RÉGION D'AHFIR - AÏN RÉGADA)

INTRODUCTION : PRINCIPAUX TRAITES DU RELIEF

Constituant l'axe générateur de toute la basse-Moulouya, le massif des Béni-Snassen s'étend sur 60km depuis le col du Guerbouz à l'Est jusqu'à la gorge de l'oued Moulouya à l'Ouest. Sensiblement orienté E.N.E., W.S.W, il domine ainsi au Nord la partie méridionale de la dépression régulière des Triffa par l'intermédiaire d'un piémont étroit ; il isole en outre ce dernier des vastes replats des Angad qui prolongent au Sud les hauts plateaux du Maroc oriental et du couloir de Taourit à l'Ouest.

La ligne de crête du massif culmine au centre (Ras Foughal, 1537) et perd progressivement de l'altitude vers l'Est pour atteindre 600m au col du Gerbouz. Le massif se prolonge ensuite dans un ensemble de collines et plateaux par une ondulation plus ou moins régulière qui bute ensuite contre le flanc Ouest du massif des Msirda en Algérie, disposé dissymétriquement aux Béni-Snassen. L'altitude s'abaisse également vers l'Ouest pour atteindre 400m avant la retombée en abrupt sur l'oued Moulouya.

La chaîne se présente au Nord sous la forme d'un flanc d'anticlinal à structure apparemment monoclinale qui subdivise en deux grands ensembles structuraux, une faille orientée N.W.-S.E. et passant au Nord de Berkane.

La partie située à l'Est de cette faille constitue le coeur du massif ainsi que son relief le plus énergétique : l'altitude s'échelonne de 600 à 1500m. Elle est bien entaillée de vallées étroites et

profondes, façonnées par les oueds descendant du massif. Le contact du versant montagneux avec la partie Sud de la plaine se fait par une ceinture de piémont large de 5 à 6km, marquant ainsi le passage de l'ensemble structural des Béni-Snassen à une plaine d'accumulation mio-pliocène et quaternaire. Ce piémont est représenté au Sud d'Ahfir à proximité de la frontière algérienne, par un ensemble de collines allongées généralement Est-West telles que Labzazil - Lemnasra - Irharmouen. Ces collines sont découpées par les oueds à leur sortie du massif.

A l'Est, l'oued Sidi-Azzouz isole à l'amont l'unité du Jorf-Lahmar, sur sa rive droite, de celles d'Oulad-Abdesslem au Sud et Zaouat-Sidi Sliman à l'West, sur sa rive gauche, avant de rejoindre sa confluence avec Cheaba-Lamkalka à 2km au Sud d'Ahfir.

Au Sud-West d'Ahfir, deux reliefs énergiques, le jebel Afrass et le jebel Tassirart, allongés S.N. retombent en abrupt de part et d'autre de l'oued Charef qui entaille une vallée étroite tout au long de son parcours. Cette vallée s'élargit à son débouché dans la plaine avant de confluer avec l'oued Bouhfier ; celui-ci s'écoule dans une gorge depuis son amont séparant le Tassirart de l'unité d'Ichouenne. Son affluent vers l'Est, l'oued Nachef concentre les eaux de plusieurs ravins du même massif, avant de s'encaisser au Sud de Tizi-Laffaga.

Dans la région de Régada, le relief est plus régulier sauf à son extrémité Ouest où il change complètement d'aspect. Il s'agit d'un véritable dôme haché de failles, ce qui lui a donné des caractères spécifiques. Mais à part ce secteur, le piémont montre une grande homogénéité ; le contact avec la plaine se fait par un ensemble de collines orientées N.E.-S.W. avec une altitude variant de 300 à 600m. Elles sont isolées les unes des autres par des vallons creusés par des cours d'eaux épisodiques descendant du massif. Les principaux oueds Bou-zit et Adar Ouis reviennent à l'amont l'unité de Taghjirt - El - Hofra et s'encaissent à

proximité de Boualaïn Thata. Avant de confluer avec l'oued Bouzit, entre les buttes d'Azegour et Boughanem, l'Adar Ouis draine entre Rhar Marouan et la butte de Tarcha (388), tous les ravins issus de la zone faillée, avant de déboucher sur la plaine par un large cône de déjection.

A l'Ouest de la butte des Oulad Slimane (426, 419m), le piémont se prolonge par un ensemble de collines alignées suivant deux axes Nord-Sud. Leur altitude s'abaisse progressivement suivant ces deux axes ainsi que d'Est en West. La topographie devient régulière au Sud de Berkane où l'oued Béni-Ouaklan a édifié un ample cône de déjection après avoir forcé en gorge le jebel Bélaïne à l'West, et l'unité des Béni-Ouaklan à l'Est. C'est dans cette région de Berkane que la retombée des monts des Béni-Snassen montre un relief vigoureux qui retombe en pente très raide sous le cône de déjection édifié par l'oued Béni-Ouaklan et son confluent Zegzel au Sud de Berkane.

Le passage de la montagne à la plaine s'organise en trois niveaux topographiques distincts tout au long de la région d'Est en West :

- La retombée du flanc Nord des Béni-Snassen avec un ensemble d'unités structurales de plus en plus énergétiques vers l'Ouest, variant de 500 à 1000m d'altitude. Ces unités sont profondément entaillées par les oueds qui ont une orientation orthoclinale.
- Le piémont formé généralement de collines allongées en une ceinture de contact entre le relief structural de la montagne et la plaine sédimentaire, depuis la frontière Algéro-Marocaine jusqu'à Berkane.
- Le piémont assez ondulé s'ennoie progressivement au Nord sous la plaine à topographie régulière, sauf dans la région de Régada où surgissent des buttes structurales (Draa, Si-Mimoun), ce qui brise la monotonie du plan de la plaine.

I - PRESENTATION GEOLOGIQUE

La basse-Moulouya correspond par son étendue à une zone de contact entre deux systèmes structuraux fortement distincts l'un de l'autre. Au Nord West s'allonge l'unité structurale moyen-Atlantique plissée au Tertiaire. Elle se prolonge au Nord après interruption, par le massif des Béni-Snassen dont le plissement est daté de l'oligocène. Au Nord West, le domaine rifain fortement tectonisé se prolonge vers l'Est par plusieurs unités auxquelles la chaîne de Kébdana pourrait être attribuée, et constitue l'axe montagneux le plus puissant sur la rive gauche de la basse-Moulouya.

L'histoire géologique, et la nature structurale très variée ont entraîné une diversité remarquable de part et d'autre de l'oued Moulouya. Ce dernier a également contribué de près au façonnement du modelé et à l'hydrogéologie de la région, principalement sur sa rive droite qui la domine plus. C'est donc à partir de ces caractéristiques contrastées que la basse-Moulouya a tiré son caractère hybride.

A - CRITERES DE DATATION DU JURASSIQUE

1) Le Domérien inférieur

Par absence de données paléontologiques, la datation du Domérien inférieur a été faite par analogie avec des formations semblables ayant livré des faunes à Amalteus Margaritatus, au jebel Hamra au Sud d'Oujda par L. GENTIL (1908). Hugues FAURE (1950), a observé dans un banc gréseux inséré dans une formation entre les oueds Ighzer et Moudeljou (x : 790,3 y : 480,25), des Rhynchonelles parmi lesquelles R.P. CHARLES a déterminé les espèces domériennes Rhynchonella Subconcica, qui selon R. ROLLIER se placent dans le Domérien supérieur. Les faunes trouvées dans les calcaires en dalles qui font suite en concordance à la série

calcéro-dolimitique sont attribués au Domérien supérieur. L. MONITION (1956) les a rattachées avec précaution aussi au même âge.

2) Le Domérien supérieur

Les bancs calcaires qui font succession au calcaire dolimitique, sont des calcaires magnésiens à silex, renfermant sporadiquement des ammonites ; ce qui correspond au calcaire en dalles de L. GENTIL (1908). Dans ces niveaux au col du Guerbouz (x 484,4 y 806,75), E. STRETTA (1949) a observé des Paltopleuroceras, ce qui lui a permis d'attribuer cette série au Domérien supérieur. L. GENTIL a trouvé dans la même formation de l'oued Trasrouth (x 474 y : 776,25) un gisement important d'Emaciaticeras ce qui a permis à G. COLO de les attribuer au Domérien supérieur par analogie avec des données paléontologiques identiques découvertes dans le Haut-Atlas (DUBAR, 1952).

3) Le Toarcien

Les bancs calcaires du Domérien supérieur sont recouverts par une série de marnes et marno-calcaires alternants. Cette formation est la plus riche en fossiles, en comparaison avec toutes celles des Béné-Snassen. Ainsi, plusieurs gisements ont été découverts par les géologues. Le gisement le plus ancien a été découvert par L. GENTIL (1908), à Tazarine (x 480 y 779) ; les déterminations ont été faites par G. COLO (d'après MONITION, 1962). Un peu plus tard, H. FAURE (1950) a trouvé un autre gisement à Dar Ahmed Ben Ali (x 481 - y 785,6) qui a été déterminé par J. SORNAY. Le gisement de Tazarine a donné les espèces suivantes de la base au sommet.

Gisement de Tazarine :

- Marno-calcaire vert à : Hilloceras sublevisoni Fuc., Mercaticeras mercatis Hauer et Harpoceras subplatanus Oppel.

- Marno-calcaire jaune-rouge à : Hildoceras sublevisoni Fuc. et Harpoceras subplatanatus Opperl.
- Marno-calcaire jaune à : Hildoceras sublevisoni Fuc., Hildoceras sublevisoni Var., Hildoceras caterini Merla.
- Marne verte à : Mercaticeras., Mercati Hauer., M. Tyrrhënicum Fuc., Hildoceras sublevisoni Fuc., Atractites sp., Phylloceras sp., Nautilus sp.
- Marne vert-gris à : Hildoceras semipolatum Buckm., Hildoceras sp., Denckmannia erbaensis Hauer, Denckmannia sp., Lillia planulata Menegh., Brodiceras clausum Merla.

4) L'Aalënien

Le passage du calcaire domërien supérieur aux marnes et marno-calcaires toarciens n'est pas toujours un critère caractéristique qui les différencie. Alors que le changement de faciès est presque nul observé entre le Toarcien et l'Aalënien qui fait suite. Les formations sont presque identiques ; c'est ce qui conduit les géologues d'utiliser les termes d'Aalëno-Toarcien pour les formations de base et d'Aalëno-Bajocien pour la partie supérieure de la série.

Ces formations de marnes et marno-calcaires apparaissent sur tout le piémont Nord des Béni-Snassen. Ainsi à Aïn-Régada, H. FAURE (1952) a trouvé dans la même formation une Rhynchonelle d'affinité aalëno-bajocienne. Quant à MONITION (1962), il a observé des Cadomites Braikenridji d'Orb, forme du Bajocien moyen.

B - LA STRUCTURE

1) La partie culminante de la montagne : Fig 1 et 2

Les Béni-Snassen présentent dans leur partie centrale une boutonnière de terrains primaires dont l'affleurement est constitué principalement de schistes ; ceux-ci montrent deux faciès lithologiquement différents, mais qui se superposent en concordance. La partie la plus basse est constituée par des séries puissantes des schistes à intercalations de bancs de quartzites dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à 1m. Ils prennent des couleurs différentes, blanche, brune ou rose selon leur faciès. Le niveau le plus haut présente un faciès argileux à prédominance d'ardoises intercalées de bancs de quartzites noirâtres.

Cette formation primaire couvre une grande zone de la partie élevée du massif si on exclue les points culminants : Ras Foughal, Jebel Bouzabel et Jebel Rhermaouen au Sud de Berkane, qui sont coiffés par les calcaires du Lias (voir croquis géologique). La série schisteuse apparaît le long des fonds des vallées entaillées à l'amont par les principaux oueds : Bouhfeir, Krellad, oued Bni-Ouartas, oued Zegzel (L. MONITION, 1957). Bien que les schistes primaires paraissent généralisés sur tout le flanc Nord des Béni-Snassen, si on se base sur leur continuité le long des vallées d'amont, on note que les coupes levées sur le piémont n'en montrent aucun affleurement sauf dans la zone de Hassi-Zerga sévèrement affectée par la tectonique qui sera décrite par la suite.

Fortement soulevés, les terrains primaires ont été simultanément attaqués par l'érosion et aplanis très largement. Le relief ne témoigne d'une certaine résistance que par quelques pointes héritées, ennoyées à la base par la série du Permo-Trias. La coupe relevée par L. MONITION (1962) sur jebel Bou-Hammed (Fig 3) x 478 - y 788 montre que le Permo-Trias se superpose immédiatement aux schistes primaires et présente quatre niveaux : la base a un faciès conglomératique de plusieurs mètres

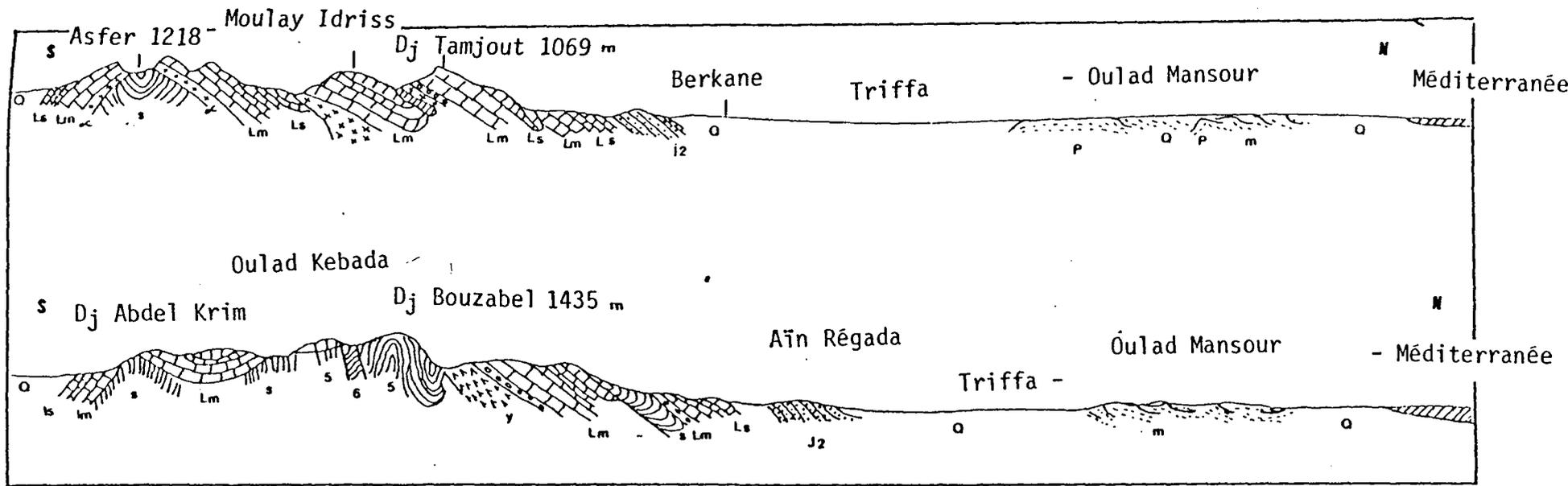


Fig 1 : COUPES GEOLOGIQUES A TRAVERS LES BENI-SNASSEN
(D'APRES L. GENTIL, 1908)

- y : Granites primaires, 6 filons de Kersantite et Porphyrite
- s : Situlien ; ∞ : volcans antéliasiques
- Ls : Lias supérieur ; Lm, Lias moyen
- Js : Jurassique supérieur ; J₃ séquanien ; J₂ callovien et oxfordien
- mp : Conglomérats posthelvétiques ; m : miocène moyen
- Q : QUATERNAIRE

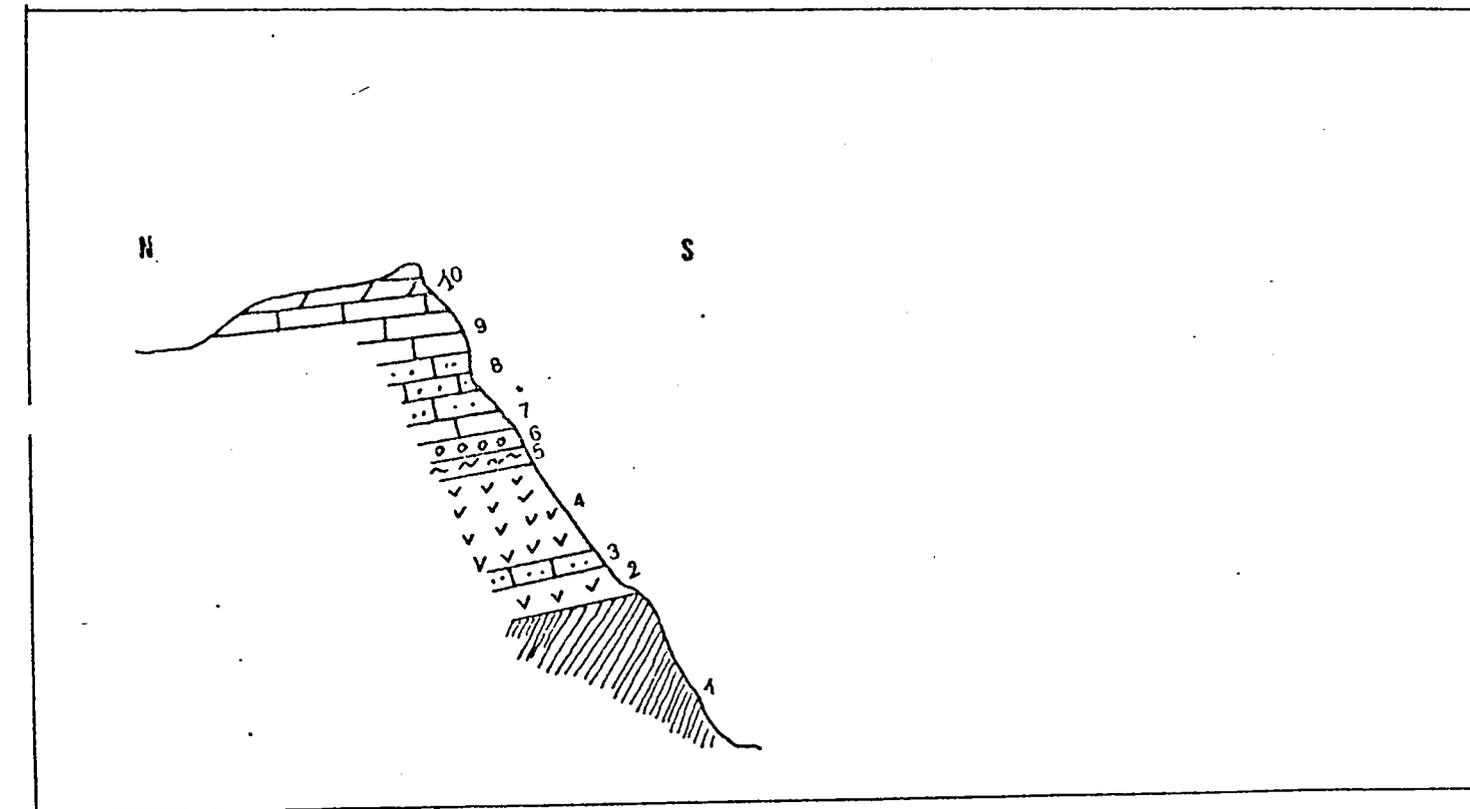


Fig 2 : COUPE SCHEMATIQUE DE RAS-FOUGHAL
(D'APRES MONITION, 1962)

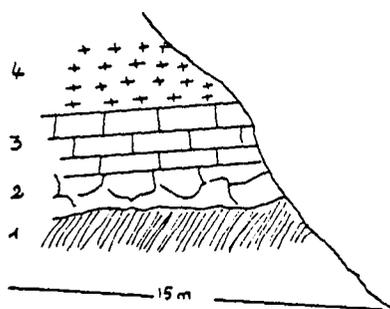
Primaire : 1, schistes (visien). Permo-Trias : 2, argile rouge ;
3, basaltes, 4, calcaire magnésien ; 5, basaltes. Lias : 6, cal-
caire dolimitique ; 7, calcaire ; 8, calcaire dolimitique ;
9, calcaire 10, conglomérats de base.

tronqué ensuite par une première coulée de basalte, sur laquelle reposent des calcaires et dolomies, ces derniers sont dallés par une deuxième coulée basaltique dont l'épaisseur est moins importante que la première. La série du Permo-Trias se termine par une couche d'argile. Ces niveaux affleurent particulièrement dans la toute la zone traversée par l'oued Bouhfier à l'amont, au sommet de Sidi Ahmed Ben Tahar et couvre une bonne partie de jebel Rhermaouene (voir croquis géologique), la région de Idsarouine ainsi qu'à Hassi-Zerga (Fig 4). Il convient de rappeler que l'attribution de cette série au Permo-Trias a été faite sans datation précise. L. MONITION (1956), parle du "Permo-Trias auctrum" à la suite d'une étude pétrographique dans laquelle il conclue que les minéraux argileux Chlorite - Illite - Hydromicats et Vermiculite ne permettent pas de trancher définitivement sur les conditions sédimentologiques de ces formations ; par contre les différents termes de la série semblent traduire un caractère marin profond.

2) La retombée Nord du massif

Elle correspond au contact de la montagne avec la plaine, qui se fait d'abord par la retombée des couches de dolomie et du calcaire en bancs du Domérien avec un pondage moyen vers le Nord. Le niveau le plus bas constituant le front du piémont présente des marnes et marno-calcaires du Toarcien et Aalénien. Ces formations s'ensuivent sous l'accumulation Plio-Quaternaire dans la région d'Ahfir et qui sera détaillée dans ce qui suit :

Les crêtes alignées E W qui isolent le bassin d'Aïn Régada au Sud du reste de la plaine des Triffa, présentent les formations les plus récentes du Jurassique. La série débute dans le Draâ Si Mimoun par les marno-calcaires toarciens et se poursuit par une série épaisse de grès roux à joints argileux, s'intercalant avec des marno-calcaires et grès datés du Lusitanien. L'ensemble est dominé par une puissante dalle calcaire oolitique du Kimmeridgien de 25 à 30m d'épaisseur qui se dresse en abrupt au



Contact du Primaire et Permo-Trias (Djebel Bou-Hammed)

x 789 - y 44,7

1, Schistes et quartzites - 2, calcaire bréchoïde - 3, calcaire -
4, basaltes et dolorites.

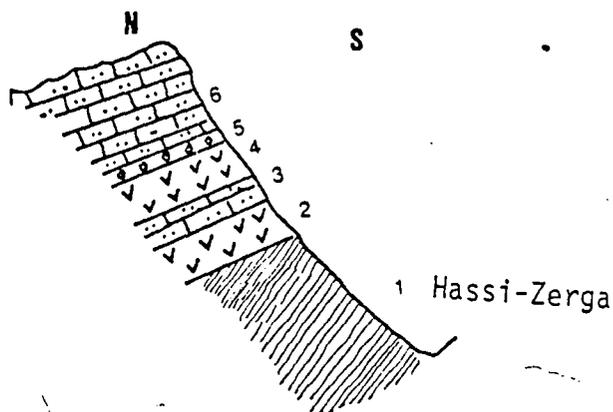


Fig 4 : COUPE GEOLOGIQUE DE HASSI-ZERGA x 788 - y 482,6
(D'APRES H. FAURE, 1952 ET L. MONITION, 1962)

1, schistes primaires ; 2, la coulée basaltique (30m) ; 3, calcaire magnésien (6m) ; 4, 2e coulée basaltique (30m) ; 5, conglomérats très ferrugineux de la base du Lias (3m) ; 6, calcaires dolimitiques et calcaires du Lias.

Djebel Bou-Hammed

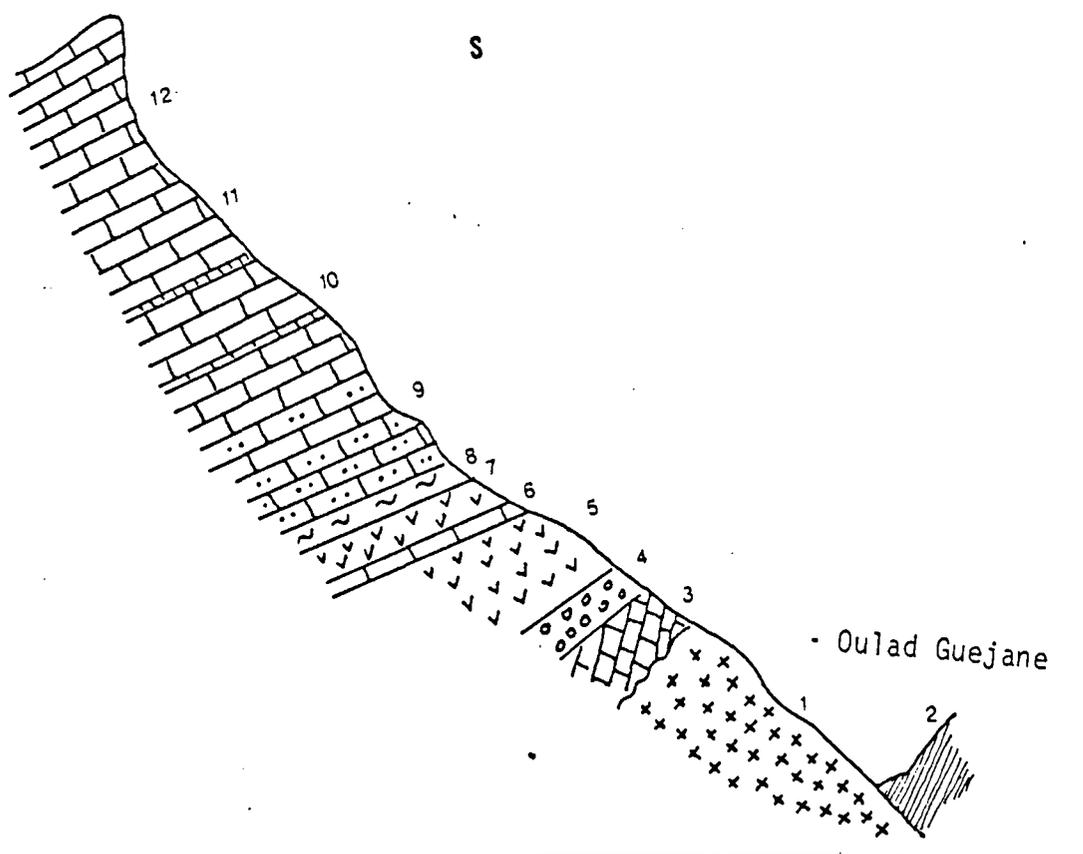


Fig 3 : COUPE GEOLOGIQUE DE DJEBEL BOU-HAMMED
(D'APRES H. FAURE, 1952 ET L. MONITION, 1962)

Visien : 1, granites ; 2, schistes ; 3, Quartzites. Permo-Trias : 4, conglomérats de base ; 5, basaltes ; 6 dolomie calcaire ; 7, basaltes ; 8, argile rouge. Domérien inférieur : 9, dolomie-calcaire (90m) ; 10, calcaire magnésien noir en petits bancs. Domérien supérieur : 11, calcaire magnésien gris en dalles à silex (180m), 12, calcaire magnésien à patine rousse.

Sud et s'incline avec un faible pondage vers le Nord jusqu'à ce qu'elle s'ennoie sous les formations récentes de la plaine. Les buttes situées à l'Ouest de ce relief présentent le même faciès. Vers l'Est, elles se terminent par des grès très durs oxfordien. Il s'agit donc d'une crête séparée du front montagneux par une dépression orthoclinale.

3) Tectonique

Le bombement elliptique des Béni-Snassen est orienté N.N.E.-S.S.O. et il est affecté de plis qui lui donnent une structure compliquée. Les plus anciens affectent les schistes primaires : ce sont deux anticlinaux de schistes et quartzites inférieurs, dont l'un affleure au sommet du jebel Bouzabel (voir croquis géologique). Ces plis courent à peu près parallèlement aux synclinaux des schistes ardoisiers supérieurs. L'ensemble du faisceau est dirigé Est-Ouest, au pied méridional de Ras-Foughal.

A ses deux extrémités, il s'incurve vers le Nord dans la vallée de l'oued Bouhfeir d'une part et dans celle de l'oued Béni-Ouaklan de l'autre.

Le pli anticlinal passant par le point culminant (Ras-Foughal), montre la base des dépôts liasiques à une altitude voisine de 1500m. La partie soulevée du Lias supérieur est séparée de la base de la même série stratigraphique par une hauteur d'environ 400m, au-dessous de la côte 600 dans la dépression du col du Guerbouz. Il s'agit selon MORTIER (1957) d'un décrochement de plus de 1200m sur un espace de 20 km. Vers l'Ouest les mêmes phénomènes peuvent s'observer. En effet, au voisinage de l'Aïn Taforghalt, les affleurements du Jurassique ne dépassent pas la côte 1150, alors que la série secondaire depuis la base du Lias a une puissance supérieure à 1000m. Plus vers l'Ouest, les plis continuent à s'atténuer jusqu'au minimum pour reparaitre puissamment sur la rive gauche de la Mou-Louya et prendre part de la structure du Rif. Ainsi il apparaît que la

vallée de la Moulouya correspond à un maximum d'abaissement de l'axe de même qu'à l'extrémité Est de la chaîne, au Col du Guerbouz. Les géologues ont constaté que les accidents tectoniques qui soulèvent le bord de la Méditerranée, entre l'oued Kiss et Oran, remontent à l'Helvétien inférieur, les plis des Béni-Snassen inséparables de ces derniers sont forcément contemporains (avant-projet 1964).

Les travaux des campagnes de géophysique qui se sont déroulés de 1956 à 1961, ainsi que les forages profonds de reconnaissance ont permis de préciser certains faits tectoniques dans l'ensemble des Béni-Snassen et la plaine des Triffa.

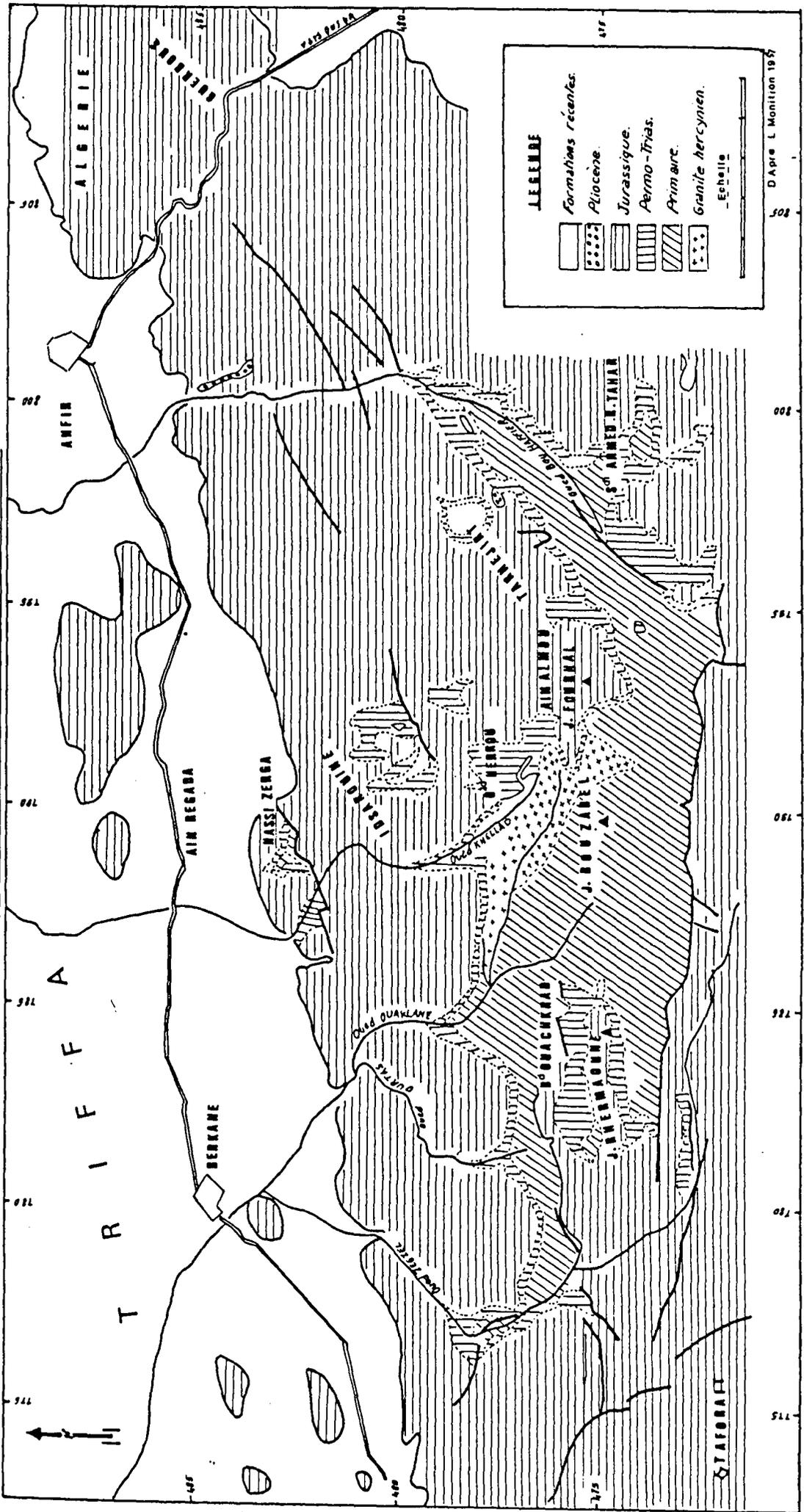
a - Les mouvements tectoniques anté-vindoboniens

La structure jurassique du flanc Nord des Béni-Snassen, plutôt que monoclinale, comme on pourrait le penser en premier lieu, est isoclinale. Elle est affectée d'un système d'accidents orienté O.S.O. - E.N.E. qui affecte une série de plis tous couchés vers le Nord, et détermine une succession de horsts et grabens. Les horsts les plus remarquables seraient ceux d'Aïn Régada et du bord Est des Oulad Mansour que traverse l'oued Kiss en cluse (H. FAURE, 1950). Ils font apparaître ainsi le Primaire, le Permo-Trias et le Lias. Ce dernier s'est effondré à plus de 500m sous la plaine des Triffa.

b - Les déformations néo-tectoniques

Plusieurs flexures attestent des déformations récentes. Les premières sont post-pontiennes, mais ne sont pas encore démontrées dans la plaine Triffa. Les mouvements post-astriens et villafranchiens restent difficiles à distinguer. Les derniers semblent modifier les premiers. Ces deux générations de déformations, selon F. MORTIER (1957), ont contribué à la forme actuelle des Triffa en tant que cuvette en "fond de bateau" s'abaissant largement vers l'W.S.W. Ce mouvement se poursuit vers l'Est avec

MASSIF DES BENI SNASSEN
CARTE DES AFFLEUREMENTS



D'Après L. Monnier 1957

une flexure des calcaires lacustres du Villafranchien (flexure de Hassi-Smia) avec un pendage vers le Sud. Le rejet de cet accident semble être supérieur à 70m en comparaison avec l'épaisseur atteinte de la même formation dans les forages de reconnaissance sous la sédimentation limono-gravleuse du Quaternaire ancien, ce qui confirme le concept du "fond du bateau" accordé à la dépression des Triffa.

CONCLUSION

Le flanc Nord des Bêni-Snassen orientaux présente un long flanc d'anticlinaux en structure isoclinale, affectant une série primaire et permo-triasique et sa couverture secondaire, à dominante jurassique qui recouvre presque la totalité du massif.

Le terrain primaire bien qu'il présente deux faciès bien distincts, une série de schistes et quartzites à la base, couverte par une accumulation argileuse à dominance d'ardoise garde toujours le secret des conditions de sa formation très épaisse, auquel s'ajoute une datation confuse.

Le Permo-Trias présente une lithologie d'alternance entre les formations calcaero-dolimitiques et des coulées basaltiques. Sa série est incomplète dans plusieurs endroits du massif ce qui pourrait être lié à la paléo-topographie ou tout simplement à une confusion de délimitation des séries, si on sait que sa datation et ses conditions sédimentologiques ne sont pas encore déterminées.

Les séries de Dotomie et du Calcaire en bancs du Lias constituent la charpente essentielle du massif, si on se base sur la superficie de son affleurement et son épaisseur. Cette série qui domine le piémont, ainsi que la plaine des Triffa devrait également commander l'hydrologie de la région dans le sens où elle constitue l'aquifère d'une nappe impor-

tante, en comparaison avec le Dogger (Toarcien et Aalénien) qui n'est développé que sur la bordure de la chaîne.

Les grès à joints argileux oxfordiens et les calcaires oolitiques kimmeridjiens complètent le Jurassique sous forme de plusieurs buttes compactes et isolées du reste du relief, marquant un pendage moyen vers le Nord. Ces formations s'ennoient ensuite sous les dépôts récents et pourraient continuer le substratum imperméable de la nappe phréatique des Triffa. Il convient de signaler enfin que le massif des Béni-Snassen Nord, relief géographique et formation géologique, a dû largement contribuer au comblement des Triffa.

II - ESSAI SUR L'EVOLUTION GEOMORPHOLOGIQUE DU PIEMONT

A - DU FLANC MONTAGNEUX A LA PLAINE

S'abaissant vers la Moulouya à l'Ouest et le col du Guerbouz à l'Est, le massif des Béni-Snassen s'incline au Nord à partir de la ligne des crêtes passant par Ras-Foughal. La retombée du massif se caractérise par l'alignement d'un ensemble d'unités structurales longitudinales, séparées les unes des autres par des vallées étroites et profondément incisées par les oueds drainant le flanc montagneux. A une altitude voisine de 800m, la surface des reliefs recoupe immédiatement les dolomies et calcaires du Lias (Domérien), nus et fortement diaclasés. En contrebas des pentes reposent des conglomérats et brèches dans une position de creux par rapport à la surface structurale qui conserve les traits d'une ou plusieurs étapes d'aplanissement. Les rebords des unités dessinent des escarpements vigoureux, dont l'ampleur s'atténue progressivement avec l'abaissement des structures vers le Nord. Il s'agit ici d'un relief assez énergétique dont les axes longitudinaux sont percés en cluses.

Plus au Nord, à une altitude avoisinant 400 à 500m, les dolomies et calcaires domériens rigides s'enfoncent sous les formations du Dogger à dominante marneuse. Souvent bien visible, le contact de la basse montagne et du piémont engendre un paysage assez frappant. La ligne de contact isole au Sud un ensemble d'arcs de collines parfois en-dossées directement au front de la montagne, mais isolés des uns des autres par des vallées plus aérées. La nature structurale aaléno-toarcienne montre des paysages morphologiques très différents de la retombée liasique. Beaucoup plus modestes et accessibles, les volumes du relief sont dallés dès la partie sommitale par une puissante dalle calcaire à pellicule rubannée ce qui rappelle incontestablement le Villafranchien. Cette dernière s'ennoie très vite sous les cônes d'éboulis ou glacis de versant.

Les parties des oueds sont remarquablement pavées de poudingues : un point essentiel qui caractérise l'individualisation de la montagne à la plaine. En effet, ces poudingues sont attribués au Miocène inférieur dit "anté nappe" par les hydrogéologues qui ont observé leur continuité dans toute l'Oranie occidentale (LAQUINA, 1976). De part et d'autre du débouché des oueds, les plans inclinés des collines continuent dans la région d'Ahfir avec un plateau légèrement ondulé où affleurent les calcaires lacustres du Pliocène, et s'ennoie ensuite vers le nord-ouest sous la plaine.

Dans la région de Régada, la situation est différente, les collines qui s'abaissent vers le nord, s'ennoient directement sous l'épaisse accumulation quaternaire, laissant ainsi la place à un plan régulier mais très vite interrompu par le relief de Si Moumoun où les formations du Malm se dressent en abrupt sur le front sud isolant ainsi la cuvette de Régada des plaines centrales des Triffa.

B - PRESENTATION REGIONALE

1) La Région d'Ahfir

a - La vallée de l'oued Chaaba au Sud d'Ahfir

Cette zone peut être considérée comme la limite Est des Béné-Snassen orientaux. Le relief correspond à la retombée d'une masse puissante de dolomies et calcaires en bancs domériens aplanie à Tizi Guebou et s'incline vers le Nord-Est sous les collines des Brazil du Dogger. Celles-ci étant constituées essentiellement de marnes et marno-calcaires entaillées à leur base par l'oued Chaaba qui les cotoie en cluse. Les dolomies et calcaires en bancs sont portés à faible altitude sur la rive gauche de l'oued, en comparaison avec l'altitude qu'elles atteignent sur le versant opposé.

A part la zone boisée où s'accumule un sol rouge, remplissant parfois en poches les diaclases du calcaire, le reste présente un paysage structural où la roche est complètement dénudée. Vers le fond de la vallée de l'oued Chaaba, les affleurements sont tronqués par un dépôt de glacis au long de la route P.27. Le versant Est de la vallée est jalonné par l'ensemble des collines Brazil, couvertes dans leur partie inférieure par les glacis encroûtés qui s'abaissent vers le fond de l'oued. Les crêtes sont dallées par une puissante série de calcaire aalénien. La nature structurale marno-calcaire peu résistante explique l'évolution du versant par glissement superficiel de solifluxion, et n'est maintenu localement que par la végétation arbustive clairsemée. Le processus d'évolution serait commandé par un double mécanisme physico-chimique, affectant les marnes et calcaires alternants et de faible cohésion, auquel s'ajoute une faible pente topographique favorisant la saturation en eau des argiles lors des pluies abondantes. En effet, les marno-calcaires du Dogger présentent un faciès peu résistant où alternent des couches de marnes et des bancs calcaires peu épais. La saturation des argiles gon-

flantes pendant la saison pluvieuse et leur rétraction en période de sécheresse, engendre d'une part la fragmentation des calcaires peu résistants et modifie leur constitution chimique, ce qui pourrait expliquer leur forme émoussée bien qu'ils n'aient pas subi de transport. Les marnes altérés se sont transformés après désydratation en une accumulation argileuse en poudre facilement transportable par les eaux de ruissellement. Ainsi localement affecté, le versant est progressivement couvert de dépôts de glaciis encroûtés qui s'abaissent de part et d'autre de la vallée de l'oued Chaaba vers l'aval.

b - La zone de confluence des oueds Chaaba et Sidi Azzouz

(Fig 5)

L'oued Sidi Azzouz emprunte depuis son amont au milieu du massif une vallée étroite et profonde, taillée dans les dolomies et calcaires du Lias. La monotonie de la roche nue n'est interrompue que par des petits cônes de déjection accrochés au bas des versants, recoupant directement les dolomies et calcaires jurassiques. Ainsi le lit majeur est pavé localement par un seul niveau de dépôt fluviatile à gros matériaux et souvent repris par les eaux des crues. A proximité du marabout Sidi Azzouz d'où l'oued tire son nom, les calcaires du Lias sont portés à faible altitude et s'enfoncent en concordance sous les marnes et marno-calcaires du Dogger. L'oued débouche dans cette zone par une large vallée, dominée à l'Est par la limite nord du jebel Jorf Lahmar et à l'ouest par un cordon de collines au pied desquelles les dépôts s'accumulent tout au long de l'oued vers le nord.

La colline coté 727, sappée à sa base par les eaux de crues de l'oued Sidi Azzouz, laisse affleurer des calcaires en bancs à joints argileux, probablement aaléniens avec un pendage nord fort accentué : au-dessus reposent en discordance des poudingues coiffés par une passée gréseuse encroûtée à sa partie supérieure. Cette série a été datée du

Miocène inférieur par les hydrogéologues qui ont travaillé sur la région ainsi qu'ils ont observé sa continuité dans l'Oranie occidentale (A.LAOUINA, 1976).

La partie en interfluve entre l'oued Chaaba et l'oued Sidi Azzouz juste avant leur confluence, est remblayée par un dépôt à gros matériaux en vrac, très hétérométrique allant jusqu'à 75cm de diamètre. L'observation de la coupe (Fig 6) montre une homogénéité pétrographique, d'autre part l'émoussé des matériaux peu évolué et leur volume montre en premier lieu qu'ils n'ont pas subi un long transport. Si on se réfère à BARATHON et LAOUIN A. (1982) ce remblaiement est généralisé sur tout le piémont nord des Béni-Snassen. Il s'agit de cônes torrentiels du débouché des principales vallées. Ces dépôts auraient été édifiés sous des conditions climatiques humides, suivies d'une aridification qui paraît responsable de la dalle moulouenne qui les coiffe. L'analyse de R. LHENAFF (1977) à une formation fort semblable à celle-ci dans la Hoya de Malaga, l'a conduit à reconstituer un climat à saisons contrastées à et à couvert végétal clairsemé, permettant ainsi au ruissellement de s'organiser sur les versants à la suite d'averses concentrées, d'y balayer les sols et de venir grossir brusquement les torrents montagnards. Il s'agit ainsi selon l'auteur d'une ambiance semi-aride caractérisée de tonalité déjà méditerranéenne. Ainsi ces dépôts pourraient dater du Villafranchien supérieur. Vers le nord, la formation passe progressivement sous une large terrasse édiflée par l'oued Kiss. La coupe levée à Aïn Kiss (Fig 7), montre deux niveaux de terrasses. Le niveau supérieur est légèrement caillouteux, dallé par une passée encroûtée de galets cimentés sur lesquels s'est développé un sol limoneux rouge, rappelant le Tensiftien. Le niveau le plus bas est beaucoup plus caillouteux et moins épais.

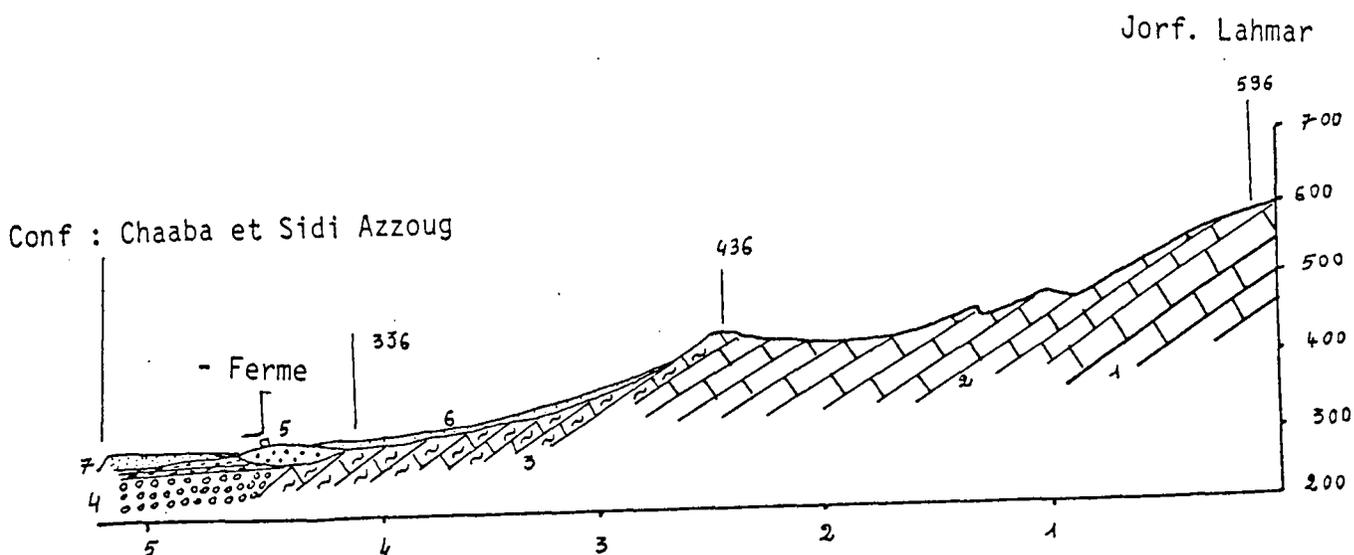


Fig 5 : COUPE A TRAVERS JORF-LAHMAR JUSQU'A OULAD BENOUDA
x = 484 - 487, y 303-306

1, calcaire et dolomie (Domérien inf) ; 2, calcaire en bancs (Domérien sup) ; 3, marne et calcaire (Toarciën) ; 4, conglomérat et grés (Miocène inf) ; 5, accumulation villafranchienne ; 6, glacis de versant ; 7, terrasse.

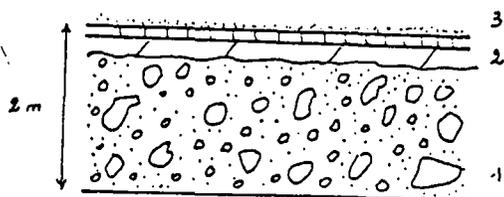


Fig 6 : COUPE DU VILAFRANCHIEN SUPERIEUR x 486 y 803

1, Dépôt en vrac, hétérométrique; 2, dalle à pellicule rubannée (50 cm) ; 3, dépôts de glacis

c - Le plateau d'Ahfir

La ville d'Ahfir s'installe sur un plateau légèrement ondulé et incliné vers le nord. Sa topographie irrégulière paraît liée au piémont des Bēni-Snassen, mais aussi au redressement du massif volcanique des Mssirda qui le limite vers l'Est.

A partir de la ville, tout au long de l'oued Kiss en direction de son écoulement, il entaille profondément des marnes bleu violacé. Leur faciès localement altéré laisse observer des paillettes de micas noirs. Les hydrogéologues ayant étudié les mêmes formations plus au nord, mettent ce faciès en relation avec les émissions andésitiques des volcans de Mssirda dont le cratère le plus proche n'est qu'à 2km environ ; ainsi cette phase volcanique qui recouvre une bonne partie de la plaine, comme témoignent plusieurs coupes des puits de la région : exemple du forage 999/7 x 487 y 797, a été daté du sommet du Miocène supérieur.

Les marnes violacées passent au sud d'Ahfir sous un calcaire lacustre renfermant des débris flottants de plantes ; et glissent latéralement vers l'ouest sous une accumulation travertineuse plus récente entaillée par le confluent de l'oued El Atchane aux coordonnées x 487 y 797.

- Description de la coupe (Fig 8)

La coupe associe des faciès sédimentaires variés et entrecroisés, ce qui pose des problèmes d'interprétation. Cependant deux repères pourraient être importants : à la base une formation conglomératique à matrice gréseuse, au sommet la série se termine par une dalle calcaire à pellicule rubannée. Le passage conglomératique gréseux suggère l'idée d'une formation marine bien qu'aucune trace de faune marine n'a été repérée. Ce faciès observé ailleurs, mais toujours sur la rive droite de la basse-Moulouya par F. MORTIER, l'a fait penser à un retrait progressif de

mer. Ainsi il repose selon l'auteur par des marnes verts à lits ferrugineux, que la présente coupe n'a pas atteint, et devrait être daté du Pliocène inférieur.

La série qui les surmonte, change de faciès : c'est un conglomérat à passée calcaire jaunâtre tendre, formée de petits galets émoussés et renferment des débris végétaux d'origine continentale, où la matrice carbonatée semble évoluer au fur et à mesure avec les dépôts grossiers. Ainsi si l'on se base sur le litage régulier des dépôts suivant le profil hydrologique, à faible pente on peut penser à une terrasse fluviatile travertineuse, édifiée par un faible écoulement superficiel ce qui peut être expliqué par le volume des matériaux, ainsi que la faible pente. D'autre part, les précipitations des carbonates semblent liées au ruissellement des eaux saturées de bicarbonates en solution provenant des montagnes des Béni-Snassen. Les eaux infiltrées à travers les matériaux accumulés libèrent leur charge en carbonate. Toutefois leur précipitation pourrait être également liée à l'évolution des propriétés physico-chimiques des eaux durant leur trajet du flanc jusqu'à la plaine. Une coupe levée sur la rive gauche de la Moulouya par F. MORTIER (1962) dont le faciès est fort semblable à celle-ci a été attribuée au Pliocène moyen à supérieur et confirmée par BARATHON (1980) par preuves paléontologiques.

Ainsi la série se termine par une couche mince de limons rouges emballant des cailloutis émoussés, dont le litage est peu net. Cette passée est fort semblable à celle attribuée par BARATHON sur la rive gauche, au Villafranchien inférieur. Enfin la série est coiffée d'une dalle calcaire feuilletée à pellicule rubannée et rappelle tout à fait le Moulouyen ; suivant R. RAYNAL et G. BEAUDET (cités par R. LHENAFF, 1977) on n'observe jamais sur les niveaux post-villafranchien de dalle calcaire ou pellicule rubannée comme on en connaît sur les niveaux moulouyens et régreguiens.

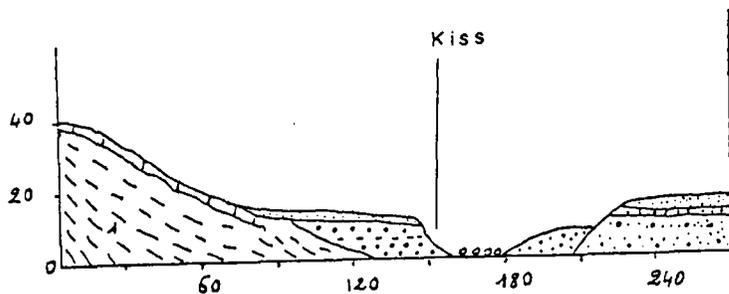


Fig 7 : COUPE SUR L'OUED KISS x : 489 y : 802 (Texte)

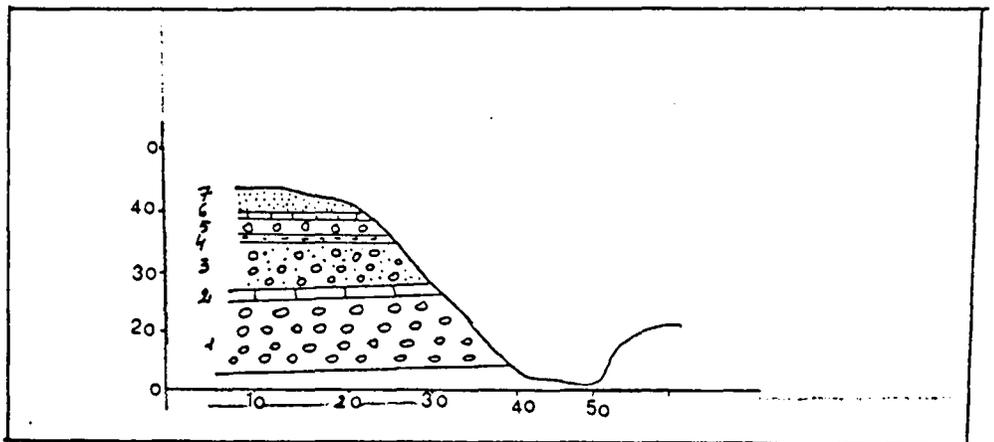


Fig 8 : COUPE SUR LE CONFLUENT DE L'OUED EL-ATCHANE
x 487 y 797

Pliocène inf et moy : 1, formation micro-conglomératique à galets émoussés et matrice gréseuse ; Pliocène moyen à sup : 2, dalle calcaire fossilifère ; 3, conglomérat à galets émoussés et à débris végétaux ; 4, passage de micro-conglomérat ; Villafranchien ancien : 5, dépôt fluviatile, lité, consolidé à ciment rouge. Moulouyen : 6, dalle calcaire à pellicule rubannée ; 7, formation meuble quaternaire.

Confluent de l'Oued El-Atchane

2) La région d'Aghbal (Fig 9)

a - La retombée calcaro-dolimitique du massif

C'est dans cette région que le relief montre une grande vigueur. Trois unités du calcaire jurassique plissé s'inclinent vers le nord avec un pendage modéré et qui s'isolent par des vallées profondes empruntées par les oueds descendant du coeur de la montagne. A l'Est l'oued Charef a façonné son lit en gorge dans les dolomies et calcaires domériens entre les jebels Afras et Tassirart qui s'abaissent progressivement vers le nord jusqu'au débouché de la vallée sur le piémont. A l'ouest, le Bouhfeir, considéré comme l'oued le plus redoutable, de cette zone s'insère entre le Tassirart et l'unité d'Echaouen, creusant ainsi son lit particulièrement dans les dolomies du Domérien inférieur. Les formations liassiques à faible altitude au débouché des vallées s'ensuivent ensuite sous un ensemble de buttes généralement marno-calcaires du Dogger (Toarcien-Aalénien), et dominant directement les replats des Triffa sud. On est donc au contact de deux unités morphostructurales. Au sud les calcaires liassiques plus ou moins résistants, au nord les marnes et marno-calcaires friables qui se signalent à l'attention par leur couleur jaunâtre. Cette nature lithologiquement contrastée devrait se sentir clairement dans l'évolution morphogénitique du versant.

La surface des calcaires liassiques à partir des sommets des jebels Afras et Tassirart, comme en d'autres endroits de même nature, est nettement disséquée par les eaux de ruissellement. La topographie à roche nue, montre un plan d'aplanissement où les calcaires du Lias résistants mais remarquablement lapiézés, se laissant débiter en blocs et fragments anguleux. Ces dépôts cimentés sur place formant ainsi des brèches locales à matériaux parfois très hétérométriques. Sur les versants, une partie des éboulis entraînée par les eaux de ruissellement, probablement des dépôts de pente, se sont entassés en amas sur les replats, régularisant

ainsi le versant. La coupe d'une carrière sur le versant nord d'Afrass, présente les caractères suivants : (voir Fig 10). La base de la coupe qui se prolonge vers le bas, montre une accumulation en vrac de gros blocs du calcaire liassique de 10 à 50cm de diamètre, emballés dans une matrice carbonatée blanche. Le volume des matériaux diminue progressivement de bas en haut en faveur de la matrice qui devient de plus en plus abondante pour donner un encroûtement de forme feuilletée, coiffé d'une croûte très mince et peu résistante. L'encroûtement renferme des débris végétaux et des coquilles de gastéropodes actuels, la coupe se termine enfin par un sol très caillouteux. Ainsi la position des galets qui ne sont pas jointifs d'une part et l'abondance de la matrice qui se fait au détriment des matériaux en haut de la coupe, font penser que l'encroûtement se faisait au fur et à mesure que les dépôts se mettent en place. Il ne s'agit pas, toutefois, d'une croûte sédimentaire mais plutôt d'un encroûtement de carbonates en solution qui se sont précipitées sur place. Bien que la gènèse des encroûtements soit abordée plus bas, il convient de signaler que son rythme dans les dolomies et calcaires domériens relativement résistants paraît plus long, si on le compare à celui des marno-calcaires du Dogger. En effet, si on suit A. LAQUINA, 1981, les dolomies et calcaires résistants ne sont pas susceptibles de donner une grande quantité de matière dissoute, alors qu'au fil des successions de saisons humides la roche atteint une sursaturation d'eau ce qui peut expliquer les précipitations des carbonates. Ainsi on pourrait également évoquer d'autres éléments, qui peuvent aussi commander la dissolution des calcaires, telles que la qualité chimique des eaux de ruissellements et la densité du couvert végétal.

Dans la partie supérieure des unités structurales, les dépôts encroûtés passent franchement à une épaisse croûte calcaire, surmontée par une dalle puissante à pellicule rubannée, selon laquelle cette formation pourrait être datée du Villafranchien terminal au Quaternaire ancien. Le faciès de la dalle est localement conglomératique comme on peut

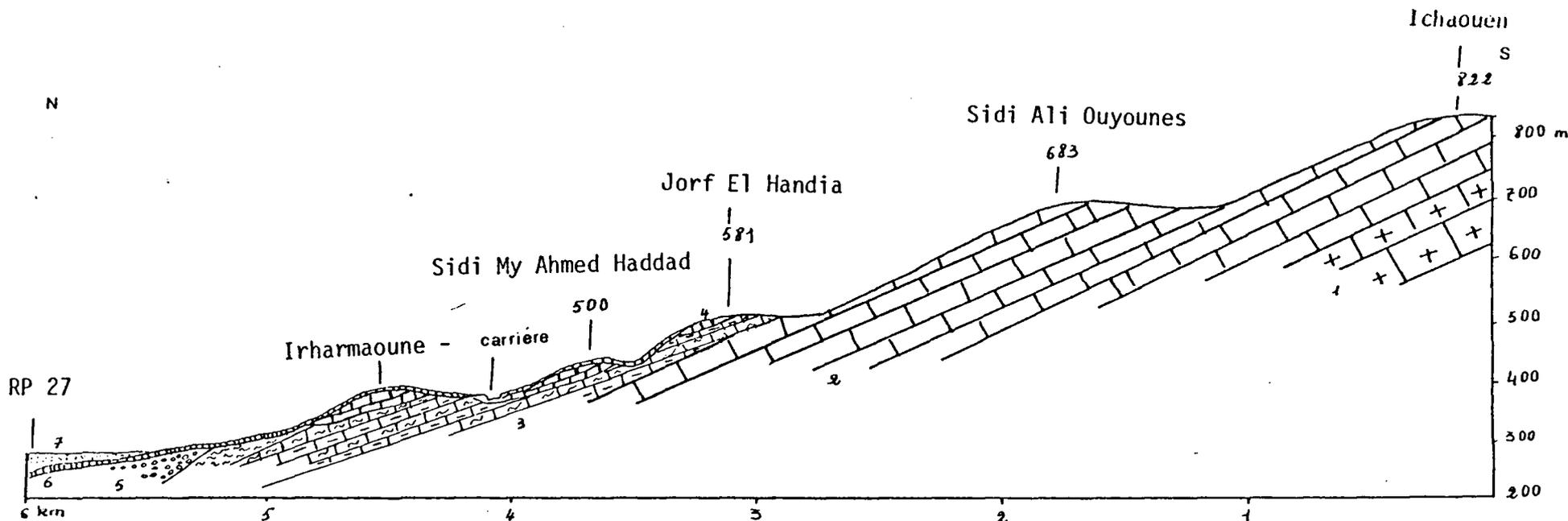


Fig 9 : COUPE DU MASSIF D'ECHAOUEN A LA RP 27

x : 482 - 497 y 797-800

1, dolomie et calcaire massif (Domérien inf) ; 2, calcaire en bancs (Domérien sup) ; 3, marnes marno-calcaires (Toarcien) ; 4, calcaire en bancs - dalle sup (Aalénien) ; 5, conglomérats du Miocène inférieur ; 6, dalle Xalcaire (Moulouya) ; 7, terrasse

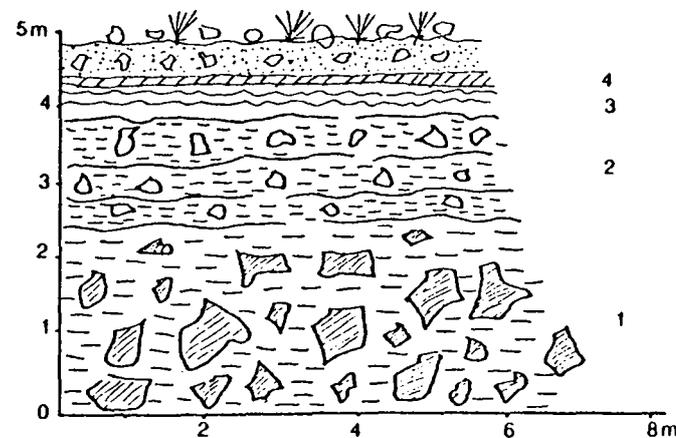


Fig 10 : COUPE D'UNE CARRIERE SUR JEBEL AFRAS COTE 643

1 - 2 - 3 - 4 : Mise en place successive des dépôts de pente à accumulation calcaire simultanée

l'observer sur le versant Est du jebel Ichaouène. Une étude menée par R. LHENAFF dans les Cordillères Bétiques montre que les types d'encroûtements et le degré de cimentation varient considérablement d'un point à un autre et souvent sur un même niveau. Cette différenciation des formes d'encroûtement résulte pour une part de la nature des matériaux dans lesquels le calcaire s'est accumulé. Ainsi dans la formation caillouteuse, le calcaire reste diffus dans la matrice fine qui enrobe les galets et cimente l'ensemble de façon à peu près homogène. Il convient de signaler que les encroûtements sont bien épais et souvent conglomératiques sur les versants alors que dans la partie aval, ils présentent un faciès feuilleté et coiffé par une dalle relativement moins puissante et peu épaisse.

- Description de la dalle conglomératique (Fig 11)

L'observation d'un échantillon pris sur le versant Tizi x 483 y 794, d'une dalle épaisse de 50cm environ, présente un faciès qui renferme des cailloux calcaires enrobés dans une matrice très dure et laisse briller des particules très fines de grandeur microscopique. Il s'agit selon CAMILLE EK. et collaborateurs (voir bibliographie) de grains de Quartz. La matrice montre également des points rouges de l'ordre d'un mm de diamètre qu'on ne peut identifier à l'oeil nu que si on observe les matériaux grossiers du conglomérat. Il s'agit en effet des cailloux émoussés du calcaire jurassique local, ayant connu une forte altération allant progressivement de la partie extérieure vers le centre du caillou. Cela peut être expliqué par le fait que quelques noyaux sont encore à leur état original. Ils sont de couleur grise foncée non affectés, entourés ensuite par une enveloppe du même caillou altéré de couleur rose. Ce que les auteurs appelaient "caillou en demi-lune". La position des matériaux grossiers séparés les uns des autres de 2-3cm et leur cimentation par la matrice de calcite, montre que leur mise en place et la formation de la matrice se sont faites simultanément. La dalle congloméra-

tique se termine par une puissante pellicule rubannée de 3cm environ à lits ferrugineux et montre une résistance encore plus puissante que la dalle.

b - Les rebords des versants

Les rebords des unités structurales se marquent souvent par un escarpement, localement en abrupt rocheux, d'autant plus qu'ils sont profondément entaillés à leur base par les oueds périodiques qui les bordent (exemple de l'oued Bouhfier). Des talwegs étroits et profonds dans les masses calcaires du Jurassique, s'élargissent à leur débouché en cône de déjection et se terminent ensuite par une terrasse caillouteuse, modestement développée.

L'observation des dépôts de pente montre parfois qu'il ne s'agit pas simplement d'une couverture détritique recouvrant la roche nue mais qu'elle remplit parfois des poches plus ou moins profondes, fort probablement liées au lapiasage de la roche en place. Les matériaux de remblaiement transportés par les eaux de ruissellement posent le problème de leur genèse. En effet le passage des dolomies et calcaires jurassique à une formation sablo-limoneuse rouge supposerait deux processus combinés. Dans un cadre climatique méditerranéen semi-aride, où les précipitations sont relativement faibles, les dolomies et calcaires montrent une certaine résistance et ne fournissent qu'une petite quantité de matériel en conséquence de leur dissolution lente. Ainsi ces dépôts une fois détachés de la roche-mère, subissent une rubéfaction au fur et à mesure que les carbonates sont évacuées en solution dans l'eau des pluies. D'autre part, comme le pensait A. LAOUINA, il s'agit d'un remaniement des dépôts antérieurs qui se sont décarbonatés. Toutefois les deux mécanismes pourraient être combinés et responsables à la fois de leur genèse.

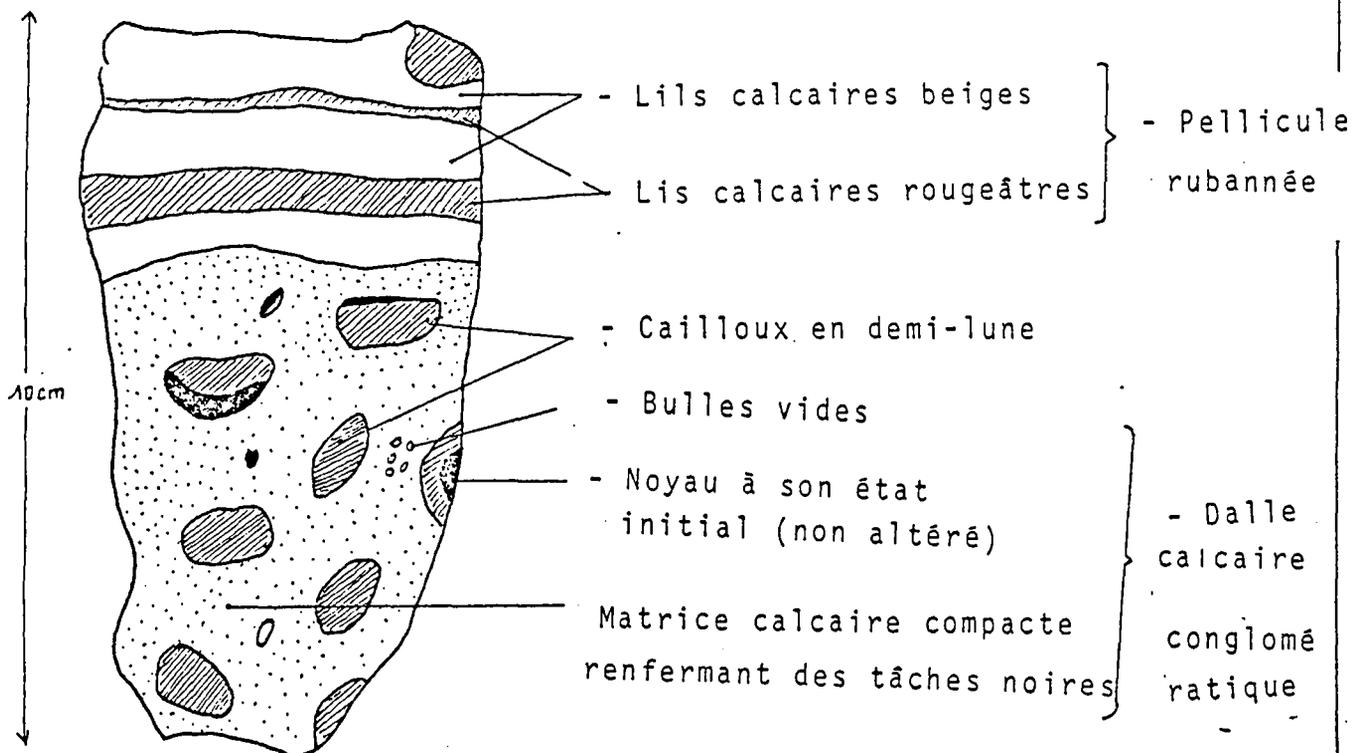


Fig 11 : DALLE CALCAIRE CONGLOMERATIQUE : ECHANTILLON
x 483 y 794

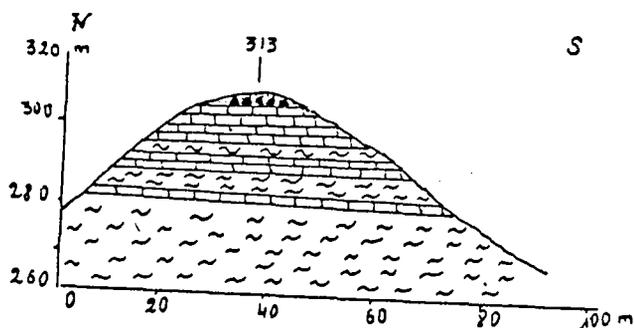


Fig 12 : PASSAGE DU TOARCIEN A L'AALENIEN
COLLINE COTEE 313 x : 485 y 798

1, marnes ; 2, marno-calcaires ; 3, calcaire en dalle supérieure ; 4, conglomérat du miocène inférieur continental

c - La confluence des oueds Atchane et Bouhfier

Les unités structurales et Tassirart et Echaouen aux caractères morphologiques très semblables, pour ne pas dire identiques, s'abaissent en pente douce vers l'amont. Ainsi au sud de la confluence des oueds Bouhfier et Atchane, les calcaires en bancs du Domérien supérieur s'annoient sous les marno-calcaires du Dogger, au nord de la confluence les oueds Atchane et Bouhfier. Au niveau de la côte 822, les bancs calcaires recouvrent la série calcaro-dolimitique qui lui est antérieure. Ce sont des bancs résistants de 30 à 50cm d'épaisseur dans lesquels s'observent des silex vers le sommet de la série. L'épaisseur de ces formations qui atteint 160m au jebel Bou-Hammed est réduite ici aux environs de 100m, ce qui prouve l'amincissement de la série au fur et à mesure qu'on va du sud au nord. Au niveau d'Aïn Aghbal, les bancs calcaires du Domérien supérieur passent sous une succession de marnes et marno-calcaires Toarcio-aaléniens de 20 à 100cm d'épaisseur. C'est le faciès le plus fossilifère de toutes les formations des Béni-Snassen (L. MONITION, 1962). En effet la butte cotée 500 dominant Aïn Aghbal à sa droite (voir coupe 9) présente un gisement très riche en ammonites. L'épaisseur visible de cette série est de l'ordre de 40 à 60m.

Le passage des marno-calcaires toarciens aux calcaires en dalle supérieure aalénien se distingue très difficilement, vu la ressemblance des faciès (voir Fig 12). Plus au nord, en bas de la pente les marnes du Dogger sont tronqués par des conglomérats à gros matériaux émoussés et fortement cimentés. On observe des galets de dolomie, des éléments de granites et des grès sableux fins ; toutefois les matériaux restent à dominante calcaire dont la matrice qui les cimente devient moins abondante du haut vers le bas mais aussi plus cohérente. L'ensemble de la formation est coiffé par une dalle calcaire à pellicule rubannée de faciès Moulouyenne (Fig 13). Ainsi les poudingues passent vers le nord sous une basse terrasse très épaisse à faciès limoneux, enrobant des cailloutis bien

El Kelaa El Ousata,

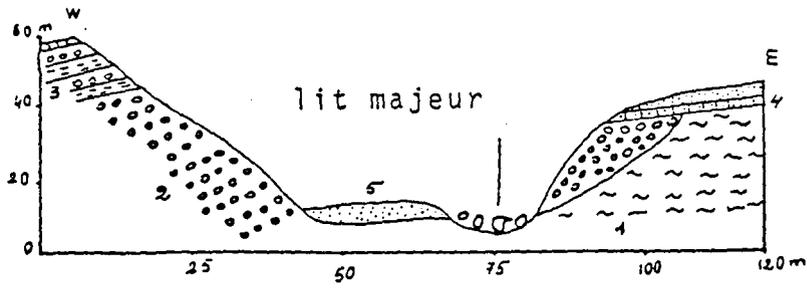


Fig 13 : COUPE SUR L'OUED EL-ATCHANE x 486 y 800

- 1, marnes du Toarcien ; 2, poudingues du Miocène inférieur ; 3, alternance de poudingues et lits gréseux ;
- 4, dalle calcaire à pellicule rubannée ; 5, terrasse

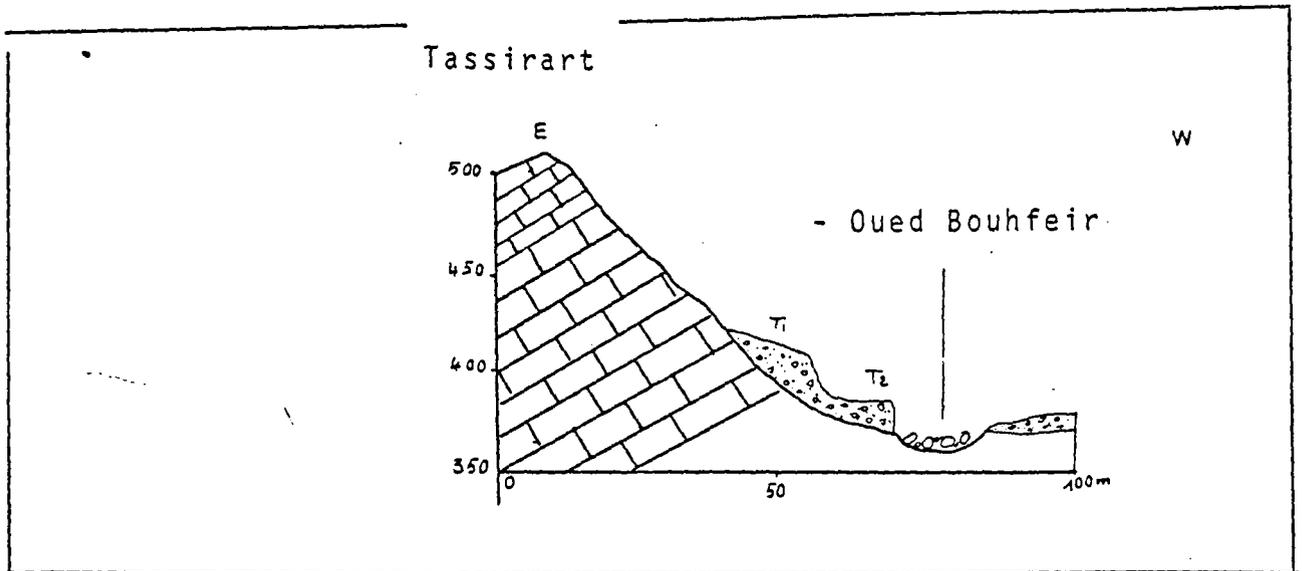


Fig 14 : COUPE SUR L'OUED BOUHFEIR x 484 y 800

émoussés. Plus en amont sur l'oued Bouhfeir, au contrebas des dolomies s'accrochent deux niveaux de dépôts (voir Fig 14) qui dominent le lit majeur de l'oued ; le niveau supérieur est formé de galets hétérométriques subanguleux, emballés dans une matrice peu abondante de couleur rouge. Ce même niveau passe sur la rive gauche à une épaisseur de 15m environ. Le dépôt inférieur se caractérise par une faible épaisseur et le volume des débris est nettement réduit. Les caractères de cette formation sont notamment l'émoussé faible des matériaux et l'absence du litage d'autre part. L'emplacement des dépôts prête à confusion entre un dépôt de pente ou une terrasse édiflée par le Bouhfeir. Enfin le lit de l'oued correspond à un grand amas de blocs. Au débouché des oueds Bouhfeir et l'Atchane dans l'oued collecteur d'Aghbal a été édiflée une vaste terrasse limoneuse qui se confond en prolongement dans la plaine avec les colluvions des Triffa sud. D'autre part ces formations cachent un vaste dépôt travertineux qui affleure localement au long de la route Ahfir-Berkane.

Signalé par L. GENTIL (1908) et récemment par A. LAQUINA, les travertins ont été liés selon les auteurs, aux conditions locales des sources. On remarque que ce faciès se développe tout au long des oueds descendant du flanc montagneux comme le montrait la coupe prise à l'amont de l'oued Nechef, il s'agit d'un faciès de travertin de couleur blanche et à forme poudreusé surmonté du niveau supérieur de la terrasse à dalle calcaire mouleyenne ; la comparaison de ce faciès (Fig 15) à celui décrit dans la coupe n° 8, bien qu'ils soient tous les deux liés à une accumulation travertineuse, fait apparaître une différenciation de faciès fort remarquable ce qui permet de dire que leur mise en place, ainsi que les conditions dans lesquelles ils se sont formés seraient différentes. Toutefois le ruissellement en nappes des eaux sursaturées de carbonates en provenance du flanc calcaire pourrait être fort probablement responsable.

A l'ouest de la vallée d'oued Aghbal s'étend un paysage monotone qui se raccorde à la zone située entre l'oued Sidi Azouz et l'oued

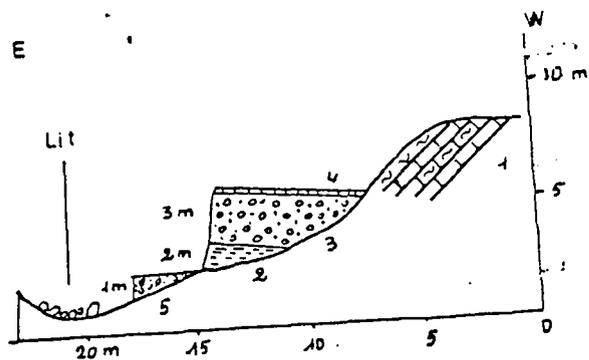


Fig 15 : COUPE SUR L'OUED NACHEF x:484 y:798

1, marno-calcaire stoarciens ; 2, travertins ; 3, dépôt en vrac du Villafranchien sup ; 4, dalle moullouyenne ; 5, niveau de terrasse

Charef. Dans ce secteur, les calcaires domériens du massif d'Echaouen passent vers le Nord, en retombant en faible pente vers la plaine. Le front des unités structurales est sillonné par un réseau important de ravins tranchant les dolomies et calcaires en bancs liassiques et est creusé par l'oued Nachef qui a façonné son lit dans une vallée profonde avant son débouché. Le relief progressivement régulier dans sa partie nord, a favorisé une épaisse accumulation des calcaires. Le recul des calcaires domériens qui commence à se sentir, laisse place aux marnes et marno-calcaires Toarcio-aaléniens qui isolent le relief vigoureux du flanc montagneux au sud du plan régulier du bassin d'Aïchoun au nord. Il s'agit de plusieurs buttes alignées Est-Ouest fortement encroûtées qui se séparent à la sortie de l'oued Nachef, canalisé sur la bordure Est de la plaine d'Aïchoun par les assises conglomératiques du Miocène inférieur. Zone dans laquelle la subsidence quaternaire se fait sentir plus qu'au paravant.

3) La région de Régada

Le piémont du massif, à Aïn Régada, présente des caractères morphostructuraux différents de celui d'Ahfir ; surtout dans la partie ouest fortement affectée par la tectonique. Ainsi, les failles laissent affleurer le noyau primaire et permo-triasique. Ces caractéristiques individualisent la zone de Régada et donnent une véritable forme de dôme à la région.

D'une part le relief est marqué dans ce secteur par la retombée massive et vigoureuse des dolomies du Domérien, d'où un relief moins aéré et plus compact, ce qui aurait joué un rôle essentiel dans les accidents tectoniques. D'autre part, on remarque que les dolomies sont généralisées ce qui pourrait justifier l'absence sensible des calcaires en bancs du Domérien supérieur. La partie située au nord d'Aïn Régada, complète la série jurassique.

a - Le secteur sud : la retombée de la montagne (Fig 16 et 17)

La retombée de la montagne s'organise en deux niveaux nettement différents du point de vue lithologie. Au sud le relief puissant de dolomies est profondément entaillé par des gorges méridionales, empruntées par les oueds descendant du flanc montagneux, exemple de l'oued Adar Ouis. Comme noté auparavant l'Extrême-Ouest est sévèrement affecté par la tectonique. Le bombement crevaçé par plusieurs failles donne ici au massif les caractères d'un dôme où on peut observer dans la partie soulevée par les failles, le contact des schistes primaires recouverts par les coulées de basaltes alternant avec les dolomies du Lias (voir coupe de Hassi-Zerga, partie lithologique). Ainsi le réseau de failles paraît fort probablement responsable du décrochement des grandes masses de dolomie, donnant un énorme éboulement au sud des Béni-Manfoud. L'absence d'encroûtement dans la zone paraît liée à la rareté des calcaires en bancs du Domérien supérieur.

Le second niveau qui domine directement le bassin sédimentaire d'Aïn Régada, correspond à l'ensemble des collines alignées Sud-Est - Nord-Ouest, entaillées par les oueds descendant de la montagne. Leur structure est essentiellement marno-calcaire du Toarcien, coiffée par une série de calcaire en dalle supérieur, marquant un pendage nord, fort accentué comme on peut le remarquer sur la partie sommitale où l'affleurement de cette série est quasi généralisé.

Contrairement au piémont dolimitique, où la roche est complètement nue et fortement attaquée par l'érosion, les fronts des collines du Dogger présentent un ensemble de formes semblables et généralisées. On observe une puissante croûte calcaire qui s'abaisse depuis la partie supérieure. Son affleurement franc au niveau supérieur de la pente, montre qu'elle est localement démantelée (Fig 18), ainsi elle supporte progressivement vers le bas l'accumulation des débris et fragments dont elle

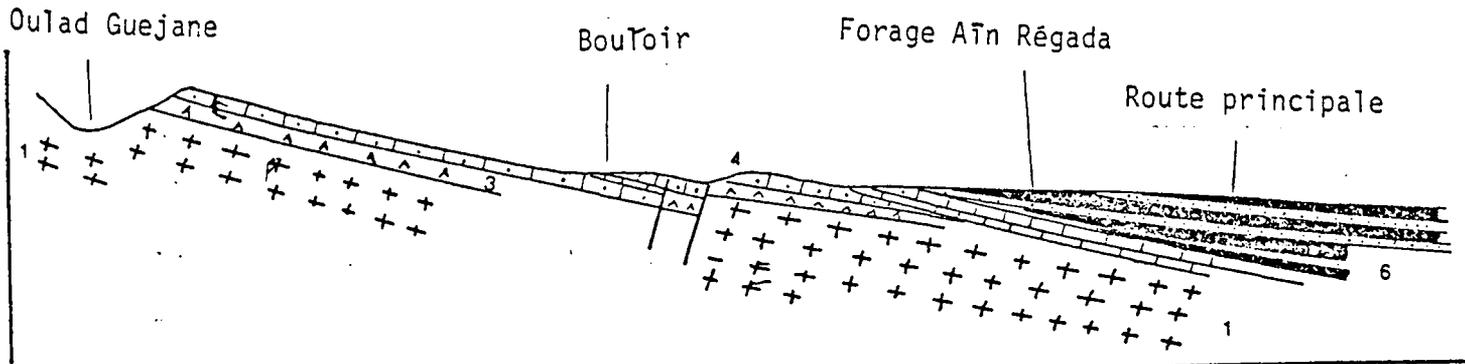


Fig. 16 - Coupe par forage Aïn Régada n° 1267/7, x 786 y 450

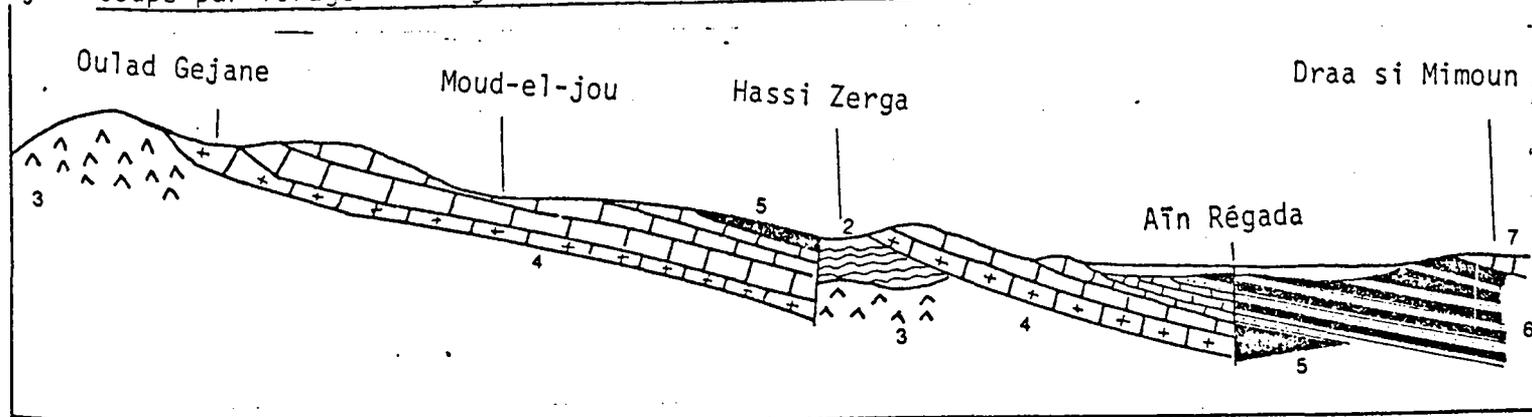


Fig. 17 - Coupe par Aïn Régada x 788 y 800

Fig 16 et 17 : COUPES PAR AIN REGADA

L. MONITION (1962)

- 1, granites prim ; 2, schistes prim ; 3, basaltes doléritiques ;
 4, dolomie et calcaire dolomitique domériens ; 5, marno-calcaires
 et marnes à posidomies (Dogger et Malm) ; 6, marnes et grés
 lusitaniens et oxfordiens ; 7, calcaire zoogène kimmeridjien.

l'origine, mêlés à une matière rouge, où les dépôts deviennent de plus en plus épais, comme le montrent les ravins profonds qui les entaillent et dont le creusement s'accroît suivant la pente. Les éboulis sont réduits à quelques fragments de croûte subanguleux au contrebas des glacis et passe à une formation limoneuse rouge peu caillouteuse si on se réfère à la croûte moulouyenne, qui aurait représenté le niveau le plus ancien du glacis, une deuxième phase active aurait démantelé le premier niveau, et serait responsable du cône d'éboulis, qui passe ensuite à des colluvions plus récentes du bassin de Régada. La coupe n° 15 serait le modèle schématique des glacis du piémont.

b - Le secteur nord d'Aïn Régada : les buttes du Jurassique supérieur (Fig 19)

A partir du pied des glacis dont la limite ne m'est pas apparue claire, la topographie se régularise en une forme plane, comblée, à la suite d'une subsidence par des matériaux quaternaires épais recouvrant la dalle moulouyenne qu'on voit supporter les limons rouges dans les abrupts de sagement des oueds. Sauf à l'ouest au débouché de l'oued Adar Ouis entre les collines du Dogger et la boutonnière tectonique cotée 426, où s'étale un large cône de déjection en éventail sur plusieurs centaines de mètres ; ses matériaux grossiers à l'amont, se hiérarchisent progressivement vers l'aval pour se confondre avec les colluvions rouges de la plaine.

La monotonie régulière du bassin de Régada est interrompue au nord de la route Berkane-Ahfir par le surgissement des buttes alignées grossièrement Est-Ouest, on y distingue le jebel Draa Sidi Mimoun qui constitue le relief le plus puissant. Ce dernier repose à la base sur une épaisse couche de marnes toarciens, surmontée par des couches de grès à joints argileux datés par H. FAURE (1952) du Lusitanien ou Oxfordien. La série se termine par une puissante dalle de calcaire oolitiques

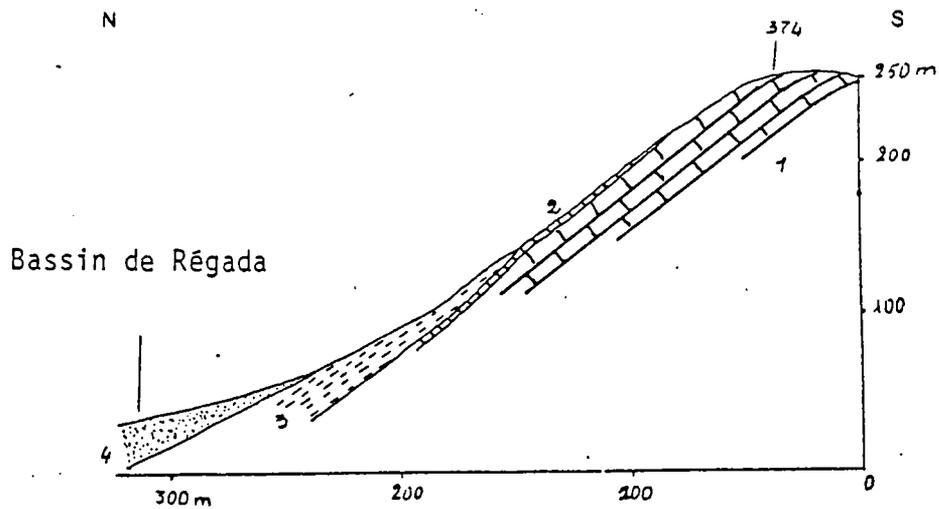


Fig 18 : COUPE DU FRONT DE LA COLLINE COTEE 374 x 484 y 797

1, calcaire en bancs Aalénien ; 2, dalle moulouyenne ; 3, tâlus d'éboulis ; 4, accumulation quaternaire.

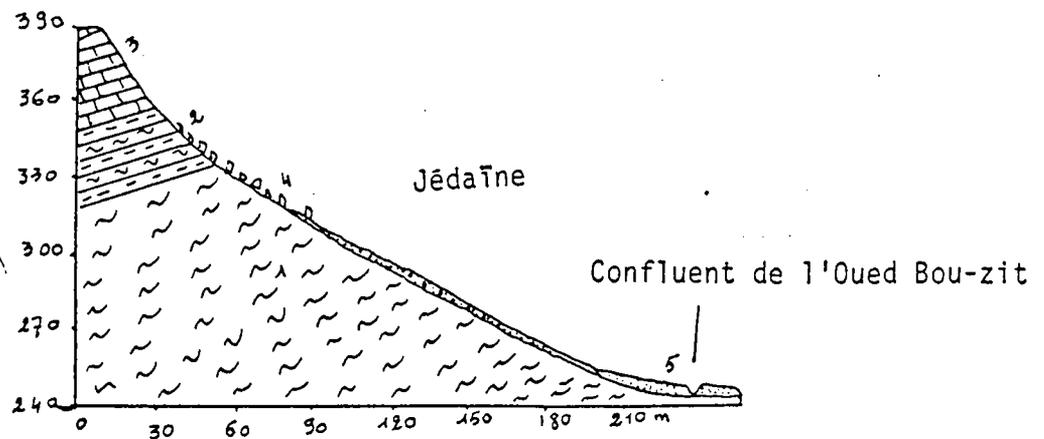


Fig 19 : COUPE DU FLANC SUD DE JEBEL DRAA SI MIMOUN
x 487 y 792

1, marnes du Toarcien ; 2, calcaires du Kimmeridgien ; 3, glacis de pied de versant ; 4, éboulis de pente ; 5, terrasse alluviale

du Kimmeridgien de 25 à 30m d'épaisseur apparente. Cette dernière se dresse en abrupt rocheux au front nord du relief et domine ainsi le centre du bassin de Régada. La dalle qui recouvre le front nord du relief retombe avec un pendage conforme et régulier vers la plaine de Madagh, ainsi le relief s'enneige sous le comblement Plio-Quaternaire de Triffa centrale. Les buttes d'Azeggour et Boughawem situées à l'ouest de Draa Si Mimoun présentent le même faciès, tandis que celles situées à l'Est se présentent sous forme de pointes de grès oxfordien. On remarque une série de glacis qui s'abaisse depuis la partie sommitale des buttes, couvrant la totalité des versants, si on exclue le flanc sud de Draa Si Mimoun, où les calcaires oolitiques dressés en abrupt se laissent déborder en gros blocs sur la partie supérieure du versant ; leur densité n'a pas pu protéger les marnes du Toarcien ravinées par les ruissellements ; sauf à leur base où le couvert détritique du glacis devient épais et se confond en bas de la pente avec la basse terrasse très peu développée du confluent de l'oued Bouzit. On signale toutefois sur le versant nord, un énorme éboulement qui l'a affecté en 1962.

4) Génèse des croûtes

Il est souvent difficile d'accorder une datation précise aux différents niveaux d'encroûtement à partir des seules observations de terrain et sans preuves paléontologiques. Néanmoins, selon la diversité des faciès il paraît clair que leur génèse dépend de nombreux facteurs tels que la nature des matériaux, la topographie et le couvert végétal. Certes les conditions climatiques dans lesquelles les encroûtements se sont développés restent l'un des éléments majeurs discutés par les chercheurs.

Depuis 1960, A. RUELLAN pensait que l'accumulation de calcaire est le résultat d'un long processus d'apport, au sein d'une altérite ou d'un horizon pédologique de calcaire en provenance de l'amont ; ainsi sa

génèse supposerait un climat suffisamment humide pour que la végétation colonise le sol, et il devrait y avoir également une saison sèche permettant l'évapotranspiration et l'assèchement du profil pour que l'accumulation du calcaire se produise. Par contre sa dissolution dans le milieu d'origine nécessite la présence d'un couvert végétal, fournisseur du gaz carbonique aux eaux de ruissellement pour qu'elles soient agressives.

Les études qui se sont succédées sur le Quaternaire marocain ont lié la morphogénèse à une succession d'oscillations climatiques connues par les "pluviaux" et "interpluviaux" souvent comparés "aux glaciaires" et "interglaciaires" selon la chronologie européenne. Ainsi une période pluviale se caractérise par un refroidissement du climat accompagné d'une pluviométrie plus abondante. Il s'ensuit donc un ruissellement en nappe important, avec d'une part dépôts de pente et formation de glaciaires d'accumulation, d'autre part engorgement des oueds. C'est cette accumulation des débris qui forme la roche-mère des sols développés ultérieurement sous les différents processus de pedogénèse, commandés par le climat, la nature des dépôts et la topographie. Il a été également noté qu'au cours des périodes pluviales, il se produit une régression marine, ce qui entraîne dans les régions côtières, le creusement des oueds et la formation des terrasses "Euslatiques" ces pluviaux sont connus sous les noms suivants, du plus ancien au plus récent : le villafranchien, le salétien, l'amirien, le tensiftien, le soltanien et le rharbien. La chronologie liée aux formations marines n'est pas citée. Il convient de signaler que les conditions climatiques marquant le passage d'un pluvial à un interpluvial ont permis à deux reprises le développement des croûtes extrêmement riches en calcaires, souvent durcies et à faciès non différencié. On distingue : la croûte Moulouyenne, qui coiffe les dépôts de la phase supérieure du Villafranchien, coiffé d'une dalle puissante et très compacte qui se termine par une pellicule rubannée comme le montre la figure 11. La croûte tensiftienne, beaucoup plus mince est de faciès feuilleté.

Un interpluvial serait caractérisé par une élévation des températures et une pluviométrie relativement faible ; ce qui favorise le ruissellement concentré qui ravine les dépôts de pente. Ainsi, dans les régions continentales, les oueds recreusent leurs lits et édifient les terrasses "climatiques". Les matériaux remaniés vont s'accumuler dans la zone côtière où la transgression marine provoque l'engorgement des lits d'oueds.

Il en ressort, en conclusion, que c'est durant la période pluviale fraîche et humide que se produit l'accumulation des débris ; par contre les croûtes et encroûtements calcaires se forment pendant la période où le climat se réchauffe et s'assèche.

Si on compare les "pluviaux" et "interpluviaux" respectivement aux "glaciaires" et "interglaciaires", dans la mesure où la transgression marine résulte de la fusion des glaces sous l'effet du réchauffement du climat, les eaux restituées à la mer engendrent une remontée de cette dernière d'où cette période est caractérisée par une transgression. Cependant on a signalé, notamment dans le Rif, le passage des terrasses continentales aux terrasses marines, ce qui suppose que c'est en période chaude qu'il y a destabilisation des versants à cause de la sécheresse, alors qu'en montagne c'est en phase froide et humide.

C'est pourquoi une hypothèse plus récente a été proposée par G. MAURER et G. BEAUDET, pour les régions où l'altitude est inférieure à 900-1000m. A cette altitude, les périodes fraîches (pluviales) étaient suffisamment humides pour que le couvert végétal soit forestier ; alors que pour les périodes interpluviales, s'y développait une végétation step-pique. Aussi, l'accumulation calcaire pourrait être réalisée dans les sols pendant les pluviaux et les encroûtements seraient développés pendant le passage entre le "pluvial" à "l'interpluvial".

Une étude plus récente, menée par R. LHENAFF (1977), basée sur l'analyse pollinique de la tourbière de Padul dans les Cordillères Bétiques (Espagne du Sud-Est), fait ressortir que c'est pendant les périodes froides que sévissait la sécheresse, et pendant les périodes chaudes que s'établissait une période assez humide à couvert végétal relativement assez dense. Les encroûtements seraient de ce fait engendrés en fin de la période sèche après la mise en place des débris et au moment où le rétablissement de la couverture végétale libère beaucoup de gaz carbonique et augmente l'agressivité des eaux abondantes à travers les horizons du sol, ce qui assure une dissolution active. Les eaux qui s'infiltrant en grande quantité à travers les dépôts détritiques poreux, précipitent d'autant plus de bicarbonate dissous que l'évapotranspiration est forte. Dans ce cas l'accumulation du calcaire irait de pair avec la genèse des sols rouges puisqu'il y aurait simultanément la dissolution des carbonates et l'oxydation. Toutefois, la dissécation du profil nécessaire au développement des croûtes feuilletées, aurait été suffisante pour un couvert végétal relativement dense grâce à l'aridité estivale ; à moins que l'encroûtement ne survienne qu'au moment où la végétation s'éclaircit au début de la phase froide, alors que le climat commence à s'assécher progressivement. Cet encroûtement se réaliserait d'autant plus vite dans ce cas, que le calcaire se serait accumulé en abondance dans le sol grâce à la forte évapotranspiration de la végétation forestière pendant la période chaude et relativement humide qui aurait précédé. Toutefois la solution qui a la préférence de R. LHENAFF est celle qui place l'encroûtement à la transition de la période froide à la période chaude. Toutes les conceptions convergent d'ailleurs vers la même finalité et tentent à la fois de reconstituer les conditions bioclimatiques et d'expliquer la dynamique complexe du calcaire. Il convient de signaler que la rive droite de la basse-Moulouya présente un paysage typique des phénomènes précités. Ainsi, le terrain que j'ai parcouru ne serait qu'une parcelle des vastes étendues précédemment étudiées où toutes les ambiguïtés ne sont pas toujours levées.

CONCLUSION

La ceinture du piémont des Béni-Snassen nord présente une zone de contact entre deux domaines différents : au sud, le massif montagneux à dominante calcaro-dolimitique légèrement aéré à l'Est, et plus vigoureux à l'Ouest ; au Nord une plaine très légèrement ondulée, dominée par le flanc montagnard. Ainsi on serait amené à distinguer un relief où domine l'ablation, débouchant sur la dépression des Triffa siège de l'accumulation.

L'individualisation des deux domaines, comme en témoignent les conglomérats et les passages gréseux à faciès transgressif, aurait été acquise depuis le Miocène inférieur. En effet, les formations conglomératiques qui se limitent aux débouchés des oueds, pourrait prouver que la mer miocène s'est limitée au Piémont ; le redressement des Béni-Snassen serait antérieur et le faciès des dépôts souligne la présence d'un relief énergétique.

Les conglomérats conservés en interfluve entre l'oued Charaf et Aghbal sont légèrement bombés et montrent bien leur discordance sur les marno-calcaires du Dogger. D'autre part, les brèches à matériaux anguleux qui coiffent la dalle calcaire de l'Aalénien au sommet de la colline cotée 313 (x 484 - y 789), en cas de raccordement avec les conglomérats précités confirment les hypothèses de LAQUINA au sujet d'une tectonique post-miocène, responsable du bombement à large rayon du piémont. Celle-ci pourrait être villafranchienne si on peut la raccorder au redressement de la ride d'Oulad Mansour, plus au nord, datée par preuves paléontologiques. La légère ondulation de la région d'Ahfir de l'oued Kiss jusqu'aux buttes situées à l'Est de Draa-Si-Mimoun pourrait laisser soupçonner une étape tectonique de faible amplitude au cours du Quaternaire.

L'évolution géomorphologique de la région semble commandée par plusieurs facteurs, notamment les données morphostructurales et paléoclimatiques. Ainsi, le régime continental fluvio-lacustre est bien attesté par les conglomérats du Miocène et illustre bien les modalités de mise en place des dépôts détritiques qui comblent la plaine. Depuis cette période, l'aplanissement des Béni-Snassen aurait commencé. Les mécanismes d'érosion se manifestent avec une grande variété sur le versant, selon la nature des faciès et de la topographie, et sous les oscillations climatiques qui, s'il est difficile de reconstituer avec précision les différentes étapes de la morphogénèse, on est tenté d'adopter l'hypothèse de R. LHENAFF (1977) dans les Cordillères Bétiques, appartenant à la même zone climatique. Ainsi, on pourrait dire que la morphogénèse de cette région était commandée par une alternance de phases d'intense activité morphogénique et de périodes de stabilité.

- Les phases d'intense activité morphogénique

Elles sont caractérisées par un mode de climat froid et sec, ce qui correspond à une végétation steppique probablement clairsemée d'arbres. Le couvert végétal ne permettant pas une protection efficace du sol et un climat assez froid aurait accentué la gélifraction. L'activité du processus semble également conditionnée par plusieurs critères tels que l'altitude et la nature des roches, ce qui permet d'admettre que la fragmentation aurait touché les calcaires en bancs du Domérien supérieur du fait de leur nature litée et diaclasée, d'autant plus qu'ils sont au sommet de la série, certainement les plus exposés au froid, à une altitude dépassant souvent 700m. Les dolomies demeurées cachées étaient protégées et d'autre part privilégiées par leur structure massive et compacte. C'est donc cette fragmentation qui aurait fourni les débris mobilisés sur les pentes par solifluxion régularisant ainsi les versants, ou véhiculés, par les eaux de ruissellement lors des grandes averses pour édifier les terrasses. L'examen granulométrique des galets qui montre un calibre dé-

croissant du débouché des oueds sur le piémont vers la plaine, peut expliquer que les ruissellements devenaient moins chargés et plus faibles. L'arrivée dans une plaine subsidente implique une réduction de pente qui provoque une accumulation forcée des éléments grossiers au pied des montagnes.

- Les périodes de stabilité

Elles correspondent aux étapes où le climat se réchauffait avec une augmentation relative des précipitations, ce qui permet au couvert végétal de se rétablir. Ainsi, l'activité morphogénétique se stabilisait progressivement et les formes n'évoluaient guère.

Les eaux, armées de gaz carbonique dégagé par la litière du couvert végétal forestier permettaient l'altération des calcaires sur les versants ; une partie du calcaire dissous se précipitait dans les dépôts détritiques d'épandage et les cimentait, la teneur restée en solution dans l'eau ruisselante étant véhiculée vers la plaine.

Ainsi, commençait l'encroûtement qui se poursuivait ultérieurement dans la mesure où ces anciens épandages n'étaient pas démantelés par l'érosion. L'altération des calcaires et probablement aussi leur remaniement exporte les carbonates et engendre les sols rouges fersiallitiques.

Après ces grands événements qui ont forgé le modelé actuel et façonné ses formes, ce dernier est actuellement dépourvu de tout couvert végétal et sous des conditions climatiques aussi sévères que l'intervention anthropique, montre beaucoup d'indices d'instabilité.

2ÈME PARTIE

CONTRAINTES CLIMATIQUES DU MILIEU

INTRODUCTION : STATIONS ET DONNEES METEOROLOGIQUES DE LA BASSE MOULOUYA

Les observations climatologiques sur la basse Moulouya, notamment la plaine des Triffa et son environnement ont commencé avec l'arrivée des Français au début du siècle ; et la création des premières stations météorologiques contrôlées par les services d'aménagement (agriculture, Direction des ressources en eau, les eaux et forêts). Ces stations ont été complétées par des postes d'observations bénévoles dans les formes, disposant généralement d'un pluviomètre. Ainsi, si on se réfère au Tableau n° 1, mis à jour selon les renseignements acquis auprès de la direction des ressources en eau de Berkane (service météorologique), on remarque que la majorité des stations officielles observaient la pluviométrie et les températures, dont 3 seulement sont situées dans le secteur étudié, d'autre part les stations bénévoles sont abandonnées. Bien qu'elles ne soient pas nombreuses, la station de Berkane est la seule qui a fonctionné régulièrement depuis sa création en 1917, les autres stations actuellement en fonction ne donnant des observations continues qu'à partir de 1970. Celles qui se sont équipées récemment enregistrent, l'hygrométrie, l'évaporation, l'insolation et les principales directions du vent, mais depuis peu de temps.

Il serait hasardeux de prétendre faire une étude systématique du climat de la région à partir des deux éléments disponibles, les précipitations et les températures encore douteuses avant 1970. Compte tenu de ces conditions, on peut toutefois observer les données quantitatives pluvio-thermiques fournies pendant les 12 dernières années par 11 stations dont 9 situées sur la rive droite de la basse-Moulouya ; trois seulement de ces dernières enregistrent les précipitations et les températures, les 6 autres postes observant uniquement la pluviométrie. A partir de ces données on peut tenter de tirer les grands traits du climat régional.

Tableau n° 1 : ETAT ET PERIODES D'OBSERVATIONS DES STATIONS
METEOROLOGIQUES SUR LA PLAINE DES TRIFFA ET
SON ENVIRONNEMENT

Station	Alt en m	Début des observations	Observations météorologiques	Etat actuel (Mars 1983)
Berkane T.P	145	1917	Pluv. temp. et hygrométrie	Continue avec station rénovée
Aïn Regada	220	1925	Pluviométrie	Arrêtée
Ahfir	250	1917	Pluvio et temp.	Continue, mauvais état act. T° délaissée
Aïn Almou	1300	1925	Pluviométrie	Continue
Aïn Zerga Fer, Peyret	50	1953	Pluviométrie	Mauvais état jusqu'à 1964, act. entretenue
Boughriba S.E.H.A.	88	1955	Station complète	Continue et rénovée
Ferme BOUTIN	140	1954	Pluviométrie	Arrêtée
Café-maure Ferme VAUTHEROT	-	-	Pluviométrie	Arrêtée
Ferme CHAMPENDAL	194	1932	Pluviométrie	Arrêtée
Ferme HARISDE	100	1956	Pluviométrie	Arrêtée
Madagh C.M.V.	80	1935	Pluvio-temp°	Températures délaissées
Ferme RUFFIE	100	1955	Pluviométrie	Arrêtée
Mechra Hommadi	230	1951	Complète	Continue, rénovée
Saïdia	5	1948	Pluvio et temp.	Continue, act. rénovée
Slimania C.H.A.	-	-	Pluvio et temp.	Transférée à Berkane
Taforalt	850	1950	Pluvio et temp.	Continue, act. complète
Ferme VIC	225	1934	Pluviométrie	Arrêtée

I - UNE PLUVIOMETRIE IRREGULIERE DANS LE TEMPS COMME DANS L'ESPACE

1) Une irrégularité dans le temps

Par sa situation, la rive droite de la basse Moulouya s'insère, selon les normes internationales, dans la zone climatique méditerranéenne, définie grossièrement par des étés chauds et secs, et des hivers doux et humides. L'observation des précipitations à partir des données quantitatives (voir Fig 1), montrent que les premières pluies tombent au mois de Septembre et se prolongent jusqu'en Juin. Les seuls mois presque totalement secs sont Juillet et Août. Ce caractère donne une image déformante de la répartition de l'humidité dans l'année, car en réalité 5 mois seulement, de Décembre à Avril, totalisent plus de 60% des précipitations annuelles. D'autre part le nombre de jours de pluie est de 30 à 50 jours, selon les années. Il est également rare que les jours de pluie soient consécutifs. Toutefois la comparaison des totaux moyens font ressortir une baisse sensible des précipitations d'Est en West et du Nord-Est au Sud-Ouest. Le front Nord montagneux reste la zone la plus arrosée par son altitude et son exposition à la mer. On peut donc constater que la saison humide, si on suit la moyenne annuelle, est de 6 mois de Décembre à Mai, période durant laquelle la région reçoit presque la totalité des pluies ; ce qui devrait correspondre également à la saison végétative. On peut admettre cette idée dans la mesure où les autres éléments tels que, l'évaporation, l'évapotranspiration, l'emmagasinement des eaux dans le sol, font de sorte que le bilan hydrique soit positif. Cela ne pourrait être vérifié car si on observe la courbe des moyennes mensuelles étalées sur plusieurs années, on peut remarquer, qu'il n'existe pas une année type (voir Fig II).

Exemple de Berkane :

Le diagramme pluviométrique de la station de Berkane, montre un régime pluriannuel très perturbé. Dans l'année agricole 1978-79, les précipitations se concentrent entre Janvier et Mars avec une pointe maximale en Février ; mis à part quelques averses d'Automne en Octobre, par ailleurs, les pluies sont négligeables, ce qui implique que 50% des pré-

cipitations ont été reçus durant le seul mois de Février. L'année qui a suivi était plus humide que la précédente, avec deux maximums en Octobre et en Février. En 1980-81, les précipitations ont été réparties sur presque toute la saison dite humide avec un maximum en Janvier, tandis que le mois de Juin, généralement totalement sec, recevait 40mm de pluie. Puis l'année agricole 81-82 apparaît sèche avec des pluies tardives en Mai. Cette irrégularité des précipitations est vérifiée dans toute la région si on considère les cinq stations représentées comme échantillons valables.

Bien que l'irrégularité interannuelle soit l'une des caractéristiques essentielles des climats méditerranéens, sa fréquence semble fort accentuée dans la basse Moulouya, dont la plaine des Triffa serait l'exemple. Ainsi on peut remarquer son ampleur à partir des diagrammes pluri-annuels de la région (Fig 3). Les années successives recevant la même quantité de pluie sont rares. On pourrait en déduire cependant qu'il s'agit d'une succession d'années pendant lesquelles alternent l'humidité et la sécheresse, ou à la rigueur une succession d'années humides et d'années sèches. Toutefois la limite de l'une comme le commencement de celle qui lui succède restent indéterminés.

A partir de ces données, il serait difficile de parler d'une année moyenne de précipitations ; d'autre part, le changement des périodes de pluies au sein d'une même année constitue un handicap pour le couvert végétal, comme sur les zones agricoles non irriguées. Cette irrégularité dans le temps et le reflet de la variabilité de l'état atmosphérique liée au fait que la région subit une dynamique des masses d'air différentes. D'autre part l'altitude et la continentalité joue un rôle important.

2) Une irrégularité pluviométrique dans l'espace

L'observation des moyennes annuelles des 13 dernières années, montrent une baisse nette au fur et à mesure qu'on se déplace d'Est en West et du Nord-Est au Sud-West. La moyenne pluviométrique est de 462mm à Ahfir, 431,2mm à Régada, 4,02mm à Berkane et 285mm à Boughriba située à l'extrême W des plaines des Triffa. D'autre part les précipitations à

Saidia située sur le littoral est de 308mm, Madagh 367mm, Berkane 402mm et Taforhalt 559mm. A l'Ouest de cette zone la sécheresse devient brusquement très sensible. Dans l'étude agronomique de H. EUSCH (1961), la particulière sécheresse de cette zone qui, délimitée au Nord par Madagh, se prolonge tout au long de la Moulouya vers l'amont a été sous-estimée, du fait qu'elle est basée sur des relevés pluviométriques provenant des stations médiocres et incertaines. Quoiqu'il en soit, les chiffres fournis par 5 stations situées dans le couloir pendant les 13 dernières années (voir Tableau pluviométrique n° 2 de Madagh, Aïn Zerga, Aïn Bēīda, Boughriba et Mechra-Hammadi) confirment les hypothèses de H. HEUSCH. Toutefois la zone de Madagh proprement dite ne paraît pas beaucoup influencée car sa pluviométrie est nettement supérieure à celle de Saīdia bien que cette dernière soit située dans la plaine côtière ; sinon, le couloir de sécheresse de H. HEUSCH serait prolongé jusqu'à la côte méditerranéenne. La chute des précipitations paraît liée d'une part à l'existence de la ride d'Oulad-Mansour qui forme une barrière aux influences maritimes et pourrait stopper les masses d'air humides pendant la saison des pluies et empêcher l'influence rafraîchissante de la mer pendant la saison sèche ; d'autre part si on suit ce couloir vers le Sud, on constate qu'il s'ouvre sur le Maroc oriental continental aride dont l'influence se manifesterait en été par les masses d'air chaudes, en hiver par un froid plus accentué. On vérifiera plus loin si les températures confirment ces hypothèses.

3) Durée et intensité des pluies

Il a été noté auparavant que le nombre de jours de pluie par an est faible et varie de 35 à 50 jours. D'autre part il est rare d'observer plusieurs jours pluvieux successifs, bien qu'on ne dispose pas de données portant sur chaque phase pluvieuse ni de l'intensité moyenne des précipitations par heure ou à la rigueur par jour pluvieux. Mais cela peut être déduit du fait que 50% des pluies annuelles peuvent être reçus pendant un seul mois, si on fait confiance aux données chiffrées (voir Fig 2, Berkane 78-79 et 80-82).

Les précipitations tombent sous forme d'averses violentes et courtes: Il s'en suit un ruissellement intense parce que l'eau n'a pas le

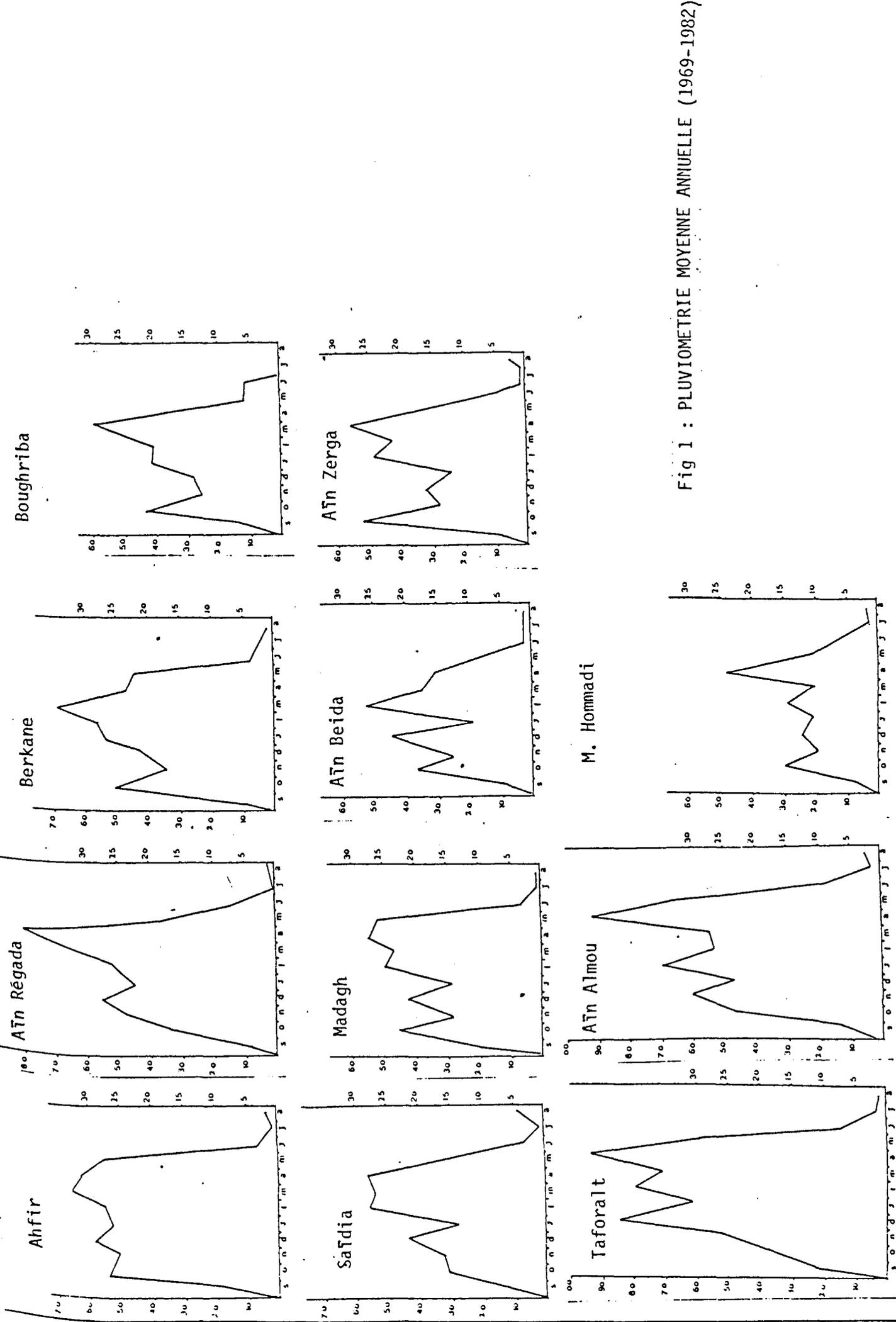


Fig 1 : PLUVIOMETRIE MOYENNE ANNUELLE (1969-1982)

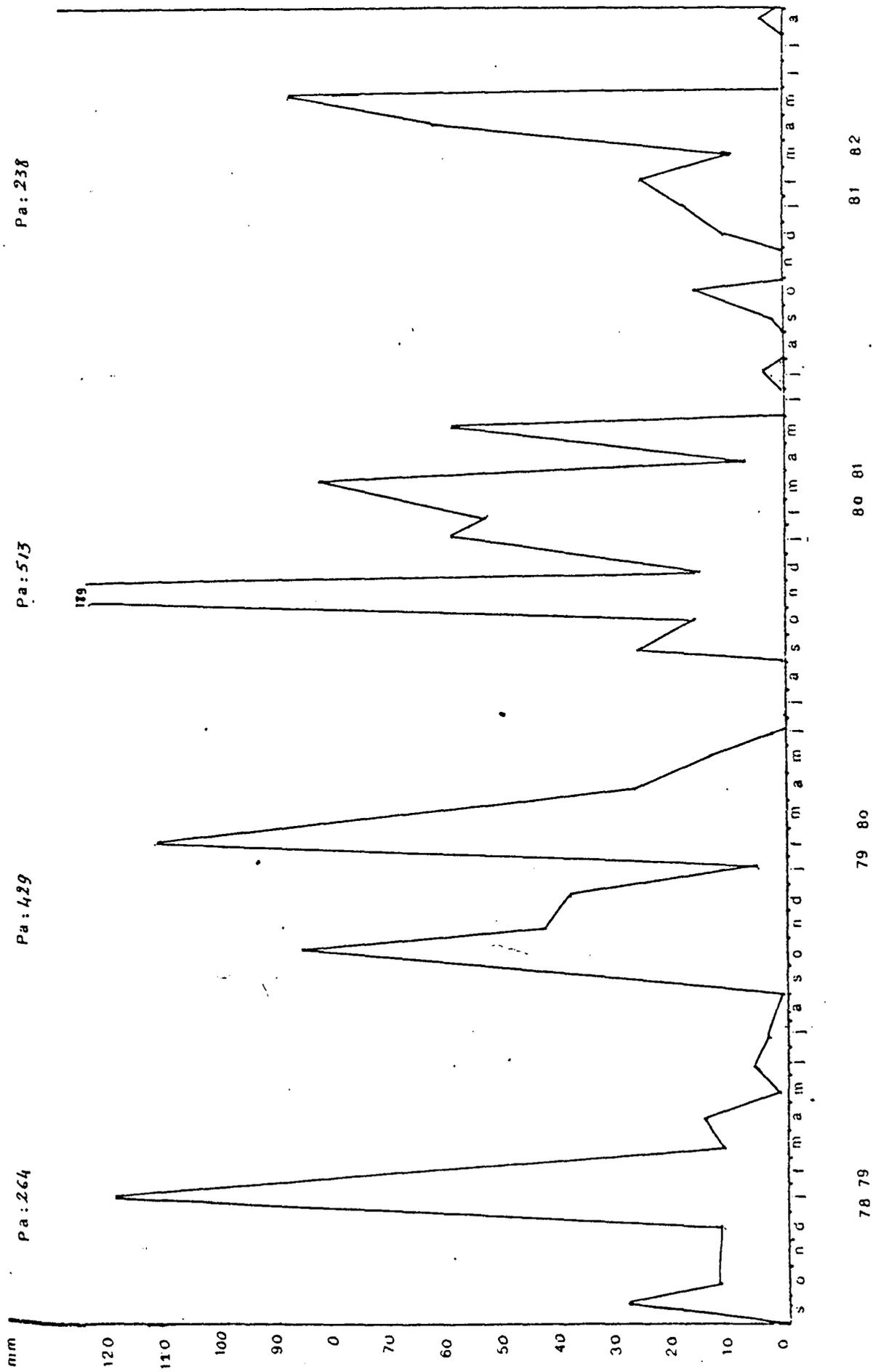


Fig 2 : STATION D'AHFIR : PLUVIOMETRIE PLURIANNUELLE

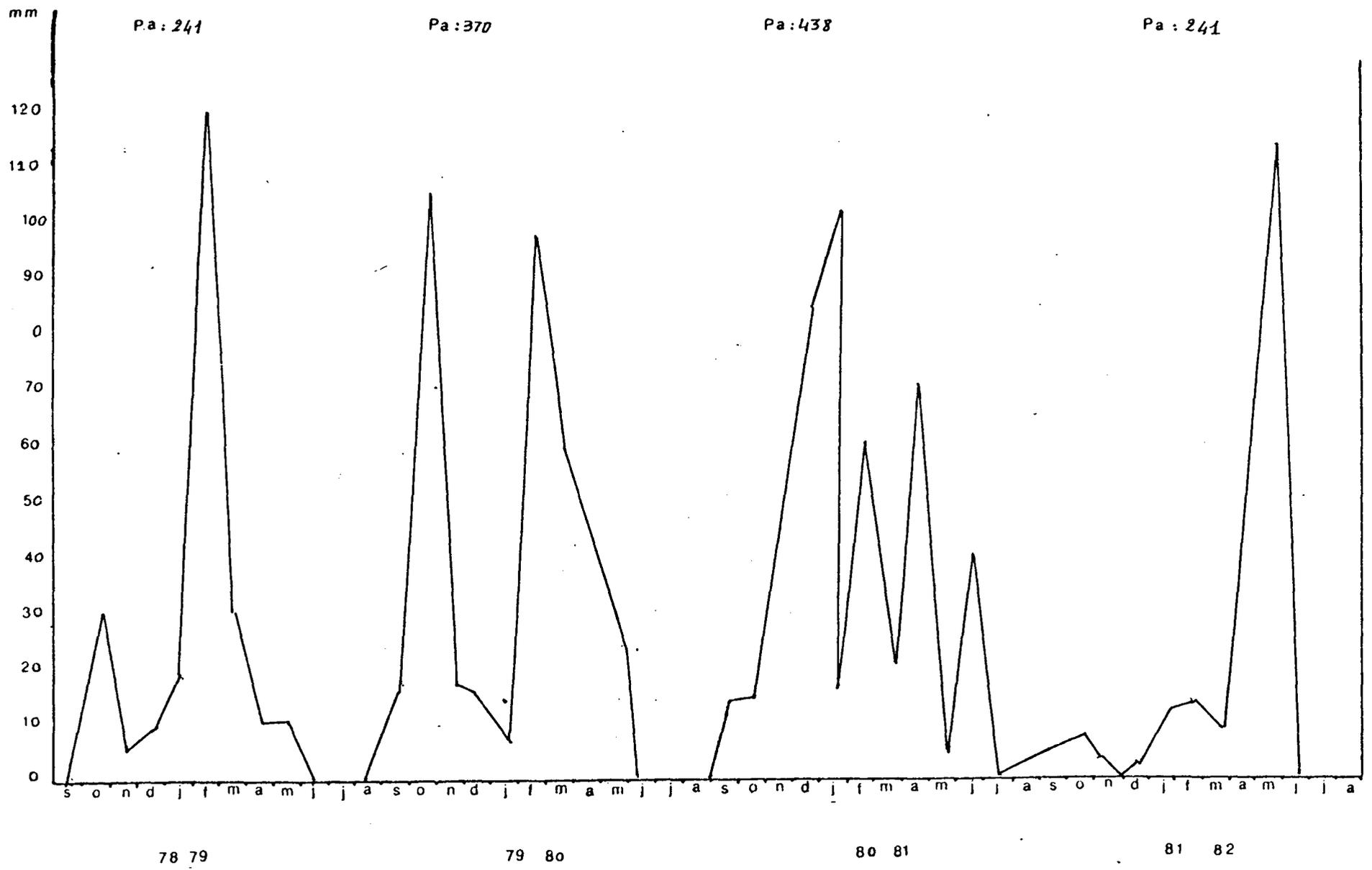


Fig 2 : STATION DE BERKANE : PLUVIOMETRIE PLURIANNUELLE

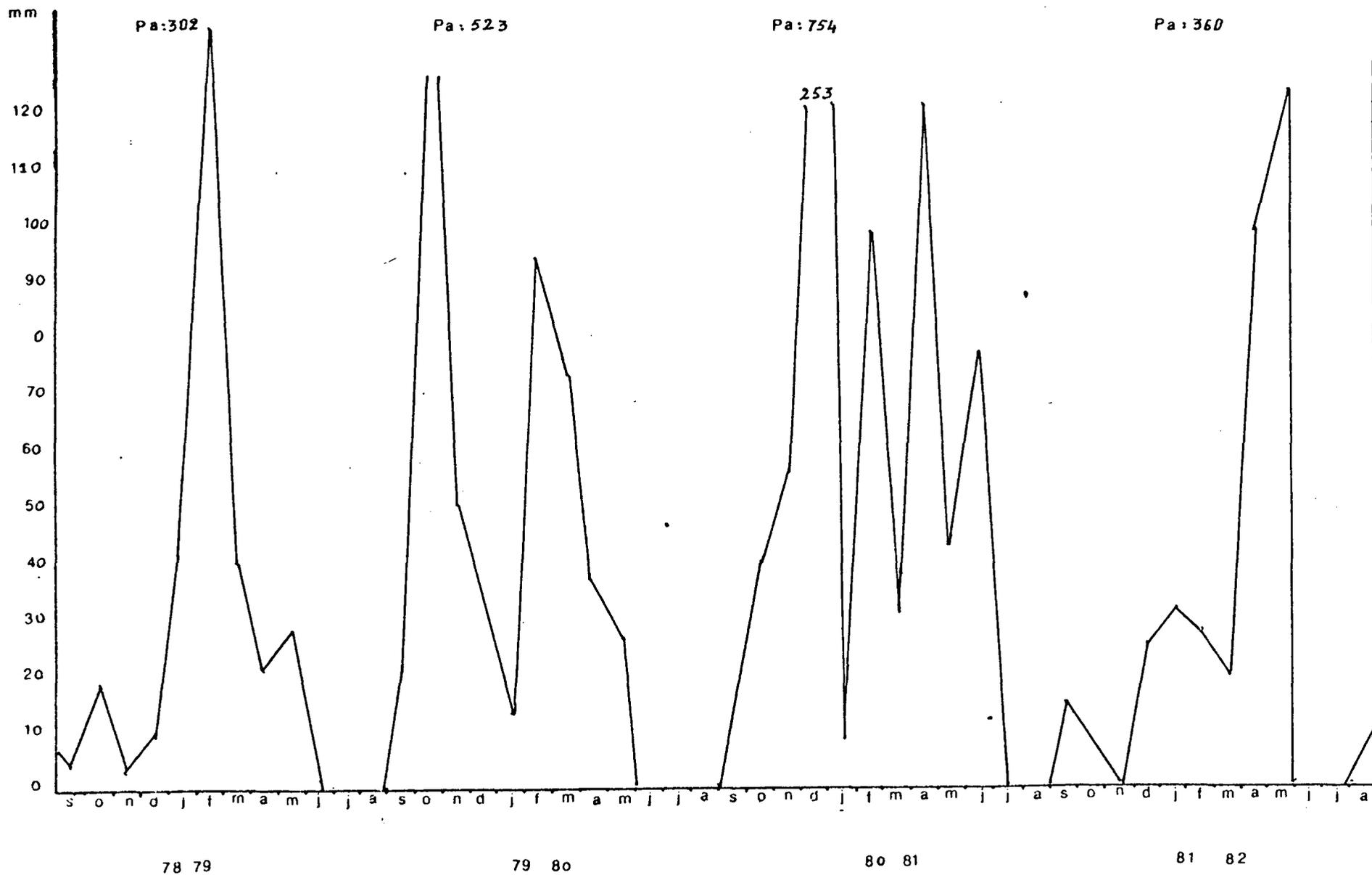


Fig 2 : STATION DE TAFORALT : PLUVIOMETRIE PLURIANNUELLE

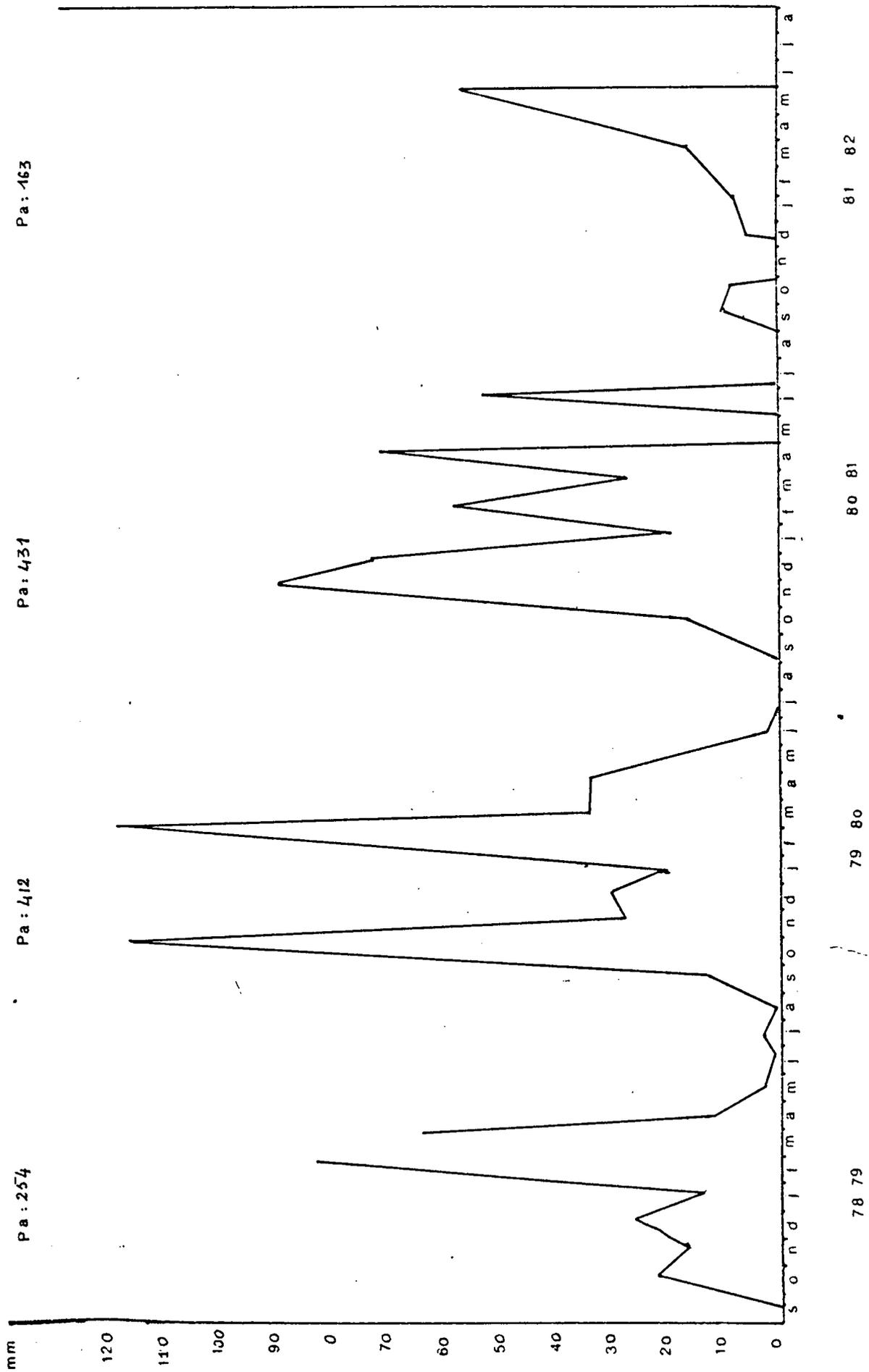


Fig 2 : STATION DE SAIDIA : PLUVIOMETRIE PLURIANNUELLE

mm

Pa : 205

Pa : 327

Pa : 450

Pa : 227

120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

s o n d j f m a m j j a s o n d j f m a m j j a s o n d j f m a m j j a s o n d j f m a m j j a

78 79

79 80

80 81

81 82

BU
FILE

Fig 2 : STATION DE BOUGHRIBA : PLUVIOMETRIE PLURIANNUELLE

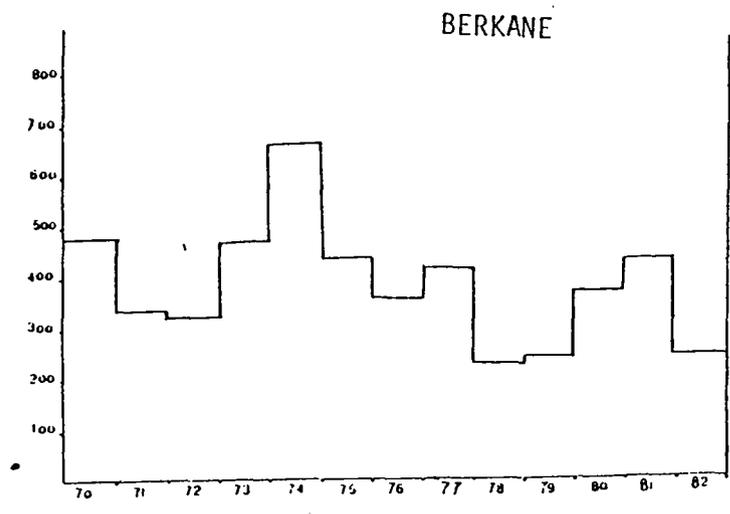
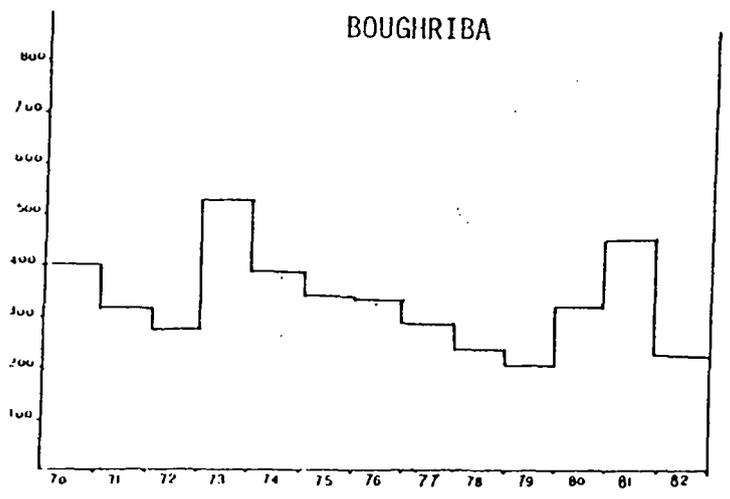
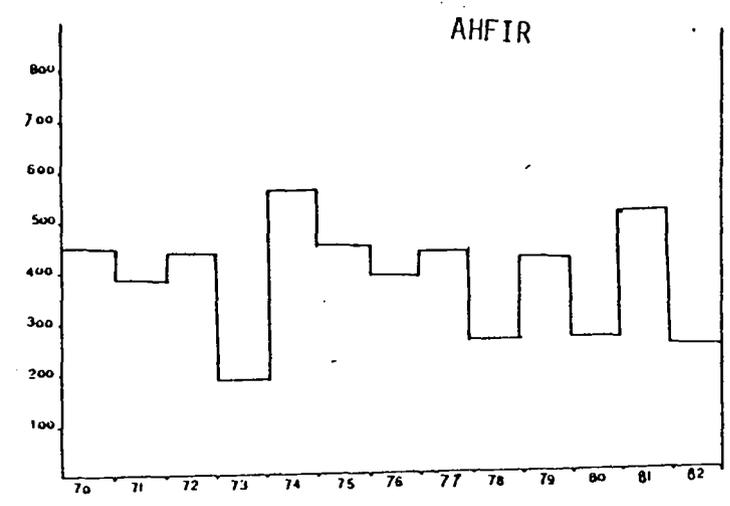
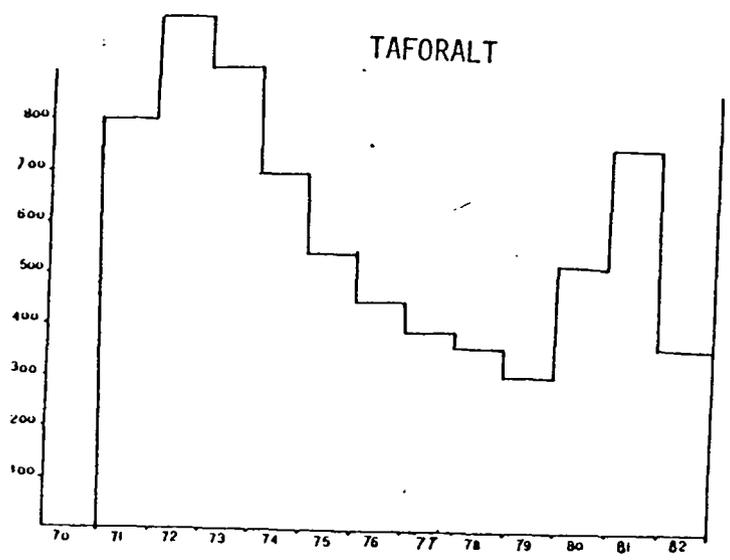


Fig 3 : L'IRRIGULARITE PLUVIOMETRIQUE INTERANUELLE

temps de s'infiltrer même sur les sols perméables dont l'horizon supérieur est vite saturé en surface particulièrement sur le cas du flanc montagneux. Il en résulte un ruissellement diffus, rapidement concentré par la topographie dans les Chaaba qui débouchent ensuite sur les oueds et engendrent souvent des crues catastrophiques bien que la pluviométrie soit modeste. Ainsi, on peut citer l'exemple de l'oued Kiss en 1963-1964 : alors que les précipitations ont atteint 816mm à Ahfir, Régada 532, Berkane 718mm, les crues du Kiss ont emporté deux ponts en béton armé, celles d'Ahfir et de Mersa-Belmhidi reliant Saïdia à Dorsay, située sur le même oued. Ce régime de pluie a pour conséquence une grande perte d'eau par ruissellement. Une étude pédoclimatologique dans la plaine de Zebra, dont les sols ne sont pas cultivés, ni irrigués et avec une pente de 1%, a abouti à des résultats étonnants. A titre d'exemple en Avril 1962, à la suite d'une pluie de 60mm, soit 600m³ par ha, n'ont été emmagasinés que 300 à 350m³ ; presque 50% des eaux ayant ruisselé, 17 jours après il ne restait qu'environ 100m³ deux autres tiers ayant été évaporés. De plus l'eau n'a pénétré que sur 40cm de profondeur ; au-delà de 60cm, l'humidité n'a pas été accrue de plus de 1%, ce qui prouvait que les eaux de pluies n'ont pas percolé au-delà de 40cm. Cela autorise à dire que la pédosécheresse est encore plus accentuée.

L'étude phytosociologique de Persoglio menée sur la plaine des Triffa aurait certainement apporté d'autres précisions ; malheureusement ce travail est resté inachevé à cause de sa mort.

II - LES TEMPERATURES SONT BEAUCOUP PLUS CONSTANTES QUE LES PRECIPITATIONS

Lorsqu'on observe les valeurs numériques recueillies sur cinq stations dont 3 seulement situées dans la région en question, Saïdia sur la côté, Berkane sur le piémont, Taforhalt sur la montagne, on peut constater en premier lieu que les températures sont beaucoup plus stables que les précipitations. Les moyennes annuelles calculées sur 12 années montrent que les températures diminuent de Berkane (17,8°) vers la cuvette de Madagh et Saïdia (15,2°c), ainsi que vers la montagne Taforhalt (14,5°) ; cependant elle augmente de Saïdia vers Mechra Hommadi (18,3), en passant

par Boughriba (17°). L'écart thermique entre les stations comparées ne paraît pas important, mais en fait la fréquence thermique est beaucoup plus accentuée si on se réfère aux Tableaux des températures de chaque station :

1) Les températures maximales en été

Les moyennes mensuelles de 12 années successives montrent que le mois le plus chaud est Août ou Juillet (voir Tableau 3 : Températures de chaque station). Ainsi ces moyennes réunies tranchent nettement en faveur d'Août sauf dans la station de M. Hommadi qui garde Juillet comme mois le plus chaud.

Tableau n° 4 : MOYENNES DES TEMPERATURES DES MOIS LES PLUS CHAUDS
1970-1982

Stations	JUILLET			AOUT		
	maxi.	mini.	moy.	maxi.	mini.	moy.
Saïdia	26,9	12,9	19,6	28,4	15,7	22
Berkane	29,6	19,8	24,7	30	19,7	24,8
Taforhalt	26,9	16,6	21,7	27,8	17,1	22,4
Boughriba	29,5	17	23,2	31,9	19,9	24,9
Mechra Hommadi	33,2	19,2	26,2	32,7	23	27,8

De nouveau, il s'observe que les températures sont presque identiques à Saïdia et Taforhalt, chose normale puisque le littoral subit l'influence maritime ; au centre de la plaine, la chaleur s'accroît de nouveau jusqu'au piémont, puis elle s'abaisse avec l'altitude. D'autre part une augmentation sensible se fait de la côte vers Boughriba et Mechra Hommadi, où la variabilité paraît due à la continentalité. Il convient de signaler que l'amplitude entre minima et maxima mensuels de chaque station reste négligeable. D'autre part l'écart interstations n'est pas évocateur du couloir de sécheresse délimité par H. HEUSCH (1961), et qui s'étend de Madagh

jusqu'à Mechra Hommadi ; la légère différence thermique que l'on constate entre les stations s'échelonne selon un seul critère : la continentalité, c'est-à-dire qu'au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la côte méditerranéenne, plus la température augmente pendant la période chaude, si du moins l'altitude ne rentre pas en jeu comme c'est le cas dans la plaine des Triffa. D'ailleurs même les températures sur lesquelles s'est basé HEUSCH le confirment ; si on prend les moyennes des maxima au mois le plus chaud Août :

BERKANE, 1925-30 et 32-56	26°c
BOUGHRIBA, 1955-1961	26,5
MADAGH 1955, 1959	25,8

on constate d'abord que la baisse des températures entre ces données et celles déduites recueillies récemment, serait due à la mise en eau du périmètre des plaines des Triffa (y compris Boughriba) après 1962, ainsi qu'à la remontée de la nappe phréatique qui est à -5m du sol sur plus de 60 km² actuellement alors qu'en 1962, elle était réduite à 3 km² seulement. L'irrigation diffuse en été, et la remontée de la nappe au cours des 12 années dernières pourraient être responsables de cette baisse légère des températures. D'autre part on constate que Boughriba et Berkane ont des valeurs thermiques identiques bien que la première ait été classée dans la zone de la sécheresse et que la deuxième n'en fasse pas partie ; par contre la légère baisse des températures de Madagh résulterait de sa situation proche de la mer.

Le deuxième critère est celui de l'altitude. Il est évident si on compare les températures de Berkane (altitude 145m) et de Taforhalt (850m), voir Tableau 6, Fig 4).

2) Les températures minimales en hiver

La moyenne des minima du mois le plus froid est, cette fois-ci, incontestablement Janvier dans toute la région, comme le montre le Tableau n° 5. Ainsi, on peut constater que les hivers ne sont pas rigoureux mais on peut dire empiriquement et bien qu'on ne dispose pas de données thermiques journalières, que les hivers sont marqués par une instabilité de température journalière.

Il se produit rarement dans cette région d'invasion froide due à l'incursion des masses d'air polaire, alors que des vents chauds d'origine méridionale l'envahissent souvent même en Janvier. Les moyennes de températures dans le Tableau ci-dessous, évoquent le même régime que celles des maxima du mois le plus chaud.

Tableau n° 6 : MOYENNE DES TEMPERATURES DU MOIS LE PLUS FROID
1970-1982

Stations	JANVIER		
	maxi	mini	moy
Saïdia	15,7	3,9	9,8
Berkane	17,9	6,4	12,1
Tafoghalt	14,5	5	9,5
Boughriba	17,6	3,7	10,6
Mechra-Hommadi	18,2	6,2	12,2

Cependant on pourrait remarquer une anomalie particulière si on compare la station de Saïdia à celle de Tafoghalt, la moyenne minima est inférieure dans la 1ère bien qu'elle soit à 3m d'altitude et à 10m de la côte par rapport à Tafoghalt située à 850m d'altitude sur le versant Nord des Béné-Snassen, ce que n'explique pas l'influence maritime qui devrait au contraire augmenter relativement les températures de Saïdia par rapport à celles de Tafoghalt, marquée par la continentalité et la forte altitude. Si on fait confiance aux données thermiques, on peut admettre que la température fraîche de la plaine est due probablement au glissement des masses d'air froid et lourd des hauteurs vers la plaine, d'où les températures minimales moins élevées en plaine que sur les sommets où l'air, saturé de vapeur d'eau, capte plus d'énergie solaire. On peut également noter l'emplacement de la station de Tafoghalt : celle-ci se trouve dans une vallée protégée par ses versants, et le couvert forestier doit ralentir la circulation des vents et créer un climat local qui n'est pas représentatif

de tout le flanc montagneux. Sinon comment peut-on admettre une température plus chaude dans le flanc montagneux où la neige séjourne plusieurs semaines pendant ce mois, notamment à Tafoghalt par rapport à celle de Saïdia située sur la Méditerranée ?

L'observation des thermogrammes (Fig 4) montre que les températures du mois le plus froid sont toujours au-dessus de 0° dans toutes les stations. Bien qu'on ne dispose pas des chiffres sur les minima journaliers absolus, on peut confirmer que les gelées sont fort possibles dans toute la région, mais avec beaucoup de prudence dans la bande côtière de Saïdia. D'autre part, l'amplitude entre les moyennes des minima et moyennes des maxima, pourrait prouver les caractéristiques d'un climat méditerranéen à tendance continentale (voir Tableau n° 7), récapitulatif des écarts.

L'observation des températures mensuelles, fait ressortir nettement le grand écart qu'il y a entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid, écart encore renforcé avec la continentalité.

Tableau n° 7 : TEMPERATURES DE LA RIVE DROITE DE LA BASSE-MOULOUYA
1970-82

- 1 - Moyenne mensuelle du mois le plus chaud
2 - Moyenne mensuelle du mois le plus froid
3 - Moyenne annuelle

Stations		1	écart	2	écart	3
Berkane	maxi	30	12,1	17,9	5,2	23,1
	mini	19,7	13,3	6,4	6,2	12,6
	moy	24,8	12,7	12,1	5,7	17,8
Saïdia	maxi	28,4	12,7	15,7	5,8	21,5
	mini	15,7	11,8	3,9	5,1	9
	moy	22	13,2	9,8	5,4	15,2
Tafoghalt	maxi	27,8	13,8	14	4,8	18,8
	mini	17,1	12,1	5	5,3	10,3
	moy	22,4	13,9	9,5	5	14,5
Boughriba	maxi	31,9	14,3	17,6	6,1	23,7
	mini	19,9	16,2	3,7	6,6	10,3
	moy	24,9	14,3	10,6	6,3	17
M. Hommadi	maxi	33,2	15	18,2	6,3	24,5
	mini	19,2	13	6,2	6	12,2
	moy	27,8	15,6	12,2	6,1	18,3

1-moy des T° du mois p.c

2-moy des T° du mois p.f

3-moy annuelle 1970-82

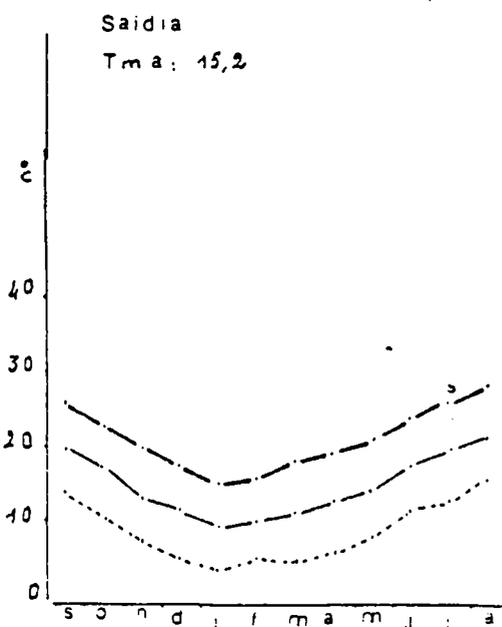
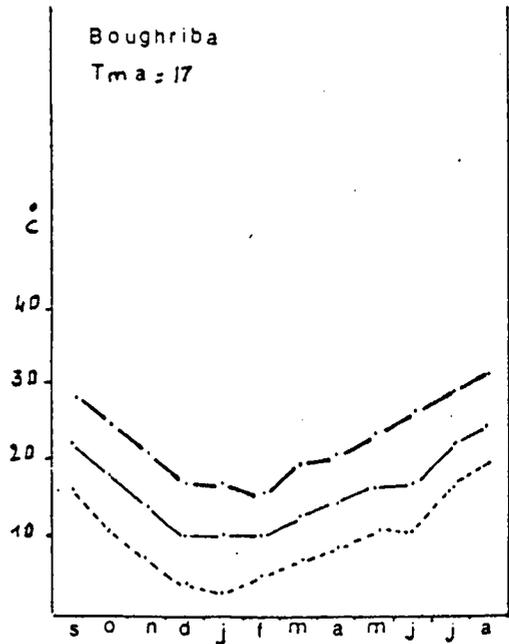
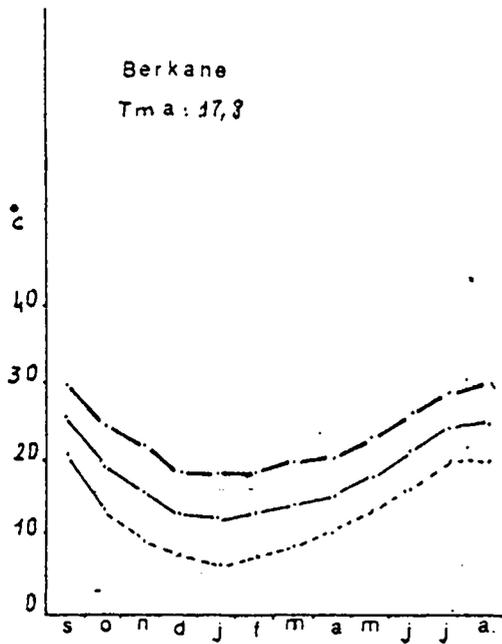
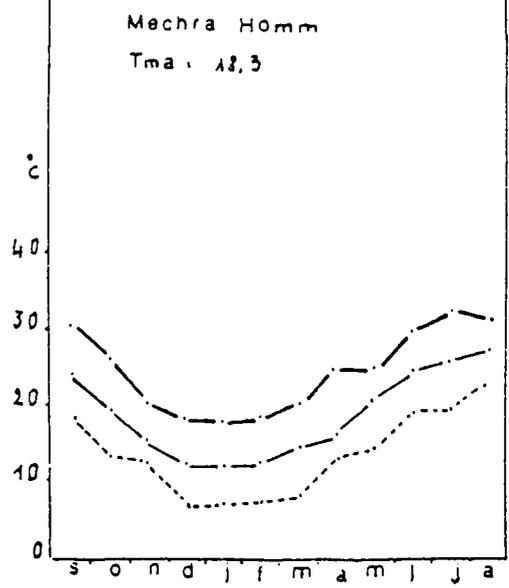
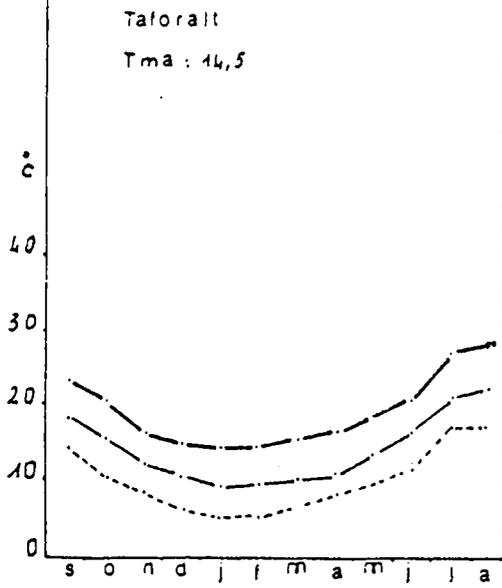


Fig 4 : MOYENNES MENSUELLES
DES TEMPERATURES (1970-1980)

 Mensuelle maxima moyen
 Moyenne mensuelle
 Mensuelle minima moyen

T.m.a : Température moyenne mensuelle

La saison végétale très courte donne également une idée sur l'évapotranspiration. Une étude phytosociologique menée par PERSOGLIO (1962) avait nettement fait ressortir que dans la plaine de Zebra (Rive gauche), la sécheresse de l'air est très forte, surtout dans le centre de la plaine ; une certaine humidité nocturne permet cependant à certaines plantes de subsister. Rappelons que les Triffa ne sont séparées avec la plaine de Zebra que par l'oued Moulouya.

3) Les vents

On dispose de très peu de renseignements sur les vents dans la région. A Boughriba un anémo-girouette a fonctionné de Juillet 1960 à Décembre 1961, puis un anémomètre enregistreur pendant quelques mois en 1962 donnent les quelques caractéristiques suivantes :

- Toute l'année et tous les jours un vent, rarement très violent, se lève vers 10-11h du matin et se poursuit jusqu'à 22-23h. Sa vitesse maximale a été observée généralement l'après-midi.

- En ce qui concerne la direction de ces vents, il semble que dans l'ensemble de la région les vents les plus dominants soient ceux du N.N.E. et du N.E. Les vents les plus violents soient du Sud-Ouest. Ils sont chauds et secs et soufflent sur une courte durée, jamais plus de un à deux jours par an. L'observation des vents est bien limitée dans l'espace et dans le temps pour en tirer une conclusion assez précise. Toutefois il est sûr que la région subit en été un vent chaud et sec soufflant du Sud, son influence est beaucoup modifiée par les Béni-Snassen jouant le rôle de barrière. En hiver, les vents soufflent du Nord, sont frais et humides et responsables des précipitations.

III - COMBINAISON DES PRECIPITATIONS ET TEMPERATURES A PARTIR DES INDICES CLIMATIQUES

Il est tenté dans ce paragraphe de combiner les deux éléments disponibles du climat afin de dégager les caractéristiques générales du climat de la région en fonction de la variation des précipitations et températures au cours de l'année. Cette analyse demeure grossière faute d'au-

tres données qui pourraient déboucher sur des résultats plus fins.

1) Classification de F. JOLY

La subdivision climatique de F. JOLY est fondée sur le principe de l'aridité croissante, à partir duquel on peut distinguer des étages bioclimatiques méditerranéens, aride, semi-aride, et sub-humide.

Il ressort des indices climatiques que la rive droite de la basse-Moulouya s'intègre dans une zone climatique à caractère semi-aride. Cependant si on suit F. JOLY (1957) un climat semi-aride est sans réserve d'eau souterraine permanente, non plus que d'écoulement perenne. La végétation paraît donc nourrie directement par les pluies et éventuellement des nappes temporaires formées pendant la saison humide et disparaissent dans la période sèche. Les cultures sont praticables sans irrigation pour les plantes résistantes et l'arrosage est souvent nécessaire. Le couvert végétal est ouvert sans arbres ; la formation caractéristique serait la steppe. Ainsi si on ajoute quelques éléments introduits dans cette description par J. TRICART (1969), telle que l'existence d'une nappe phréatique liée aux conditions géologiques favorisant le stockage d'eau dans une roche ou formation épaisse et fortement *diacrasée* - le cas des Béni-Snassen serait ici un exemple - on constate que la région en question porte presque des caractères fort semblables.

2) L'indice d'aridité de E. DE MARTONNE

La formule mise au point par E. DE MARTONNE pour délimiter les divers étages du climat se présente sous la forme suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10} \quad \text{pour l'année} \quad \text{et} \quad \frac{12p}{t + 10} \quad \text{pour un ou plusieurs mois}$$

déterminés, où

P est la pluviométrie totale annuelle

p : la pluviométrie totale mensuelle

T : la moyenne mensuelle de température

Ainsi l'indice, décroît avec l'aridité et croît avec l'humidité. Une région ou période est considérée comme aride lorsque le rapport est compris entre 5 et 10, et semi-aride lorsqu'il est > 10 . TRICART (1969) à qui on a emprunté ces données n'a pas précisé la limite supérieure de la période semi-aride qui pourrait être aussi le début d'une période sub-humide.

Cet indice calculé pour cinq stations à partir des moyennes pluviio-thermiques 1970-1982, fait ressortir les caractères suivants :

Tableau n° 9 : INDICE D'ARIDITE DE E. DE MARTONNE

Station	Pmm	T°c	indice	étage climatique
Taforalt	559,2	14,5	22,8	?
Berkane	402	17,8	14,4	semi-aride
Saïdia	308	15,2	12,2	semi-aride
Boughriba	285,6	17	10,5	semi-aride
M. Hommadi	226,4	18,3	8	aride

3) Le quotient pluviométrique d'EMBERGER : Fig 5

Les types de climats peuvent être définis selon EMBERGER par la combinaison des données thermiques et pluviométriques dans le rapport suivant :

$$Q = \frac{P}{\frac{M + m}{2} \times (M - m)} \times 1000$$

ou P : est la pluviométrie moyenne annuelle

M : moyenne des températures maxima du mois le plus chaud
en degrés absolus = $273,2$

m : moyenne des températures minima du mois le plus froid
en degrés absolus.

La formule appliquée à 5 stations, dont on dispose des données nécessaires, donne les quotients suivants :

Tableau n° 10 : QUOTIENT PLUVIOTHERMIQUE D'EMBERGER

Stations	M°	m°	Pmm	Q
Berkane	30,1	5,6	402	56,6
Saïdia	25,8	3,6	308	45,9
Tafoghalt	27,9	3	559,2	84,4
Boughriba	32	4,1	285,6	35,2
M. Hommadi	33,8	5,6	226,4	34,5

Le quotient rapporté sur le graphique n° 1 en fonction de la moyenne des températures minima du mois le plus froid, amène à situer le flanc nord des Beni-Snassen dans l'étage bioclimatique sub-humide, avec un hiver tempéré. La plaine des Triffa, la plaine côtière de Saïdia et le piémont sont insérés dans l'étage semi-aride. La région de Boughriba et Mechra-Hommadi est classée aride avec des hivers légèrement chauds par rapport à l'ensemble.

Il serait souhaitable d'appliquer les indices de THORNTHWAITE qui pourraient montrer d'autres points de vues à partir de la notion d'évapotranspiration ; bien que ces indices soient discutés pour la région méditerranéenne. Toutefois les données font défaut.

4) Application de la formule de GAUSSEN modifiée par PUJOS : Fig 5

Le principe des diagrammes ombro-thermiques est de synthétiser les deux éléments du climat : températures et précipitations, et d'observer leurs interrelations dans un même endroit et au cours de la même période. A partir de la convention $P = 2T$ selon GAUSSEN, on est amené à définir une période sèche lorsque les précipitations exprimées en mm sont inférieures au double de la température en degrés centigrades. La période humide est donc le contraire. Les modifications apportées admettent qu'une période est considérée comme sèche lorsque sa pluviométrie moyenne, mensuelle exprimée en mm est inférieure à la somme des températures minima

et maxima mensuelles, exprimées en degré centigrade. Ces diagrammes permettent aussi de mettre en évidence les périodes chaudes de l'année, celles au cours desquelles la moyenne des minima journalières est supérieure à 10°C, ainsi que la période la plus chaude où la température excède 30°C. On peut souligner à partir de ce concept même les minima absolus de la période la plus froide, ainsi que les maxima absolus de la période ou mois le plus chaud.

L'examen des diagrammes pluviothermiques des cinq stations de la rive droite de la basse-Moulouya, établis selon les données des 12 dernières années, dégage les caractéristiques suivantes :

- dans la plaine littorale (voir Fig 5 diagramme de Saïdia) la période humide est localisée entre Novembre et Mai ; ainsi elle s'étend sur 7 mois avec un maximum de précipitations en Décembre, puis après une chute des pluies en Janvier, Février, Mars, Avril et Mai. Selon le diagramme, la saison sèche s'étend du mois de Juin jusqu'à Octobre, période pendant laquelle les températures maxima sont observées en Août. Les minima de Janvier sont inférieurs à 5°C ce qui n'exclut pas la gelée. Lorsqu'on se dirige vers le Sud on remarque que Berkane a les mêmes caractéristiques de Saïdia, bien que la première se trouve sur le piémont à 20km de la côte ; pourtant la température du mois le plus froid y reste supérieure à 5°C. Une augmentation d'humidité se marque nettement sur le flanc montagneux comme le montre le diagramme de Tafaghalt ; c'est dans cette région que la saison humide est la plus longue et aussi la plus marquée avec près de 8 mois, alors qu'à Boughriba elle ne dure que 6 mois et à Mechra-Hommadi 4 mois environ. On note que parfois dans ces deux dernières stations les mois de la période dite humide sont souvent très proches de la sécheresse et que des périodes sèches sont aussi très chaudes. Les températures minima du mois le plus froid restent supérieures à 6°C, cela pourrait être dû aux masses d'air chaud qui envahissent la région souvent même en hiver. Leur influence se sent aussi dans la plaine des Triffa centre et sont peut-être bloquées au Nord par la ride d'Oulad-Mansour, ce qui pourrait expliquer le comportement particulier des températures dans la région de Boughriba et Mechra Hommadi en hiver. Si on revient à la formule de GAUSSEN $P = 2T$ (voir carte), on remarque toutefois que la classification des

périodes sèches et humides reste la même. Le climat de cette région serait encore plus sec, si on lui applique la formule de BIROT (1964) par laquelle on peut déterminer un mois sec lorsque $P < 4T$, un mois est considéré comme humide dans le cas contraire, ainsi BIROT serait peut-être plus généreux avec la sécheresse et sévère avec l'humidité d'une région.

CONCLUSION

La rive droite de la basse-Moulouya, largement ouverte sur la Méditerranée appartient au milieu climatique méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers humides et doux. Bien qu'elle présente des traits conformes à ces caractéristiques, la zone en question semble avoir ses propres particularités. Il convient de signaler d'abord une hétérogénéité remarquable et souvent complexe : ainsi peut-on difficilement délimiter la saison humide ? Si on observe les périodes de précipitation sur plusieurs années consécutives, les pluies peuvent être concentrées dans un seul mois ou deux, ceux-ci n'étant pas forcément humides toutes les années. Malgré des pluies parfois importantes mais qui coïncident avec une période de fortes températures ou des vents chauds ce qui accélère l'évapotranspiration, l'eau qui a échappé au ruissellement est rapidement évaporé et le terrain perd les réserves emmagasinées.

La succession de plusieurs années sèches, ou au contraire humides constitue une contrainte importante qui pourrait remettre en cause toutes les définitions tirées des différents indices appliqués ; car il est difficile d'insérer dans un étage bioclimatique aride, semi-aride ou sub-humide une région dont on sait qu'elle pourrait être classée d'une année à l'autre dans chacun de ces étages. Du moins est-elle caractérisée par un climat méditerranéen variable à tendance aride ? Car on est dans une zone de contact entre deux masses d'air antagonistes : une masse froide au Nord qui envahit la région, en principe, en hiver et au printemps et qui est responsable des précipitations ; les vents secs et chauds en provenance du Sahara en été d'où la sécheresse et la hausse des températures. Le caractère climatique est variable selon la dominance de l'une ou de l'autre et de celle qui pourrait persister le plus pendant une durée indéterminée.

A partir de ces observations, on peut dire que la région se trouve dans une zone menacée de sécheresse à n'importe quelle période de l'année. Un potentiel permanent d'eau d'irrigation est donc nécessaire pour intervenir quand il le faut sur toute la rive de la basse-Moulouya afin d'assurer un cycle végétal normal.

Fig 5 : Quotient pluviométrique d'EMBERGER

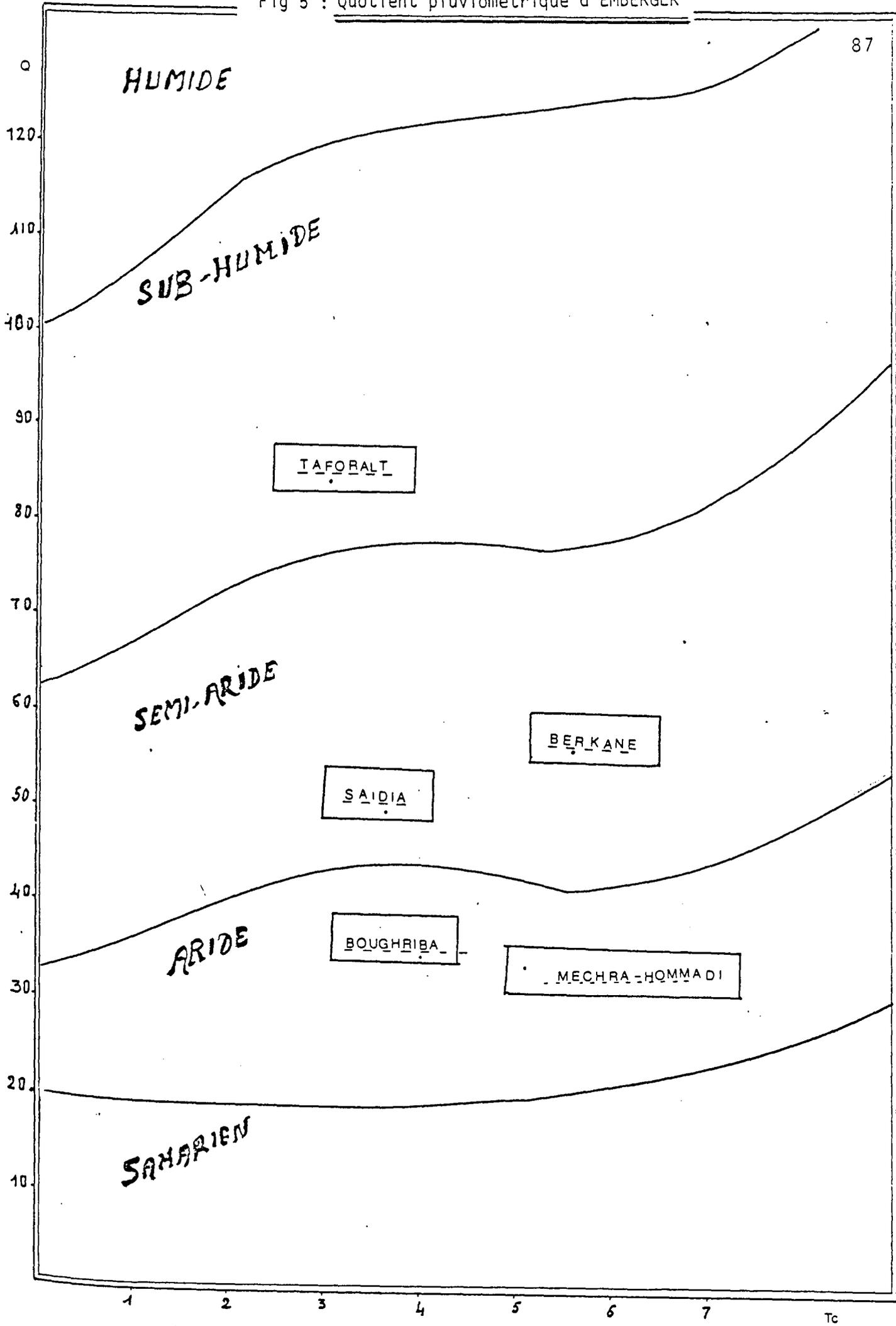


Fig 6 : Diagramme pluviothermique de Taforalt

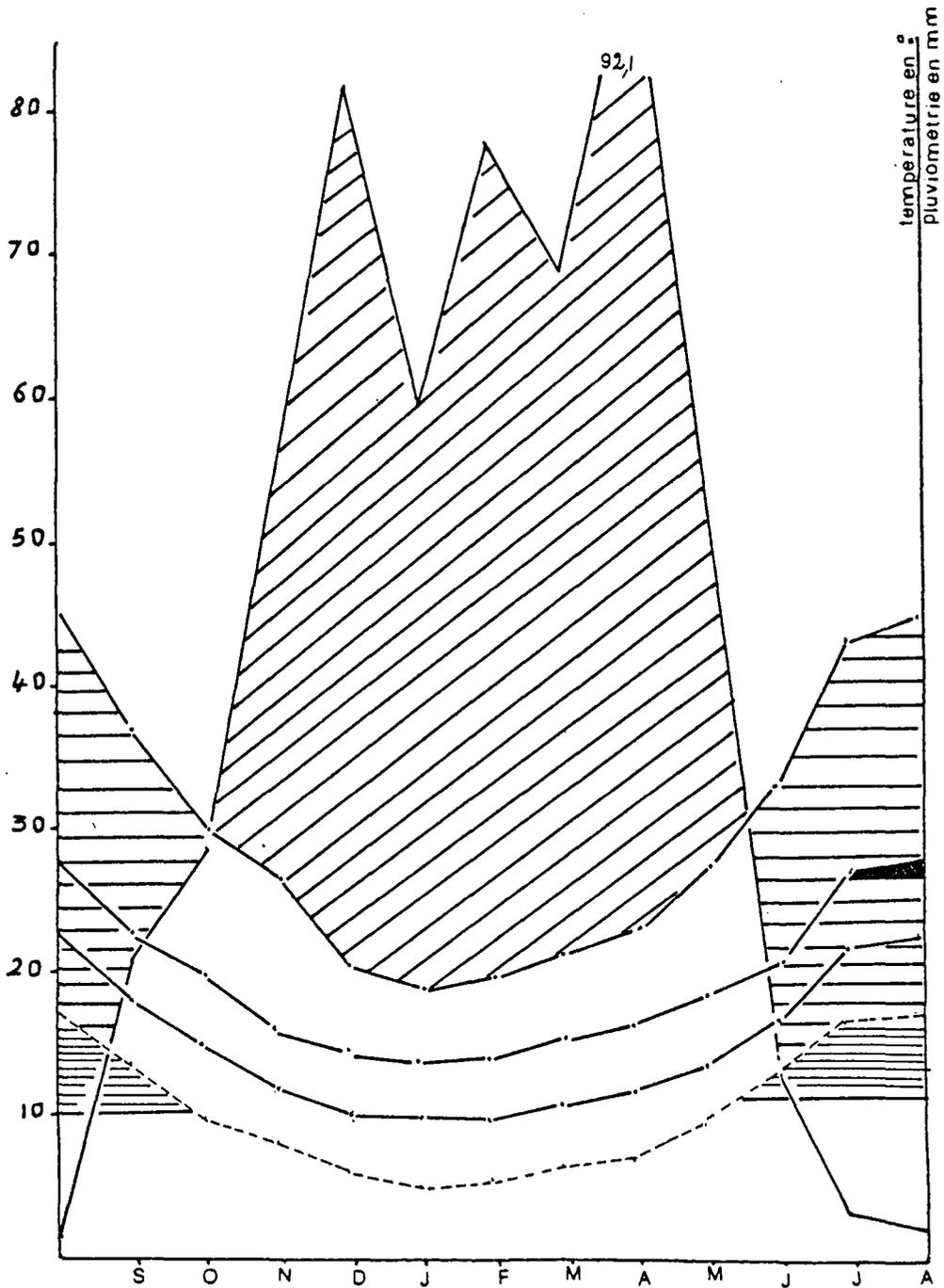
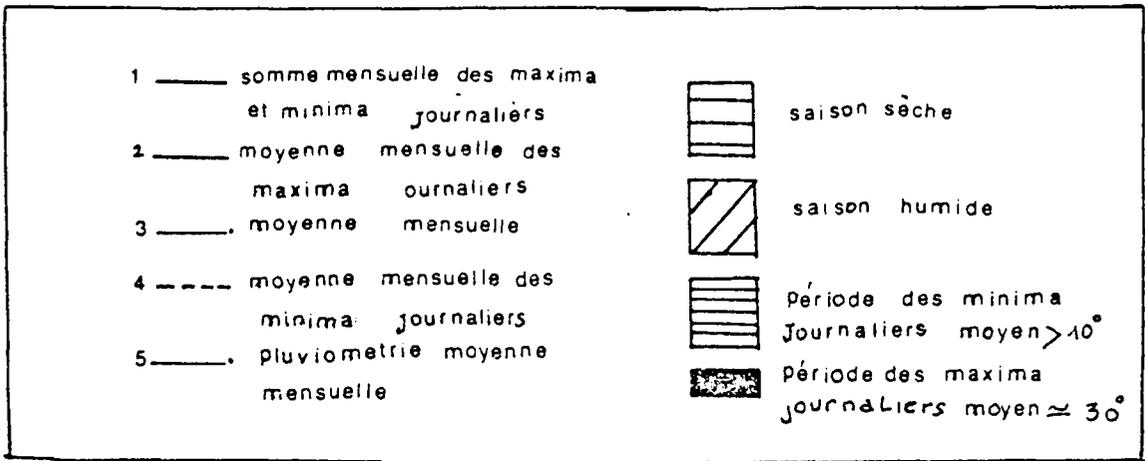
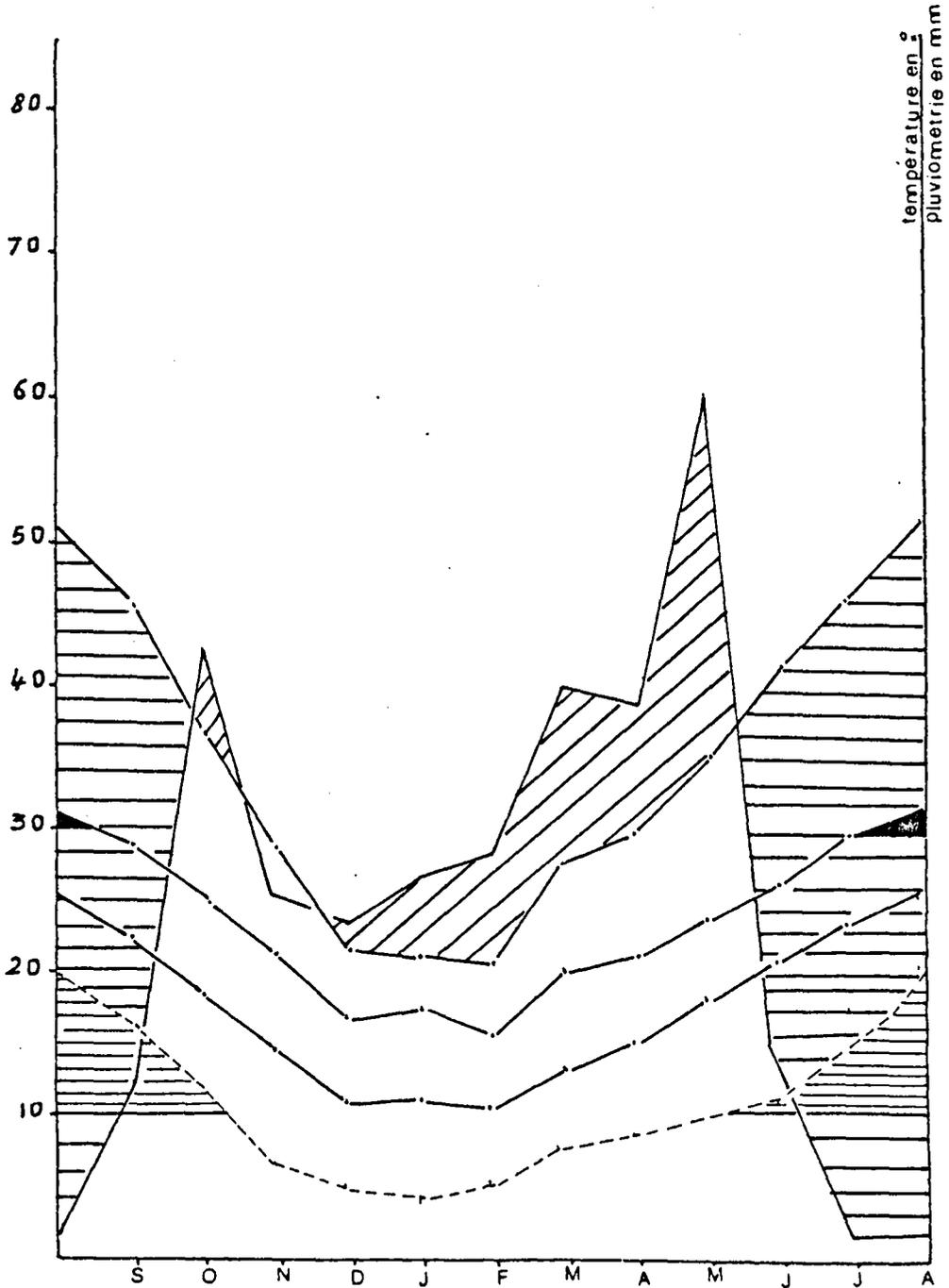
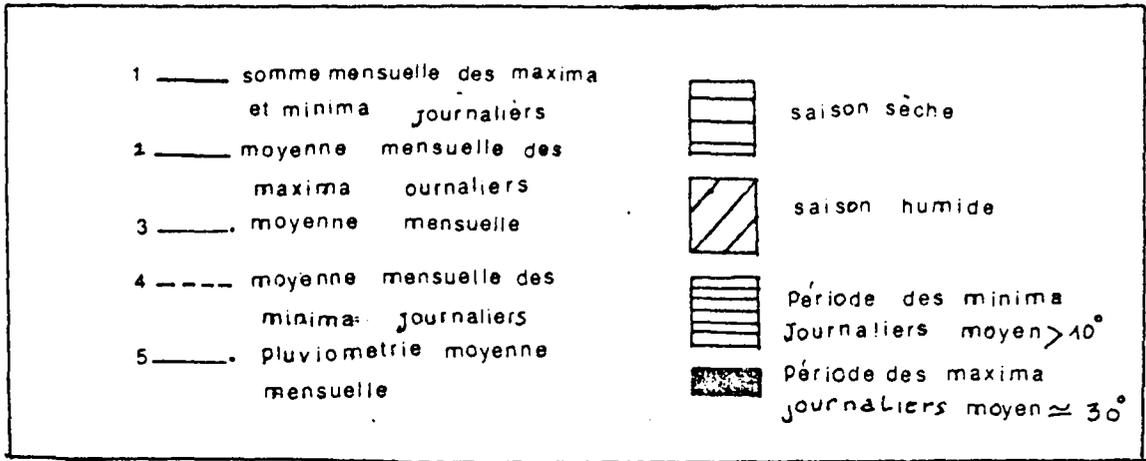
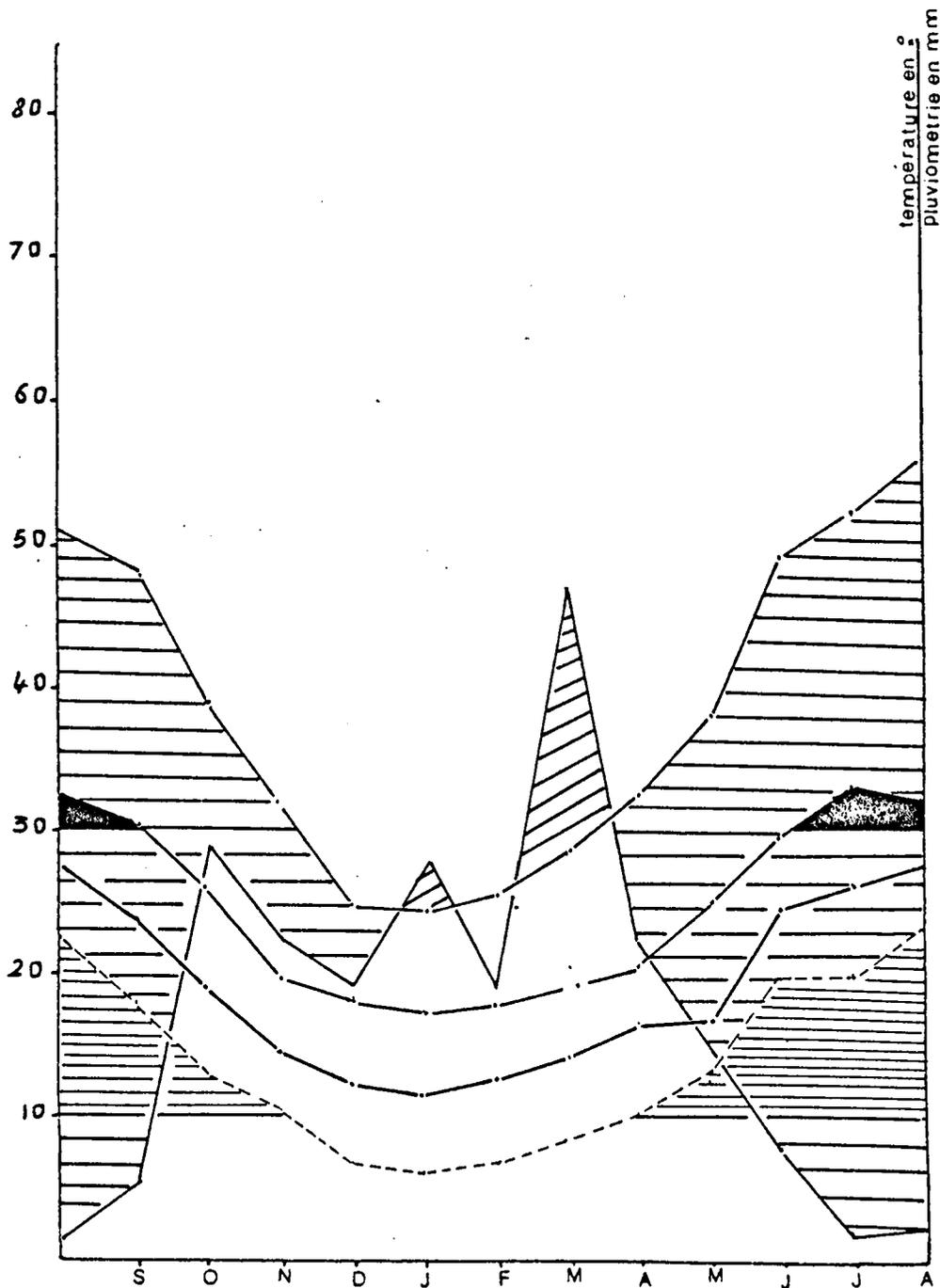
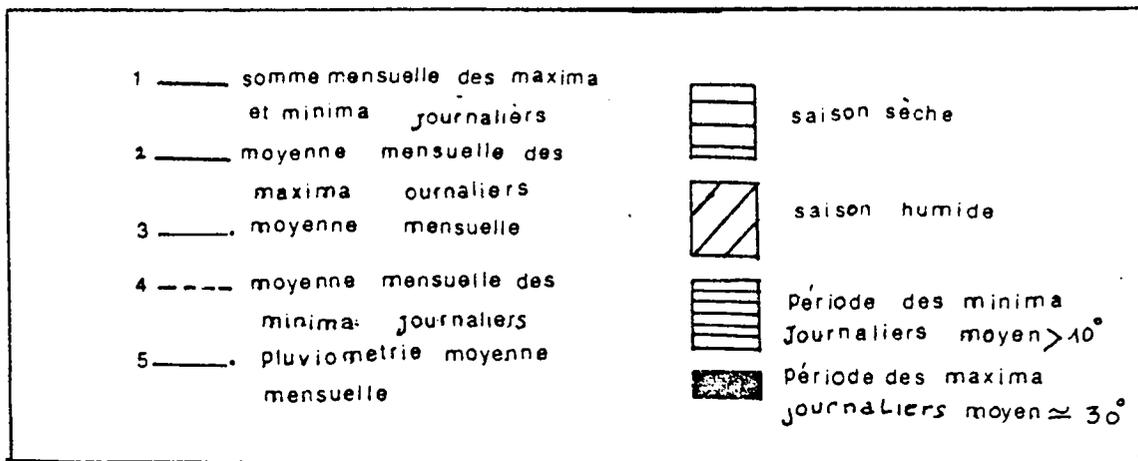
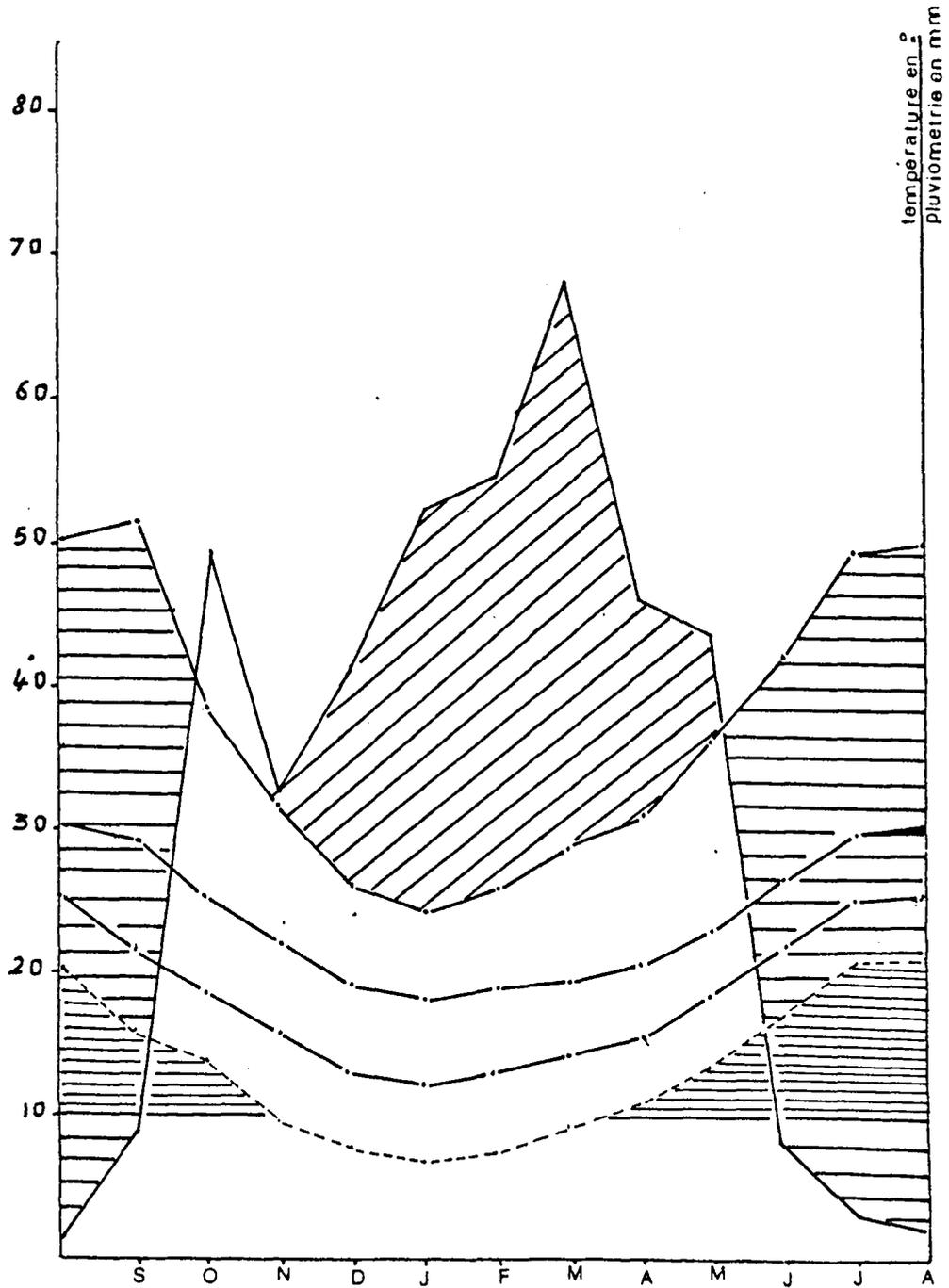
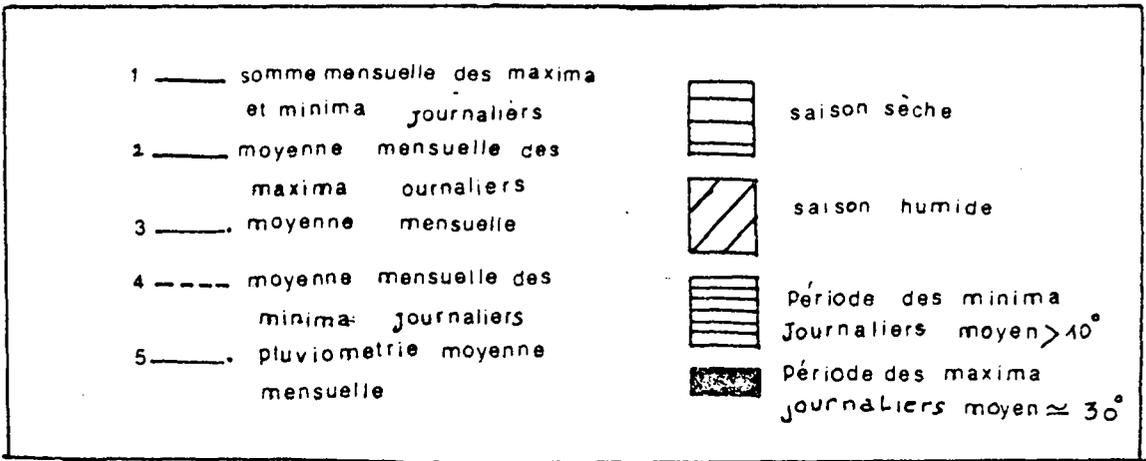


Fig 6 : Diagramme pluviothermique de Boughriba







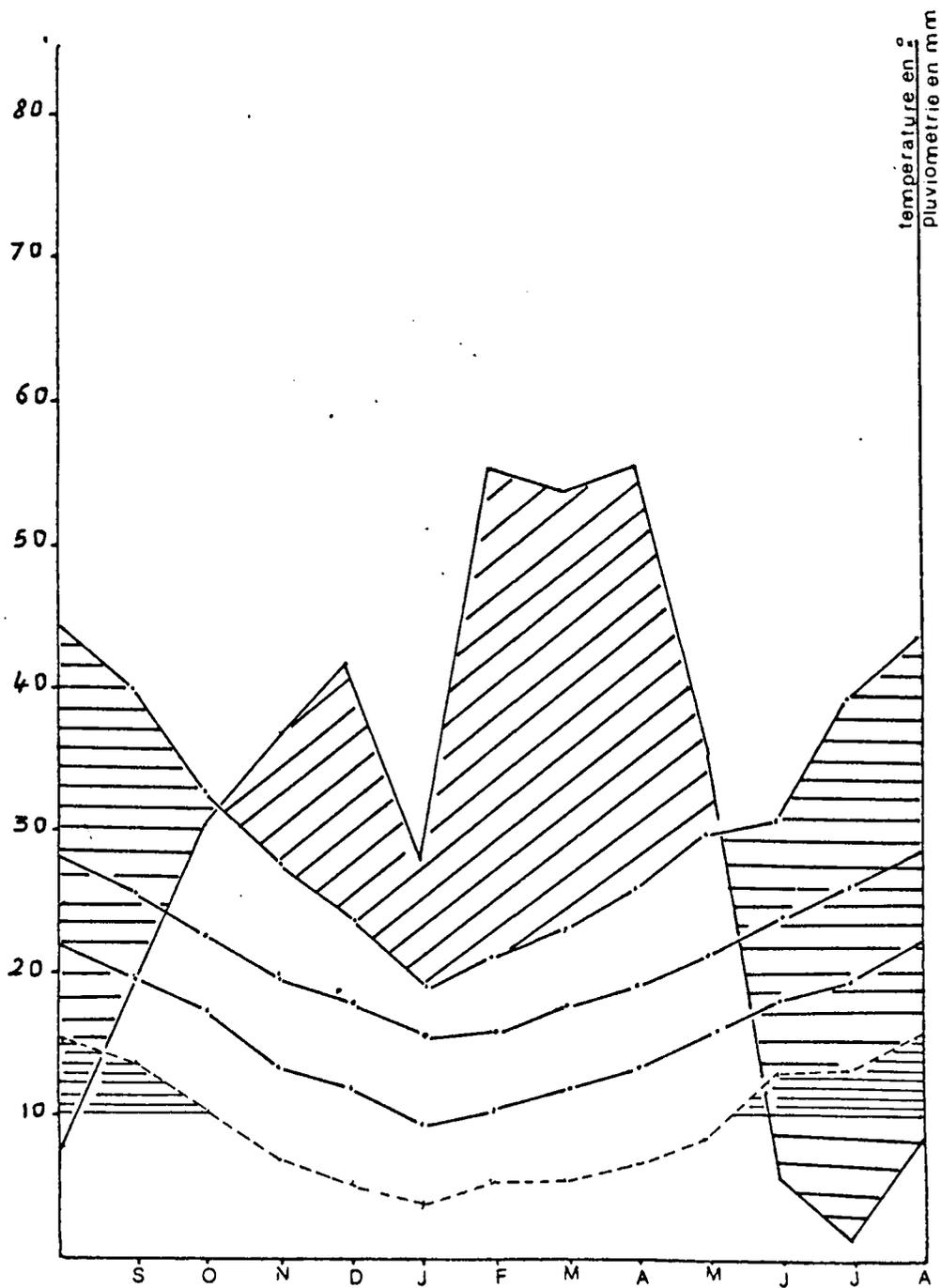
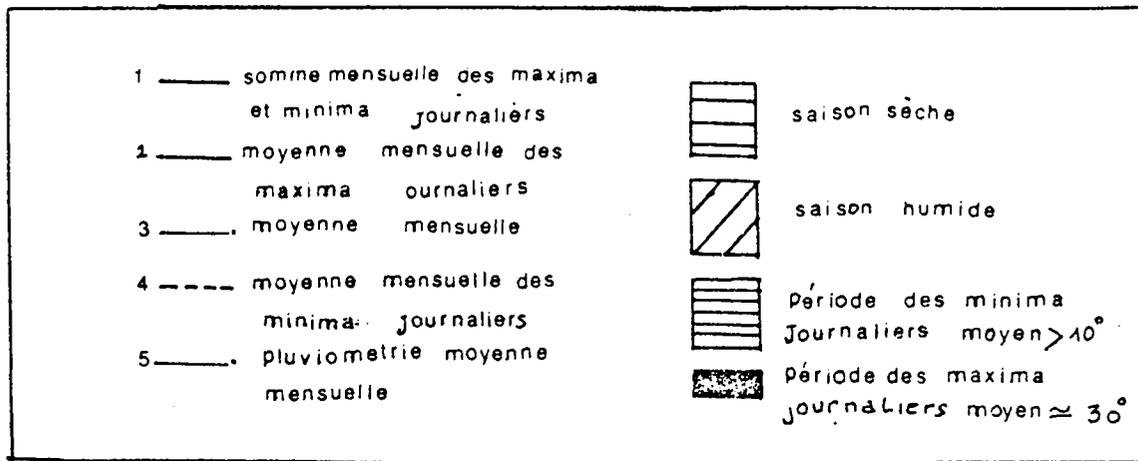


Tableau n° 2 : TABLEAU PLUVIOMETRIQUE DE BERKANE EN MM - ANNEES 1970-1982
ALTITUDE 145 m

Mois Année	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Année
1969-1970	00	264,0	57,4	35,9	59,1	2	33,3	20,2	11,7	00	00	00	483,6
1970-1971	00	5,4	8,4	25,7	71,5	00	73,3	43,5	89,7	29,7	00	00	347,2
1971-1972	2,7	00	77,6	34,8	28	29,9	97,3	10,1	51,2	1,0	0,6	2,3	335,2
1972-1973	45,1	72,2	45,7	69	58,4	90,6	156,7	57,7	2,1	2,6	00	0,8	480,9
1973-1974	3,4	2,1	12,2	190,7	190,7	152,3	62,7	44,9	91,5	7,3	0,4	00	668,2
1974-1975	13,3	34,4	27,9	00	41,6	64,4	220,5	32,0	12,9	00	0,2	00	442,9
1975-1976	9,9	0,1	8,6	2,1	25,4	58,8	45,4	102,8	110,5	9,1	2,6	4,1	359,4
1976-1977	7	40,3	21	57,3	123,8	22,9	62,4	14,5	29,5	1,7	35,4	00	415,8
1977-1978	00	64,5	57,4	18,1	35,6	17,1	24,1	87,9	17	1,9	00	4,9	228,5
1978-1979	3,6	29,9	5,1	9	19,1	121,9	29	10,5	10,5	0,6	0,3	1,2	240,7
1979-1980	17,8	108,6	16,5	15,7	6,4	79,2	59,6	42,1	24,0	00	00	00	369,9
1980-1981	13,8	14,6	85	103,6	15,7	61,1	18,9	73,2	4	45,6	0,3	2	437,8
1981-1982	5,8	7,8	00	3,8	12	13,8	9,8	66,6	114,3	00	00	7,6	241,5
1982-1983	2,2	54,5	29,2	17,8									
MOYENNE	8,7	49,9	32,2	41,6	52,8	54,2	68,6	46,6	43,7	7,6	3	1,7	402

Tableau n° 2 : TABLEAU PLUVIOMETRIQUE D'AHFIR EN MM - ANNEES 1970-1982

Mois Année	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jany.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
1969-1970	15,0	241,9	48,4	51,5	61,2	3,6	52,4	13,2	11,5	0,7	00	00	449,4
1970-1971	00	11,5	16,4	43,2	84,7	00	73,5	43,2	96,5	25,0	00	00	394,3
1971-1972	0,5	1,9	119,9	61,5	41,5	37,4	111,7	33,8	33,1	3,8	0,2	1,2	446,5
1972-1973	50,5	70,3	41,4	69,9	69,8	101,4	177,7	95,4	4,1	3,6	00	0,3	184,4
1973-1974	12,6	3,2	12,4	255,2	3,1	139,6	80,9	49,5	0,3	5,9	3,2	00	565,90
1974-1975	1,6	42,8	5,6	00	10,1	60,1	58,0	214,3	278	5,5	00	20,5	446,3
1975-1976	8,8	2,8	46,6	49	35,5	68,7	17,6	126	59,2	9,8	2,5	6,1	388,5
1976-1977	19,3	65,1	18,4	106,5	76,3	23,5	55,3	19,7	50,3	6,3	00	00	440,7
1977-1978	1,5	81,7	87,9	19,1	72,2	10,4	35,8	96,6	10,9	2	00	00	418
1978-1979	28,9	12,3	12,2	11,8	121	49,9	10,9	14,7	1,1	5,8	3,4	00	264,2
1979-1980	22,2	86,6	43,2	38,4	4,5	113,4	69,4	28,1	14,3	2,7	00	0,4	423,2
1980-1981	27	16,3	189,2	15,7	60,0	53,7	84,7	5,3	59,6	00	1,1	00	512,18
1981-1982	1,6	16,5	00	9,3	18,1	25,4	9,0	63,4	89,9	0,3	00	4,9	238,4
MOYENNE	13,8	50,2	49,3	56,2	50,6	52,8	64,3	61,7	54,5	5,49	0,8	2,5	462,2

Tableau n° 2 : TABLEAU PLUVIOMETRIQUE D'AÏN RÉGADA EN MM - Années 1966-1978

ALTITUDE 220 m

Mois. Année	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
1965-1966	2,6	53,7	9,3	69,7	6,1	21,4	24,5	8,9	4,4	1,4	00	00	205,6
1966-1967	36,7	132,6	39,0	00	15,9	49,5	13,3	152,5	22,5	70,3	00	00	532,3
1967-1968	26,1	00	87,1	207,7	9	47,7	127,2	134,2	227,6	3,7	00	00	870,3
1968-1969	00	48,8	70,9	48,1	90,5	39,1	53,4	68,5	15,7	12	00	00	447
1970-1971	-	00	3,3	31,4	91,4	7,2	82,4	40,7	74,8	4,1	00	00	335,3
1971-1972	0,6	00	92,9	42,6	21,9	13,1	64,2	48	16	7,8	00	00	306,5
1972-1973	7,1	69,8	74,1	13	64,4	74,2	137,7	81	00	2,1	0,4	00	523,8
1973-1974	6,6	6	13,5	170,4	1,3	129,2	62,7	51,7	00	4,8	00	00	446,8
1974-1975	2	40,7	14	00	3,9	45,5	54,2	177,6	27,2	0,3	00	00	365,4
1975-1976	6	2,5	25,4	3	30	31,5	8,5	62	00	-	00	4,2	139,2
1976-1977	8,5	4,4	21,6	91,5	177,3	49,5	91,2	20	33,1	15	00	-	400
1977-1978	-	49,5	68,4	22,7	48,4	16,0	-	110,3	29,3	1,5	00	-	346
1978-1979	3,9	32,8	11,3	8	17,6	121							
MOYENNE	8,1	33,9	46,2	54,4	44,4	50,9	65,3	79,6	37,5	12,4	00	0,3	<u>431,2</u>

Tableau n° 2 : TABLEAU PLUVIOMETRIQUE DE TAFORALT EN MM - ANNEES 1970-1982

Mois Année	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
1969-1970	-	-	-	-	-	4,8	37,5	33,9	13,6	00	00	00	22,4
1970-1971	7,5	25	20	45,5	199,6	14,2	56,9	152	255,5	43,5	00	3,9	793,6
1971-1972	0,7	00	236,4	119,1	111,3	113	206,8	78,4	123,2	6,5	0,6	5,2	1001,2
1972-1973	133,4	155,8	134,4	83,2	47,3	114,2	143	69,1	6,2	2,5	00	1,3	890,3
1973-1974	5,5	6,6	37,3	270,4	5,7	183,3	105	68,2	00	9,4	00	00	691,4
1974-1975	23,2	38,5	10,8	00	24,6	60,6	82,9	268,2	19,3	0,8	13,5	00	542,4
1975-1976	10,4	00	5,2	40	38,7	48,6	47,8	136,3	81,8	11,9	14,4	5	440
1976-1977	9	39,9	16,3	88,6	123	37,2	32,4	24,7	32,4	16,5	00	00	387,6
1977-1978	4	67,9	39,3	22,9	37,9	24,3	25,7	86,5	23,8	9	11,6	7,1	360
1978-1979	2,7	18,4	1,9	9,9	42	136,4	40,2	21,9	28,1	0,8	00	00	302,5
1979-1980	23,5	145,2	50,9	32,7	12,9	93,4	74,1	36,9	26,7	00	00	00	523
1980-1981	16,5	40	57,2	253,8	8,0	99,3	31,7	123	43	78,8	00	4,5	754,8
1981-1982	15,3	7,3	00	25,5	31,7	27,9	19,1	99,4	125,7	00	00	8,6	360,5
MOYENNE	20,9	28,9	50,8	82,6	60,3	77,8	69,4	92,1	57,6	13,8	3	2	559,2

Tableau n° 2 : TABLEAU PLUVIOMETRIQUE DE AÏN-ALMOU EN MM - ANNEES 1970-1982

Mois Année	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Année
1970-1971	0,8	26	15,1	47,9	115,8	22,1	42,5	92,2	195,2	37,4	00	0,5	595,5
1971-1972	1,2	00	117,8	63,2	64,7	35,5	133,9	47,1	44,7	1	1,6	2,1	511,8
1972-1973	6	49,2	36,5	69,2	58,5	105,7	92	84	14,5	00	3,3	3	519,2
1973-1974	23,3	00	19,6	50,5	308,7	1,1	81,4	95,5	96,5	00	6,3	2,1	685
1974-1975	23	51,7	26,2	0,2	31,7	77,1	84,7	238,5	42,2	00	00	00	575,3
1975-1976	21	1,5	141,3	15,5	21,8	116	47,3	125,4	128,8	9,1	7	16	650,7
1976-1977	6,5	86,2	61,6	127,3	173,3	43	61,7	37,5	45,3	-	6,5	00	569,2
1977-1978	3	83,2	55	20,2	6,7	18,9	23,4	118,2	27,4	5,4	-	10,2	371,6
1978-1979	3,2	45,8	18	18,6	33,3	153,9	30,1	19,1	-	48	7,6	00	377,6
1979-1980	32,4	145,8	70,3	00	00	135,2	82,8	38	25,8	28,0	00	4,8	562,5
1980-1981	29,5	44,7	104,2	109,9	00	70,8	39,6	90,3	9,2	64,5	00	00	559,7
1981-1982	2,5	14,4	00	33,3	23,3	35,8	19,9	107,8	169,5	00	00	5	407,9
MOYENNE	13,5	45,7	58,2	46,3	69,8	53	54,5	91,9	66,5	17,5	3,2	4,4	488

Tableau n° 2 : TABLEAU PLUVIOMETRIQUE DE SAÏDIA EN MM - ANNEES 1970-1982

Mois Année	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
1969-1970	-	14	19,6	17,6	47,1	00	57	11,9	40	00	00	-	207,5
1970-1971	2,5	18	7,5	37,5	62,5	00	93,8	38,9	62,1	00	10,6	2,5	335,9
1971-1972	00	00	45,9	74,8	24,3	19,8	88,6	40,6	23,5	1,5	00	00	319
1972-1973	85,4	36,2	40,7	59,2	62	69,7	111,7	76	20	2,7	-	85,4	649
1973-1974	6,2	9,2	16,5	191	3,6	143,8	89,3	44,9	24	5	00	6,2	539,7
1974-1975	8,4	32,4	20	00	14,2	49,5	20,7	190	34	00	00	8,4	377,6
1975-1976	29	00	21,8	10,7	23,9	76,9	53	90,6	93,4	4,5	3,5	2,9	410,2
1976-1977	10	61,1	23,2	4	-	24,1	33,2	14	34	00	00	1	204,6
1977-1978	00	57,5	56	14	48,6	25	9	58	48,4	00	00	00	325,7
1978-1979	00	29,1	16,7	26,4	12,7	83,7	63,2	12,5	3	2	3	2	254,3
1979-1980	13,9	117,1	28	31	10,2	117	35	35	21,5	3	00	00	411,7
1980-1981	5	17,4	92	75	21,2	62	29,3	73,4	00	56	00	00	431,3
1981-1982	8	6	00	7,5	9,7	14	17,5	36,4	59,2	00	00	5	163,3
MOYENNE	14	30,6	32,2	42,2	28,3	55,5	54	55,5	35,6	5,8	1,3	8,6	308

Tableau n° 2 : TABLEAU PLUVIOMETRIQUE DE MADAGH EN MM - ANNEES 1970-1982

ALTITUDE 70 m

Mois Année	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
1969-1970	7	287,4	57,1	38,2	52,9	00	42,2	26,6	1,8	2,4	1,0	00	306,6
1970-1971	4,5	3	5,2	37,1	50,6	7,8	76,6	44	85,2	00	00	00	513
1971-1972	00	00	92,1	61	22,0	26,5	73,8	19,5	19,5	00	00	00	314
1972-1973	67,6	84,3	42,3	81,1	64	78,8	122,3	53,5	00	3,1	-	-	584,9
1973-1974	33	00	13,2	174,1	5,1	162,8	44,5	42	-	15,5	00	00	480,2
1974-1975	30	26,7	00	00	8,9	42,5	34,7	191	1,8	00	00	00	317,6
1975-1976	1,0	6,7	8,7	2,8	28,3	50,1	15,6	84,5	97,2	1,5	00	4	300,4
1976-1977	2,3	57,7	17,2	56,7	90,8	13,8	59,6	7,8	38,7	9,4	00	00	354
1977-1978	55,7	00	24,9	13,1	6,1	32,1	11,9	22	76,6	00	00	00	242,8
1978-1979	4,7	29,8	5	13	8,5	84,9	28,4	10,2	5,1	00	7,7	2	201,3
1979-1980	11,7	108,6	15,1	26,1	28,5	117,5	72,8	12	182	00	00	00	411,2
1980-1981	18	00	77,3	61,9	15,2	64,1	10,2	105,4	5,9	44,8	00	2,1	386,9
1981-1982	12,2	4,4	00	8	11,6	5,8	8,9	41,6	116,2	00	00	4,1	272,6
1982-1983	00	14,4	25	21,2	00								
MOYENNE	17,6	44,5	27,3	41,5	28	48,9	46,2	54	52,4	5,6	0,7	1	367,7



Tableau n° 2 : TABLEAU PLUVIOMETRIQUE D'AÏN ZERGA EN MM - ANNEES 1970-1982
ALTITUDE 56 m

Mois Année	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Année
1969-1970	5	249	69,6	-	43,7	6	39,6	34,6	3,4	1,4	-	0,5	452,8
1970-1971	1,5		2,5	-	24,1	63	86	-	57,7	21	00	00	262,8
1971-1972	3,4	00	57,8	39,1	16,5	13,8	50	34,7	14,7	0,2	00	46,8	277
1972-1973	46,8	-	50,4	20,1	48,6	75,4	99,6	34,4	00	-	-	-	435,3
1973-1974	-	-	11	117,1	00	114	47	27,3	00	00	00	00	370,4
1974-1975	00	00	00	00	24	27,8	49,3	154,2	15,2	00	00	00	254,6
1975-1976	00	00	00	00	14	43	12	70,5	69,9	00	00	0,9	210,9
1976-1977	00	54	22,5	29,5	75,5	20,3	52,3	29,6	39,2	10	2	00	334,9
1977-1978	00	72,1	47	12	46	16	1	76	10	00	00	00	238,7
1978-1979	14,4	-	-	-	6,2	79,3	17,9	8,5	6	00	00	00	117,9
1979-1980	25,6	106,3	00	18,3	00	58	64,5	16,3	30,1	00	00	00	304,9
1980-1981	6,4	19,4	64,3	60,4	9,0	82,6	10,9	118,3	4,5	52	00	3,7	451
1981-1982	2	7,8	00	9,2	11,1	17	5,5	46,9	114,4	00	00	00	218,3
MOYENNE	8,6	51,5	27	30,5	23,3	47,4	41,2	54,2	28	7	00	4,3	323

Tableau n° 2 : TABLEAU PLUVIOMETRIQUE DE BOUGHRIBA EN MM - ANNEES 1970-1982

ALTITUDE : 88 m

Mois Année	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jany.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
1969-1970	6	187,2	61,6	20,6	58,1	0,8	65	18	8,7	1,6	0,5	-	391,1
1970-1971	10,4	8,7	6,1	27,1	51,7	00	57,8	55,8	57	30,3	00	00	312,1
1971-1972	4,4	0,2	69,2	32	25	29,5	104,5	10,4	37,3	2,4	00	2,3	270,5
1972-1973	44,3	88,9	41,3	69	54,8	64,5	61,3	62,7	0,3	2,2	0,4	0,9	525,7
1973-1974	5,4	13,6	40	108,1	1,9	100,1	56,3	34,8	0,6	16,1	2,2	00	379,7
1974-1975	2,5	20	2,3	00	10,7	31,4	25,3	189,9	20,5	1,6	00	1,5	336,7
1975-1976	2,6	0,2	4,1	2,1	33,6	48,1	20,8	131,8	66,3	10,8	2,3	2,8	330,4
1976-1977	3,4	37,1	7	25	89,4	27,4	10,5	8,6	32,6	21,7	3	00	285,1
1977-1978	0,3	48,1	27,1	19,3	15,2	15,6	21	85,8	9,3	1,9	00	6,3	239,4
1978-1979	5,1	21,6	2	5	19,4	94,2	52,8	15,8	7,9	3,4	11,1	0,5	205,3
1979-1980	18,1	117,3	11,2	15,7	15,7	46,1	31,7	29,2	20,4	00	00	00	326,5
1980-1981	49,6	18,8	56,9	76,2	23,8	44	28	81	1,7	53,2	00	2,9	450
1981-1982	9,7	5,9	00	8,2	12,2	15,6	10,5	57,5	102,5	00	00	3,9	226,7
1982-1983	0,7	30,1	34,7	16,6	00								
MOYENNE	12	42,6	23,9	26,6	27,9	39,8	38,5	60,1	26,5	10,9	1,5	1,8	285,6

Tableau n° 2 : TABLEAU PLUVIOMETRIQUE DE AÏN BEIDA EN MM - ANNEES 1970-1982
ALTITUDE 55 m

Mois Année	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Année
1969-1970	26,6	212,7	71,3	28,3	00	29,5	11,9	23,3	3,3	00	00	00	411,9
1970-1971	3,5	9,7	0,9	57,8	45	00	56,8	39	54,5	5,1	00	00	272,3
1971-1972	2,5	00	79,4	65	23	13,5	62,5	6	21,8	-	00	00	273,7
1972-1973	89	49	37	91,5	15,5	90,5	109,9	54,3	4,4	00	2,5	00	543,6
1973-1974	00	0,9	18,8	155,1	0,9	117,1	35,9	19,1	1,4	2,4	1,3	00	352,9
1974-1975	00	45	00	-	8	32	29,2	126,9	8,2	00	00	00	249,3
1975-1976	00	00	3,2	15,1	21,8	54,1	19,6	5,3	45,3	00	00	2,5	166,9
1976-1977	3,5	33,8	10	52	52	5	23	6	15	00	00	00	225,3
1977-1978	-	-	-	7,6	60,7	137	19,5	50,5	11,1	00	00	00	106,4
1978-1979	00	5	3,5	28	3	55,1	11	00	00	00	00	00	105,6
1979-1980	00	97	7	16	5	82	63	00	17,0	00	00	00	287
1980-1981	00	00	60	31	00	52,8	00	41,2	00	9	00	00	194
1981-1982	00	00	0,0	00	00	2	00	25	49,4	00	00	00	76,4
1982-1983	00	1,2	22,2	15,2									
MOYENNE	6,8	35,3	24,1	43,2	18	51,5	34	30,5	17,8	1,2	0,2	0,1	262,7

Tableau n° 2 : TABLEAU PLUVIOMETRIQUE DE MECHRA-HOMMADI EN MM - ANNEES 1970-1982
ALTITUDE 230 m

Mois Année	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
1969-1970	00	102,7	41,8	33,3	39	00	17,9	18,1	00	10,5	00	00	263,3
1970-1971	6	14,5	3,4	15	47,4	00	36,7	59,8	86,2	17,6	00	1,2	287,8
1971-1972	00	0,8	55,6	14,6	20,3	13,3	56,7	7,8	18,1	00	00	1,7	181,9
1972-1973	41,8	51,2	46,2	24,2	28,5	23,2	27,5	58,3	00	3,3	00	00	330,4
1973-1974	00	00	53,4	78,8	00	57,2	25,5	21,9	00	16,3	00	00	225
1974-1975	5,8	10,5	1	00	6	28,5	29,2	177,8	15	16,3	00	4	246,3
1975-1976	1,2	00	00	00	7,8	50,6	29,6	109,4	52,5	12,6	7	3,9	273,9
1976-1977	00	20,4	2	18,3	73,5	19,7	10	00	4,5	0,1	12,5	00	200
1977-1978	00	47,1	14,2	9,2	7,6	5,4	15,4	34,8	6,6	00	00	5,8	140,7
1978-1979	00	13,3	00	5,5	14,2	52,1	14,4	11,3	8,1	0,6	5,2	00	126
1979-1980	8,6	86,3	7,6	14,8	2	56,6	12	14,9	25,1	0,3	00	00	230
1980-1981	-	30,7	23,6	89,5	10,1	38,8	4,4	38,7	0,2	43,6	0,3	00	299,8
1981-1982	1,3	5,3	00	2,7	-	8,8	4,4	59,8	46,1	45	0,3	19,9	194,8
1982-1983	1,4	21,1	11,4	7,7	00								
MOYENNE	5,5	28,8	18,5	22,4	19,8	27,2	19,5	47,1	20,1	12,7	2	2,8	226,4

Tableau n° 3 : STATION DE TAFORHALT : TEMPERATURES EN. °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	-	14,8	-
Oct	-	14,5	-
Nov	-	10,3	-
Déc	-	5,3	-
Janv	-	6,2	-
Fév		4,4	-
Mars	-	5,1	-
Avril	-	7,2	-
Mai	-	9,3	-
Juin	22,4	13,2	17,8
Juil	28,3	18,8	23,5
Août	28	20,7	24,6
Moy :	-	16,6	-

1970-1971

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	26,5	16,9	21,7
Oct	22,7	12,5	17,6
Nov	13,8	5,4	9,6
Déc	12,5	3,3	7,9
Janv	11,8	3	7,4
Fév	13,4	3,9	8,6
Mars	14	4,5	9,2
Avril	16	4,8	10,4
Mai	18,4	5,7	12
Juin	23	6,7	14,8
Juil	27,3	12,6	19,9
Août	26,2	15,7	20,9
Moy :	18,8	6,2	14,1

1971-1972

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	22,4	12,2	17,3
Oct	19,3	10,6	14,9
Nov	17,5	8,9	13,2
Déc	14,7	3,3	9
Janv	16	1,7	8,8
Févr	15,9	2,7	9,3
Mars	14,4	4	9,2
Avril	16,8	4,8	10,6
Mai	19,7	9,4	14,5
Juin	22	12,2	17,1
Juil	26,4	14,7	20,5
Août	28,8	14,9	21,8
Moy :	19,4	8,2	15,2

1972-1973

Tableau n° 3 : STATION DE TAFORHALT : TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	16,3	12,3	19,3
Oct	19,9	7	13,4
Nov	15,9	6,2	11
Déc	10,6	2,8	6,7
Janv	13,4	2,8	8,1
Fév	10,6	2,5	6,5
Mars	11	3,5	7,2
Avril	13	4,6	8,8
Mai	19,8	7,3	13,5
Juin	22,9	12,7	17,8
Juil	27,7	14,8	21,2
Août	28,5	15,3	21,9
Moy :	16,6	7,6	12,9

1973-1974

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	25,6	10,9	18,2
Oct	18,3	7,2	12,7
Nov	16,5	5,2	10,8
Déc	13,4	3,8	8,6
Janv	13,3	2,9	8,1
Fév	13,6	3,4	8,5
Mars	14,6	3,9	9,2
Avril	14,8	4,5	9,6
Mai	16,6	7,9	12,2
Juin	21,6	10,5	16
Juil	30,5	17,4	23,9
Août	29,4	17,5	23,4
Moy :	19	8,6	12,6

1974-1975

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	23,9	10,3	17,1
Oct	21,2	8,6	14,9
Nov	15,6	4,1	9,8
Déc	13,8	1,3	7,5
Janv	11,9	0,9	6,4
Fév	12,2	2,9	7,5
Mars	13,1	2,7	7,9
Avril	14,5	4,5	9,5
Mai	17,5	10,3	13,9
Juin	23,3	12,4	17,8
Juil	26,1	14,9	20,5
Août	29,7	17,4	23,5
Moy :	18,5	8,3	13

1975-1976

Tableau n° 3 : STATION DE TAFORHALT : TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	24,7	12,7	18,7
Oct	19,3	9	14,1
Nov	14,1	4,9	9,5
Déc	15,6	6,3	10,9
Janv	13	4	8,5
Fév	15,4	6,4	10,9
Mars	17,7	6,9	12,3
Avril	15,8	8,9	14,3
Mai	18,7	9	13,6
Juin	-	-	-
Juil	24,7	15,3	20
Août	25,2	14,2	19,7
Moy :	19	7,14	13,0

1976-1977

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	23,8	13,5	18,6
Oct	21,1	9,8	15,4
Nov	17,3	7	12,1
Déc	17,5	7,3	12,4
Janv	13,3	4,3	8,8
Fév	16,2	6,2	11,2
Mars	17,2	6,5	11,8
Avril	17,3	6,9	12,1
Mai	18,1	8,1	13,1
Juin	20,8	12,4	16,6
Juil	30	19,1	24,5
Août	27,4	16	21,7
Moy :	18,3	9,7	14,1

1977-1978

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	25,5	14	19,7
Oct	18,7	8,6	13,6
Nov	15,3	4,5	9,9
Déc	17,1	7,4	12,2
Janv	14,5	10,5	12,7
Fév	12,5	6,9	9,7
Mars	12,2	10,7	11,5
Avril	-	-	-
Mai	20,1	17,8	18,9
Juin	24,2	23	23,6
Juil	28	26,2	27,1
Août	31,2	29,4	30,3
Moy :	19,9	14,4	17,2

1978-1979

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	23,6	21,9	22,7
Oct	20,8	18,6	19,7
Nov	21,2	17,5	19,3
Déc	19,2	16,3	17,7
Janv	18	17,6	17,8
Fév	17,9	17,6	17,7
Mars	17,9	17,6	17,7
Avril	17,6	17,1	17,3
Mai	18,5	-	-
Juin	21,2	-	-
Juil	24,6	-	-
Août	26	-	-
Moy :	20,5	18	19,2

1979-1980

Tableau n° 3 : STATION DE TAFORHALT -
TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	22,7	18,4	20,5
Oct	20	10,3	15,1
Nov	18,8	8,1	13,4
Déc	13,7	2,9	8,3
Janv	6,6	1,4	4
Fév	15,7	6,5	11,1
Mars	15,5	8,3	11,9
Avril	14,6	8,2	11,4
Mai	17,5	10,3	13,9
Juin	18,9	13,1	16
Juil	24,7	-	-
Août	26,6	-	-
Moy :	18,9	9,8	14,5

1980-1981

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	26,2	13,9	20,5
Oct	21,6	8,8	15,2
Nov	15,6	7,6	11,6
Déc	14,2	5,3	9,7
Janv	13,9	4,3	9,1
Fév	14,9	4	9,5
Mars	16,3	4,4	20,4
Avril	15,4	4,7	10,1
Mai	17,1	6,3	11,7
Juin	24,5	11,1	17,8
Juil	24,7	12,6	18,6
Août	27,2	10,5	18,8
Moy :	19,3	7,7	13,5

1981-1982

Tableau n° 3 : STATION DE BERKANE -
TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	30	16,8	23,4
Oct	25,1	11,8	18,4
Nov	24,1	8,5	16,3
Déc	16,5	6,2	11,3
Janv	17,9	8	12,9
Fév	19,1	7	13
Mars	18	7	12,5
Avril	19,9	10,9	15,3
Mai	23	9,9	16,4
Juin	25,7	11,4	18,5
Juil	29,8	19	24,4
Août	30,5	21,7	26,6
Moy :	23,3	11,3	17,3

1970-1971

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	28,4	17,7	23
Oct	27,4	14,9	21,1
Nov	19	9,2	14,1
Déc	16,4	7	11,7
Janv	16,3	7,1	11,7
Fév	18,8	8,7	13,7
Mars	18,2	7,9	13
Avril	21,4	10,2	15,8
Mai	24	11	17,5
Juin	27,1	14,9	21
Juil	30,1	17,8	23,9
Août	29,5	18,9	24,2
Moy :	23,0	12,1	17,4

1971-1972

Tableau n° 3 : STATION DE BERKANE : TEMPERATURES EN °C

Mois	Max	Min	Moy
Sept	27,2	16,5	21,8
Oct	24,6	14,2	19,4
Nov	21,2	9,4	15,3
Déc	22,6	11	16,8
Janv	16,8	5,2	11
Fév	15,9	5,1	10,5
Mars	16,8	8,8	12,8
Avril	18,4	9,8	14,1
Mai	20,6	19,7	20,1
Juin	23,1	22,9	23
Juil	23,8	22,5	23,9
Août	26,5	24,8	24,8
Moy :	19,8	13,3	17

1972-1973

Mois	Max	Min	Moy
Sept	29,3	13,9	21,6
Oct	23,3	12,3	17,8
Nov	21,3	11,3	16,2
Déc	16,9	6,2	11,5
Janv	18,7	6,8	12,7
Fév	17,6	8,2	12,2
Mars	18,2	10,1	13,2
Avril	18,3	12,5	14,2
Mai	24,5	15,6	18,5
Juin	29,2	19,2	20,4
Juil	30,2	20,2	25,2
Août	30,7	21,4	25,5
Moy :	23,2	13,3	17,4

1973-1974

Mois	Max1	Min1	Moy
Sept	39,4	18	28,7
Oct	26,5	12,6	19,5
Nov	21,5	8,3	14,9
Déc	18,3	6,4	12,3
Janv	18,6	5,9	12,2
Fév	18,6	7,3	12,9
Mars	19,9	8,4	14,6
Avril	19,3	10,5	14,9
Mai	21,4	11,4	16,4
Juin	26,3	15,8	21
Juil	32,9	20,1	26,5
Août	32,9	21,2	27
Moy :	23,8	12,1	18,2

1974-1975

Mois	Max	Min	Moy
Sept	28,7	17	22,8
Oct	26,2	13,9	20
Nov	21,1	8,5	14,8
Déc	18,3	7,3	12,8
Janv	17,3	4,4	10,8
Fév	17,5	8	12,7
Mars	18,9	8,3	13,6
Avril	19,8	9,9	14,8
Mai	22,1	13,5	17,8
Juin	27,8	17,5	22,6
Juil	33,5	20,3	26,9
Août	32,6	20,8	26,7
Moy :	23,6	14	18,1

1975-1976

Tableau n° 3 : STATION DE BERKANE : TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	28,9	17,6	23,2
Oct	24	13	18,5
Nov	19,6	9,1	14,3
Déc	19,3	9,1	14,2
Janv	17,2	7,4	12,3
Fév	19,6	5	12,3
Mars	20,8	6,8	13,8
Avril	22,6	9,8	16,2
Mai	23,1	12,8	18,3
Juin	26,2	15,8	21
Juil	27,4	18,8	23,1
Août	28,6	18,3	23,4
Moy :	23,3	12	17,5

1976-1977

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	27,6	17,6	22,6
Oct	24,8	14,7	19,7
Nov	21,1	10,5	15,8
Déc	20	10,1	15
Janv	16,5	7,7	12,1
Fév	21,2	10	15,6
Mars	20,9	9,2	15
Avril	21,1	11,2	16,1
Mai	22,4	13,1	17,7
Juin	25	15,7	20,3
Juil	29,4	13,5	21,4
Août	30,7	18,6	24,6
Moy :	23,4	12,8	18,9

1977-1978

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	29,6	17,7	23,6
Oct	29,6	13,5	18,9
Nov	24,4	10,5	15,5
Déc	21,1	9,8	15,4
Janv	19,7	9,6	14,6
Fév	19,4	9,1	14,3
Mars	20,2	8,4	14,3
Avril	22,1	10,4	15,2
Mai	24,6	12,9	18,7
Juin	25,2	17,2	21,2
Juil	30,3	18,6	24,4
Août	31,3	17,6	24,4
Moy :	24,8	12,9	18,4

1978-1979

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	28,1	18,2	23,1
Oct	24,3	12,5	18,4
Nov	20,2	9,4	14,8
Déc	16,2	3,8	10
Janv	-	-	-
Fév	19,3	3,3	11,3
Mars	-	-	-
Avril	20,6	9,7	15,2
Mai	23,2	11,4	17,3
Juin	27,9	14,2	21
Juil	30	15,3	22,7
Août	30,5	16,9	23,5
Moy :	24	14,5	19,2

1979-1980

Tableau n° 3 : STATION DE BERKANE -
TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	28,2	18,2	23,1
Oct	24,3	12,5	18,4
Nov	20,2	9,4	14,8
Déc	16,2	3,8	10
Janv	15,7	2,6	9,1
Fév	17	5,7	11,3
Mars	21,3	8,3	14,8
Avril	20,5	10,1	15,3
Mai	22,9	11,7	17,3
Juin	25,6	16,3	20,9
Juil	27,1	16,7	21,9
Août	26,5	18,2	22,3
Moy :	22,1	11,1	16,6

1980-1981

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	28,4	16,2	22,3
Oct	26,4	15,4	19,9
Nov	21,8	9,8	15,8
Déc	20,7	8,2	14,4
Janv	18,9	6,1	12,5
Fév	17,9	6,9	12,4
Mars	20,1	7,7	13,9
Avril	20,3	10,3	15,3
Mai	22,1	13,3	17,7
Juin	27,3	17	22,1
Juil	30,4	17,6	24
Août	29,7	18,1	23
Moy :	23,7	12,3	17,6

1981-1982

Tableau n° 3 : STATION DE SAÏDIA -
TEMPERATURE EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	-	18,0	-
Oct	-	-	-
Nov	-	11,2	-
Déc	-	7,7	-
Janv	-	0,6	-
Fév	-	4,8	-
Mars	-	5,6	-
Avril	-	4,8	-
Mai	-	4,8	-
Juin	-	9,9	-
Juil	-	6,4	-
Août	-	11,9	-
Moy :	-	7,7	-

1970-1971

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	-	9,7	-
Oct	-	7,1	-
Nov	-	4,4	-
Déc	-	5,2	-
Janv	-	5,5	-
Fév	17,2	5,2	13,5
Mars	16,6	10,3	13,5
Avril	18,5	11,1	14,8
Mai	19	11,6	15,3
Juin	21,8	13,8	17,8
Juil	25,2	18,1	21,6
Août	25,6	18,2	21,9
Moy :	20,5	10,1	15,3

1971-1972

Tableau n° 3 : STATION DE SAÏDIA : TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	24,2	17,2	20,7
Oct	22,3	15,8	19
Nov	20	12,1	16
Déc	17,5	7,7	12,6
Janv	15,4	8,8	12,1
Fév	15	7,4	11,2
Mars	16	8,2	12,1
Avril	17,7	8,3	13
Mai	21,4	11,6	16,5
Juin	23,8	13,4	18,6
Juil	-	-	-
Août	26,9	18,3	22,6
Moy :	18,7	10,5	14,5

1972-1973

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	23	14,1	18,5
Oct	20,1	10,7	15,4
Nov	18,7	8	13,3
Déc	16,5	6,1	11,3
Janv	17,7	6,1	11,9
Fév	16,7	5,3	11
Mars	16,2	4,8	10,5
Avril	18,2	10,2	14,2
Mai	22,1	7,2	14,6
Juin	24,5	8,8	16,6
Juil	27,2	13,2	20,2
Août	28,8	15	21,9
Moy :	20,8	8,7	14,9

1973-1974

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	27,1	12,7	19,9
Oct	23,4	9,5	16,4
Nov	19,4	5,8	12,6
Déc	17,3	4,7	11
Janv	17,7	4,1	10,9
Fév	17,4	4,8	11,1
Mars	17,6	4,5	11
Avril	17,9	5,8	11,8
Mai	19,8	8,1	13,9
Juin	23,2	10,5	16,8
Juil	27,5	15,3	21,4
Août	23,3	16,8	23
Moy :	22,4	9,3	15,8

1974-1975

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	25,2	12	18,6
Oct	23,3	8,9	16,1
Nov	20	5,5	12,7
Déc	17,5	3,6	10,5
Janv	16,4	1,5	8,9
Fév	15,6	2,9	9,2
Mars	16,6	1,7	9,1
Avril	17,8	4	10,9
Mai	19,4	8,8	14,1
Juin	23,4	13,7	18,5
Juil	26,9	17,1	22
Août	28,4	17,2	22,8
Moy :	20,6	8,0	14,4

1975-1976

Tableau n° 3 : STATION DE SAÏDIA : TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	25,3	13,6	19,4
Oct	21,8	9,8	15,8
Nov	-	-	-
Déc	-	-	-
Janv	17,2	-	-
Fév	17,7	6,7	11,9
Mars	19,5	6,7	12,2
Avril	21	7,5	13,5
Mai	23,1	7,2	14,1
Juin	24,7	3,9	16,5
Juil	25,4	12,1	18,4
Août	26,2	13,3	19,3
Moy :	22,1	9,6	15,8

1976-1977

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	24,2	14	19,1
Oct	22,5	11,3	16,9
Nov	21,3	8,9	15,1
Déc	19,2	7,6	13,4
Janv	15,5	5,1	10,3
Fév	18,4	6,7	12,5
Mars	18,7	7,5	13,1
Avril	20,9	9,6	15,2
Mai	21,6	10,5	16
Juin	23,8	13,2	18,5
Juil	27,5	15,3	21,4
Août	28,6	16,6	22,6
Moy :	21,8	10,5	16,1

1977-1978

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	27,9	14,1	21
Oct	23,9	12,5	18,2
Nov	20,9	8,8	14,8
Déc	20,9	7,5	14,2
Janv	21,8	7,3	14,5
Fév	22,6	6,3	14,4
Mars	22,6	3,1	12,8
Avril	23,1	3	13
Mai	23,6	6,1	14,8
Juin	25,9	10,6	18,2
Juil	26,9	13,3	20,1
Août	30,4	17,2	23,8
Moy :	24,2	9,1	16,6

1978-1979

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	28	15,2	21,6
Oct	25,9	11,4	18,6
Nov	21,5	9,2	15,4
Déc	19,1	5,3	12,2
Janv	18,2	3,2	10,7
Fév	18,6	4,9	11,7
Mars	19,3	5,2	12,2
Avril	21,1	5,8	13,4
Mai	23,8	7,8	15,8
Juin	27	10,2	18,6
Juil	28,7	10,4	19,5
Août	29,7	15,3	22,5
Moy :	23,4	8,3	15,8

1979-1980

Tableau n° 3 : STATION DE SAIDIA -
TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	27,2	15,4	21,3
Oct	23,4	10,1	16,7
Nov	19,5	2,6	11
Déc	17,3	2,5	9,9
Janv	16,2	3	9,6
Fév	16,9	3,9	10,4
Mars	19,4	7,1	13,5
Avril	20,1	6,5	13,3
Mai	21,7	11,6	16,6
Juin	24	15,8	19,9
Juil	25,7	17,9	21,8
Août	26,9	15,8	21,3
Moy :	21,5	8,2	14,8

1980-1981

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	29,4	14,3	20,3
Oct	25	11,5	18,2
Nov	21,2	8,5	14,8
Déc	21	5,3	13,1
Janv	19,3	2,3	10,8
Fév	18,4	1,6	10
Mars	19,6	2,1	10,8
Avril	20,1	4,2	12,1
Mai	21,4	5,9	13,6
Juin	25,7	13,4	19,5
Juil	28,2	13,8	21
Août	28,8	13,6	21,2
Moy :	21,5	8,0	15,5

1981-1982

Tableau n° 3 : STATION DE BOUGHRIBA : TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	30,2	17,1	23,6
Oct	24,0	11,0	17,5
Nov	23,8	8,1	15,9
Déc	16,0	4,5	10,2
Janv	16,8	6,3	11,5
Fév	18,4	3,6	11,0
Mars	17,9	5,1	11,5
Avril	20,8	9,4	15,1
Mai	23,3	11,4	17,3
Juin	26,7	13,4	20,0
Juil	30,4	17,7	24,0
Août	32,3	18,2	25,2
Moy :	23,3	10,5	16,9

1970-1971

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	29,6	16,0	22,8
Oct	27,2	13,0	20,1
Nov	18,7	7,3	13,0
Déc	16,4	5,2	10,8
Janv	16,4	4,8	10,6
Fév	19,2	6,1	12,6
Mars	19,1	7,1	13,1
Avril	22,1	8,5	15,3
Mai	23,3	10,0	16,6
Juin	26,4	13,3	19,8
Juil	30,0	16,3	23,1
Août	29,9	16,6	23,2
Moy :	22,7	10,5	17,0

1971-1972

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	27,0	15,6	21,3
Oct	23,9	13,6	18,7
Nov	21,1	9,4	15,2
Déc	16,6	3,5	10,0
Janv	16,3	3,7	10,0
Fév	17,0	4,2	10,6
Mars	16,9	7,4	12,1
Avril	19,7	6,0	12,8
Mai	23,8	11,2	17,5
Juin	26,8	14,7	20,7
Juil	30,3	18,3	24,3
Août	32,2	19,6	25,9
Moy :	22,4	10	16,2

1972-1973

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	31,2	14,4	22,8
Oct	24,9	10,8	17,8
Nov	20,7	8,3	14,5
Déc	15,5	3,4	9,4
Janv	18,6	3,4	11,0
Fév	17,5	5,3	11,4
Mars	18,3	5,7	12,0
Avril	20,2	8,4	14,3
Mai	26,0	11,7	18,8
Juin	26,3	13,4	19,8
Juil	31,1	18,0	24,5
Août	32,2	17,9	25,0
Moy :	23,5	9,2	16,7

1973-1974

Tableau n° 3 : STATION DE BOUGHRIBA : TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	30,7	15,1	22,9
Oct	24,8	9,6	17,2
Nov	21,8	5,5	13,6
Déc	17,8	3,6	10,7
Janv	18,4	3,7	11,0
Fév	18,5	5,4	11,9
Mars	20,1	6,1	13,1
Avril	18,5	9,6	14,0
Mai	21,7	9,9	15,8
Juin	27,0	13,1	20,0
Juil	33,0	16,8	24,9
Août	33,1	18,7	25,9
Moy :	22,8	9,8	18,4

1974-1975

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	29,0	14,7	21,8
Oct	26,3	12,4	19,3
Nov	21,1	5,4	13,2
Déc	18,4	4,2	11,3
Janv	16,9	2,2	9,5
Fév	17,8	5,0	11,4
Mars	18,8	6,5	12,6
Avril	19,4	7,8	13,6
Mai	22,2	12,3	17,2
Juin	28,0	16,0	22,0
Juil	31,0	17,9	24,4
Août	33,6	17,8	25,7
Moy :	23,5	10,1	16,4

1975-1976

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	29,1	15,4	22,2
Oct	24,3	11,4	17,8
Nov	19,6	5,7	12,6
Déc	19,1	6,7	12,9
Janv	17,0	6,0	11,5
Fév	20,0	5,7	12,8
Mars	21,2	7,3	14,2
Avril	23,5	8,1	15,8
Mai	24,6	10,4	17,5
Juin	27,2	12,0	19,6
Juil	29,3	16,3	22,8
Août	29,5	15,5	22,5
Moy :	22,1	9,9	16,8

1976-1977

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	28,2	15,5	21,8
Oct	25,1	12,9	19,0
Nov	21,3	6,8	14,0
Déc	19,5	7,8	13,6
Janv	16,8	5,5	11,1
Fév	21,9	7,2	14,5
Mars	22,2	5,9	14,0
Avril	21,0	9,3	15,1
Mai	23,6	11,1	17,3
Juin	26,4	13,6	20,0
Juil	32,3	16,4	24,3
Août	31,9	18,7	25,3
Moy :	24,2	10	17

1977-1978

Tableau n° 3 : STATION DE BOUGHRIBA : TEMPERATURES EN °C

Mois	Maxi	Mini	Mois
Sept	29,8	15,1	22,4
Oct	24,3	11,2	17,7
Nov	20,8	6,6	13,7
Déc	22,0	6,7	14,3
Janv	20,3	6,7	13,5
Fév	19,6	6,5	13,0
Mars	20,8	6,2	13,5
Avril	22,8	6,9	14,8
Mai	24,9	10,4	17,6
Juin	28,1	15,9	22,0
Juil	30,3	18,0	24,1
Août	32,5	18,3	25,4
Moy :	26	10,5	17,6

1978-1979

Mois	Maxi	Mini	Mois
Sept	28,3	16,6	22,4
Oct	24,6	13,7	19,1
Nov	20,9	6,1	13,5
Déc	18,4	4,8	11,6
Janv	18,3	3,1	10,7
Fév	20,0	6,0	13,0
Mars	20,9	16,8	18,8
Avril	21,9	7,8	14,8
Mai	24,9	11,0	17,9
Juin	30,4	13,7	22,0
Juil	32,2	15,3	23,7
Août	34,2	18,3	26,2
Moy :	24,5	11,4	17,8

1979-1980

Mois	Maxi	Mini	Mois
Sept	29,9	19,2	24,5
Oct	28,1	12,8	20,4
Nov	20,3	8,3	14,3
Déc	16,8	3,0	9,9
Janv	16,2	1,1	8,6
Fév	18,0	4,5	11,2
Mars	22,8	7,7	15,2
Avril	21,5	9,8	15,6
Mai	24,5	11,2	17,8
Juin	27,8	15,3	21,5
Juil	29,0	16,5	22,7
Août	30,7	17,6	24,1
Moy :	23,8	10,6	17,5

1980-1981

Mois	Maxi	Mini	Mois
Sept	30,4	15,7	23,0
Oct	27,8	12,6	20,2
Nov	23,0	8,7	15,8
Déc	21,2	6,6	13,9
Janv	19,4	4,3	11,8
Fév	19,1	5,5	12,3
Mars	21,9	6,7	14,3
Avril	22,0	10,4	16,2
Mai	23,5	13,3	18,4
Juin	29,6	16,5	23,0
Juil	32,5	16,9	24,7
Août	31,8	18,5	25,1
Moy :	25,1	11,3	18,2

1981-1982

Tableau n° 3 : STATION DE MECHRA-HOMMADI EN T°C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	32,0	17,6	24,8
Oct	26,3	12,4	19,3
Nov	-	-	-
Déc	-	-	-
Janv	17,4	4,5	10,9
Fév	18,2	7,6	12,9
Mars	18,5	7,7	13,1
Avril	20,2	9,8	15,0
Mai	23,0	11,3	17,1
Juin	28,2	15,9	22,0
Juil	37,3	18,9	28,1
Août	-	-	-
Moy :	14,7	11,5	18,1

1974-1975

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	-	-	-
Oct	26,7	14,4	20,5
Nov	-	-	-
Déc	19,6	6,8	13,2
Janv	16,9	4,9	10,9
Fév	17,4	6,3	11,8
Mars	18,7	4,4	11,5
Avril	20,8	7,7	14,2
Mai	21,6	15,2	18,4
Juin	28,9	18,5	23,7
Juil	32,4	19,2	25,8
Août	35,7	21,3	28,5
Moy :	23,7	11,8	17,8

1975-1976

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	30,0	17,3	23,6
Oct	24,6	11,9	18,2
Nov	17,1	7,8	13,4
Déc	19,0	6,5	12,7
Janv	14,3	9,2	11,7
Fév	20,0	8,9	14,4
Mars	22,5	8,8	15,6
Avril	24,1	10,9	17,5
Mai	25,6	13,5	19,5
Juin	28,7	14,9	21,8
Juil	29,9	17,5	23,7
Août	30,6	16,8	23,7
Moy :	23,8	12	17,9

1976-1977

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	30,2	15,0	22,6
Oct	25,4	14,6	20,0
Nov	20,0	9,0	14,5
Déc	19,4	7,9	13,6
Janv	16,6	5,8	11,2
Fév	16,9	7,5	12,2
Mars	21,9	8,6	15,2
Avril	22,1	9,4	15,7
Mai	24,5	12,6	18,5
Juin	27,6	15,3	21,4
Juil	34,6	18,6	26,6
Août	32,0	20,0	26,0
Moy :	24,2	12	18,1

1977-1978

Tableau n° 3 : STATION DE MECHRA-HOMMADI EN T°C

Mois	Max	Min	Moy
Sept	-	13,4	-
Oct	26,4	7,3	16,8
Nov	24,0	3,9	13,9
Déc	17,1	8,5	12,8
Janv	18,1	8,5	13,3
Fév	19,3	3,4	11,3
Mars	18,8	9,5	14,1
Avril	21,3	12,6	16,9
Mai	23,7	17,9	20,8
Juin	28,9	22,0	25,4
Juil	32,8	25,0	28,9
Août	34,5	29,5	32,0
Moy :	24	13,5	18,4

1970-1971

Mois	Max1	Min1	Moy
Sept	31,5	25,7	28,6
Oct	27,8	22,9	25,3
Nov	18,7	8,6	13,6
Déc	16,7	6,6	11,6
Janv	16,9	5,6	11,2
Fév	18,8	7,4	13,1
Mars	18,9	7,7	13,3
Avril	22,5	9,6	16,0
Mai	25,3	11,0	18,1
Juin	29,2	15,9	22,5
Juil	33,3	18,8	26,0
Août	32,5	19,2	25,8
Moy :	24,4	13,2	18,8

1971-1972

Mois	Max1	Min1	Moy
Sept	28,3	16,7	22,5
Oct	24,1	14,9	19,5
Nov	21,2	9,6	15,4
Déc	17,2	4,2	10,7
Janv	16,8	4,2	10,5
Fév	16,3	5,9	11,1
Mars	17,9	8,1	13,0
Avril	21,9	9,7	15,8
Mai	25,7	16,6	21,1
Juin	29,2	16,6	22,9
Juil	31,9	20,6	26,2
Août	35,2	25,6	30,4
Moy :	23,8	12,7	18,2

1972-1973

Mois	Max1	Mini	Moy
Sept	33,1	-	-
Oct	27,2	14,6	20,9
Nov	21,8	16,4	19,1
Déc	17,2	6,8	12,0
Janv	17,7	3,5	10,6
Fév	17,9	6,4	12,1
Mars	20,0	5,0	12,5
Avril	20,3	9,3	14,8
Mai	27,8	15,0	21,4
Juin	31,2	16,0	23,6
Juil	33,4	22,8	28,1
Août	34,4	22,1	28,2
Moy :	25,3	12,4	18,8

1973-1974

Tableau n° 3 : STATION DE MECHRA-HOMMADI EN T°C

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	31,1	17	24
Oct	24,4	12,9	18,6
Nov	20,7	8,9	14,8
Déc	20,8	10,1	15,4
Janv	19,1	8,9	14
Fév	19	7,6	13,3
Mars	20,5	5,5	13
Avril	23,4	7,5	15,4
Mai	26,8	9,2	18
Juin	29,7	12,8	21,2
Juil	32,7	13,7	23,2
Août	33,7	-	-
Moy	25,1	10,3	17,3

1978-1979

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	28,2	-	-
Oct	25,1	4	-
Nov	21,1	7,5	14,3
Déc	18,4	6,2	12,3
Janv	17,9	4,6	11,2
Fév	20,7	6,4	13,5
Mars	21	8,9	14,9
Avril	22,7	11,1	17
Mai	25,6	13,7	19,6
Juin	31,9	17,9	24,9
Juil	34,2	16,5	25,2
Août	35,9	17	26,4
Moy	25,1	10,9	18,6

1979-1980

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	30	17,3	23,6
Oct	26,4	11,9	18,2
Nov	19,1	7,8	13,4
Déc	19	9,2	11,7
Janv	14,3	6,5	12,7
Fév	20	9,2	11,7
Mars	22,5	8,9	14,5
Avril	24,1	10,9	17,5
Mai	23,6	14,9	21,8
Juin	28,7	17,5	23,7
Juil	29,9	16,8	23,7
Août	30,6	17,5	23,8
Moy	23,8	12	17,9

1980-1981

Mois	Maxi	Mini	Moy
Sept	30,2	15	22
Sept	25,4	14,6	20
Nov	20	7,9	14,6
Déc	19,4	7,9	13,6
Janv	16,6	5,8	11,2
Fév	16,3	7,5	12,2
Mars	21,9	8,6	15,2
Avril	22,1	9,4	15,7
Mai	24,5	12,6	18,5
Juin	27,6	15,3	21,4
Juil	34,6	18,6	26,6
Août	32	20	26
Moy	24,2	12	18,1

1981-1982

Tableau n° 5 : MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES (MAXI - MINI - MOY)
1970-1982

Mois		Taforalt	Berkane	Saïdia	Boughriba	Mechra-Hommadi
Sept.	maxi	23,1	29,4	26,1	29,1	30,6
	mini	14,2	21,7	14,1	16,2	18
	moy	18,6	25,5	20,1	22,6	24,3
Oct.	maxi	20,2	24,5	23,1	25,2	26,1
	mini	10	13,4	10,7	11,5	12,9
	moy	15,1	18,9	16,9	18,3	19,1
Nov.	maxi	16,5	21,9	20,2	21,2	19,9
	mini	8,2	9,4	7,7	7,5	12,9
	moy	12,3	15,6	13,5	14,3	14,4
Déc.	maxi	14,7	18,5	18,4	17,2	18,3
	mini	6,1	7,4	5,6	4,5	6,9
	moy	10,4	12,9	12	10,8	12,6
Janv.	maxi	14	17,9	15,7	17,6	18,2
	mini	5	6,4	3,9	3,7	6,2
	moy	9,5	12,1	9,8	10,6	12,2
Fév.	maxi	14,3	18,4	16	15,4	18,4
	mini	5,6	7	5,7	5,1	6,8
	moy	9,9	12,7	10,8	10,2	12,6
Mars	maxi	14,9	19,3	18,3	20,1	20,5
	mini	6,5	8,9	5,5	7,4	8,1
	moy	10,7	14,1	11,9	13,7	14,3
Avril	maxi	16,2	20,3	19,6	21	22,8
	mini	6,8	10,4	6,7	8,7	10,1
	moy	11,5	15,3	13,5	14,8	16,4
Mai	maxi	18,3	22,8	21,5	23,8	25
	mini	9,2	13	8,4	11,4	13,6
	moy	13,7	17,9	14,9	17,6	16,4
Juin	maxi	20,4	26,3	24,3	26,9	29,5
	mini	12,7	16,5	11,9	14,7	19,4
	moy	16,5	21,4	18,1	20,8	24,5
Juil.	maxi	26,9	29,6	26,9	29,5	33,2
	mini	16,6	19,8	12,9	17	19,2
	moy	21,7	24,7	19,6	23,2	26,2
Août	maxi	27,8	30	28,4	31,9	32,7
	mini	17,1	19,7	15,7	19,9	23
	moy	22,4	24,8	22	24,9	27,8
Moy. Annuelle		14,35	18	15,2	16,8	18,4

Tableau n° 8 (Fig 3) : MOYENNES ANNUELLES DES TEMPERATURES (MAXIMA - MINIMA - MOY) 1970-82

Station \ Année		1970-71	71-72	72-73	73-74	74-75	75-76	76-77	77-78	78-79	79-80	80-81	81-82	Moy
TAFORALT	maxi	-	18,2	19,4	16,6	19	18,5	19	18,3	19,9	20,5	18,9	19,3	18,8
	mini	16,6	6,2	8,2	7,6	8,6	8,3	7,1	9,7	14,4	18	9,8	7,7	10,3
	moy	-	14,1	15,2	12,9	13,8	13	14	14	17,2	19,2	14,5	13,5	14,5
BERKANE	maxi	23,3	23	19,8	23,2	23,8	23,6	23,3	23,4	24,8	24	22,1	23,7	23,1
	mini	11,3	12,1	13,3	13,3	12,1	14	12	12,8	12,9	14,5	11,1	12,3	12,6
	moy	17,3	17,4	17	18,2	18,0	18,1	17,5	18,4	18,4	19,2	16,6	17,6	17,8
SAIDIA	maxi	-	20,5	18,7	20,8	22,4	20,6	22,1	21,8	24,2	23,4	21,5	21,5	21,5
	mini	7,7	10,1	10,5	8,7	9,3	8	9,6	10,5	9,1	8,3	8,2	8	9
	moy	-	15,3	14,5	14,9	15,8	14,4	15,8	16,1	16,6	15,8	14,8	14,6	15,2
BOUGHRIBA	maxi	23,3	22,7	22,4	23,5	22,8	23,5	22,1	24,2	26	24,5	23,8	25,1	23,7
	mini	10,5	10,3	10	9,2	9,8	10,1	9,9	10	10,5	11,4	10,6	11,3	10,3
	moy	16,9	17	16,2	16,7	18,4	16,4	16,8	17	17,6	17,8	17,5	18,2	17
MECHRA-HOMMADI	maxi	24	24,4	23,8	25,3	24,7	23,7	23,8	24,2	25,1	25,1	24,2	26,6	24,5
	mini	13,5	13,2	12,7	12,4	11,5	11,8	12	12,0	10,3	10,9	12,2	14	12,2
	moy	18,4	18,8	18,2	18,8	18,1	17,8	17,9	18,1	17,3	18	18,2	20,3	18,3

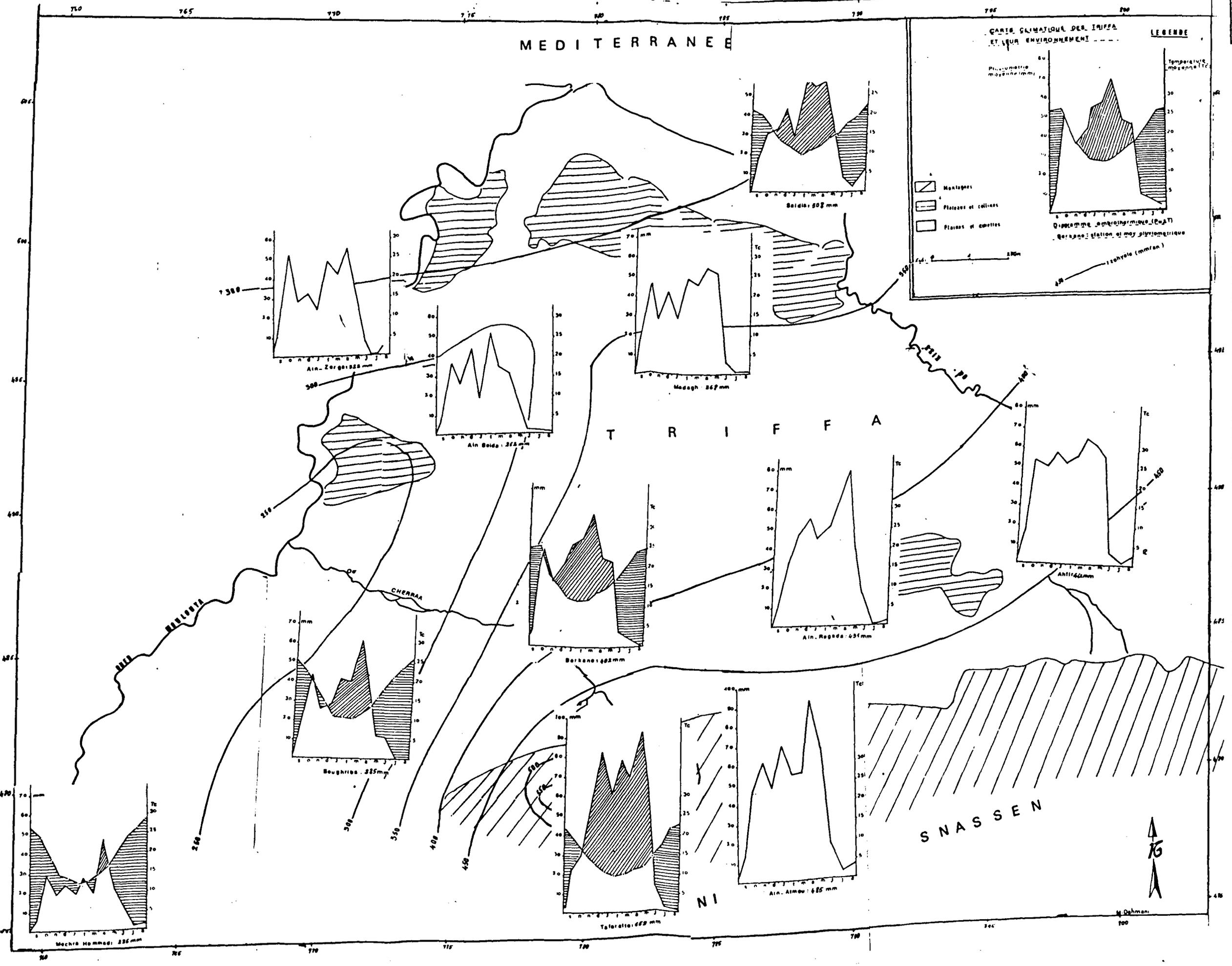
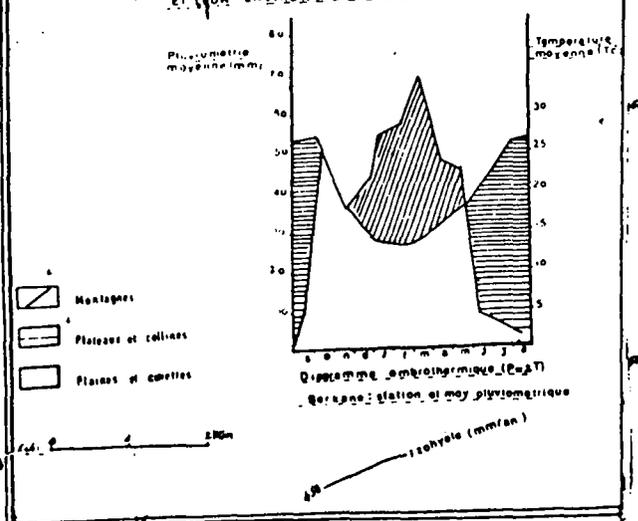
MEDITERRANEE

CARIE CLIMATIQUE DES TRIPPA ET LEUR ENVIRONNEMENT

LEGENDE

- Montagnes
- Plateaux et collines
- Plaines et vallées

1:100000



3ÈME PARTIE

ESSAI SUR L'HYDROLOGIE DES TRIFFA ET DU FLANC
NORD DES BENI-SNASSEN : EVOLUTIONS ET CONSEQUENCES

INTRODUCTION

La plaine des Triffa, considérée actuellement comme l'une des régions agricoles les plus modernes du Maroc, présente un paysage très différent de ce qu'elle était au début du siècle. Les personnes âgées, qui en sont originaires, se rappellent d'une étendue plane couverte de "forêt" de jugubier géant ; c'était une région presque déserte et difficile à traverser. Cependant le flanc des Béni-Snassen qui la domine au Sud était une région plus exploitée par l'homme, selon BEN TAYEB, informateur de A. MOULIERAS installé dans l'Oranie à la fin du XIXe siècle. "Les Béni-Snassen possèdent un vaste et beau terroir, bien arrosé, boisé, couvert d'assez hautes montagnes extrêmement peuplées" ; quant à la plaine des Triffa "elle est un pays pauvre à l'aspect desséché", CHARVET 1970. Certes MOULIERAS n'a pas visité la région, d'autant que la description de son informateur est imprécise car la période pendant laquelle les Béni-Snassen sont arrosés ne correspond pas à la période sèche des Triffa. Louis GENTIL qui a commencé les premières recherches hydrogéologiques dans cette zone notait que la plaine était couverte d'une steppe de lentisque et de jugubier et son centre était marécageux. Cela pourrait correspondre à "EL FAÏ-DA" des autochtones ou inondation pendant la période de pluies ; un pays boueux en hiver et exploité par la transhumance au printemps. On serait amené à supposer un paysage sec en été et menacé par les crues d'hiver des oueds descendant des montagnes, auxquelles pourrait être ajoutée la remontée de la nappe. Ainsi, la cuvette des Triffa restait une région marécageuse et paludéenne notamment dans la zone de Madagh où s'est développée la dernière épidémie très sévère de 1927. C'est à cette époque que débutait l'assèchement de ces marais par les premiers colons arrivés d'Oranie, et peut-être un peu auparavant, et qui s'est poursuivi jusqu'en 1933. Les résultats auxquels les travaux ont abouti furent peu efficaces, car il a fallu connaître les différents caractères et processus qui commandent la dynamique des eaux souterraines. En conséquence quatre forages ont été

exécutés en 1939 par le service hydraulique pour en tirer les premiers renseignements.

Ainsi le premier projet d'étude de la nappe phréatique a été lancé en 1942 vue l'importance spatiale de la plaine, ainsi que la fertilité de ses sols. A cette date on comptait 2 000 ha irrigués. Les résultats de cette étude ont donné un premier bilan hydrologique provisoire établi par RAMPONT qui estimait que les réserves de la nappe ne permettaient pas d'irriguer plus de 1/10 à 1/5 de la plaine. Toutefois cette plaine n'a pas été délimitée, d'autre part les estimations paraissent très incertaines. Néanmoins ces premières recherches ont fait penser à une dérivation à partir de la Moulouya pour compenser le manque d'eau d'irrigation des Triffa.

Une étude récente menée par F. MORTIER, 1957, a mis en évidence les problèmes compliqués de la nappe qui nécessitent en premier lieu la connaissance des données géologiques de la plaine et constituent l'aquifère de la nappe, ainsi que son substratum imperméable. La dynamique des eaux, leurs directions d'écoulement dépendent du niveau piézométrique et de la qualité du terrain dans lequel circulent les eaux, ainsi que des différents éléments qui alimentent la nappe et ses exutoires. A partir de ces différents processus, une évaluation beaucoup plus précise a été donnée, ainsi qu'un bilan détaillé établi.

L'année 1962 a marqué le début de la mise en eau des Triffa, centré à partir du canal dérivé de la Moulouya. Un nouveau projet d'irrigation des Triffa Sud était mis en exécution à partir de 1976. Un nouveau apport donc à la nappe phréatique qui aurait modifié le régime de la nappe, mais aussi un arrêt de pompage à partir des eaux souterraines. C'est à partir de ces derniers événements qu'il sera tenté de faire le bilan hydrique actuel.

Il convient de rappeler le rôle majeur du flanc Nord des Béni-Snassen dans le comblement de la dépression des Triffa. Ainsi il a été constaté que plusieurs oueds sortant de la montagne débouchent sur la

plaine. Ces oueds contribuent également à l'alimentation de la nappe d'une façon permanente pour les écoulements pérennes tels que l'oued Kiss, Cheraâ et la Moulouya, ainsi que par les eaux de crues et ruissellement d'épandage pendant les périodes des pluies.

D'autre part, l'existence de sources ascendantes au pied de la montagne, notamment celle de Oualout située au Sud de Berkane, ont évoqué pour L. GENTIL (1911), la possibilité d'implanter des forages artésiens pour l'irrigation de la plaine. En effet, des forages ont été exécutés ultérieurement dans ce but, et ont permis de constater que les eaux de ces sources proviennent d'une nappe autre que celle qui effleure au centre des Triffa. Il s'agit d'une nappe profonde qui circule dans les calcaires du Lias, cette dernière aurait élargi le complexe hydrogéologique de la région. Il sera tenté de tirer les caractères de cette nappe à partir de la nature de son aquifère calcaro-dolimitique ainsi que le rythme de son écoulement selon les données chiffrées disponibles.

I - LA NAPPE PROFONDE DES BENI-SNASSEN

Il a été noté que le flanc Nord des Béni-Snassen est constitué en majorité de calcaires et dolomies du Lias. Ce sont des roches relativement compactes et fortement diaclasées, dont les fissures sont parfois très profondes et élargies par les ruissellements périodiques des eaux de pluie. Dans plusieurs vallées, on a remarqué un grand nombre de petites sources permanentes et des siphons fort probablement liés à des écoulements intermittents ; parfois même de véritables grottes s'ouvrent dans les calcaires au fond des vallées avec un résidu de calcaire cristallisé. Quoiqu'elles soient à sec, si on exclut la grotte de Zegzel encore active, elles pourraient témoigner d'une ancienne circulation des eaux d'ordre karstique, mais aussi sous des conditions climatiques très humides, ce qui pourrait expliquer le dégorgeement d'eau avec un débit énorme si on prend les bouches de ces grottes comme indice d'écoulement.

Actuellement, on observe plusieurs sources actives, avec des débits très instables selon les périodes sèches ou humides de l'année

ou la succession d'années sèches et d'années humides. Ces sources posent en premier lieu la question de la provenance de leur apport en eau, si on sait par hypothèse que ce sont les manifestations d'une nappe du Lias. Quelles sont donc les caractères de son aquifère et son alimentation ? Ce processus pourrait peut-être également expliquer la dyssimétrie des débits de ces exurgences dans le temps comme dans l'espace. On se demande aussi quels sont les caractères chimiques et thermiques des eaux profondes et s'il peut y avoir une communication de cette dernière avec la nappe phréatique des Triffa.

A - CARACTERES HYDROGEOLOGIQUES

Pour qu'une nappe puisse exister, il devrait y avoir un milieu favorable à son développement, ce qui suggère une formation géologique perméable, propre à permettre l'infiltration des eaux suivant leurs différents apports, telle que la percolation directe des eaux de pluie sur le terrain ou sous forme de ruissellement interne et externe sur le terrain même ou en provenance de loin. Cependant un substratum imperméable devrait être à sa base. Ainsi, les calcaires des Béni-Snassen seraient ici un exemple typique. Très épaisses et fortement diaclasées, ces formations calcaires se sont édifiées par suite de la transgression liasique sur un terrain principalement argileux du stéphanotrias - sous forme d'assises calcarodolimitiques. Cette sédimentation qui aurait commencé dès le Trias moyen dans le Rif devient presque partout marneuse au Lias supérieur (F. MORTIER, 1958). Comme caractère généralisé dans l'hydrogéologie du Maroc, les calcaires constituent le réservoir des eaux, dont le meilleur exemple est le Moyen-Atlas où l'histoire géologique est fort comparable à celle des Béni-Snassen. On est amené à distinguer un aquifère formé essentiellement par les calcaires liasiques, ce qui peut être justifié par l'existence de plusieurs exutoires au fond des vallées qui se manifestent dans les calcaires mêmes, ainsi que par des puits artésiens sur le piémont après avoir traversé les marnes du Toarcien (exemple de forage de Sidi Rahmoun $x = 483$ $y = 800$). D'autre part ces eaux qui circulent dans les couches calcarodolimitiques sont arrêtées à la base par les marnes du Trias qui constituent le substratum imperméable, ainsi que des dolérites très compactes

traversées dans plusieurs puits dans le secteur de Regada. L'écoulement se fait au niveau du contact et suivant le pendage Sud-Nord (H. FAURE, 1950). Il est vrai que le dégorgeement se produit aux différents niveaux des calcaires, là où les conditions lithologiques le permettent. A Hassi Zerga, l'eau jaillit dans les péhistes ; les analyses ont prouvé que cette eau, riche en Ca et Mg, circule dans les calcaires du Lias. Le secteur étant profondément tectonisé, l'origine de la source dans les schistes plus anciens pourrait être expliquée par l'existence d'une faille.

B - APPORTS ET EXUTOIRES DE LA NAPPE

La nappe profonde du Lias est ravitaillée, suivant la nature de son aquifère, selon deux processus :

- 1) la perméabilité dont la principale propriété dans le flanc des Béni-Snassen est la fissuration liée au faciès initial des dépôts calcaires en bancs lithoclasés et aux efforts tectoniques responsables de failles ;
- 2) la porosité qui est le rapport du volume du vide de la roche par rapport à son volume. Ce deuxième processus paraît peut-être moins important que le premier. On ne peut toutefois avoir des précisions qu'à partir des analyses chimiques et sédimentologiques des calcaires qui en couvrent le terrain, afin de dégager un coefficient d'infiltration. Or, ces données font défaut. H. FAURE (1950) avait remarqué dans le secteur de Régada que les maisons sont construites au fond des vallées des monts des Béni-Snassen, ce qui lui a évoqué un indice de ruissellement nul. L'emplacement de ces maisons se justifie selon les autochtones par leur situation à proximité des terroirs irrigués, autrement dit des terrasses fertiles tout au long des oueds. D'autre part, si on se réfère aux quantités de précipitations reçues, on peut constater qu'elles sont faibles pour engendrer des ruissellements diffus, mais cela ne peut pas les exclure ; car le modèle actuel est sillonné par un réseau dense de chénaux collectant les eaux de ruissellement et débouchant sur la plaine. H. FAURE rappelle que 40% seulement des eaux de pluies percolent sans toutefois aborder le reste. Sachant que la période des précipitations coïncide généralement avec les températures minimales ou à la rigueur moyenne de l'année (voir chapitre de climatologie),

il semble que l'évaporation ne puisse pas absorber plus de 60% des eaux de pluies.

Le ruissellement pourrait être lié à la saturation du terrain sur lequel il se développe, d'autant plus qu'il est peu poreux. D'autre part, le régime des pluies souvent sous forme d'averses à grosses gouttes ne permet pas l'infiltration directe des eaux, il s'en suit un ruissellement de ces eaux mais une partie est captée par les fissures et va alimenter la nappe du Lias.

Il est difficile d'apprécier les réserves de la nappe car le volume et la superficie qu'elle occupe sont inconnus. F. MORTIER (1957) admet que la superficie du massif Nord des Beni-Snassen, qui par sa disposition tectonique pourrait alimenter la nappe phréatique des Triffa, serait de l'ordre de 200 km². Ce terrain est très perméable par analogie à une étude précise faite en Tunisie et qui a porté sur l'infiltration des eaux sur le Djebel Zaghouan (TIXERONT et BERKALOFF), où les conditions lithologiques et climatiques seraient comparables. A partir des résultats acquis, F. MORTIER avait pris un coefficient d'infiltration de 40% pour une pluviométrie moyenne de 402mm enregistrée sur une seule station (Régada) située sur le piémont. Il a été noté toutefois que le coefficient d'infiltration est variable suivant la concentration des pluies.

La pluviométrie moyenne annuelle calculée à partir de cinq stations situées dans la même zone (Ahfir, Régada, Berkane, Taforalt et Aïn Almou) est de 468mm pour la décennie 1970-80. Si on retient 40% comme coefficient d'infiltration, sans tenir compte de la variabilité suivant la nature lithologique du terrain, ni des périodes de concentration des pluies, on peut admettre que la quantité d'eau infiltrée sur la superficie de 200 km² concernée est de 1187 l/s par an de 1970 à 1982. Pour la période de 1950-1955, F. MORTIER donnait 1000 l/s. Le décalage, léger d'ailleurs, pourrait être vérifié par la prise en considération de plusieurs stations pluviométriques situées sur le même terrain.

Si on suit F. MORTIER pour connaître le bilan de la nappe, il suffit de connaître les débits des exutoires ; ceux-ci faisant défaut en 1957, il a estimé un débit total des exutoires du flanc Nord des Béni-Snassen de 300 l/s. On constate à partir des statistiques de débits recueillis sur cinq sources du Lias situées sur le piémont que le débit est nettement supérieur aux estimations données (voir Tableau n° 1 : débit des sources du Lias). Toutefois les statistiques présentées doivent être prises avec beaucoup de prudence car d'une part, les chiffres présentés pour chaque mois sont la moyenne de 1 à 7 relevés par mois, ce qui est très insuffisant pour valoriser le débit d'un exutoire dont l'indice de variabilité est très élevé. D'autre part ces jaugeages sont très discontinus et parfois douteux : exemple de la source de Zegzel qui a atteint 111 m³/s en Décembre 1973, ou un débit de 82 l/s le 5 Juillet 1977, qui passe à sec le 9 Juillet 1977 après 4 jours seulement. Quoiqu'il en soit si on se réfère aux estimations de F. MORTIER (1955) en comparaison avec les données chiffrées de la Direction des Ressources en Eau (Berkane, 1983) les résultats seraient incomparables. Il convient de signaler d'autre part, que la superficie de la nappe du Lias serait beaucoup plus vaste que 200 km², l'infiltration des eaux de pluie considérées comme le principal apport de la nappe ne justifiant pas les débits des sources. Il serait possible que la nappe du Lias soit alimentée en grande partie par un écoulement souterrain diffus lié à d'autres étendues d'eau comme celle découverte dans la région d'Aïn Sffa, à cheval sur le flanc Sud des Béni-Snassen et la vaste plaine des Angad Nord. On ne dispose pas toutefois des données géophysiques ni de sondages justificatifs. Un bilan plus précis des ressources en eaux du flanc Nord du massif ne pourrait être établi qu'à partir de la délimitation du terrain aquifère, ainsi que d'une bonne connaissance des différents mécanismes qui commandent l'actif et le passif de la nappe.

II - LA NAPPE PHREATIQUE DES TRIFFA : EVOLUTION DU BILAN HYDROLOGIQUE ET SITUATION ACTUELLE

Bien que constituant grossièrement l'ensemble des plaines situées sur la rive droite de l'oued Moulouya, les plaines des Triffa proprement dites sont limitées au Sud par le piémont Nord des Béni-Snassen,

Tableau n° 1 : DEBIT REEL DE LA SOURCE DE ZEGZEL (AU SUD DE BERKANE)
DEBIT EN LITRES/SEC - 1970-1982

Mois Année	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1970	1456	488	371,5	247,3	145,7	128	96	75	61	41	91,5	106	2666
1971	229	136	88,5	259,5	3457	390	-	-	-	-	-	194	396
1972	358	315	479	940	432	119,5	68	-	-	148,5	99	165,5	260
1973	563,5	984	2719	1315,5	588	314,5	50	-	66	-	97,5	72523	6601
1974	3767	37176	2748	2950	988	458	225	113	177,5	137	168	182	1804
1975	149	705	148	39232	1992	388	330	45	81,5	111	135	174,5	3624
1976	171	198	123,5	1151	1413	332,5	192,5	113	45	97,5	79,5	111	335
1977	504,5	1040	284	318	61,5	57,5	41	47,5	--	-	78	272,5	225
1978	96,5	141	108	378	130	59,5	28	35,5	45	63	56	57	100
1979	50	96	1056	82	101	78	65	26	70	44	259	237	180
1980	142	1331	943,2	352	254	92	124	32	68	59	59	55139	5577
1981	5125	1052	1112	415	765	220	392	154	49	91	93	68	806
1982	93	72	65	116	71	31360	232	53	34	-	-	-	2675

Source : Direction des ressources en eau,
service de l'hydrologie supercicielle
BERKANE, Mars 1983

Moy : 1757 l

Tableau n° 1 (suite) : DEBIT REEL DE LA SOURCE MORGIA EN L/S

Mois Année	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1970	-	221	121	-	sec	520	-	-	-	-	-	-
1971	-	538	369	874	285	256	38	-	-	-	-	-
1973	746	155	712	1065	712	-	36	-	-	-	-	-

Sondage SIDI RAHMOUN

1970	30	24	29	-	-	-	23	-	21	22	21	20
1971	23	21	32	29	28	30	-	20	24	-	-	29
1972	37	34	38	31	39	43	31	24	27	22	23	22
1973	41	42	45	36	24	33	31	-	-	27	30	-

Sondage AÏCHOUN IRE 1279/7

1970	40	38	38	-	37	-	21	-	30	21	24	26
1971	28	25	26	26	25	26	-	25	23	-	27	28
1972	27	23	30	28	27	28	30	32	22	20	25	23
1973	-	29	36	26	26	25	39	-	26	38	27	-

1970	-	39	37	-	34	-	26	-	14	27	27	25
1971	31	28	37	34	40	27	-	22	28	-	27	31
1972	25	28	30	45	43	41	35	40	23	19	18	18
1973	39	36	37	18	25	24	47	21	29	49	-	-

Source : Aïn Aghbal 817/7

Source : Direction des ressources en eau
BERKANE - Mars 1983

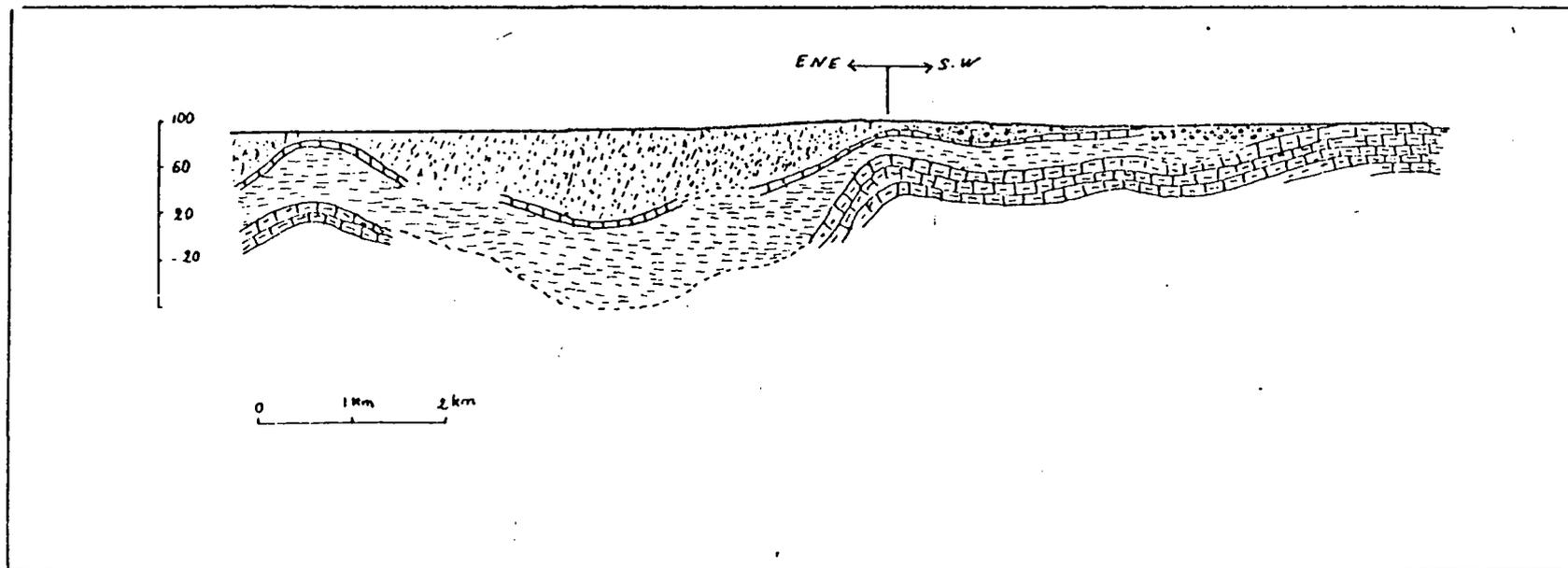
à l'Est par l'oued Kiss, au Nord par la ride d'Oulad Mansour, au Sud-W par l'oued Cheraã et au Nord-W par la Moulouya. Soit une superficie de 250 km² environ, marquée par une topographie plane, où l'altitude n'excède pas 75m, si on exclue les petites flexures telle que celle de Hassi-Smia qui longe la plaine au Nord ou des légères ondulations engendrées par la néo-tectonique, notamment dans la zone Sud en contact avec le piémont et le long de l'oued Kiss. Il a été conclu dans le chapitre géomorphologique que la plaine des Triffa constitue un large cône de déjection qui s'étale depuis la sortie des oueds descendants des flancs montagneux pour couvrir l'ensemble de la plaine. Il s'en suit que les sédiments qui la comblent sont continentaux, du moins à partir du Villafranchien. Même dans la plaine côtière, aucune formation de transgression marine quaternaire n'a été observée : on ne connaît à présent que des formations marines très récentes. Une coupe levée au centre de la plaine à partir des forages de reconnaissance de la nappe phréatique des Triffa montre l'importance de la sédimentation villafranchienne et quaternaire dans laquelle circule la nappe sans atteindre les formations plus anciennes. C'est donc sur les bordures soulevées de la plaine que l'on pourrait toutefois avoir plus de précision sur l'évolution géologique de la dépression synclinale des Triffa individualisée du flanc montagneux depuis le Miocène. Cependant il faut mettre à part la zone située au Sud de Draã Si-Mimoun où les sédiments quaternaires reposent vraisemblablement sur des couches gréseuses du callovo-oxfordien dont plusieurs affleurements démantelés portent témoignage dans cette région (voir carte géomorphologique). Ainsi ces formations devraient constituer le réservoir de la nappe phréatique, tandis que les marnes du Toarcien qui les supportent seraient le substratum imperméable :

A - CARACTERES MORPHOSTRUCTURAUX ET HYDROLOGIQUES

1) Le centre de la plaine : coupe n° 1

La coupe levée au centre de la plaine des Triffa à partir des forages, illustre essentiellement l'épisode villafranchien et quaternaire. A la base, des marnes et marno-calcaires lacustres, qui s'enfoncent sous des sédiments détritiques vers le centre et affleurent sur toute la bordure Est, comme on a pu les observer à proximité de l'agglomération d'Ahfir

Fig 1 : COUPE AU CENTRE DE LA PLAINE DES TRIFFA



- | | | |
|--|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| | Limons rose brun à petits graviers | - Quaternaire moyen et récent |
| | limon rouge plus ou moins encroûté à galets et graviers | - Quaternaire moyen et ancien |
| | Limons encroûtés à graviers avec sa dalle souvent conglomératique | } Villafranchien. |
| | Marne marno-calcaire
Calcaire lacustre | |

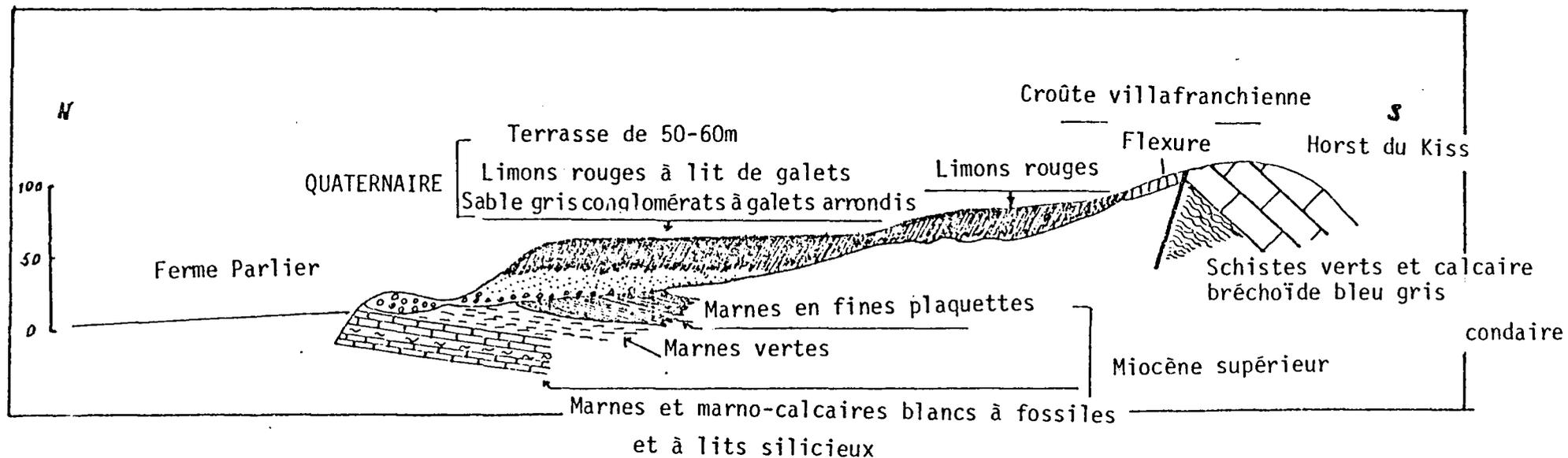
Source : D.R.F. Berkane, 1964

et tout au long de l'oued Kiss vers son aval, ainsi que dans le secteur d'Aïn Regada. Quoique cet épisode lacustre soit important, son épaisseur reste imprécise car on ne dispose pas de coupe d'un forage qui aurait traversé la série entière ou atteint les marnes miocènes ou pliocènes datées. Le sondage le plus profond n'allait pas au-delà des limons et galets continentaux, attribué arbitrairement au Pliocène terminal. Il convient de signaler tout de même que le niveau supérieur lacustre pourrait atteindre une profondeur de 100m au centre de la plaine. Il est surmonté par des limons encroûtés enrobant un matériau grossier, localement conglomératique qu'on pourrait attribuer au villafranchien moyen à supérieur car on observe bien que la formation se termine par une puissante dalle à pellicule rubannée de 3m d'épaisseur qui rappelle tout à fait le Moulouyan; sur cette dernière repose nettement les formations quaternaires.

2) La ride des Oulad Mansour au Nord : coupe n° 2

Le chaînon anticlinal qui s'allonge entre l'oued Kiss à l'Est et la Moulouya à l'Ouest avec une altitude moyenne de 150m, constitue une véritable barrière entre les Triffa et la plaine littorale de Saïdia, deux domaines qui n'ont rien de commun, comme on pourra le constater plus bas. Cette ride dont la présence a été sentie dans la modification du climat, s'impose ici avec un rôle éminent dans le domaine hydrogéologique. Elle est formée essentiellement de formations néogènes sauf à son extrémité Est où la tectonique sévère avait soulevé un horst dans lequel apparaissent les schistes primaires et calcaires du jurassique qui se dressent en abrupt à 90° de part et d'autre de l'oued Kiss qui aurait profité de la ligne de faille pour façonner sa gorge avant de se jeter dans la mer. Les formations anciennes s'annoient au Nord par des dépôts détritiques villafranchiens cimentés en partie par la dalle Moulouyenne, avant de disparaître sous la terrasse quaternaire du Kiss qui s'est développée en discordance sur des marnes calcaires très indurées et des marno-calcaires verdâtres épais de 40 à 50m à empreintes ferrugineuses de débris de lamellibranchis et de gastéropodes. Cette série qui bute contre les schistes et calcaires du horst du Kiss a été attribuée au Miocène supérieur.

Fig 2 : COUPE DU MIOCENE SUPERIEUR AU NORD DU "HORST DU KISS"
 échelle 1/ 5 000e



D'après F. MORTIER, 1955

Elle est surmontée ensuite par des calcaires rubannés siliceux à empreinte de poissons, puis des marnes vertes à lamelles de gypse et de calcaire marneux en plaquettes minces. La série se termine ensuite par des marnes vertes, rattachées par leur faciès "plaisancien" au Pliocène. (F. MORTIER, 1957).

L'épisode Pliocène complet s'observe sur les coupes 3 et 4 où on peut distinguer deux faciès du Pliocène : des marnes bleues ou verdâtres (faciès Plaisancien) dont la partie supérieure est caractérisée par des niveaux fossilifères, marquant le passage à un deuxième faciès d'alternance de marnes vertes et de grès calcaires jaunes ou brunâtres souvent friables. La stratification est parfois entrecroisée et peu fossilifère (faciès astien). Des conglomérats à galets arrondis et à ciment généralement tendre, gréseux ou crayeux, terminent le cycle pliocène qu'on remarque d'ailleurs coiffés par la dalle calcaire à pellicule rubannée du Mouloyen (coupe 4).

La série sub-horizontale qui se dresse en falaise morte au Nord, dominant la plaine littorale, s'enneie progressivement avec une très légère pente vers le Sud sous le comblement quaternaire des Triffa. D'autre part le faciès gréseux qui la termine fait penser à un retrait progressif de la mer. Cette hypothèse peut être confirmée par l'existence des bois flottés et de nombreux exemplaires d'Ostréa Lamellosa, correspondant selon F. MORTIER (1957) à de vieux individus très calcifiés, de taille moyenne, ayant vécu dans des conditions écologiques médiocres. Cependant il existait probablement à la fin du Pliocène, des lagunes mal reliées à la haute mer recevant une sédimentation détritique d'origine continentale. L'existence des conglomérats à galets arrondis de 15 cm de taille et à ciment gréseux ou marneux généralement tendre, correspondent selon R. RAYNAL à un climat tropical.

3) La bordure Est de la plaine

C'est la zone qui s'insère entre le horst du Kiss au Nord et la plaine d'Ahfir au Sud. Une bande légèrement ondulée se caractérise par

une sédimentation différente par rapport à celle des Oulad-Mansour. La coupe levée par F. MORTIER, 1957, (Fig 5), montre une juxtaposition de faciès lagunaire (gypse exploité en carrière au Sud du horst), lacustre et littoral, avant l'apparition de marnes grises micassées à huitres, surmontées de calcaire silicieux rubané à empreintes de poissons. Par analogie à d'autres faciès en Algérie et Italie, de même caractère, cette accumulation gypseuse serait du Miocène supérieur. Plus au Sud de la coupe 5, des limons bruns violacés à nombreuses paillettes de micas, seraient en relation avec les émissions andésitiques, véhiculées par une source captée pour l'alimentation en eau de Saïdia. Ces hypothèses données par L. GENTIL (1908) comme témoins des importants affleurements andésitiques des Msirda qui se dressent en Algérie à proximité d'Ahfir ont été datés du Miocène supérieur et attribuées au Pliocène supérieur ultérieurement par GAUTIER et BOUBAULT. Ainsi, plusieurs forages creusés dans la plaine confirment que cette phase volcanique avait recouvert une bonne partie des Triffa, comme en témoigne la base du forage 999/7 en x 502,5 y 780,6 ayant traversé sur 10m en-dessous de 475m des marnes bleues miocènes. Il s'agit, selon la détermination de J. AGARD, d'une andésite à biotite quartzifiée. Les mêmes observations ont été faites dans le forage 1122/7 en x 492,4 y 793,8, où la couche d'andésite a été traversée sur 16m à partir de 450m de profondeur entre les marnes bleues à faune marine du Pliocène et les marnes grises à faune d'eau douce du Miocène supérieur continental (F. MORTIER, 1957).

4) La plaine littorale de Saïdia

Elle forme une ceinture rectangulaire tout au long du cordon des Oulad Mansour qui l'isole au Nord des plaines des Triffa avec une falaise morte à forte pente, depuis l'oued Kiss à l'Est jusqu'à la Moulouya à l'Ouest. Elle glisse doucement au Nord sous la mer avec un rivage sableux et régulier. Ainsi son extension d'Est en Ouest est de 13 km avec une largeur de 2,5m.

Cette plaine est considérée, depuis L. GENTIL (1908), comme un véritable delta de la Moulouya. Sa formation ne remonte guère au-delà du

Fig 3 : COUPE DU KORN-ECHAMS : x : 787 - y 498

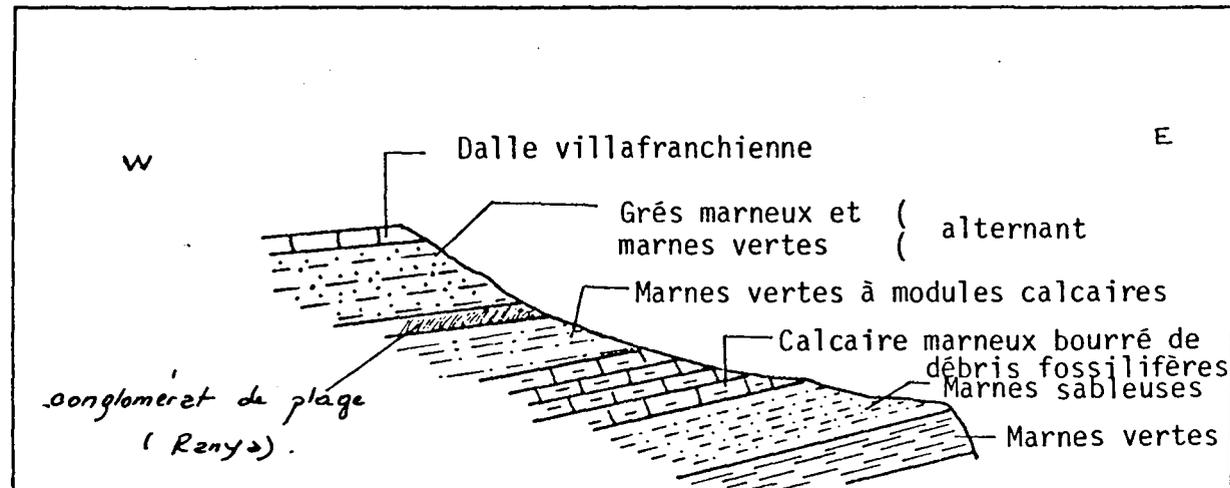
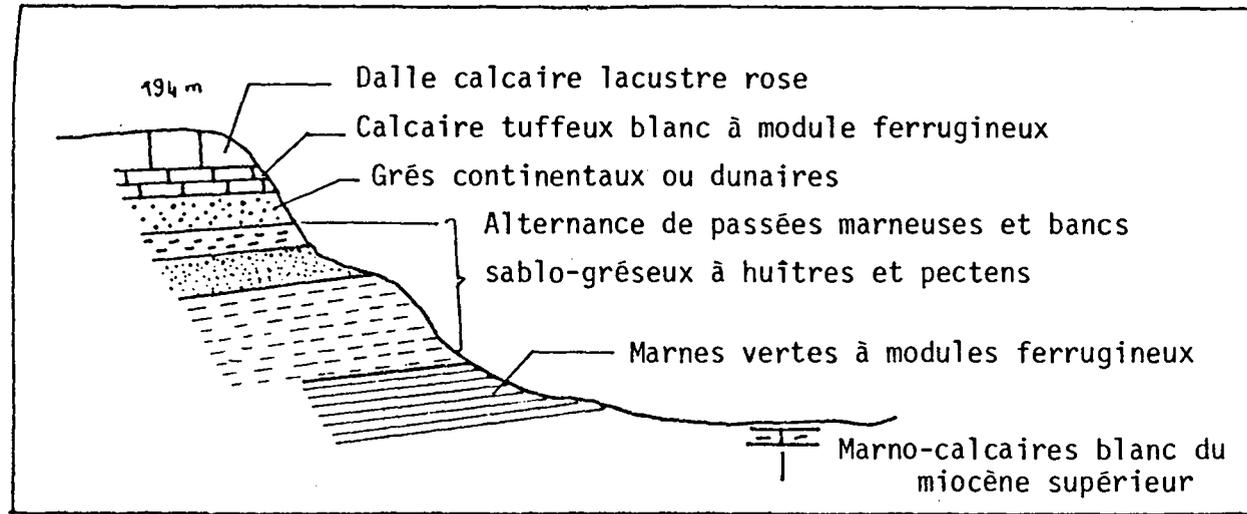
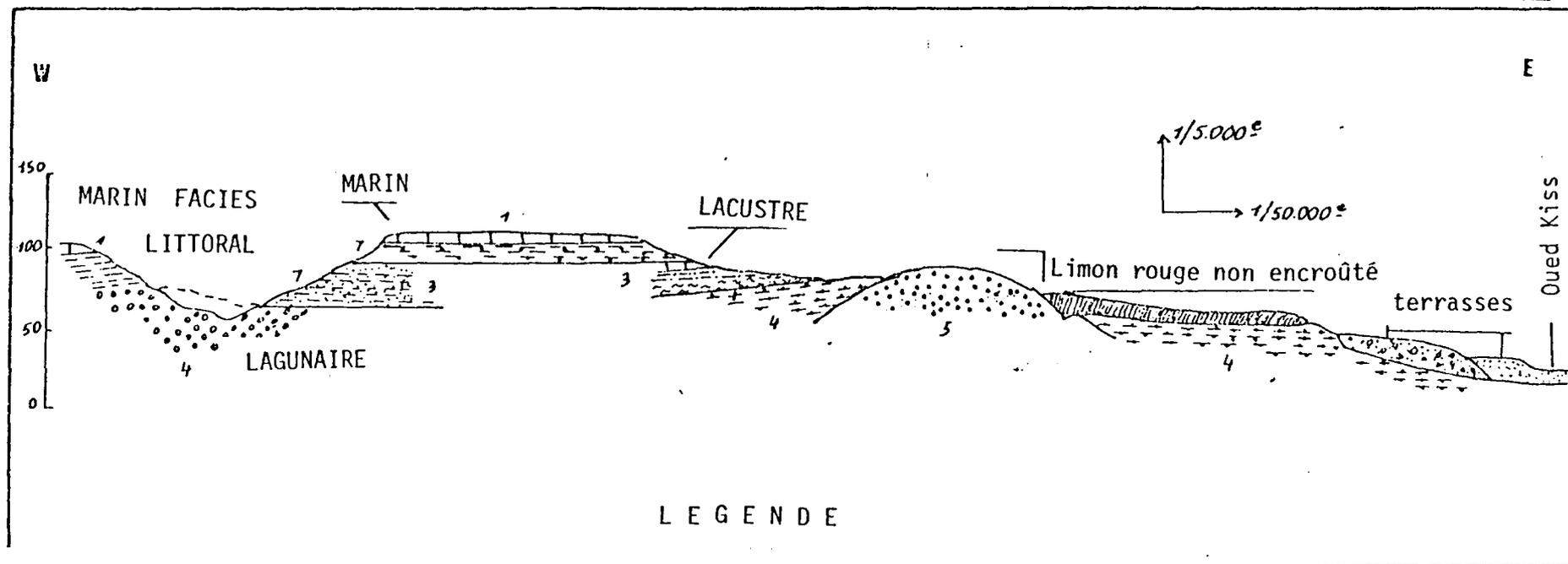


Fig 4 : COUPE DU PLIOCENE DE LA COLLINE DES OULAD-MANSOUR

x : 785 - y 501:

FIG 5 : COUPE DU MIOCENE SUPERIEUR AU SUD DU KISS.



LEGENDE

- 1 - Calcaire rubanné silicieux à empreintes de poissons
- 2 - Marnes grises à paillettes de micas et grosses huîtres
- 3 - Alternances de marnes vertes, bancs sableux jaunes, calcaire tendre détritique fossilifère
- 4 - Bancs de gypse en plaquettes de quelques cms.

5 - Andésite

3 - Calcaire jaune tendre lacustre, marne sableuse, marne verte à végétaux, marne schisteuse grise

4 - Marne verte à modules calcaires (un peu gypseuse par places)

Quaternaire supérieur ; on ne connaît à présent aucun indice de plages du Quaternaire moyen ou ancien. Des poudingues ont été recueillis près du Cite Radar (base américaine) par des chercheurs, on ignore à présent ce qu'ils ont donné comme résultat. On peut toutefois distinguer deux replats qui s'étagent du Sud au Nord :

- le premier s'étend au pied de la falaise morte du flanc Nord des Oulad Mansour jusqu'à une première ligne de dunes sableuses allongées d'Est en Ouest. Elles sont constituées de limons roses superposés à des sables gris marins. Le replat s'incline vers le Nord avec une faible pente, à tendance synclinale vers l'Ouest. L'altitude moyenne est de 7m à l'Est, 5m au Centre et 3m à l'Ouest à proximité du poste radar ;

- le deuxième replat se juxtapose au premier au Nord à partir de la ligne des dunes peu consolidées, sur une largeur de 150 à 300m. Son niveau est inférieur de 3m par rapport au niveau de la mer. Les habitants d'ailleurs le nomment "SAREG" ce qui signifie bassin. Ce sareg est constitué de bandes sableuses et argilo-sableuses grises. Il est limité au Nord par une ligne de dunes sableuses boisées, parallèles à la première, qui isole au Nord la plage de Saïdia, large d'une centaine de mètres, du bois au contact avec l'eau.

Il convient de rappeler que la plaine côtière est limitée sur ses deux extrémités Est et Ouest par deux oueds perennes, le Kiss et la Moulouya dont l'importance, surtout de ce dernier est capitale, au point que la zone en question est considérée comme son delta. Il joue en réalité deux rôles contradictoires, car d'une part il draine la nappe phréatique, qui est ici presque constamment affleurante, mais aussi il envahit sévèrement la plaine en périodes de crues. A titre d'exemple, on peut citer deux dates : 1963 et 1967, où la Moulouya avait débordé de son lit pour inonder la presque totalité de la plaine. A noter que le débit de la crue atteint 1000 m³/sec, débouchant d'un bassin versant de 53 723 km² dont 2 112 km² en aval, superficie indépendante du barrage de Mechra Hommadi.

A l'Est, l'oued Kiss pérenne depuis ses sources au Sud d'Ahfir, draine un bassin versant de 412 km² dont 116 km² sont situés en Algérie. Son jaugeage n'a jamais été observé avec continuité en raison de son rôle frontière avec l'Algérie depuis sa sortie d'Ahfir. Quelques relevés, en 1935, mentionnent les chiffres de 70 à 120 l/sec. Ce jaugeage aurait été réalisé en période d'étiage ou du moins en état d'écoulement normal, car on se souvient de la crue de 1963 qui a endommagé deux ponts en béton armé, reliant Ahfir à Boukanoun et Saïdia à Port-Say. Les rapports de la D.R.E. de Berkane notent que dans cette même année, le Kiss a inondé la plaine côtière et causé de lourds dégâts à Saïdia ville. Mais à part les périodes de grandes crues pendant lesquelles l'influence du Kiss est considérable, les relations oued-nappe restent imprécises. On pourrait éventuellement supposer, selon les données topographiques, que le Kiss alimente la nappe dès sa sortie du horst et la draine à son embouchure, comme en témoigne l'existence de plusieurs petites sources qui coulent en direction de la mer.

A ces éléments on ajoute également, les eaux de pluies infiltrées sur la plaine ainsi que les ruissellements qui se déversent sur la plaine à partir du flanc Nord de la ride. Ces apports s'infiltrent presque en totalité en raison de la bonne perméabilité des sables limoneux. Il convient de rappeler aussi l'apport souterrain à partir de la communication de la nappe phréatique des Triffa ; l'écoulement s'effectue du Sud au Nord, vers la plaine côtière à travers le couloir qui sépare la ride d'Oulad Mansour à l'unité d'Aïn Chebbak, avant de déboucher dans la partie Ouest de la plaine. Une partie des eaux, d'ailleurs, arrive en surface sous forme de sources comme celle d'Aïn Chebbak et Aïn Zebda. Les observations effectuées par la D.R.E. de Berkane sur le puits 883/7, situé dans cette zone, fait ressortir que la remontée de son niveau isobathe paraît la conséquence du drainage de la nappe phréatique des Triffa vers la côte.

B - ALIMENTATION DE LA NAPPE DES TRIFFA

1) Percolation des eaux de pluie sur la plaine

L'observation des variations du niveau piézométrique à partir des puits témoins dans la plaine fait ressortir que la nappe phréatique est ravitaillée en partie par la percolation des eaux de pluie reçues directement sur la plaine. Pour estimer le coefficient d'infiltration, F. MORTIER a appliqué la méthode climatologique de THORNTHWAITE (1948) dont le principe a été emprunté à PRESIOZI (voir bibliographie) "la connaissance de l'évapotranspiration potentielle (E.P.) et de la pluviométrie permet de calculer le bilan hydrologique d'une région déterminée. Ces deux éléments climatiques sont totalement indépendants et leur variation au cours de l'année est très différente. Quand les précipitations sont supérieures à l'E.P., une certaine quantité d'eau est emmagasinée par le sol jusqu'à saturation ; le surplus ruisselle ou s'infiltré profondément, c'est ce que les hydrogéologues appellent "l'écoulement". Dès que les précipitations deviennent inférieures à l'E.P. le sol restitue l'eau emmagasinée, l'évaporation réelle reste égale à l'évaporation potentielle jusqu'à l'épuisement de cette réserve puis elle devient inférieure à l'E.P. et égale à la pluviométrie.

Selon THORNTHWAITE, la quantité d'eau de pluie nécessaire pour la saturation du sol est de 100mm. Ce chiffre considéré par F. MORTIER (1957) dans la plaine des Triffa n'a pas entraîné la saturation du sol. Le lendemain d'une période de pluie de trois jours (128 à 188mm suivant les points) au mois de Mars 1957 (E.P. 44m), cette quantité de pluie a fait remonter la nappe de 8 à 10cm, par contre la réserve d'eau du sol était nulle. Ce qui pourrait prouver que le surplus des eaux de pluie s'infiltré en totalité pour alimenter la nappe, sachant que la plaine des Triffa n'a pas d'exutoires superficiels. Le bilan hydrique pour l'année agricole 1954-1955 (voir Tableau n° 2), calculé par F. MORTIER (1957) fait ressortir que la quantité d'eau qui aurait alimenté la nappe est de l'ordre de 1054 l/s continue. Ce même calcul effectué pour chaque année de 1917 à 1957 (40 ans) a montré que l'infiltration n'a pu se produire que pendant 16 ans, autrement dit la nappe des Triffa ne profite des eaux des

Tableau n° 2 : BILAN HYDRIQUE POUR L'ANNEE AGRICOLE 1954-55
(d'après F. MORTIER, 1957)

Mois	H	EP	B	ER	R	S
Septembre	18	118	-100	18	0	0
Octobre	6	78	- 72	6	0	0
Novembre	18	48	- 30	18	0	0
Décembre	97	29	+ 68	29	68	0
Janvier	115	23	+ 92	23	100	60
Février	49	27	+ 22	27	100	22
Mars	66	44	+ 22	44	100	22
Avril	96	57	+ 29	57	100	29
Mai	10	77	- 67	77	33	0
Juin	22	120	- 98	55	0	0
Juillet	1	161	-160	1	0	0
Août	0	162	-162	0	0	0
Année	498	946		355		133

P = Précipitations mensuelles en mm de Berkane

E.P = Evapotranspiration potentielle mensuelle en mm pour Berkane

B = Bilan hydrique P - E.P

ER = Evapotranspiration réelle (P pour les mois secs
(EP pour les mois humides)

R = Quantité d'eau en mm retenue par le sol en rétention
jusqu'à un maximum de 100 mm (saturation) puis rendue
pour l'évapotranspiration pendant les mois secs

S = Surplus du bilan hydrique, en mm.

précipitations qu'une année sur 2 ans et demi, soit un coefficient d'infiltration moyen de 6,3% ou un apport de 500 l/s. continu sur 40 ans. F. MORTIER n'a pas retenu ce coefficient d'infiltration, car son bilan concerne la période de 1951-1955 ; sur cette période il a trouvé un coefficient d'infiltration de 15%.

Pour la période de 1970-1982, on retiendra un coefficient d'infiltration moyen de 10%, ce qui correspond à la moyenne des deux coefficients précités ; d'autre part, il serait préférable de prendre une moyenne des précipitations de toutes les stations situées sur la plaine, car il a été constaté que la zone de Berkane est plus humide que le reste de la région concernée (voir Tableau).

Tableau n° 3 : MOYENNE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES DE LA PLAINE DES TRIFFA - 1970-1982

Stations	Moyenne des précipitations annuelles 1970-1982
Berkane	402 mm
Aïn Zerga	323 mm
Aïn Beida	263 mm
Madagh	362 mm
Moyenne	339 mm

Si on retient la moyenne de 339mm valable pour l'ensemble de la plaine et 10% comme coefficient moyen d'infiltration, la nappe phréatique des Triffa serait alimentée à partir des eaux des pluies percolées directement de l'ordre de : 269 l/s continu par an.

2) Alimentation de la nappe par les eaux de ruissellement superficiel en provenance du flanc Nord des Bēni-Snassen

La morphologie de la plaine des Triffa par rapport au flanc Nord du massif, montre que l'ensemble des oueds et talwegs descendent de la montagne, se perdent dans la plaine. Cependant, on exclut les bassins versants des oueds Kiss et Cherraa, compte tenu de leur écoulement continu jusqu'à la mer, ce qui ne prouve pas leur neutralité vis à vis de la nappe ; soit une superficie de 80 km² du bassin versant qui pourrait contribuer à la charge de la nappe. La moyenne annuelle des précipitations reçue par cette zone selon les données des différentes stations situées sur sur ce terrain est la suivante :

Tableau n° 4 : MOYENNE ANNUELLE DES PRECIPITATIONS DU BASSIN VERSANT 1970-1982

Stations	Moyenne des précipitations 1970-1982
Taforalt	559
Aïn Almou	488
Ahfir	462
Berkane	402
Regada	431
Moyenne	468

La quantité d'eau totale reçue par le bassin versant concerné s'élève à 3744×10^4 m³/an soit 11871/s.

Il a été noté que la majorité du bassin versant est couvert par les dolomies et calcaires du Lias (voir nappe profonde). La nature des roches de grande perméabilité ne permet au ruissellement superficiel d'atteindre la plaine que pendant les grosses pluies ; par ailleurs, le surplus de l'évapotranspiration percole sur le flanc lui-même pour ravitailler la nappe profonde. Si on retient 15% de ce débit qui débouche sur la

plaine par an et la moitié seulement des eaux qui pourraient s'infiltrer et atteindre la nappe (F. MORTIER, 1957), l'apport d'eau serait de l'ordre de 7,5% soit un débit approximatif de 89 l/s. Il faut toutefois se rendre compte du coefficient d'infiltration très variable selon la quantité d'eau reçue chaque année, ainsi que le rôle des Oueds-cherraa et Kiss qui pourraient drainer en partie cette eau ruisselante sur la plaine, comme ils pourraient recharger latéralement la nappe. Par leur position marginale, on a considéré que leur bilan est neutre.

3) Alimentation latérale à partir de la nappe du Lias

Les premières études hydrogéologiques effectuées dans la région Béni-Snassen Triffa soupçonnaient une communication de la nappe profonde du Lias avec celle presque superficielle des Triffa. Il a été signalé que les calcaires et dolomies du Lias (Domerien) constituant l'aquifère de la nappe profonde s'inclinent de 15° à 20° sous les formations plus récentes de la plaine. Théoriquement, le Lias aquifère domine ainsi le soubassement des Triffa, et met en évidence l'extension de la nappe qu'il abrite, mais n'explique pas forcément la communication des deux nappes étagées ; compte tenu surtout de l'épaisse série marneuse du Toarcien qui les sépare. Cependant les sources importantes du piémont, dont les caractères chimiques de l'eau prouvent qu'elles proviennent des calcaires, sont toutes liées à des fractures signalées par les hydrogéologues.

A Ahfir l'oued Kiss prend sa source au Sud du village sur une ligne de faille (STRELLA, 1952). Cet accident tectonique semble responsable de la remontée des eaux du Lias. Plus à l'Ouest, la source d'Aïn Aghbal provient également des calcaires domariens à travers une faille. La source d'Aïn Regada jaillit à la côte 220m, avec un débit très instable. Elle peut rester plusieurs mois sans écoulement, ou bien elle coule de 1 à 3h tous les après-midis, ou continuellement pendant toute l'année avec un débit variant de 100 à 500 l/s. Il serait difficile à partir de ces caractères de lier le régime du débit à un cycle normal ; bien qu'elle soit attribuée à une faille, la source de Regada aurait un régime particulièrement complexe par rapport à celles d'Aghbal et du Kiss pérennes

toute l'année, tout en subissant l'influence régulière des périodes pluvieuses, ainsi que la sécheresse estivale.

La station thermale de Fézouane située au Nord-Est d'Aïn Régada serait la meilleure preuve. En effet, son puits côté 1122/7 a révélé un artésianisme très puissant, non pas à partir des calcaires liasiques, mais à partir des formations volcaniques : la température des eaux est constamment de 38°C alors que celle des eaux du Lias est remarquablement inférieure (voir Tableau n° 5 d'un puits voisin). On peut conclure que le relais hydraulique des deux nappes se fait par l'ensemble des fractures qui affectent le piémont du flanc Nord des Béni-Snassen orientaux.

Selon F. MORTIER (1957), la superficie du massif calcaire qui par sa disposition pourrait participer à la nappe des Triffa est de l'ordre de 200 km². Pour la période 1970-82, il se serait infiltré 40% des eaux de précipitation soit un débit de 1188 l/s qui ravitaille la nappe profonde. Si on exclut uniquement le débit des exutoires liés directement aux failles (Kiss - Régada et Aghbal) ainsi que, des pertes diverses, soit 400 l/s, un apport à la nappe phréatique de 800 l/s est possible.

4) Infiltration des eaux d'irrigation

L'infiltration des eaux d'irrigation semble être l'élément majeur qui recharge la nappe, car l'infiltration des eaux de pluies demeure imprécise, voire négligeable, de même que l'estimation d'un apport à partir de la nappe profonde. On sait cette fois que la plaine des Triffa reçoit depuis sa mise en eau à partir de la dérivation du canal principal de la Moulouya, un débit de 4 200 l/s. Il faut noter également que l'irrigation gravitaire du canal marque aussi l'arrêt de pompage à partir de la nappe d'où la double importance de cet apport. L'installation d'un autre canal en 1976 pour irriguer la zone Sud de la plaine aurait augmenté le débit en provenance de la Moulouya, mais ce projet est encore en essai et on ne dispose pas de ses données.

Pour déterminer le pourcentage d'eau réinfiltrée, à l'époque où l'irrigation se fait uniquement à partir du pompage F. MORTIER (1957) avait trouvé un pourcentage de 31% pour la période de 1950-1955. Un autre essai du D.R.E. de Berkane effectué récemment aurait trouvé 20% seulement. Si on considère que ces chiffres représentent les cas extrêmes, une moyenne de 25% peut être admise. Ainsi la nappe phréatique des Triffa devrait recevoir un débit de $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

C - EMERGENCES ET PRELEVEMENTS A PARTIR DE LA NAPPE

Jusqu'à 1964, date de la mise en eau de la plaine des Triffa, les estimations du passif hydrique de la nappe se faisait à partir de trois éléments, considérés comme exutoires des eaux souterraines. Ainsi, F. MORTIER signalait : l'irrigation par pompage et les exutoires naturels (sources et émergences naturelles). A ces deux éléments, s'ajoutent les pertes par évapotranspiration là où la nappe est très proche du sol, soit une superficie de 3 km^2 en 1957 si on exclut la plaine côtière de Saïdia. Depuis 1964, on a assisté à un arrêt des pompages à partir de la nappe ce qui peut avoir augmenté la réserve des eaux emmagasinées d'une part mais aussi augmenté les pertes par évaporation ; car on assiste actuellement à une superficie de 60 km^2 environ où le niveau de la nappe est entre 1 et 5m du sol.

1) Prélèvement par pompage

On comptait, avant l'exécution du projet d'irrigation par le canal de la Moulouya, aux environs de 400 stations de pompage, dont la majorité était située au centre de la plaine. La quantité d'eau épuisée a été estimée à $8 \text{ m}^3/\text{s}$ (MORTIER, 1957). Ce débit a été sous-estimé par la D.R.E. de Berkane qui le réduit à $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ seulement (DRE - 1975). Il serait en réalité délicat de retenir un chiffre précis pour plusieurs raisons ; d'une part la majorité des stations de pompage sont des propriétés privées ce qui pourrait modifier la quantité d'eau pompée dans la mesure où les agriculteurs ne donnaient pas souvent l'horaire réel de pom-

page, d'autre part selon la D.R.E., le pompage serait actuellement arrêté, alors que les fuites sont toujours possibles. Quoiqu'il en soit on considère que la quantité pompée actuellement est négligeable.

2) Les exutoires et émergences naturels :

Il serait difficile d'identifier tous les exutoires naturels qui drainent la nappe, car la forme d'émergences diffuse ("mergeats") de certains rend le jaugeage très imprécis, comme c'est le cas à Aïn Zerga, Aïn Baïda et d'autres au centre de la plaine ou aux extrémités comme au long des oueds Kiss et Cherraâ. Pour les sources, susceptibles d'un jaugeage, se pose le problème de leur intensité très irrégulière. F. MORTIER avait estimé pour l'ensemble un débit de 360 l/s en 1957. Ce débit aurait doublé avec la remontée du niveau d'eau en conséquence de l'arrêt de pompage et la mise en eau à partir du canal. Pour cela une collature a été creusée au centre de la plaine pour renforcer le drainage en cas de submersion de la plaine ; elle pourrait évacuer 2 m³/s vers la Moulouya. Les sources qui débouchent sur l'oued Kiss auraient un débit de 200 l/s (D.R.E. 1979). Quant à l'oued Cherraâ il alimente la nappe à son débouché sur la plaine, mais en même temps il la draine à son aval. Son bilan est considéré comme neutre (D.R.E. Berkane 1972).

Dans la zone Nord-Ouest, la nappe des Triffa communique avec celle de la plaine côtière en faveur de cette dernière, en empruntant le couloir situé entre l'extrémité Ouest des Oulad Mansour et l'unité d'Oulad - Hadj - Kebdane. Bien qu'il soit impossible de quantifier ce débit souterrain, la D.R.E. retient l'estimation de 100 l/s. Soit au total un bilan d'environ 1 m³/s évacué par les exutoires naturels.

3) Evaporation des eaux de la nappe

Le phénomène d'évaporation directe à partir de la nappe semble être lié au niveau des eaux par rapport au sol, ainsi qu'à la variation des températures. Pour la période de 1956-1962, la superficie du terrain où la nappe se trouve à -5m de profondeur est de 3,5 km² environ. C'est

cette zone qui a été estimée comme influencée par l'évaporation. Cependant la quantité qui pourrait s'évaporer entre 5 et 10m est négligée. Ainsi il a été admis un débit d'évaporation moyen global de 25 l/s, soit un coefficient d'évaporation de 7 l/s par km² pour la zone où la nappe est à -5m de profondeur. En l'état actuel, on assiste à une superficie de 60 km² environ. Si on retient le même coefficient, la nappe devrait perdre 460 l/s.

III - CARACTERES CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES

On dispose pour ce sujet de plusieurs échantillons prélevés dans les points significatifs par rapport à l'ensemble de la région. Leurs analyses font distinguer deux catégories d'eaux dont les propriétés chimiques, ainsi que leur concentration dans l'espace et le temps les rendent très variables. Il sera donc tenté de tirer les caractères généraux des eaux de la nappe phréatique ainsi que celle du Lias selon ce qu'on a pu comprendre des analyses portées sur les tableaux n° 5 - 6 - 7 - 8.

1) La nappe du Lias

Il a été constaté auparavant que la nappe profonde des Béni-Snassen circule dans les dolomies et calcaire du Lias très sensibles à l'agressivité chimique des eaux. Les prélèvements effectués et analysés dans les mêmes points à plusieurs reprises (voir Tableaux n° 5 et 6) font ressortir que le faciès des eaux du Lias est généralement calcique, magnésien et sodique. La concentration des principaux éléments chimiques varie selon les périodes. Ainsi on peut constater que la teneur augmente sensiblement pendant la période d'étiage. La diminution du potentiel de la nappe favorise la solution des éléments solubles avec la chute des débits d'exutoires ; compte tenu également du fait qu'en cette période d'étiage, il y a concentration des substances dissoutes dans un faible volume d'eau. Le cas inverse se produit pendant la période des hautes eaux ; l'écoulement rapide des eaux de pluie infiltrées augmente le débit des exutoires et réduit le degré de solubilité des éléments chimiques d'autant plus qu'il y a dilution.

La salinité qui pose le problème fondamental dans certains secteurs des Triffa comme on va le voir plus bas, semble avoir une faible ampleur dans les eaux du Lias. On considère que la teneur maximale en sel admissible et la consommation potable varie entre 1,1 et 1,6 g/l selon les fluctuations de la nappe qui sont de 1 à 3m pendant l'année (voir Fig 1). On cite à titre d'exemple l'Oum Rbia, dont les eaux proviennent du calcaire liasique du moyen Atlas, avec un débit plus régulier par rapport aux autres oueds du Maroc que la salinité est en moyenne de 9 g/l (J. LOUP, 1974).

2) La nappe phréatique des Triffa

La dépression des Triffa constitue la zone d'accumulation des eaux en provenance des monts des Béni-Snassen et du canal dérivé de la Moulouya. Selon les résultats d'analyses, la concentration en sel varie de 0,5 à 3 g/l dans les eaux de la nappe (Tableau n° 7). La salinité est très irrégulière car elle varie avec le battement de la nappe, ainsi qu'avec les variations du débit du canal. L'évolution annuelle de la Moulouya montre que le maximum de concentration en sel se situe généralement entre 900 et 1300 mg/l à la fin de l'été et en automne. Le minimum est de 350 à 500 mg/l au printemps. Cette évolution pourrait être interprétée par les premières pluies lessivant les terres qui se sont enrichies en sel et ramènent des eaux concentrées. Une fois cette période de lessivage passée, se place une période de stabilité pendant l'hiver et le printemps pluvieux; ainsi la salure diminue.

Il convient de signaler toutefois que la salure de la nappe est très différenciée par rapport à l'ensemble de la plaine. En 1966, après la mise en eau des Triffa, 80% des eaux de la nappe ont une concentration en sel supérieure à 2 g/l, contre 46% en 1963. 21% ont une salure supérieure à 4 g/l, localisées au centre de la plaine (zone de Madagh). Les eaux dont la teneur est inférieure à 2 g/l, degré maximum admissible pour l'irrigation et la consommation humaine, ne représente que 54% par rapport à l'étendue de la nappe en 1963 (CARLIER, 1970), 14% seulement en 1966 et 20% en 1968. Le dernier relèvement serait dû à l'amélioration du drainage.

Cependant le problème des sels prend actuellement une grande ampleur au Nord de la plaine, dans le secteur de Madagh où les sels des eaux évaporées s'accumulent en surface, pendant la période chaude. Dans le secteur Ouest de Madagh intervient un autre élément important ; ce sont les émergences de la nappe qui contribuent à l'accroissement de la salinité.

Dans le secteur Nord de Berkane la forte salinité serait due à la faible vitesse d'écoulement souterrain qui lui permet d'atteindre une forte teneur. Selon CARLIER (1970), 60% des eaux dans ce secteur ont un faciès chloro-sulfaté, calcique et magnésien, 30% un faciès chloruré sodique et 10% sont sous prédominance nette ; il s'agit, dans ce dernier cas, d'eau douce avec un résidu généralement inférieur à 1,5 g/l.

3) Les eaux de la plaine côtière

Les analyses des prélèvements dans la plaine côtière mettent en évidence la salure assez élevée des eaux. Elle varie de 3 à 7 g/l ce qui la rend, non seulement intolérable pour l'irrigation et la consommation humaine, mais elle affecte aussi les sols, par sa profondeur très faible pendant toute l'année. Ainsi il convient de signaler que la teneur en sel croît au fur et à mesure qu'on avance vers la côte. Les échantillons prélevés dans les dunes consolidées au Sud, montrent que la salure est moins élevée, variant de 1 à 2 g/l, assez faible par rapport à l'ensemble de la plaine (Tableau n° 8). On ne sait pas s'il s'agit seulement d'une simple pellicule d'eau douce en surface qui flotte sur la nappe proprement dite qui serait encore plus salée. Car on est à proximité du flanc Nord des Oulad Mansour, ce qui fait penser que ce sont les eaux du ruissellement qui sont localement maintenues sur le substratum marneux. Cette pellicule d'eau constitue actuellement la seule ressource en eau potable pour les habitants ruraux.

Tableau n° 5 : ANALYSES DES EAUX : NAPPE DU LIAS DES BENI-SNASSEN

date des prélèvements	9-2-1975		25-12-1975		23-6-1976		25-8-1977	
Températures en °c	eau : 17°		eau : 18°		eau : 20°		eau : 18°	
Mesures	PH : -		PH : 7,7		PH : 6,8		PH : 7,9	
Unité des mesures	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
Ca ⁺⁺	23	460	42	840	43	860	36,8	736
Mg ⁺⁺	62,6	761	44,7	543,5	40	486,4	47,7	580
Na ⁺	58,69	1350	67,39	1550	67,3	1550	67,82	1560
K ⁺	0,25	10	0,23	9	0,2	9	0,23	9,1
Somme des cations	144,5	2581	154,3	2942	150,6	2905,4	152,5	2885
Cl ⁻	131	465	134	4757	138,4	4913,2	140,4	4984
SO ₄ ⁻⁻	9,6	461	11	528	4,8	230,4	7,8	374,4
CO ₃ ⁻	-	-	-	-	-	-	-	-
CO ₃ H ⁻	2	122	6,2	378,2	3,6	219,6	5,6	341,6
NO ₃ ⁻	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des anions	142,6	5233,5	151,2	5663,2	146,8	5363,2	153,8	5700
Somme des ions	-	7814,5	305,5	8605,7	297,4	8268,6	-	8585,3
Résidu sec à 100°	-	8528,0	-	8952,0	-	1032,0	-	10,73

Puits n° 952/7

x = 793,42 y = 485,02 (carte 1/50 000e AHFIR)

archives : centre T/S.R.E. BERKANE

Analyses chimiques des eaux

Tableau n° 6 : ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX : NAPPE DU LIAS DES BENI-SNASSEN

date des prélèvements	9-2-1975		15-12-1975		23-6-1976		17-12-1976		25-8-1977	
Températures en °c	eau : 19°		eau : 19°		eau : 24°		eau : 19°		eau : 21°	
Mesures	PH : -		PH : 7,75		PH : 8		PH : 7,4		PH : 7,90	
Unités des mesures	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
Ca ⁺⁺	14,0	280	12	240	11,2	244	12,8	256	10,7	214
Mg ⁺⁺	14,7	177	18,4	223	15,4	187	13,8	167,8	14,1	170,6
Na ⁺	18,26	420	21,7	500	16,5	380	47,8	1100	19,13	440
K ⁺	0,05	2	0,077	3	0,066	2,6	0,066	2,6	0,097	3,8
Somme des cations	47	879	52,2	966,6	43,18	793,8	74,49	1526,4	44,02	828,4
Cl ⁻	41,4	147	40,4	1434	34,4	1185,8	40,8	1448	36	1278
SO ₄	3,70	177,5	5,4	259	6,4	1185,7	3,8	182,4	3,60	172,8
CO ₃ ⁻	-	-	0,0	0,0	0,0	00,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO ₃ H ⁻	2	122	6	336	3,4	207,4	3,6	219,6	4,68	280,6
NO ₃ ⁻	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des anions	47,1	176,5	51,8	2059	43,2	1700	74,6	1850,4	44,2	1731,4
Somme des ions	-	2648	104	3025	46,3	2484	-	3376	-	2559

Puits n° 916/7 x = 803,100 y = 486,880 (carte 1/50 000e AHFIR)
archives : centre 7/S.R.E. BERKANE
Analyses chimiques

Tableau n° 7 : ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX : NAPPE PHREATIQUE DES TRIFFA

date des prélèvements	11-2-1975		17-12-1975		18-6-1976		21-12-1976		27-8-1977	
Températures en °c	eau : 18°		eau : 17°		eau : 19°		eau : 18°		eau : 22°	
Mesures P-H	PH : 8,1		PH : 7,75		PH : 8,2		PH : 7,7		PH : 7,9	
Unités de mesures	meg/l	mg/l	meg/l	mg/l	meg/l	mg/l	meg/l	mg/l	meg/l	mg/l
Ca ⁺⁺	8,20	164,00	7,000	149,00	7,000	92,00	12,600	252,00	3,300	66,000
Mg ⁺⁺	10,80	131,00	12,000	145,92	10,100	122,81	70,700	130,11	7,500	50,750
Na ⁺	12,39	21,00	17,391	400,00	18,478	425,00	20,000	460,00	20,869	480,00
K ⁺	0,54	400,00	0,461	18,00	0,424	16,60	0,053	2,1	0,409	16,00
Somme des cations	36,93	716,00	36,852	703,92	33,602	656,41	43,353	844,21	32,078	652,75
Cl	23,20	824,00	20,400	724,00	21,400	759,70	33,400	1185,21	18,5	656,75
SO ₄	5,90	283,00	8,500	408,00	6,200	297,60	4,200	201,60	7,000	336,00
CO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO ₃ ^H	700	427,00	6,400	390,4	4,000	244,00	4,000	244,00	6,200	378,20
NO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des anions	36,10	1534,00	35,300	1522,40	31,600	1301,00	41,600	1631,30	31,700	1370,95
Somme des ions	-	2250,00	72,152	2226,32	65,202	1057,71	-	2475,51	-	2023,70
Résidu sec à 100°	-	2331		2300,0	-	2000	-	2708	-	1910

Puits n° 463/7

x = 783,670 y = 495,145 (carte 1/50 000e TRIFFA)

archives : centre 7/S.R.E. BERKANE

Analyses chimiques des eaux

Tableau n° 8 : ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX : NAPPE PHREATIQUE COTIERE

date des prélèvements	12-2-1975		18-12-1975		21-6-1976		20-9-1977		26-4-1978	
Températures en °c	eau : 17°		eau : 19°		eau : 19°		eau : 24,5°		eau : 17°	
Mesure P-H	PH : 6		PH : 8,5		PH : 8,65		PH : 8,60		PH : 8,70	
Unité des mesures	meg/l	mg/l	meg/l	mg/l	meg/l	mg/l	meg/l	mg/l	meg/l	mg/l
Ca ⁺⁺	10,00	20,00	0,600	12,00	0,800	16,00	0,800	160,00	0,400	8,00
Mg ⁺⁺	38,80	472,00	39,400	479,10	43,000	522,88	36,700	446,27	36,200	4380,2
Na ⁺	130,00	2600,0	1391,00	3200,0	136,956	3150,00	43,43	3290,0	132,608	3050,0
K ⁺	19,23	75,00	2,148	84,00	1,662	65,00	0,203	0,80	1,218	75,00
Somme des cations	172,07	3167,00	181,280	3775,10	182,418	3753,88	180,752	3760,47	171,12	3571,02
Cl	136,00	4828,00	141,00	5005,00	144,00	5112,88	154,60	5488,00	140,80	499,80
SO ₄	20,70	994,00	24,700	1190,00	21,80	1046,40	17,800	854,40	17,900	859,20
CO ₃	-	-	2,200	66,00	2,400	72,00	2,800	84,00	-	-
CO ₃ H	12,40	756,00	10,000	610,00	11,600	707,60	12,00	732,00	13,000	793,00
NO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des anions	169,10	6578,50	177,900	6842,0	179,800	6938,00	187,200	732,00	173,700	6710,60
Somme des ions	-	9745,50	359,180	10647,10	362,218	1069,88	-	10919,1	-	1028,16
Résidu sec à 100°	-	10540	-	10667	-	11176	-	12255	-	9852,0

Puits n° 1002,7

x = 787,050 y = 502,440 (carte 1/50 000e TRIFFA)

archives : centre 7/S.R.E. BERKANE

Analyses chimiques des eaux

Diagramme n° 1 : Variation du niveau isobathe et des températures
 Puits n° 916/7 x : 486 : y 802. Relevés 1977 pour
 la D.R.E. Berkane

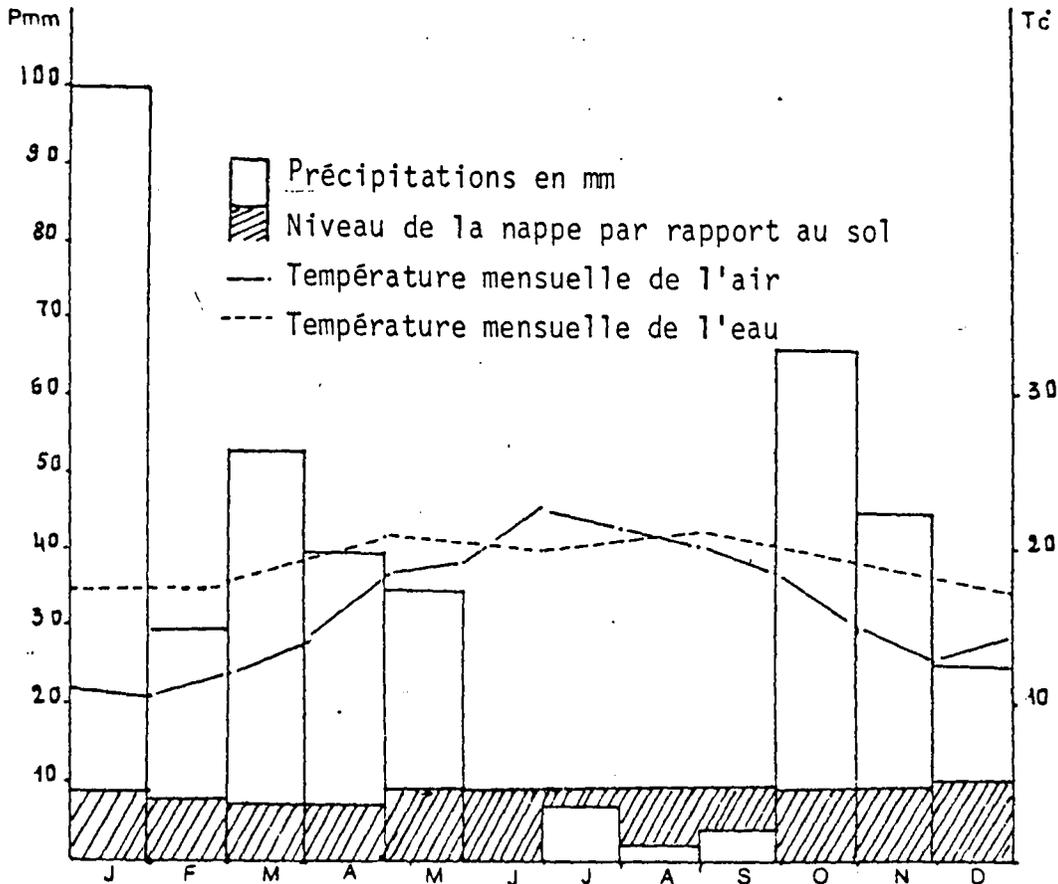
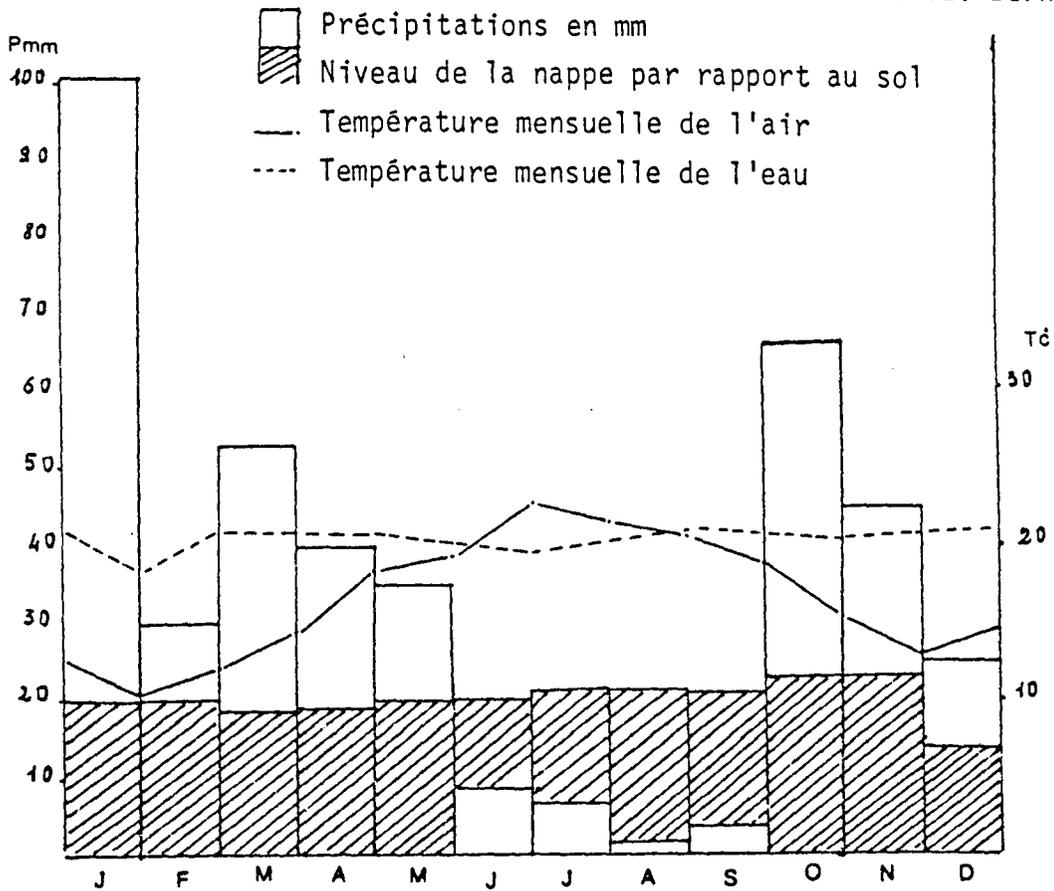


Diagramme n° 2 : Variation du niveau isobathe et des températures
 Puits n° 952/7 x : 485 : y : 799. Relevés 1977 par
 la D.R.E. Berkane

C O N C L U S I O N

L'hydrologie souterraine est commandée par la nature de l'aquifère dans laquelle elle est contenue. L'eau de la rive droite de la basse-Moulouya est logée dans des structures différentes qui lui donnent une dynamique, des aspects physico-chimiques, ainsi qu'une manifestation propre suivant l'endroit où elle est emmagasinée. En effet, le soulèvement de la chaîne des Béni-Snassen et sa structure géologique ont permis le développement d'une nappe perchée circulant dans les dolomies et calcaires du Lias qui se manifeste en sources au fond des vallées ou en puits artésiens, comme le montrent bien les forages creusés sur le piémont Nord du massif. La connaissance de la nappe demeure encore imprécise car, on ne connaît pas encore bien les différentes sources de son alimentation, ni la superficie qu'elle occupe afin de pouvoir estimer ses capacités et bien les utiliser. L'existence d'une source thermale faisant l'exception dans la région fait appel à des recherches géo-physiques qui pourraient déboucher sur d'autres réalités et apporter plus de renseignements sur la nappe du Lias.

Le Jurassique des Béni-Snassen s'enfonce sous la plaine des Triffa à une profondeur qui reste à présent inconnue. Depuis cette époque géologique s'est effectuée une accumulation marine puis continentale dans le synclinal des Triffa. Comme il a été constaté, des accidents tectoniques villafranchiens ont soulevé les bordures Est et Nord de la plaine, sans qu'on sache s'ils ont amplifié ou repris d'autres axes de déformations antérieures. Ces reliefs ont beaucoup contribué au déroulement des différentes étapes géologiques qui ont présidé au comblement de la région. L'observation de la coupe n° 1 fait penser que ces effets tectoniques se sont prolongés durant le Quaternaire ancien. Il en ressort que le soulèvement des bordures de la plaine d'une part et l'existence d'un substratum imperméable, essentiellement des marnes mio-pliocène marines, ont donné à la plaine des Triffa sa véritable forme de cuvette réceptive. L'aquifère des eaux est constitué de dépôts grossiers villafranchiens quaternaires de plus en plus épais au fur et à mesure qu'on se dirige vers le centre,

le substratum imperméable par contre devient de moins en moins profond aux extrémités. Ainsi on pourrait en déduire les directions d'écoulement de la nappe qui se fait généralement du Sud au Nord et d'Est en Ouest. Il convient de signaler deux principaux relais qui rendent les nappes communicantes : au Sud l'existence d'un jeu de failles reliant la nappe des Béni-Snassen à celle des Triffa et au Nord-Est le couloir Oulad Mansour - Aïn Chebbak reliant la nappe des Triffa avec celle de la plaine côtière.

Il est difficile de donner un volume précis des eaux emmagasinées dans la plaine des Triffa, faute de données ; notemment la hauteur de l'aquifère car le substratum imperméable n'a pas été atteint dans tous les puits. D'autre part les apports et sorties de la nappe restent largement relativisés, c'est pour cela qu'on a eu parfois recours à des estimations plus ou moins imprécises. On a essayé toutefois de suivre l'évolution de ces eaux en fonction des modifications apportées par l'homme depuis la prise de conscience des problèmes imposés par la nappe comme facteur limitant de l'aménagement. Ainsi on pourrait distinguer deux étapes selon qu'on se place avant ou après la mise en eau de la plaine à partir du canal dérivé de la Moulouya en 1962.

Période de 1940-1962

Pour cette étape, on se réfère à l'étude de F. MORTIER (1957), dans laquelle il était démontré que la superficie où la nappe est à -5m d'épaisseur, ne dépasse pas 3,5 km² pour l'ensemble de la plaine des Triffa. On ne sait pas si la plaine côtière est comprise dans cette surface. Quoiqu'il en soit, jusqu'en 1940, la nappe affleurait largement dans la zone de Madagh (centre de la plaine). En effet, le rabattement du niveau isobathe est dû d'une part à l'assèchement des marécages, ainsi qu'au déficit par pompage, car il convient de rappeler que l'irrigation se faisait à l'époque à partir de la nappe ; si on exclut les eaux réinfiltrées ("Return flow") qui auraient été de l'ordre de 535 l/s, la nappe perdait 1 m³/s de façon continue, alors que les apports restaient constants.

A titre de comparaison avec la situation actuelle, voici le bilan dressé par F. MORTIER (1957) :

<u>Apports de la nappe</u>	<u>Ses sorties</u>
1. Percolation en plaine des précipitations : 500 l/s	1. Pompage : 1500 l/s
2. Epanchage des eaux de crues 100 l/s	2. Exutoires naturels : 350 l/s
3. Apport latéral de la nappe du Lias 700 l	3. Drainage des oueds et alimentation latérale de la nappe côtière 751 l/s
4. Return flow 535 l/s	4. Evapotranspiration de la nappe 501 l/s
-----	-----
Total : 1835 l/s	Total : 1975 l/s

Il en ressort que la nappe accuse pour cette période un déficit de 140 l/s soit un volume de 44×10^5 m³/an, ce qui pourrait justifier le rabattement de la nappe durant la période 1940-1962.

Evolution actuelle : 1962-1982

Cette période est caractérisée par deux faits importants qui paraissent à la base de la situation actuelle de la nappe des Triffa : l'arrêt complet des pompages et la mise à eau à partir du canal dérivé de la Moulouya ; ce qui a fait basculer l'ancien régime hydrique, comme on peut le constater dans le tableau suivant :

<u>Les apports de la nappe</u>	<u>Les sorties</u>
1. Infiltration des précipitations sur la plaine 269 l/s	1. Drainage naturel, émergé et souterrain 1000 l/s
2. Infiltration des eaux de ruissellement à partir du flanc montagnard 89 l/s	2. Evaporation : 460 l/s
3. Alimentation par abouchement direct depuis la nappe du Lias 800 l/s	
4. Percolation des eaux d'irrigation gravitaire à partir du canal 1000 l	
-----	-----
Total : 2158 l/s	Total : 1460 l/s

Il en résulte depuis la mise en eau de la plaine à partir de la Moulouya, que le bilan hydrique est devenu positif de 700 l/s, soit un surplus apporté à la nappe de 22×10^6 m³/an. De 1962 à 1982, la nappe des Triffa aurait reçu un excès de 44×10^7 m³. Ce volume semble être bien confirmé, car on assiste actuellement à une forte remontée des eaux dans les Triffa. Le niveau de la nappe à moins de 5m du sol qui ne couvrait que 3,6 km² en 1962, a atteint 60 km² en 1982 (voir carte), soit 6 000 ha qui se trouvent directement menacés par la nappe. Les différents problèmes qui en découlent en dehors de la submersion en cas de grosses pluies, seraient l'alcalinité et la salinité des sols naturellement non ou très peu salés.

4ÈME PARTIE

ESSAI SUR L'ÉVOLUTION PÉDOLOGIQUE DES TRIFFA ET PIÉMONT NORD DES BÉNI-SNASSEN

INTRODUCTION

La reconstitution géomorphologique de la partie Est du flanc Nord des Béni-Snassen et son piémont a mis en évidence l'interrelation existant entre le massif montagneux en tant que fournisseur de matériaux, et le comblement de la plaine. Une évolution élaborée dans une ambiance paléoclimatique caractérisée par la succession de périodes stables pendant lesquelles la morphogénèse s'atténue progressivement et de périodes d'intense activité morphodynamique, préparant les matériaux de remblaiement du synclinal truffain, par différents mécanismes d'érosion. L'origine calcaire des dépôts quaternaires s'exprime par l'accumulation du Ca CO_3 sous ses différentes formes et aspects inégalement répartis dans les différentes formations qui s'organisent en terrasses emboîtées tout au long des oueds débouchant sur le piémont, en glacis d'accumulation s'abaissant vers la plaine ou en cônes de déjection qui tapissent la plaine en éventails. Ainsi plus on avance du piémont vers le centre, plus les matériaux tendent vers une granulométrie fine.

C'est dans ce contexte que s'est développé une mosaïque de sols très diversifiés et complexes. En effet la pédologie des Triffa a été un sujet commun à plusieurs études spécialisées et extrêmement détaillées, depuis le début de la mise en valeur de la basse-Moulouya. On peut citer les laborieux travaux effectués par MASSONI et RUELLAN depuis 1962. Seulement il convient de soulever les problèmes actuels, qui résultent de la mise en eau de la plaine, notamment les effets désastreux de la remontée de la nappe qui semble être la préoccupation majeure dans une région où la destruction des sols se révèle insurmontable.

I - LES PRINCIPAUX CARACTERES DES SOLS DU BASSIN ET PIEMONT

La plaine des Triffa et le piémont Nord des Béni-Snassen présentent deux grandes catégories de sols : bruns et châtaîns ; chacune de ces catégories se subdivise d'ailleurs en plusieurs types et sous-types, individualisés par leurs caractères morphologiques et physico-chimiques ; ils constituent ainsi des complexes de sols et de sols intermédiaires entre ces deux catégories principales.

Toutefois tous ces sols sont plus ou moins marqués par des caractères communs liés aux conditions bioclimatiques : accumulation calcaire, rubéfaction et steppisation.

A - L'ACCUMULATION CALCAIRE : formes et distribution dans le sol.

La distribution du calcaire dans les sols se présente sous différentes formes et épaisseur dans toutes les formations quaternaires des Triffa. Elle se subdivise selon une nomenclature commune à plusieurs chercheurs, notamment A. RUELLAN (1971), qui distingue trois types d'accumulations :

1) L'accumulation diffuse

La distribution diffuse pose en premier lieu, le problème de distinguer le calcaire des autres matériaux constituant l'ensemble du profil de sol ou du moins dans quelques horizons. Ce sont des petites particules très fines dispersées dans le profil et pouvant être plus ou moins concentrées dans les horizons d'accumulation. En fonction de ce processus, ainsi que la forme des grains calcaires, il pourrait s'agir selon BREWER (1964) de grains plus ou moins grossiers appartenant au "s. matrix", ou des cristaux fins répartis dans le plasma et des grains plus grossiers appartenant au squelette ; ou des "pédological features" : des "cutans" et "calcitans" fins.

2) Accumulation discontinue

Elle a les mêmes caractéristiques précédentes, auxquelles s'ajoutent des concentrations calcaires différenciées dans le profil, sous forme de taches ou points visiblement individualisés par rapport à l'ensemble de la texture et séparés les uns des autres par une matrice à distribution calcaire diffuse mais moins concentrée ; ce qui la différencie d'ailleurs des taches calcaires proprement dites. Ainsi, ces dernières sont répandues dans les sols des Triffa sous forme de deux types de formations :

- a) Les_amas_friables : ce sont des taches à forte concentration calcaire friables de couleur blanche à crème, dont le volume et la forme sont très variés, allant de quelques mm³ à quelques cm³. Elles sont individualisées dans la matrice qui les embale. Cependant leur limite n'est pas toujours nette. Les amas friables portent plusieurs noms selon les auteurs. Pour RUELLAN (1970), ce serait des imprégnations très faibles de calcaire à la limite, ou de fines pellicules calcaires qui tapissent les parois des agrégats et les surfaces des graviers et cailloux. On les a observés également dans l'horizon inférieur des sols jeunes rouge alluvionnaires qui s'étalent le long des oueds descendants du flanc montagneux sous un horizon apparemment très peu calcaire.
- b) Les_nodules : ils ne sont différenciés des amas friables que par leur indice de dureté plus fort cette fois-ci, ainsi que par leur forme généralement arrondie, ce qui les individualise bien par rapport à la matrice du profil. Leur volume varie généralement de 1 à 4cm³ et dépasse parfois ces dimensions dans le Quaternaire moyen, où ils peuvent avoir 5cm³, avec des formes coniques ou cylindriques assez souvent fréquentes dans les sols des Béni-Snassen.

Les nodules-calcaires varient de couleur suivant leur dureté. Ceux très durs sont souvent de couleur beige à saumon et tendent vers la blancheur au fur et à mesure qu'ils deviennent plus tendres. La dureté hétérogène s'observe dans une même particule (dureté décroissante du noyau vers l'extérieur, ce qui pourrait être dû à l'humidité).

Mis à part les volumes grossiers ou "roggons", souvent protégés par une pellicule rubannée, la structure des nodules renferme souvent des sables et des graviers (BREWER, 1964).

3) L'accumulation continue

Elle réunit toutes les concentrations calcaires non différenciées ou du moins prend un aspect purement calcaire. L'accumulation continue est très enrichie de carbonate (plus de 60%). L'organisation des calcaires et leurs formes sont très diversifiées, selon l'âge, la dureté et le faciès. Les principaux types traditionnellement distingués, du plus dur au plus tendre, ce qui correspond parfois aussi du plus ancien au plus récent, sont : (voir Fig 1)

- a) La pellicule rubannée : une couche mince de 1 à 5 cm d'épaisseur, très compacte et très riche en calcaire (75 à 85%). Elle présente un faciès micro-stratifié où se superposent nettement des lamelles fines, observables à l'oeil nu. La couleur des pellicules épaisses va du rose au saumon avec des filets plus sombres. La pellicule rubannée coiffe souvent la dalle moulouyenne.
- b) La dalle compacte : elle est constituée de plusieurs feuillets très durs qui peuvent atteindre 20cm d'épaisseur et sont toutefois moins durs que la pellicule rubannée, mais aussi enrichis en CaCO_3 (70 à 80%). La dalle calcaire peut être continue sur plusieurs mètres avec une structure interne massive et non brisée. Sa couleur est généralement entre le gris et le saumon.

- c) La croûte calcaire : une croûte se caractérise par son assez forte épaisseur d'environ 1 mètre. C'est une superposition d'un ensemble de feuillets de plus en plus fins vers le bas, séparés par des fentes qui s'amincissent en profondeur. Ces dernières peuvent être remplies dans le niveau supérieur de la croûte par des infiltrations de limons, provenant des horizons meubles de dessus. Il convient de signaler que les croûtes sont moins dures en profondeur qu'en surface. Le feuillet en surface de la croûte épais de 10cm environ est souvent découpé par des fentes verticales où s'insinue la pellicule rubannée.

La croûte contient également une forte teneur en carbonate (70 à 75%) ; sa couleur blanche ou ocre, est parsemée de petites taches noires.

4) Un encroûtement

C'est une accumulation calcaire non feuilletée d'un mètre d'épaisseur environ. Généralement deux types d'encroûtements sont distingués :

- a) L'encroûtement massif : il se présente sous forme d'une structure tuffeuse massive, parfois finement feuilletée et devient plus compact en profondeur. Il passe ensuite à un limon à taches calcaires plus ou moins grandes. Les encroûtements massifs sont de couleur rose, crème ou blanche, parsemés de petits grains noirs. En comparaison avec les différentes accumulations, celle-ci semble plus tendre. Le taux de calcaire reste très élevé 60 à 80% en surface et diminue progressivement en profondeur.
- b) L'encroûtement modulaire : les encroûtements granulo-modulaires présentent un faciès très calcaire tuffeux, dans lequel s'annoient des granules et des nodules. Ce sont des formations durcies plus ou moins arrondies, dont le diamètre varie de 0,5 à 6 ou 7cm, parfois plus pour les gros nodules. Ils sont souvent très nombreux et peuvent constituer 50% de l'ensemble du profil. Ces encroûtements passent en profondeur à des limons à granules et nodules moins abondants. La teneur en CaCO_3 dans la matrice fine varie de 60 à 80% en surface et diminue nettement en profondeur.

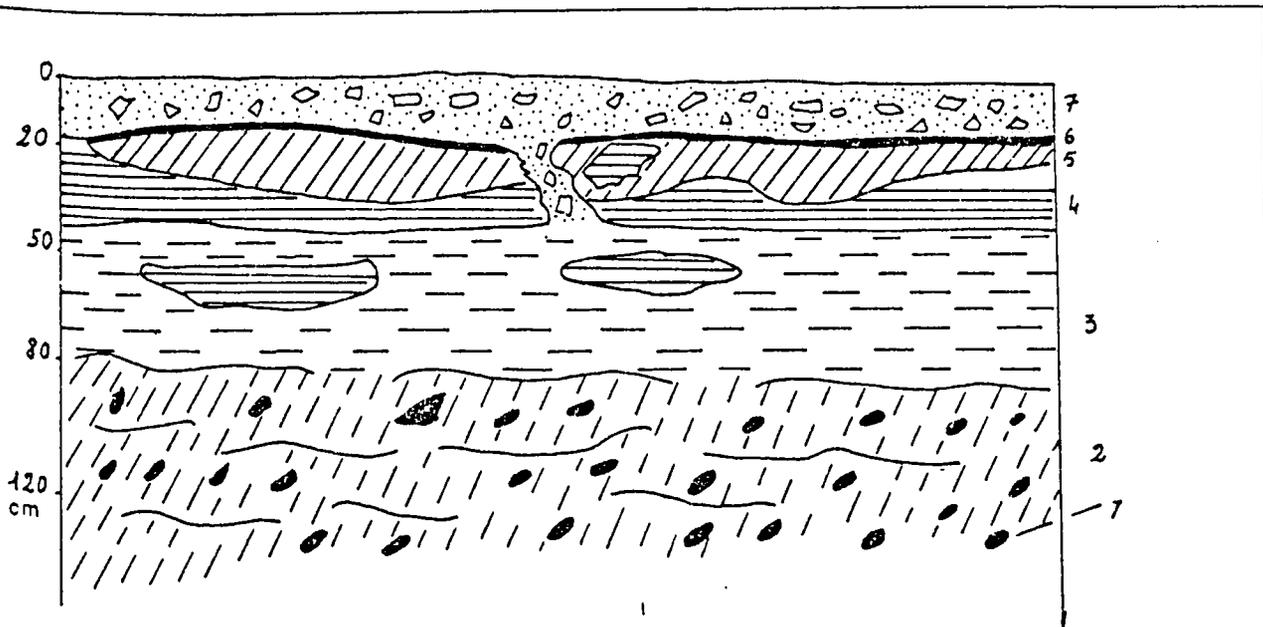


Fig 1 : Répartition schématique des différentes accumulations calcaires.

- 1 - Module calcaire ; 2 amas friables ; 3 encroûtements
- 4 - Croûte calcaire, 5 dalles calcaires, 6 pellicules rubannées
- 7 - Sol pierreux

B - LA RUBÉFACTION

C'est l'un des principaux caractères des sols méditerranéens, dont ceux des Triffa et du piémont Nord des Béni-Snassen ne sont pas épargnés. Le phénomène de rubéfaction serait dû à l'accumulation de fer libre dans les matériaux de décomposition des roches par des processus physiques, chimiques et biologiques, ce qui donne au sol une couleur rouge. Il s'agit d'un ensemble de mécanismes et processus qui accompagnent la morphogénèse. Il convient d'exclure les formations dont la couleur rouge pourrait être un héritage mécanique de la roche mère. La couleur peut être dans ce cas issue d'une origine autre que la rubéfaction.

Les mécanismes qui commandent la rubéfaction ont donné lieu à plusieurs études strictement pédologiques. Ainsi selon BRYSSINE (communication à Pujos, 1954), il s'agit de l'oxyde Fe_2O_3 , ocre-rouge, hydraté avec une molécule d'eau : $Fe_2O_3 \cdot n H_2O$ de couleur jaune. La couleur des "Tirs" rouges serait due à $Fe_2O_3 \cdot 1 H_2O$, celle des Tirs noirs et des formations alluviales grises récentes serait due à $Fe_2O_3 \cdot n H_2O$.

Pour G. CHOUBERT, 1953, ce serait une richesse extrême de l'atmosphère en CO_2 qui aurait été responsable de la rubéfaction.

On se trouve parfois devant des points de vue plus éloignés de certains auteurs. Pour REIFENBERG (cité par AGAFONOF, 1935), la rubéfaction aurait accompagné la décalcification. Il constate en effet qu'il n'y a pas de terra-rosa sur grès ou basaltes sous le climat méditerranéen là où en donne le calcaire. Par contre AGAFONOFF, 1935, a signalé des sols rouges généralisés dans le massif de Tazekka (Maroc), schisteux et non-calcaires.

Selon RUELLAN A. (1970), la rubéfaction ne se développe bien et rapidement qu'à dans un milieu peu ou non calcaire, suffisamment humide et bien drainé où des assèchements périodiques et prononcés sont nécessaires.

Les études de M. LAMOUREUX et P. SEGALEN (1969) ont montré que les sols décarbonatés (sols rouges méditerranéens) sont dominés par le mécanisme d'individualisation du fer imprégnant la totalité des minéraux argileux du profil. La coloration rouge des sols serait liée à l'accumulation du fer apparaissant aux RX sous sa forme amorphe (prématite n'ayant connu qu'une amorce de cristallisation). D'autre part LAMOUREUX (1969) a montré que les sols rouges méditerranéens continuent à se former actuellement, parallèlement à la dissolution des roches dures carbonatées. Ce phénomène se produit sous les climats ou pédoclimats suffisamment humides (+ 500mm) comme il l'a constaté dans plusieurs régions du Liban, de Syrie et de Jordanie. Ainsi le climat humide favorise la libération du fer par altération avant d'être précipité en saison sèche.

Ainsi dans les sols de la basse-Moulouya, dont les Triffa font partie, il ne se produit qu'une légère et lente rubéfaction au niveau de l'horizon B suffisante pour accentuer sa couleur rouge par rapport à l'horizon C. D'autre part; la couleur rouge du sol pourrait être héritée en partie de la roche mère au cas où celle-ci renferme une forte proportion de fer libre.

L'évolution morphopédologique semble jouer un rôle important. Si l'on suit ce phénomène de rubéfaction en descendant du flanc montagneux vers la plaine, on peut constater que les sols franchement rouges se sont développés sur les cônes de déjection et des terrasses du Quaternaire récent. Au fur et à mesure qu'on se déplace vers le centre de la plaine, la couleur rouge tend à s'atténuer. Cependant les sols rouges qui se sont développés au fond des vallées et dans les bassins fermés du flanc Nord des Béni-Snassen, ainsi que sur les terrasses semblent être liés à la décomposition des dolomies et calcaires liasiques qui couvrent la presque totalité du massif et au remaniement des formations superficielles. Seulement la réubufaction suit la nature granulométrique et la perméabilité des roches ou matériaux meubles. Elle paraît toutefois plus

active dans les formations calcaires tendres et les accumulations alluviales, plus que dans les marnes et les argiles imperméables.

Si les mécanismes de rébufaction sont toujours le sujet de discussion entre les chercheurs, les conditions climatiques favorisant le phénomène sont de grande importance. Ainsi quoique de disciplines différentes, plusieurs auteurs pensent que la rubéfaction est un phénomène ancien.

Pour AGAFONOFF, 1935, l'influence du climat actuel sur les sols méditerranéens consiste surtout à rendre impossible tout processus de sodzolisation (transport des minéraux dans les horizons inférieurs du sol tels que le fer et l'aluminium), sauf dans les cas locaux.

Pour GAUCHER, 1947, les formations pédologiques méditerranéennes rubéfiées seraient fossiles. L'extension généralisée de la rubéfaction à tout un ensemble de formations constitue le fait essentiel d'un certain climat, lui même caractéristique d'une période géologique. Les rubéfactions actuelles ne sont que locales.

Depuis le congrès de Rome du Quaternaire G. CHOUBERT et R. RAYNAL ont apporté de nouvelles précisions. Ainsi CHOUBERT (1953) pense qu'après l'Ouljien et jusqu'au Flandrien, on assiste à une chute rapide du climat rubéfiant : disparition des croûtes, puis celle des formations rouges. Cette chute correspond sensiblement à la durée du Würm ; dès le Néowürmien, le climat devient semblable au climat actuel caractérisé par la tirsification des dépôts antérieurs.

R. RAYNAL (cité par Pujos 1953), attribue la rubéfaction généralisée au Grimaldien ou Würmien, en s'appuyant sur plusieurs exemples morphologiques notamment sur les versants montagneux du bassin de la Moulouya où les dépôts de pentes, dus à la décomposition des roches sous le climat estival humide et chaud de cette période, sont très rubé-

fiés et se raccordent au glacis et à la terrasse des oueds de piémont donc sont contemporains.

Si on essaie d'observer la rive droite de la basse-Moulouya, on remarque que les sols franchement rouges se situent sur le piémont de la montagne et au débouché des cônes de déjection plus récents. En avançant vers la plaine, les formations alluviales deviennent plus claires ce qui pourrait correspondre à la répartition de la pluviométrie actuelle dans ce sens que les formations meubles nettement rouges se trouvent sous un climat plus humide où la pluviométrie est supérieure à 400mm. En effet, selon M. LAMOUREUX (1969), pour que la rubéfaction puisse se produire, il faudrait que :

$$(P - E.T.P.) T > 5000$$

où P = précipitations moyennes annuelles en mm
 E.T.P = évapotranspiration potentielle
 T = température moyenne annuelle

Bien qu'on ne dispose pas de données nécessaires pour vérifier cette loi dans la région en question, on peut penser que le phénomène de rubéfaction pourrait exister sous les conditions climatiques actuelles, du moins dans les zones les plus arrosées. D'autre part, selon une communication de R. LHÉNAFF l'indice de M. LAMOUREUX pourrait être un peu fort, car à son avis des sols rouges paraissent se former en Andalousie avec une moindre humidité.

C - LA STEPPISATION : REPARTITION DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS LES SOLS

La répartition de la matière organique dans les profils des différents types de sols de la plaine et piémont varie selon plusieurs données, notamment le couvert végétal et le mode de distribution du calcaire.

Les facteurs sont souvent modifiés par l'intervention anthropique. Ainsi les sols des Triffa sont développés sous un couvert essentiellement steppique, résultant des conditions climatiques locales (climat semi-aride), et le recul de la végétation forestière suite à l'intervention de l'homme dans le but d'exploiter la terre pour l'agriculture ou le pâturage, comme c'est le cas dans le massif des Béni-Snassen où la superficie des terres non transformées par l'homme est très réduite ; on ne trouve des flôts encore à leur état initial qu'au coeur du massif.

1) Développement du profil organique dans les sols
du flanc montagneux

Bien qu'elle soit très réduite, la zone forestière du flanc montagneux dispose d'un couvert végétal méditerranéen assez clairsemé, caractère du climat semi-aride où les zones complètement couvertes sont rares. Il en résulte que la matière végétale fournie au sol est médiocre, surtout que la forêt dominante est à feuilles persistantes. Ainsi les analyses du profil organique (RUELLAN, 1970), montrent une dyssimétrie assez nette concernant la répartition verticale et horizontale de la matière organique selon les différents types de sol comme on peut le constater dans la figure n° 2.

La teneur en matière organique diminue nettement en profondeur et reste toutefois homogène par rapport à l'ensemble des différents types de sols. Cependant elle est assez élevée dans les sols bien couverts par la végétation actuelle, et n'étant pas ou très peu utilisés par l'homme.

D'autre part, le facteur climatique joue un rôle important dans ce sens que l'horizon A dans les sols à climat humide prend une couleur assez sombre et s'éclaircit progressivement, au fur et à mesure de l'accroissement de l'aridité. Dans les sols à profil calcaire, il s'en suit

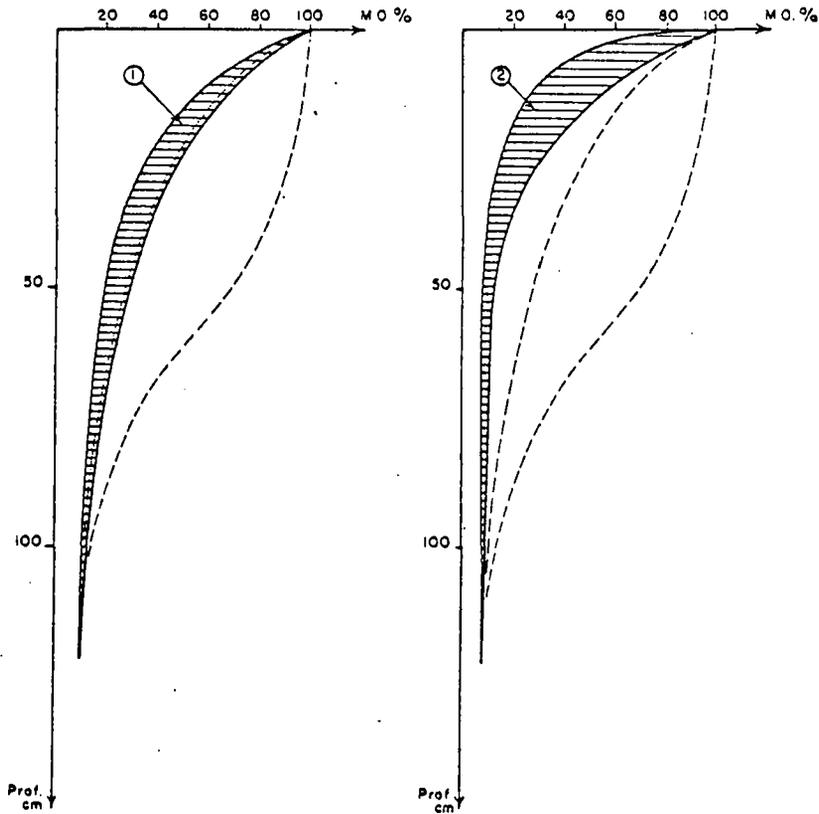
un appauvrissement en calcium dans l'horizon A, accompagné d'une chute en matière organique en fonction de la profondeur ; ce qui rend l'horizon superficiel (horizon de lessivage) plus clair.

2) Développement du profil organique dans les sols des Triffa

La répartition de la matière organique dans les sols des Triffa pourrait être interprétée en fonction des différentes données précitées (couvert végétal, répartition du calcaire dans le profil et pédo-climat). Les analyses des profils de différents sols généralement profonds (O.N.I. 1964) montrent que la répartition de la matière organique bien évoluée est régulièrement décroissante en profondeur et reste assez forte en surface avec un taux variant généralement de 2 à 2,5% ; à 50cm de profondeur, elle n'est que de 0,5 à 0,7%. Ces pourcentages sont presque identiques dans les sols châtaîns profonds comme dans les sols bruns profonds, dans leur état "initial", avant qu'ils ne soient modifiés par l'homme (irrigation et labours profonds).

Les sols les plus enrichis en matière organique se trouvent sous les conditions climatiques les plus humides de la plaine avec l'horizon A non calcaire d'où sa couleur sombre. Dans les zones exploitées par l'homme ces sols se sont appauvris rapidement en matière organique en surface comme en profondeur où la décomposition des racines et la minéralisation des substances organiques sont des processus longs ; c'est ce qui explique d'après RUELLAN (1970), le profil isohumique de ces sols actuels (voir figure n° 2).

Bien au contraire dans les zones arides de la basse-Moulouya, les sols ont généralement un horizon A très calcaire, et sont naturellement appauvris en matière organique. Une répartition plus détaillée des différents types de sols des Triffa sera constatée dans ce qui suit.



① : Sols rouges fersiallitiques sur calcaire et dolomie compacts; sols rouges fersiallitiques à horizon A₂ peu développé sur flyschs pélitiques; sols calcomaghésimorphes

② : Sols fersiallitiques, rouges ou bruns, à horizon A₂ bien différencié, sur flyschs pélitiques et grès

--- : Sols de plaine (figure 21)

FIG. 2. — Répartition de la matière organique totale dans les sols des massifs montagneux de la Basse Moulouya (résultats exprimés en % des teneurs de l'horizon de surface).

D'après A. RUELLAN (1972)

II - LES SOLS PROFONDS : SUPERIEURS A 60 CM

Avant d'aborder les différents types de sols et leur répartition dans la plaine des Triffa, il convient de rappeler d'abord que les études pédologiques de cette plaine sont extrêmement détaillées et variées. Elles ont été élaborées dans le cadre de l'aménagement de la Basse-Moulouya, voici plus de trente années.

La bibliographie des ouvrages scientifiques et techniques qui ont réellement contribué à la connaissance des sols des Triffa est assez longue ; on citera particulièrement les travaux de MASSONI et RUELLAN, auxquels la basse-Moulouya doit peut-être ses études pédologiques les plus approfondies ; c'est sur ces études que s'est basé l'avant-projet d'aménagement des Triffa jusqu'en 1964. C'est d'elles également que l'on a tiré les principaux types de sols qui suivent.

Plusieurs travaux ont accompagné la mise en eau des sols et suivi leur évolution récente : C. MATHIEU y a, pour sa part, grandement contribué, sans toutefois oublier les notes et mémoires inédits. C'est donc à la lumière des documents disponibles qu'on a tenté de présenter cet essai sur les sols des Triffa et leur évolution récente. La consultation de ces ouvrages renseignera à ce sujet beaucoup plus complètement que je ne pouvais le faire dans ces quelques pages.

A - LES SOLS CHATAINS STEPPIQUES SUBTROPICAUX NON CALCAIRES EN SURFACE, A TACHES OU TACHES ET GRANULES, PARFOIS NODULES, CALCAIRES

Ce type de sol profond couvre une bonne partie des Triffa. On le trouve à l'Est de l'oued Cherraa, ainsi qu'au centre de la plaine. Il occupe également certains fonds de vallées des Oulad Mansour, et le long de l'oued Kiss. Les sols châtaîns steppiques profonds sont caractérisés par l'absence du calcaire en surface, ou tout au plus par une très légère recalification (moins de 10%). Ils ne manifestent une grande teneur

que sur la roche-mère argileuse où le calcaire constitue 40 à 60%. Rarement salés et parfois légèrement alcalisés en profondeur, ils renferment parfois des taches et granules calcaires, parfois des nodules au-delà de 80cm de profondeur. La recalcification qui s'est produite localement en surface serait due à un apport récent en limons ou à un effet anthropique. Les labours profonds auraient ramené en surface une partie des calcaires accumulés en profondeur, où ils passent souvent à un encroûtement tuffeux ou à une croûte. Du point de vue granulométrie, les sols châtaîns sont rarement caillouteux surtout au-delà de 10 à 30cm de profondeur où apparaît une teneur en argile assez élevée variant de 40 à 70%, quand en surface elle n'est que de 10 à 20%. Sur l'ensemble du profil, le taux de limons reste assez faible sauf dans l'horizon d'accumulation du calcaire, tandis que le pourcentage des sables est généralement moyen (Figure 3).

La structure est polyédrique à nuciforme dans l'horizon supérieur ; elle devient ensuite prismatique jusqu'au niveau supérieur de l'horizon d'accumulation calcaire, puis apparaît de nouveau la structure polyédrique. Ce type de sol a généralement une porosité assez bonne, surtout dans l'horizon à structure prismatique. La capacité de rétention varie entre 20 et 30%. Les sols châtaîns profonds contiennent des taux de matière organique très variables. Ils sont de 1,5 à 3,5% en surface et diminuent progressivement en profondeur : 0,4 à 1% à 50cm.

Bien que la teneur en éléments fertilisants diffère selon que ces sols sont cultivés ou non, ils sont pauvres en azote, riches en potassium et assez riches en phosphore. Le total des éléments est de 2,5% jusqu'à 40cm. Au-delà de cette profondeur, il varie de 0,2 à 0,4. Dans les zones qui ont subi un apport d'engrais, par suite de leur mise en valeur, les sols seraient encore plus riches en N, P et K.

Il convient toutefois de signaler que ces sols sont très rarement salés et parfois alcalisés en profondeur.

Il ressort des différents aspects des sols châtaîns profonds, que leur texture parfois très fine pose le problème d'imperméabilité, ce qui pourrait entraîner un engorgement dans les horizons concernés en cas d'excès d'eau.

SOLS CHATAINS, STEPPIQUES, SUBTROPICAUX, NON CALCAIRES
 EN SURFACE A TACHES OU TACHES ET GRANULES, PARFOIS NODULES CALCAIRES

Plaine des TRIFFA (d'après O.N.I. Berkane, 1964)

Profil n° 1 : carrefour, route Ahfir-Saïdia, piste ferme Boutin

RHARBIEN	Brun foncé ; argilo-sableux de 0 à 50cm ; structure polyédrique à prismatique forte ; agrégats très durs compacts, puis structure polyédrique plus fine, agrégats plus poreux, plus friable, racines plus nombreuses, non calcaire.
25 cm	
50 cm	
	Brun, rouge, structure polyédrique moyenne, se décomposant en polyédrique, fine à nuciforme, agrégats pas très durs, poreux ; horizon pas très compact, racines ; non calcaire.
SOLTANIEN	Brun, rouge, franchement rouge à partir de 70cm, argileux ; structure prismatique moyenne, agrégats à faces lisses ; brillantes, tachées de noir. Les racines ne pénètrent pas ou peu, des agrégats non calcaires dans la partie supérieure légèrement calcaire sur les derniers cm.
90 cm	
	Rouge sombre, très argileux ; horizon massif ; poreux, structure en "éclats" à faces lisses, luisantes, mal pénétrées par les racines ; calcaire, taches jaunes assez nombreuses ; nombreux granules et nodules très durs assez gros.

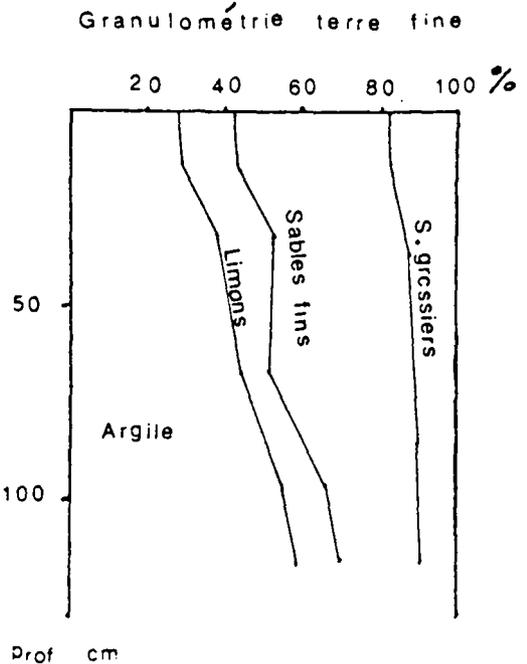
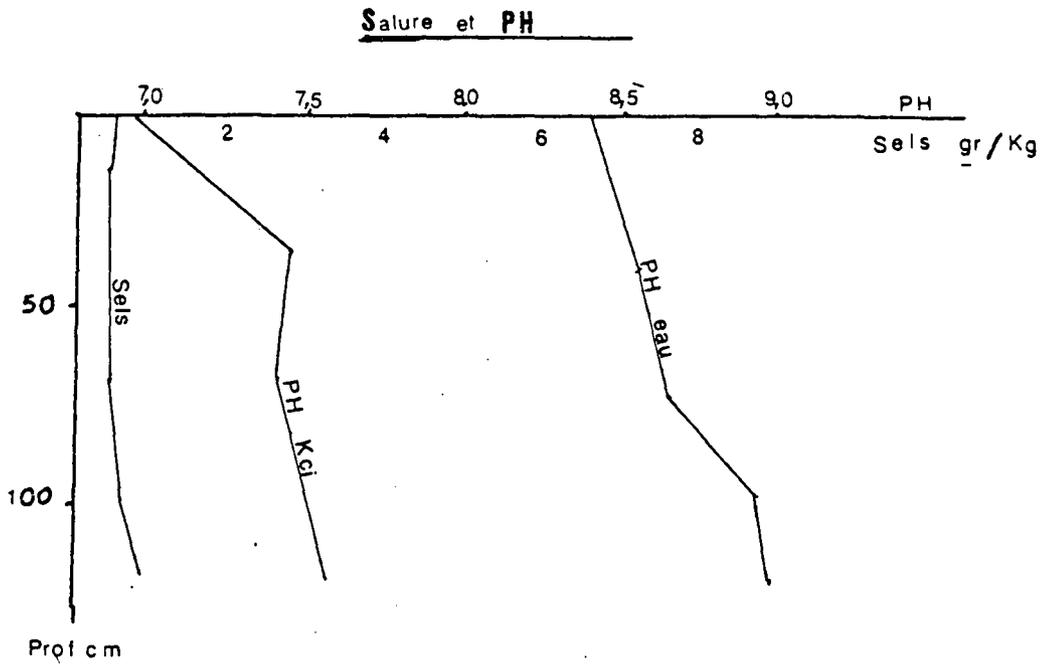
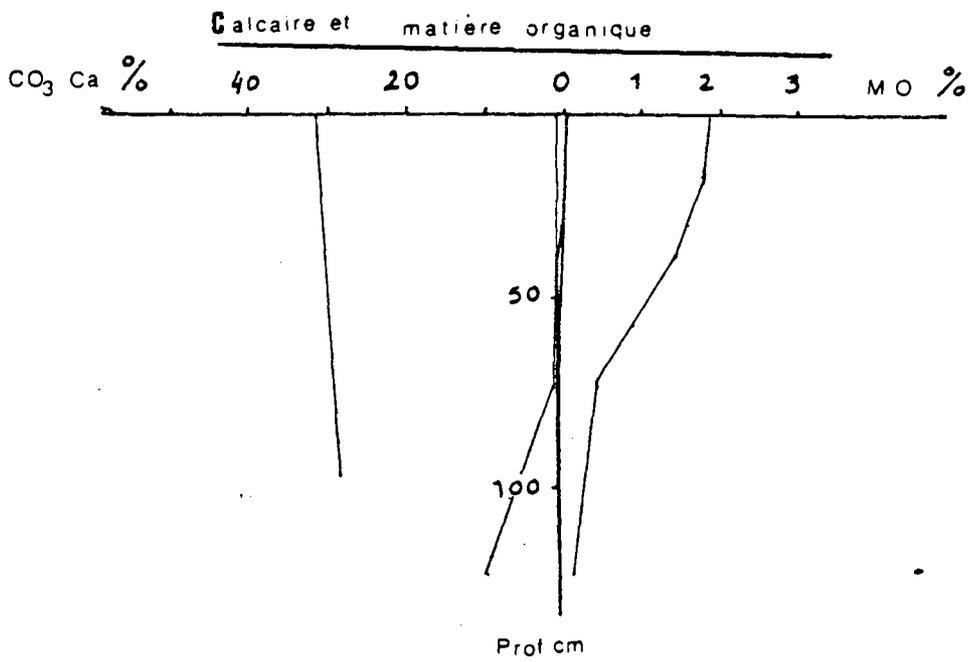


Fig 3 : Les sols châtaîns steppiques subtropicaux non calcaires en surface à taches ou taches et granules, parfois nodules calcaires (d'après O.N.I. Berkane, 1964)

Remarque : La description de ce profil (P₁, Figure 3) suggère que les formations rouges rapportées au Soltanien sont fossilifiées par un remblaiement Rharbien assez épais et franchement brun. Toutefois on peut se poser la question de savoir si la formation des sols rouges n'a pas été discontinuée dans le temps ; dans ce cas on pourrait supposer que la phase soltanienne a été affectée par une pédogénèse rubéfiante plus poussée et qui serait donc responsable de la coloration rouge du sol sous l'effet de l'accumulation du fer.

D'autre part la mise en place des formations Rharbiennes serait reprise par une pédogénèse évoluant vers un sol brun, actuel.

B - LES SOLS BRUNS STEPPIQUES SUBTROPICAUX

Ils sont subdivisés en deux grands types de sols en fonction de leur teneur en calcaire.

1) Les sols bruns steppiques subtropicaux, peu calcaires en surface

On les trouve particulièrement au Nord de Berkane dans les vallées des Oulad-Mansour. Ils occupent également les terrasses de l'oued Kiss et s'allongent aussi le long de plusieurs petits oueds affluents de la Moulouya. Les sols bruns recouvrent certains cônes de déjection au pied du flanc Nord des Béni-Snassen. La topographie sur laquelle ils se sont formés reste généralement plane.

Ce type de sol est caractérisé par une teneur en calcaire très faible et souvent nulle sur 20 à 60cm de profondeur. A 100cm elle n'est que de 10%, ensuite le calcaire croît jusqu'à 20 à 40%. Dans les zones d'encroûtement, la teneur de Ca Co₃ atteint 50% sous forme de taches,

nodules ou granules.

Les analyses granulométriques montrent que les sols bruns profonds sont souvent caillouteux sauf sur certains cônes de déjection descendant des Béni-Snassen où des niveaux caillouteux, d'épaisseur variable, apparaissent à des profondeurs également variables et sont plus ou moins encroûtés. Progressivement des cônes de déjection vers le centre des Triffa, la terre fine devient de plus en plus pauvre en sables grossiers alors que sur les cônes de déjection la teneur en sables fins est toujours supérieure à celle des limons. Le taux d'argile augmente avec la profondeur et atteint son maximum aux environs de 80cm, seulement il convient de signaler que sa teneur est variable selon plusieurs types de sols bruns. On peut dire toutefois qu'ils sont généralement argileux avec un pourcentage qui atteint parfois 50% dans l'horizon d'accumulation et variant de 15 à 20% en surface.

La structure des sols bruns est polyédrique à nuciforme en surface mais plus polyédrique en profondeur à partir de 40 à 50cm, où la texture devient parfois confuse. La perméabilité est moyenne à forte en surface variant de 5 à 15cm/h localement mais elle est généralement faible dans la plaine des Triffa, 2 à 6cm/h. Très rarement salés, et jamais de manière forte (moins de 3‰), les sols bruns profonds sont généralement alcalisés à partir de 60cm de profondeur ; quant à la matière organique elle est de 1,5 à 2,5% en surface et diminue progressivement pour atteindre 0,4 à 1% seulement à 50cm de profondeur.

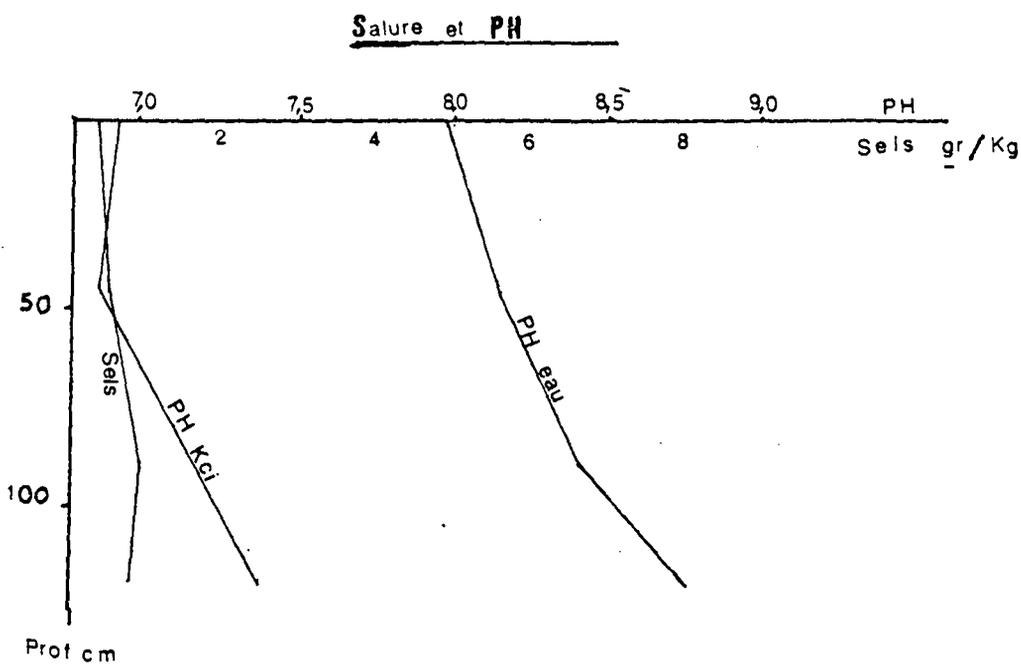
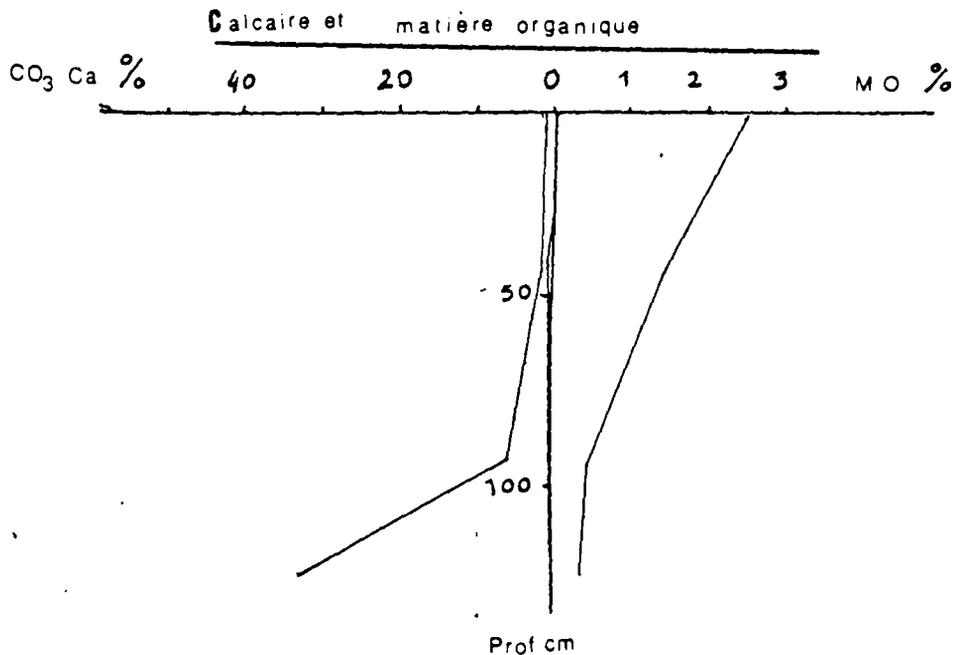
Ici encore le profil décrit (P₂, Figure 4) souligne la complexité du sol. Selon les données acquises, le Tensiftien représente l'avant dernière phase froide du Quaternaire ; ses formations sont développées dans la presque totalité des plaines du Piémont du MAROC, notamment dans la plaine des Triffa et se distinguent nettement par leur faciès assez grossier (comme l'illustre la description du profil) et par la présence

SOLS BRUNS, STEPPIQUES, SUBTROPICAUX, PEU CALCAIRE EN SURFACE
A TACHES OU TACHES ET GRANULES, PARFOIS GRANULES, PARFOIS NODULES CALCAIRES

Plaine des TRIFFA (d'après O.N.I. Berkane, 1964)

Profil n° 2 : localisation ?

20 cm	Brun ocre, argileux, non calcaire ; structure polyédrique moyenne à assez fine, légèrement durcie, mais poreuse.
SOLTANIEN	Brun rouge, légèrement noirci sur 20 cm ; argileux ; non calcaire, structure polyédrique un peu fondue, horizon assez compact, pas très pénétrable.
75 cm	Nettement plus rouge que l'horizon précédent ; très argileux ; structure polyédrique fine ; légèrement calcaire au sommet, plus en profondeur.
105 cm	Rouge moins argileux ; quelques taches jaunes ; granules et modules nombreux.
TENSIFITIEN	



Granulométrie terre fine

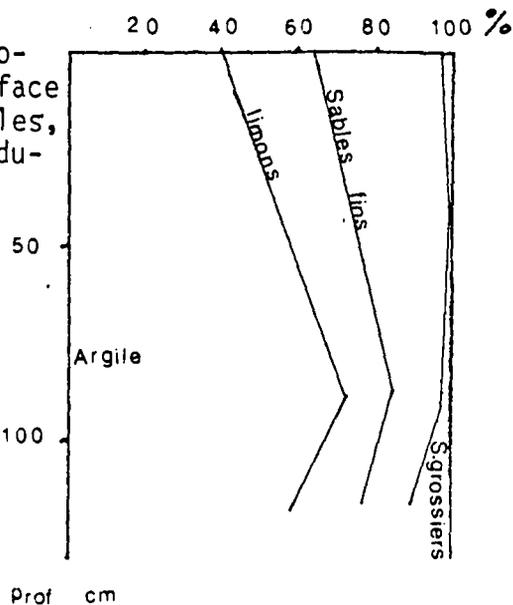


Fig 4 : Sols bruns steppiques sub-tropicaux peu calcaires en surface à taches ou taches et granules, parfois granules parfois nodules calcaires
(d'après : O.N.I. Berkane 1964)

d'une dalle du dernier encroûtement calcaire important du Quaternaire, même si ce n'est pas le cas dans le profil.

Ensuite viennent les dépôts continentaux de la dernière période froide du Quaternaire (Soltanien). Ce sont des limons rouges ou ocres à granulométrie plus fine en comparaison avec le Tensifatien, mais présentant souvent des aspects différents selon la roche mère et la topographie sur laquelle ils se sont développés. En outre, ils ne présentent jamais de croûte ou d'encroûtement. C'est donc sur ces derniers dépôts que se sont formés les sols bruns steppiques. D'autre part, cela fait sentir une génèse complexe qui pourrait être effectuée en plusieurs phases différentes où chacune serait marquée par ses propres caractéristiques.

2) Les sols bruns profonds calcaires dès la surface à taches ou granules et nodules calcaires

Ces types de sols sont peu fréquents dans les Triffa. On les trouve en îlots dans la partie Ouest de la plaine notamment dans les cuvettes de Boughriba et Chouihia ; par contre ils couvrent de grandes surfaces sur la rive gauche de la basse-Moulouya.

Ils sont distingués par leur forte teneur en calcaire dès la surface (plus de 10%), mais ils sont rarement salés et souvent alcalisés en profondeur. Ils se sont développés sur une roche-mère moyennement argileuse à argileuse (25 à 45%) et parfois caillouteuse. En effet, ils sont formés sur des cônes de déjection des oueds issus du massif des Béni-Snassen, ce qui les marque de plusieurs passages coullouteux d'épaisseur variable à matrice limoneuse ou tuffeuse, ainsi qu'une surface fortement caillouteuse aux débouchés des oueds.

Leur teneur en argile est variable en surface (15 à 25%) et augmente légèrement en profondeur pour atteindre 30% dans l'horizon d'accumulation. Dans certains cas le taux de sables grossiers devient assez élevé au détriment des argiles. La structure polyédrique à nuciforme en surface devient polyédrique plus ou moins fine en profondeur. La perméabilité des sols varie de 5 à 20cm/h. Les analyses montrent que le pourcentage des matières organiques est également variable verticalement. Il est de 1,5 à 2,5% en surface et diminue en profondeur. A 50cm, il atteint un taux minimum de 1 à 0,4% ; cependant le sol devient pauvre en azote et en phosphore mais riche en potassium. Bien qu'ils soient généralement alcalisés en profondeur (50 à 80cm), les sols bruns sont généralement peu ou non salés. Le caractère le plus frappant est la forte teneur en calcaire. Dans l'exemple (Fig 5, profil 3, le sol présente un caractère polyphasé, reflet des variations climatiques qui ont présidé à son élaboration. Les formations très caillouteuses qui marquent à plusieurs reprises le Tensifitien et presque intégralement le Soltanien comme le montre le profil, correspondant aux phases d'instabilité morphodynamique. Par contre les sols sont généralement bruns, ocres à granulométrie fine correspondent à des phases de stabilité, quoique des remaniements ne soient pas exclus.

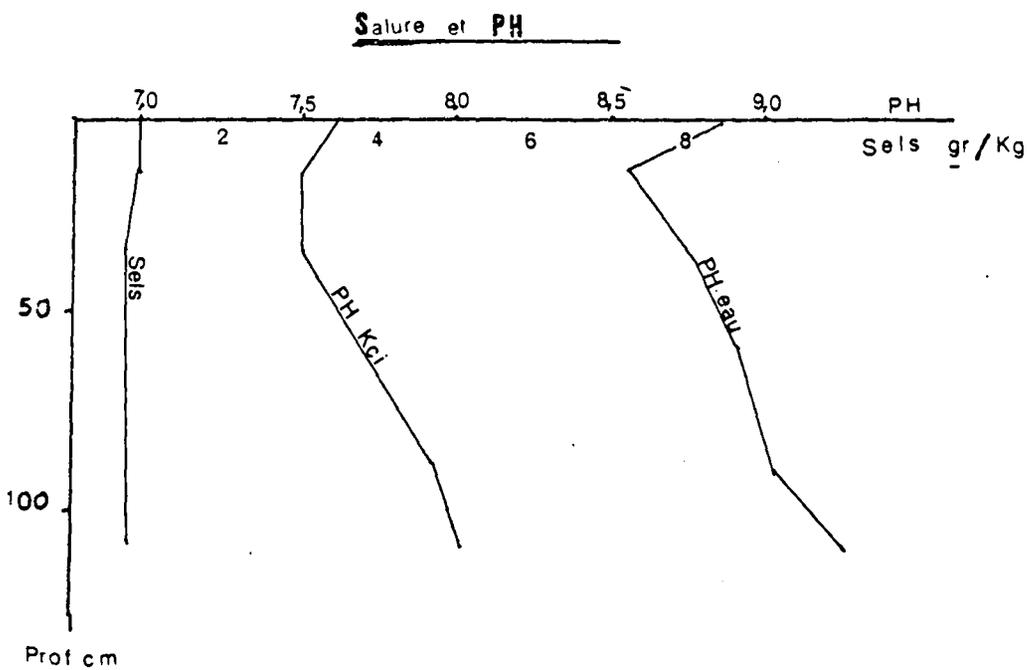
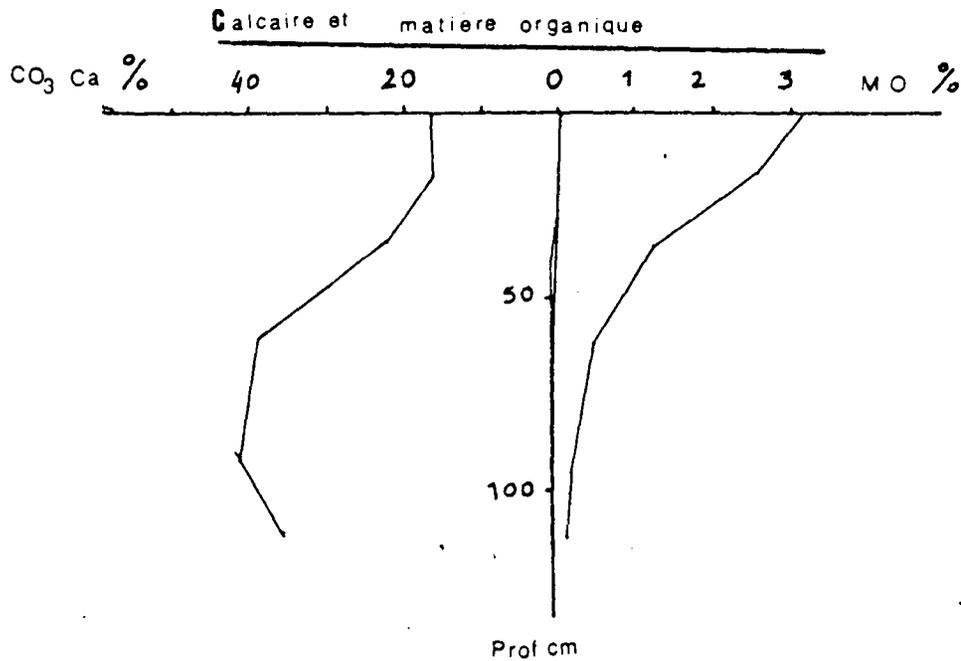
SOLS BRUNS, STEPPIQUES, SUBTROPICAUX, CALCAIRES DES LA SURFACE
A TACHES OU TACHES, GRANULES ET NODULES CALCAIRES

Plaine de ZEBRA (d'après O.N.I. Berkane, 1964)

Situation du profil n° 3 :

2 km à l'Est de Zaio (rive gauche de la Moulouya)

<p>RHARBIEN</p> <p>25</p>	<p>Brun assez foncé ; structure polyédrique, légèrement nuci- forme en surface ; surface assez glacée ; peu caillouteux ; surface assez caillouteuse.</p>
<p>SOLTANIEN</p> <p>45</p>	<p>Brun ocre ; structure polyédrique ; très caillouteux ; quelques taches et granules calcaires.</p>
	<p>Brun, ocre, rose ; structure polyédrique fine ; graveleux et finement caillouteux ; plus calcaire vers le bas ; ta- ches et granules calcaires nombreux.</p>
	<p>Cailloutis</p>
	<p>Brun ocre ; structure polyédrique fine ; fortement grave- leux et finement caillouteux ; plus calcaire vers le haut ; grosses taches, granules et nodules calcaires nombreux.</p>
110	<p>Caillouteux, limoneux ; taches calcaires.</p>



Granulométrie terre fine

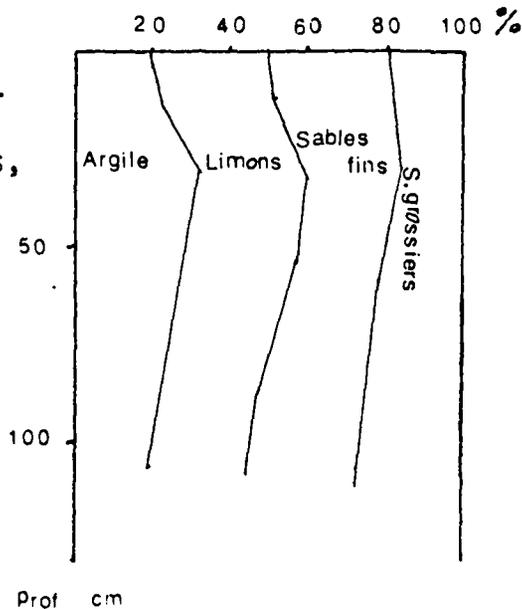


Fig 5 : Sols bruns steppiques, sub-tropicaux calcaires dès la surface, à taches ou taches, granules et nodules
(d'après O.N.I.Berkane 1964)

C - LES SOLS STEPPIQUES SUBTROPICAUX JEUNES AVEC PEU OU PAS DE TACHES CALCAIRES ET SOLS PEU EVOLUES D'APPORTS, PARFOIS SALES ET ALCALISES

1) Les sols bruns jeunes sur sol tirsifiè

Ils occupent une grande superficie dans la plaine des Triffa et deviennent presque généralisés dans le secteur d'Aïn Régada. On les trouve également le long des Oueds Moulouya, Kiss et Cherraâ, et sont développés sur des topographies généralement planes ou légèrement ondulées dans les micro-reliefs.

Les analyses granulométriques font apparaître deux dépôts différents : la partie supérieure est formée en moyenne de 30% d'argile, 40% de limons, de 20 à 30% de sables fins et 5% de sables grossiers. Vers le bas au niveau tirsifiè commence aux environs de 80cm, marqué par un pourcentage d'argilé élevé variant de 40 à 50%. Les limons sont en moyenne de 30%, les sables fins 20 à 25% et les sables grossiers 5%. La discontinuité entre les deux niveaux est assez marquée. La structure ruciforme en surface puis cubique assez friable, devient polyédrique vers le bas dans l'horizon tirsifiè argileux à agrégats durs et compacts. Au-dessous de 120cm, la structure tend à disparaître. La stabilité structurale est très faible dans tous les horizons. Bien que ces sols aient une bonne perméabilité, au moins dans l'horizon supérieur, leur teneur en matière organique est assez faible, elle varie de 1 à 1,5% mais dans presque tout le profil. Par contre ces sols ne sont ni salés ni alcalisés dans la plaine des Triffa. L'extérieur d'une forte teneur en argile en profondeur peut engendrer l'engorgement en cas d'excès d'eau.

2) Les sols steppiques subtropicaux jeunes et peu évolués d'apports

Ils couvrent la presque totalité de la plaine côtière, ainsi qu'une surface importante dans le secteur d'Aïn Régada. Ce sont des sols jeunes, peu évolués, avec très peu ou pas de taches calcaires mais sou-

vent salés et alcalisés. Dans la plaine des Triffa, la teneur en calcaire varie considérablement d'une zone à l'autre. Elle est comprise entre 0 et 40%. On peut distinguer deux cas possibles à l'intérieur d'un même profil : une variation de teneur en calcaire nulle ou presque ou bien au contraire une variation très accusée, en dents de scie, suivant l'origine des dépôts constituant les sols.

Comme la teneur en calcaire, la granulométrie est très variable dans le même profil. Près du flanc montagneux, les sols sont très caillouteux dès la surface et sont marqués par des passages ou lits caillouteux en profondeur. La terre fine a également une composition granulométrique très variable : certains sols sont très riches en argile et en limons dont le pourcentage atteint parfois 70%, d'autres au contraire sont beaucoup plus sableux (plus de 60% de sables fins).

Leur structure polyédrique en surface devient inexistante en profondeur. Ainsi, la texture assez grossière aurait favorisé la grande perméabilité de ces sols qui est de l'ordre de 20cm/h. Quand la texture est assez fine, elle n'est que de 2 à 5cm/h.

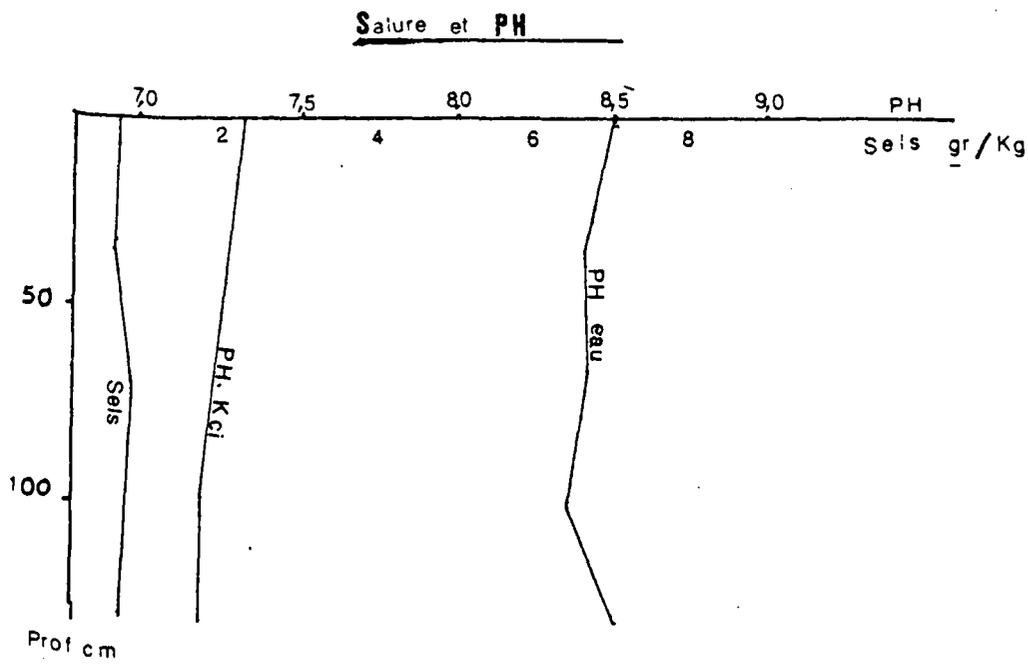
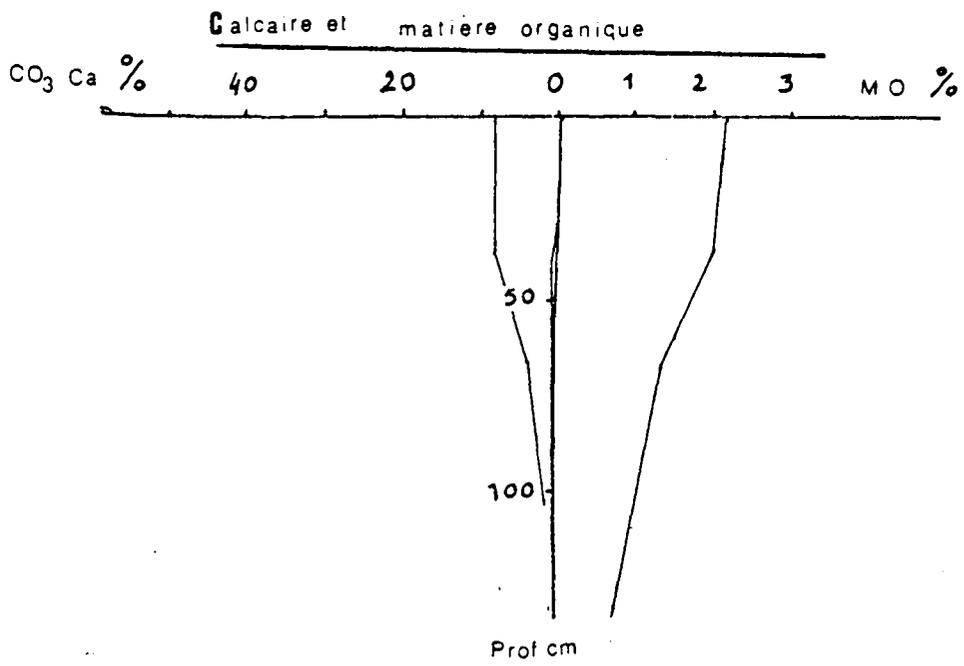
La teneur en matière organique est généralement assez forte en surface (2 à 3%), et diminue vers 100cm de profondeur pour atteindre 1% seulement. La teneur en azote et en phosphore est pauvre, contrairement au potassium qui est assez abondant. Il convient de signaler toutefois que dans la plaine littorale de Saïdia et localement dans les terrasses édifiées par la Moulouya, ces sols sont alcalisés et salés (voir Profil 4, Fig 6).

SOLS STEPPIQUES, SUBTROPICAUX, JEUNES ET SOLS PEU EVOLUES

TRIFFA : secteur d'Aïn Régada
(d'après O.N.I. Berkane, 1964)

Situation du profil n° 4 :
1,5 km Ouest Aïn Régada près route Ahfir Berkane

	<p>Brun-rouge, structure polyédrique assez fine à moyenne, un peu grumeleuse, friable, poreuse ; horizon meuble ; poreux légèrement humide ; légèrement calcaire.</p>
50	<p>Brun plus foncé ; argileux ; moins calcaire que le précédent, structure polyédrique fine à moyenne ; angles plus vifs que dans l'horizon précédent ; agrégats moins poreux.</p> <p>Devient plus rougeâtre vers le bas.</p>
115	<p>Brun-rouge, sableux ; toujours peu calcaire, structure polyédrique assez fine à moyenne.</p>



Granulométrie terre fine

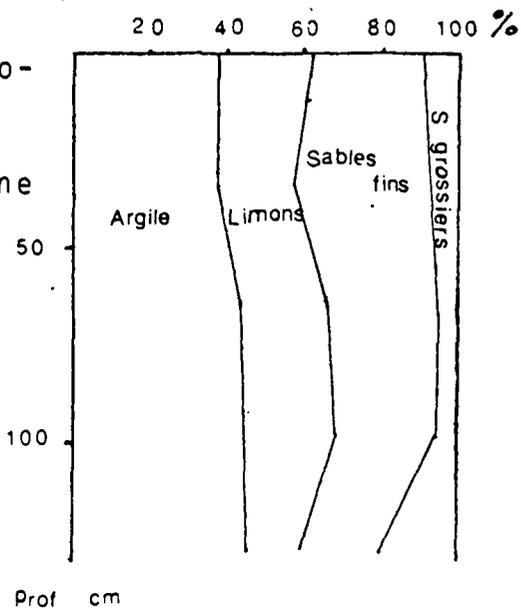


Fig 6 : Sols steppiques subtropicaux jeunes et sols peu évolués
(d'après : ONI, Berkane 1964)

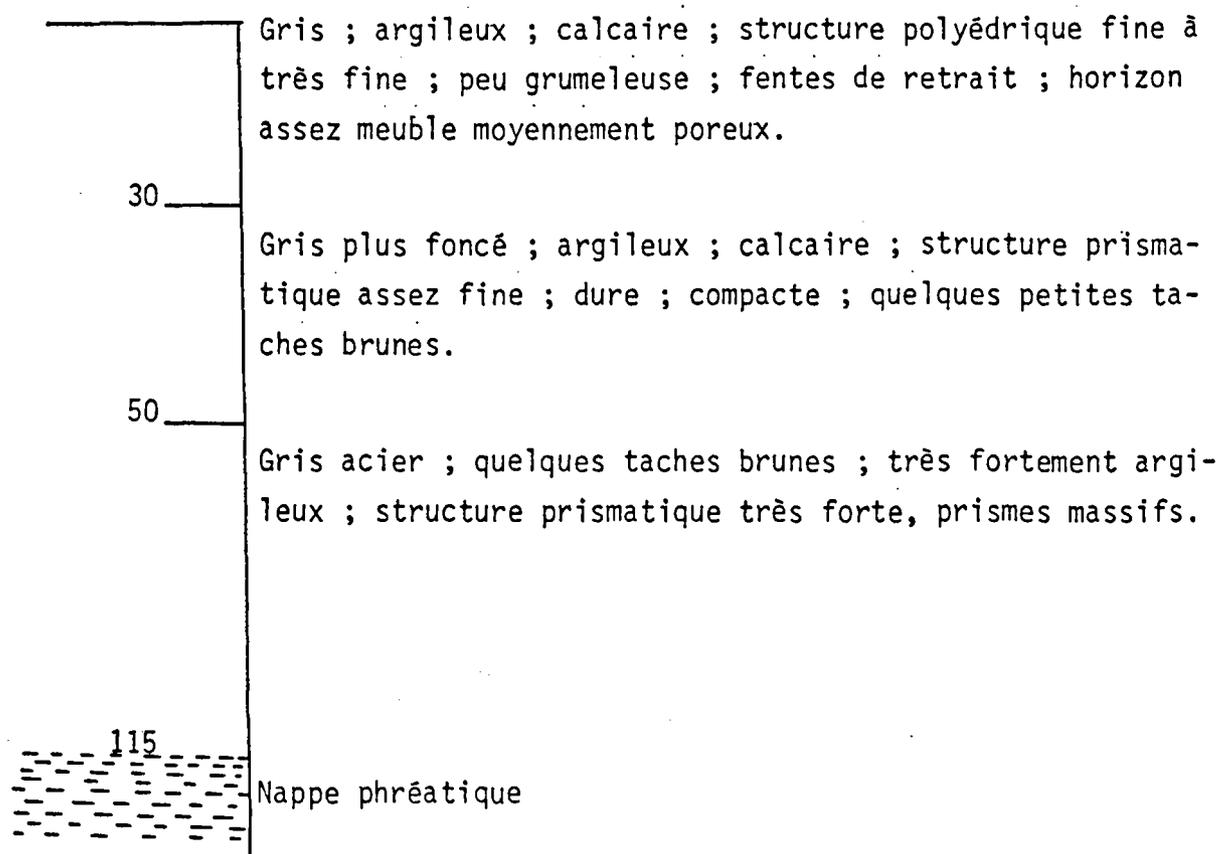
D - LES VERTISOLS ET PARAVERTISOLS ("TIRS" ET "SOLS TIRSIFIES")
HYDROMORPHES

Par rapport aux autres types de sols précités, les vertisols et paravertisols hydromorphes couvrent des surfaces très réduites dans la plaine des Triffa. On les trouve à l'extrémité Ouest et à la limite Sud du cordon Oulad Mansour. Ils sont formés sur des pentes très faibles à micro-relief très régulier. Ce sont des sols caractérisés par un taux de calcaire bien élevé, variant de 30 à 45% et une teneur en argile assez forte de 40 à 50% en surface avec une légère augmentation en profondeur. Le pourcentage des limons est également de 30 à 50% au détriment des sables fins et moyens qui ne sont que de 15 à 20%. Les sables grossiers représentent souvent moins de 5%. On est devant une texture généralement fine et jamais caillouteuse.

A partir de la surface jusqu'à une profondeur de 30 à 40cm, la structure est polyédrique plus ou moins fine. Plus en profondeur, elle devient très fortement prismatique, avec des prismes de grandes dimensions, très compacts et très durs, séparés par des fissures assez nettement marquées.

La teneur en matière organique, assez élevée en surface des vertisols et paravertisols (2 à 4%), ne diminue que légèrement en profondeur variant de 2 à 3% jusqu'à 100cm. Par contre, ces sols restent assez pauvres en azote et en phosphore et assez riches en potassium. Souvent engorgés, ces sols renferment une forte teneur de sel et sont souvent alcalisés (voir Fig 7 : vertisols et paravertisols hydromorphes).

VERTISOLS ET PARAVERTISOLS HYDROMORPHES

TRIFFA - AIN EL HAULI (d'après O.N.I. Berkane, 1964)Situation du profil n° 5 : Aïn el Haouli (Triffa)

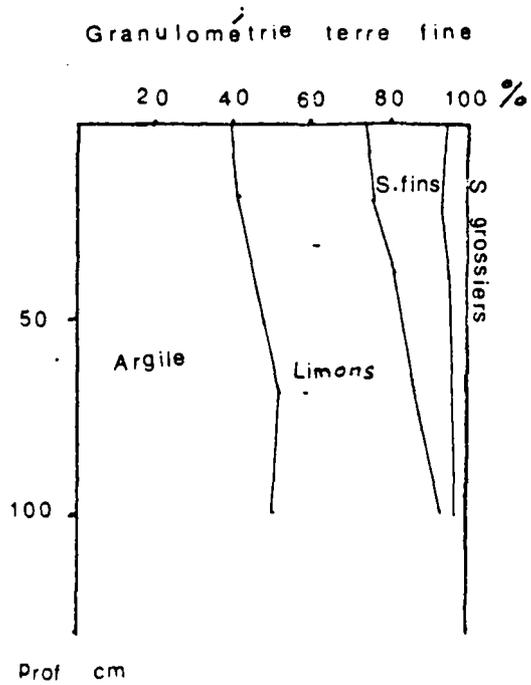
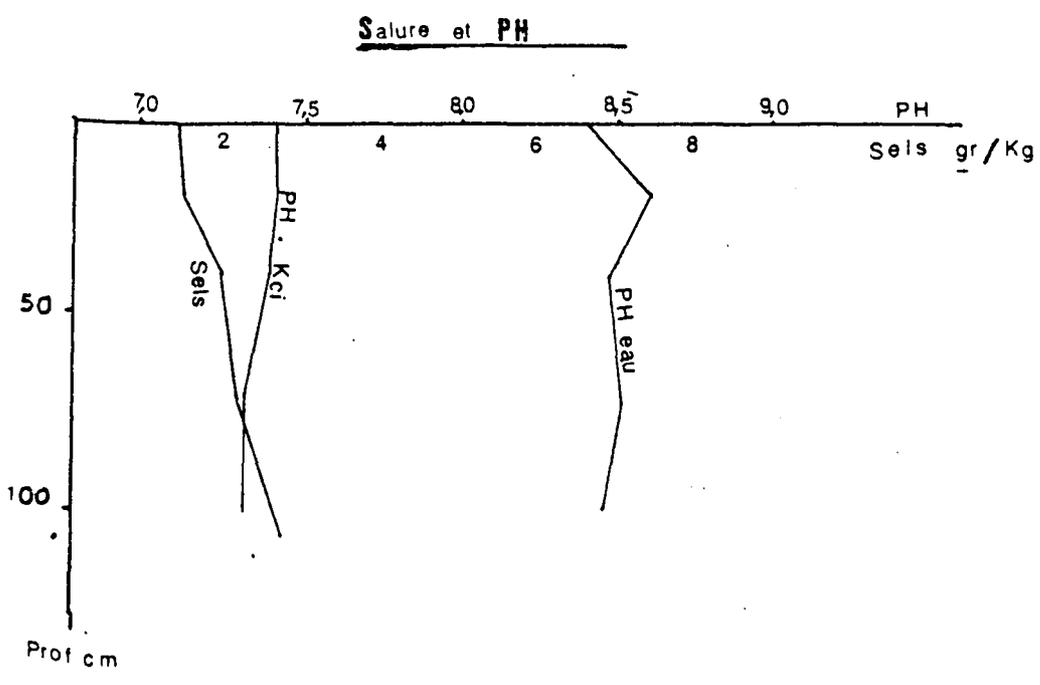
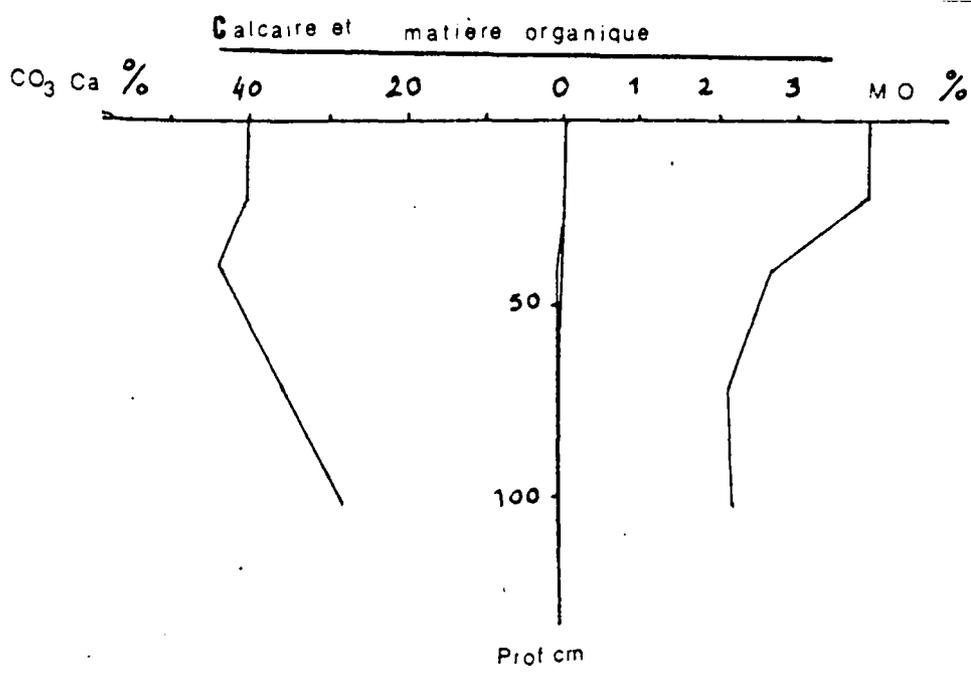


Fig 7 : Vertisols et paravertisols hydromorphes (d'après : O.N.I. Berkane 1964)

E - LES SOLS HALOMORPHES OU SOLS A ALCALIS

Les sols halomorphes occupent presque la moitié Ouest de la plaine côtière de Saïdia et se sont développés sur une topographie légèrement ondulée. Ils sont subdivisés en plusieurs types, en fonction de leur alcalinité, ainsi que selon leur épaisseur et la roche-mère sur laquelle ils se sont développés. Cependant leurs caractères communs sont la forte salinité et leur forte teneur en calcaire sur presque tout le profil.

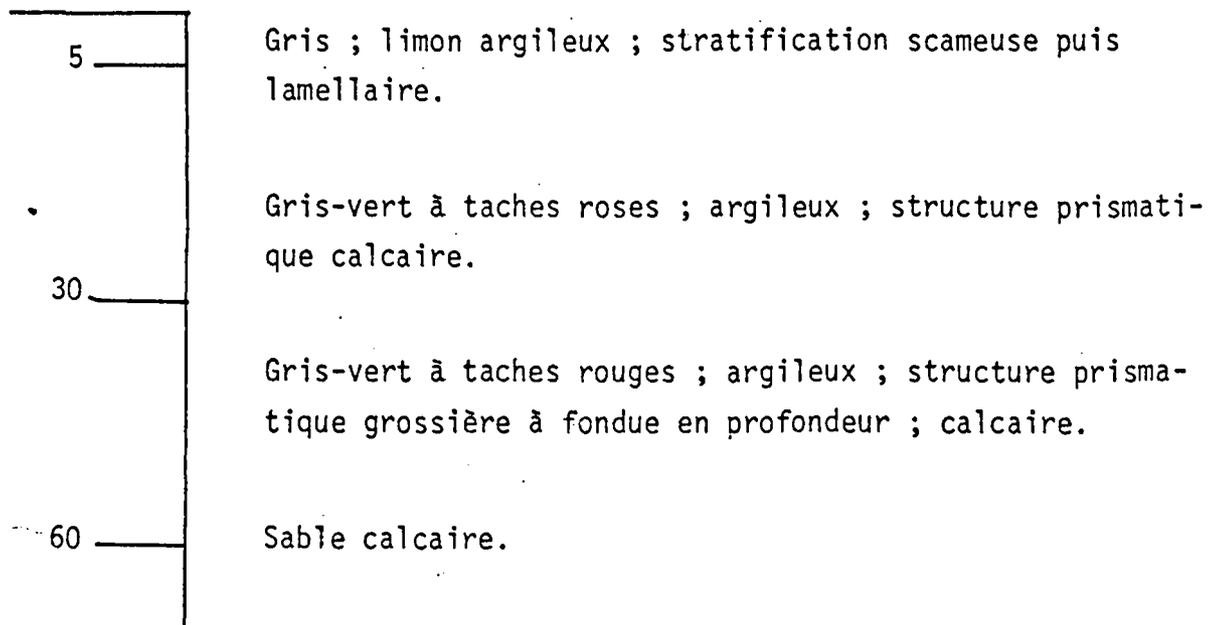
Les sols de Saïdia sont généralement très fins en surface ; on y trouve 35 à 50% d'argile ; 65 à 90% d'argile plus limons. Vers le bas, à partir d'une profondeur très variable la texture devient plus sableuse 35 à 50% ou franchement sableuse. La structure est polyédrique en surface jusqu'à 30 à 40cm de profondeur, puis devient massive. Comme presque tous les sols à structure fine, la perméabilité est dans le cas très faible variant de 0,5 à 1cm/h. Cet indice en surface est fort probablement inférieur à celui des horizons sableux de profondeur. Le taux de matière organique varie également en surface des sols de 1,5 à 5% et devient rapidement faible vers le bas. Ce sont les sols les plus fortement salés de toute la plaine des Triffa avec un taux variant de 2 à 25‰, le maximum est atteint dans la partie Ouest à l'embouchure de la Moulouya. L'alcalinité est toujours assez forte. Le complexe absorbant en surface est complètement saturé de sodium et de magnésium. En profondeur il y a 15 à 20% de sodium et 30 à 40‰ de magnésium (voir profil n° 6).

LES SOLS HALOMORPHES

TRIFFA : plaine côtière de Saïdia
(d'après O.N.I. Berkane, 1964)

Situation du profil n° 6 :

Partie Ouest de la plaine de Saïdia (plaine côtière)



III - LES SOLS PEU PROFONDS

A - LES SOLS PEU PROFONDS SUR CROÛTE ET ENCROÛTEMENT

Les sols peu profonds regroupent tous ceux dont l'épaisseur est inférieure à 60 cm et sont caractérisés par un profil d'accumulation calcaire très varié. Les types dominants sont essentiellement des sols châtaîns, des sols bruns, des vertisols et paravertisols hydromorphes et des sols squelettiques. Ces sols qui forment une mosaïque complexe dans la plaine des Triffa, notamment à proximité du piémont, sont également variés selon les différentes formes d'accumulation de calcaire sur lesquelles ils reposent, où trois principales formations sont majeures : des encroûtements granulo-nodulaires, des encroûtements tuffeux, sur croûte tendre ou dure plus ou moins épaisse, ou des dépôts caillouteux plus ou moins encroûtés.

a) Les sols sur encroûtement : ce sont des sols qui reposent directement sur un encroûtement calcaire dont l'épaisseur est souvent comprise entre 20 et 80cm. La limite supérieure de l'accumulation calcaire avec le sol est toujours claire, par contre la limite inférieure reste souvent floue, car l'encroûtement passe progressivement en profondeur à des limons sous-jacents. Sur les dépôts caillouteux encroûtés des cônes de déjection du Quarternaire ancien et moyen, l'épaisseur des sols est très variable d'une zone à une autre, avec une matrice assez concentrée en calcaire emballant des cailloux, dont trois types sont distincts :

- des sols profonds caillouteux,
- des sols peu profonds sur encroûtement caillouteux,
- des sols peu profonds sur croûte caillouteuse.

- b) Les sols sur croûte tendre peu épaisse : ils reposent généralement sur une croûte feuilletée épaisse de 10 à 25cm assez tendre, parfois surmontée d'une pellicule rubannée très brisée (voir profil des sols bruns peu profonds). La croûte passe en profondeur à un encroûtement, puis à un limon plus ou moins taché de calcaire parfois riche en nodules et en granules. L'épaisseur de l'ensemble du profil varie entre 40 et 100cm. D'autre part, comme on peut le remarquer sur le profil des sols bruns peu profonds, il pourrait y avoir plusieurs dalles peu épaisses, séparées par un limon plus ou moins tuffeux. Ce cas est beaucoup plus fréquent sur les cônes de déjection au débouché des oueds.
- c) Les sols sur croûte dure et épaisse, avec dalle épaisse en surface : ces types de sols reposent sur une croûte ayant parfois une épaisseur supérieure à un mètre et surmontée d'une dalle à pellicule rubannée très dure, ou une dalle continue et très épaisse. Ainsi dans les deux cas, la dalle repose de nouveau sur un encroûtement tendre dont l'épaisseur dépasse parfois 1m. Cependant, il est assez fréquent que le niveau supérieur de la dalle soit couvert d'une croûte ou encroûtement tendre parfois des travertains cohérents.

B - CARACTERES DES SOLS PEU PROFONDS

L'épaisseur des sols peu profonds varie généralement de 40 à 60 cm dans la plaine des Triffa. Mis à part les sols châtaîns, dépourvus de calcaire du moins en surface, la saturation des profils en CaCO_3 est l'un des principaux caractères dominants. Ainsi, l'augmentation de la teneur en calcaire s'opère progressivement en profondeur jusqu'au contact avec la croûte ou encroûtement pour atteindre 40%. Dans les sols remués par les labours profonds, on assiste à une inversion du phénomène : la teneur en CaCO_3 augmente en surface, puis chute à 10 ou 0% pour remonter de nouveau au niveau de la croûte. Les sols peu calcaires sur croûte tendre

ou encroûtement ont un pourcentage faible, variant de 0 à 10% en surface et peuvent atteindre 60% au contact de l'accumulation calcaire non différenciée.

Les analyses granulométriques de quelques profils types (O.N.I. 1964) montrent que les sols sur encroûtement ne sont pas ou peu caillouteux sauf sur le piémont Nord des Béni-Snassen, où les sols sur croûte calcaire tendre peu calcaire en surface sont caillouteux. Ceux qui sont calcaires dès la surface sont presque toujours caillouteux.

La granulométrie de la matrice fine est très variable. Pour les sols châtaîns et les sols bruns peu calcaires en surface à l'Est des Triffa, l'horizon A est très argileux (20 à 30%) en surface, et augmente progressivement en profondeur pour atteindre parfois plus de 50% au contact de la croûte ou encroûtement. Paradoxalement la texture des sols bruns peu profonds, calcaires dès la surface est plus grossière avec 10 à 25% d'argile en surface et 20 à 30% en profondeur ; le reste est composé essentiellement de sables fins et de limons.

Il convient aussi de signaler que la perméabilité des sols peu profonds est généralement bonne surtout dans les sols caillouteux ; cependant leur existence sur dalle ou croûte très dure continue, constitue un horizon étanche impénétrable par l'eau. Les sols les mieux drainés sont ceux qui sont développés sur les croûtes brisées ou encroûtements relativement tendres.

Comme dans les sols profonds, la matière organique varie de 1,5 à 2,5% en surface et baisse progressivement en profondeur où elle n'est que de 0,7 à 1% au contact du niveau supérieur des accumulations calcaires continues. En ce qui concerne leur teneur minéralogique, les sols peu profonds sont pauvres en azote et en phosphore, mais souvent salés ou alcalisés, sauf parfois au contact des encroûtements où le taux de salinité

peut atteindre 1 à 2,5‰.

Les croûtes ou encroûtements, ainsi que les limons sous-jacents sont parfois alcalisés. Les vertisols et paravertisols sont souvent assez salés et alcalisés, de même que les travertins sur lesquels ils reposent. L'observation des profils de sols châtains et bruns peu profonds (Profil 7, Fig 8 et Profil 8, Fig 9) amène à poser le problème de l'interprétation des profils calcaires, notamment la genèse des croûtes. Ainsi on constate, particulièrement dans le profil des sols bruns, que la croûte calcaire couronne l'accumulation tensiftienne, qui a ensuite été fossilifiée par un dépôt soltanien aux dépens duquel s'est constitué le sol brun steppique.

En effet le phénomène d'encroûtement a fait l'objet de plusieurs recherches où s'opposent grossièrement deux théories différentes :

- Pour M. DALLONI (1951-1953) ; J.H. DURANT (1953-1959) et J. BOULAIN (1961) en Algérie d'une part et M. GIGOUT (1958-1960), HUBSCHMAN (1967) et A. RUELLAN (1972) au Maroc d'autre part, le phénomène d'encroûtement est d'ordre pédologique, dans ce sens que la croûte constitue l'horizon B du sol. L'accumulation calcaire se fait par suite de lessivage vertical et surtout oblique, dès que le dépôt est mis en place et que la végétation s'y installe. Le calcaire s'accumule donc puis s'individualise grâce à l'action évaporante du système racinaire végétal. L'épaisseur de cette accumulation dépend de la profondeur d'enracinement de la végétation, de la quantité d'eau et du calcaire transité. A ces éléments s'ajoute la disposition topographique et la perméabilité des dépôts (BEAUDET et al, 1967).

Selon J. BOULAIN (1957-1961) et M. GIGOUT (1960), l'accumulation des calcaires dans les horizons moyens des sols serait essentiellement due au lessivage oblique lors des phases suffisamment humides d'un

climat méditerranéen ; leur durcissement serait le fait d'un climat postérieur plus aride où l'évaporation et la dissiccation l'emportent.

- La théorie plus récente (L. MATHIEU et al, 1975 et L. MATHIEU, 1977) souligne, au contraire, que la plupart des accumulations calcaires sont d'origine sédimentaire et superficielle, liée au ruissellement en nappe riche en carbonate à l'épandage des boues calcaires et de travertins, ou bien même des dépôts lacustres ou palustres dans des bas-fonds mal drainés sous un climat sec. La croûte formée devient le substrat d'apports détritiques postérieurs (J.H. DURAND, 1959), ou bien une roche-mère subissant la dissolution ; ainsi le sol sous-jacent se développe aux dépens de la croûte elle-même (L. MATHIEU, 1977).

Bien que les deux théories s'opposent dans leur raisonnement, on peut penser que l'une et l'autre peuvent être réalisées suivant les différentes natures des accumulations calcaires. On peut douter qu'un encroûtement épais de plus d'un mètre se soit formé aux dépens d'un dépôt superficiel d'une trentaine de cm d'épaisseur. D'autre part, l'existence du même dépôt superficiel sur une croûte et particulièrement sur une dalle calcaire à pellicule rubannée intacte, donne à penser que ce sol s'est formé aux dépens d'une roche-mère (dalle à pellicule rubannée) bien qu'elle se présente toujours à son état initial.

Références :

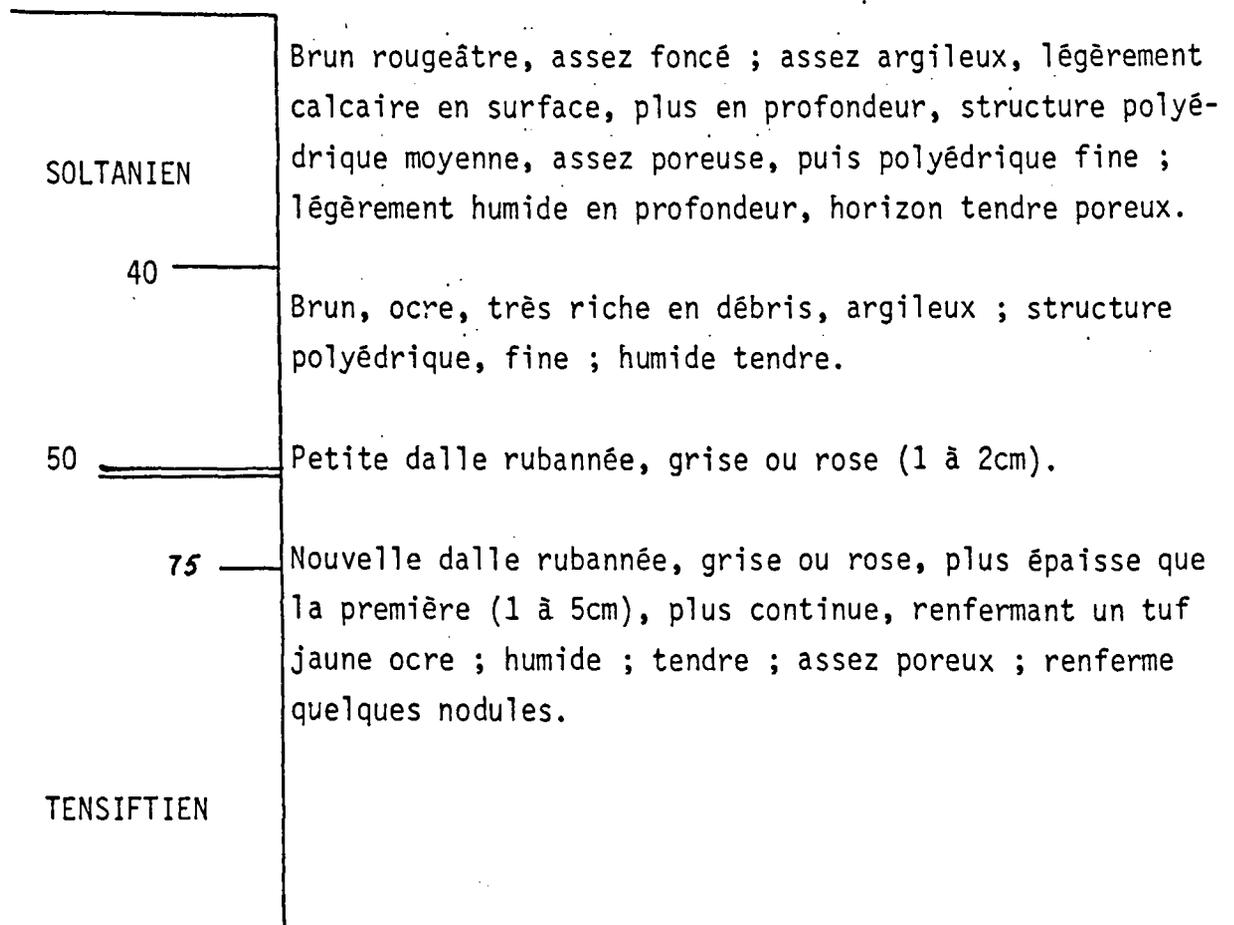
- BEAUDET et al : Le Quaternaire marocain, observations et hypothèses nouvelles. Rev. Géog. phys. géol. dyn., vol IX, fasc. 4, 1967, pp 269-310.
- BOULAIN, J. : Etude des sols des plaines du Chelif. Thèse Fac. Sc. Alger, 1957, pp 582.
- DALLONI, M. : Sur la génèse et l'âge des terrains à croûte nord-africains, XXX Colloque Inter. C.N.R.S. in : actions éoliennes, phénomène d'évaporation et d'hydrologie superficielle dans les régions arides. Pub. C.N.R.S., 1953, pp 237-258.

- DURAND, J.H. : Etude géologique, hydrogéologique et pédologique des croûtes en Algérie serv et sci. Lédolo et agrologie 1953, 209 p.
- GIGOUT, M. : Sur le mode de formation des limons et croûtes calcaires du Maroc. C.R. Acad. Sc., 1958, pp 97-100.
- HUBSCHMAN : Sols, pédogénèses et climats quaternaires dans la plaine des Triffa (Maroc). Thèse Ing. Doc. Toulouse, 1967.
- MATHIEU, L. et al : Contribution à l'étude des encroûtements calcaires dans le cadre de la morphogénèse et de la pédogénèse en climat méditerranéen semi-aride : appréciation à la région de Taza (Maroc). Actes du Colloque de Strasbourg, 1975.
- MATHIEU, L. : La géomorphologie et la géologie quaternaire comme bases fondamentales pour une juste définition et une cartographie rapide des sols et des milieux : application dans la province de Taza (Maroc) et dans la cuvette d'Amdapa (Madagascar). Thèse de Doctorat, Fac. Sc. Agron. Gembloux, Belgique, 1977, 1017 p.
- RAYNAL, R. : Plaines et piedmonts du bassin de la Moulouya (Maroc Oriental). Etude géomorphologique, Rabat, 1961, 617 p.
- RUELLAN, A. : (Cité en bibliographie).

SOLS BRUNS, STEPPIQUES, SUBTROPICAUX, PEU PROFONDS,
PEU CALCAIRES EN SURFACE, SUR CROUTE TENDRE PEU EPAISSE

(d'après O.N.I. Berkane, 1964)

Profil n° 7 :



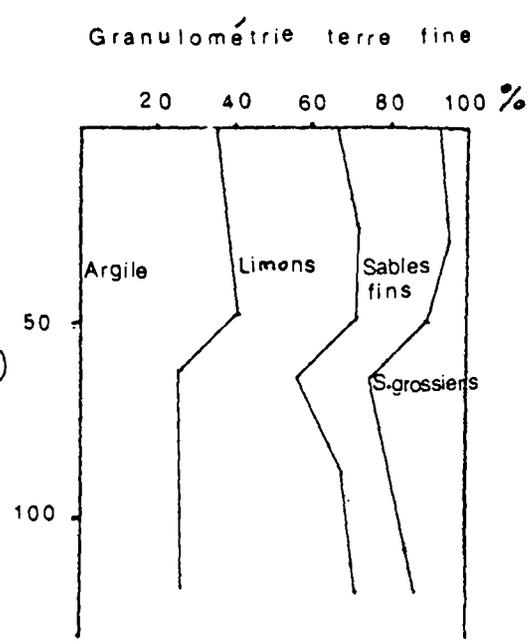
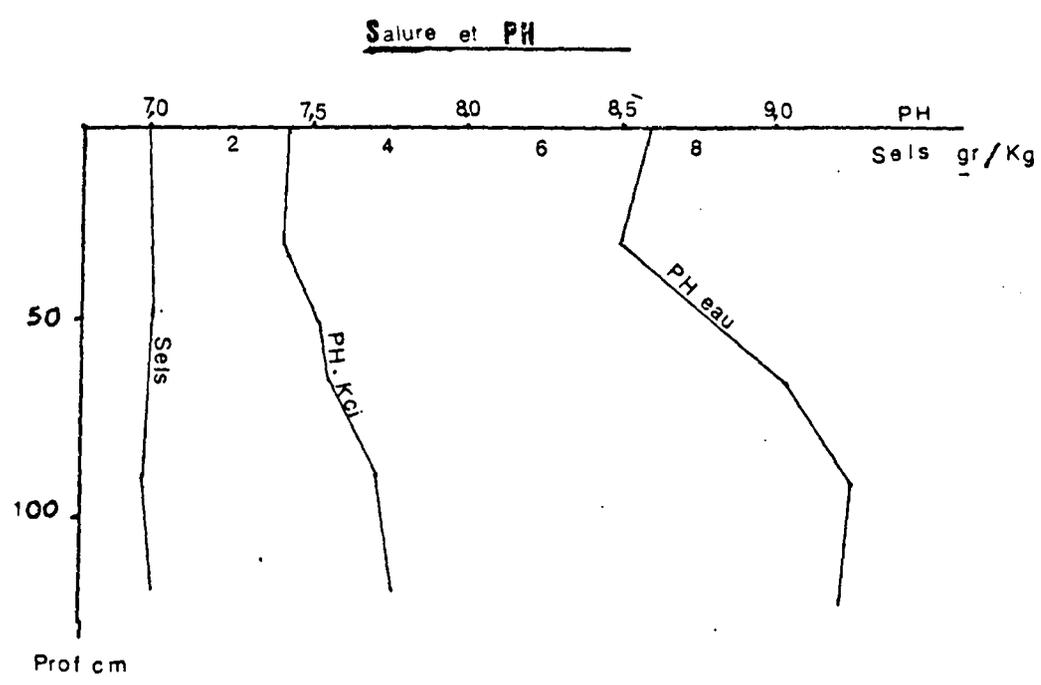
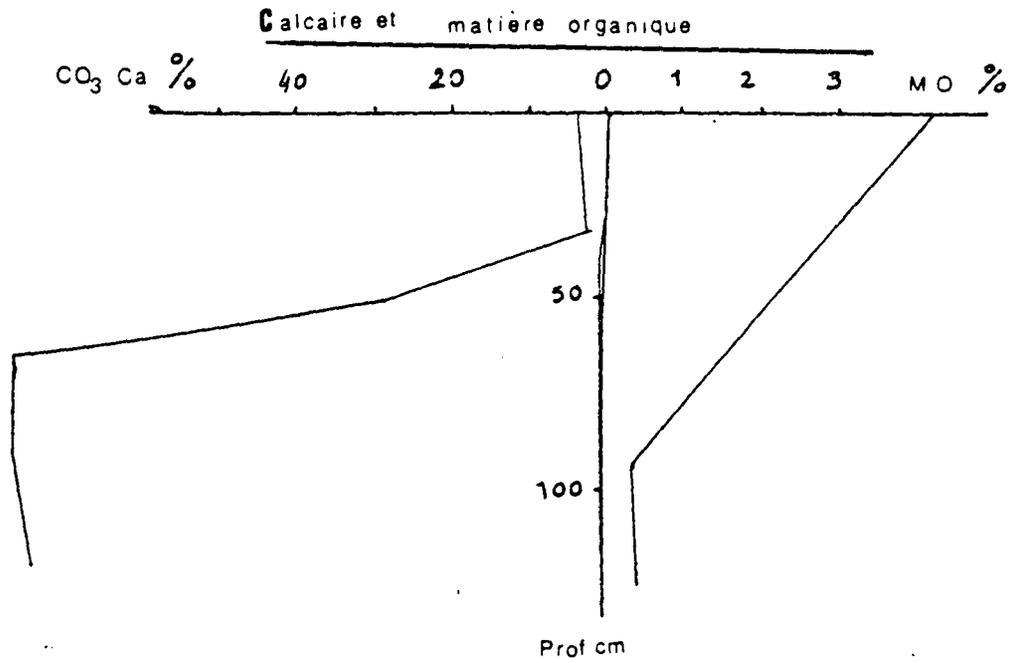


Fig 8 : Sols bruns steppiques subtropicaux, peu profonds, peu calcaires en surface, sur croûte tendre peu épaisse
(d'après O.N.I. Berkane, 1964)

LES SOLS CHATAINS, SUBTROPICAUX, STEPPIQUES PEU PROFONDS
SUR ENCROUTEMENT GRANULO-NODULAIRE

Plaine des TRIFFA (d'après O.N.I. Berkane, 1964)

Profil n° 8 :

Brun foncé ; argileux ; non calcaire ; structure polyédrique assez forte se décomposant en fine ; nombreuses racines ; horizon humide ; meuble assez poreux.

35

Brun rouge ; non calcaire ; très argileux ; structure polyédrique moyenne à tendance prismatique ; agrégats à faces lisses ; horizon assez meuble ; assez poreux ; nombreuses racines.

Dalle rubannée, mince (moins de 1cm) reposant sur un tuf à granules et nodules, nombreux, durs.

Apparition de poches verticales de limon rouge, délimitée par des taches jaunes ou blanches, réparties en colonnes.

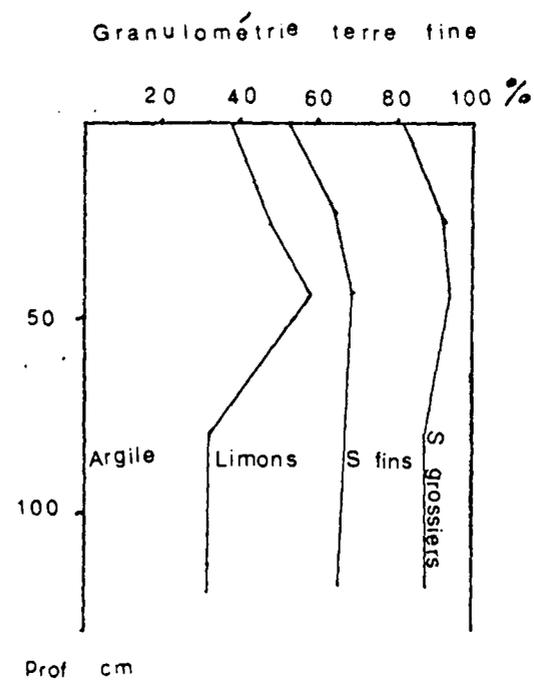
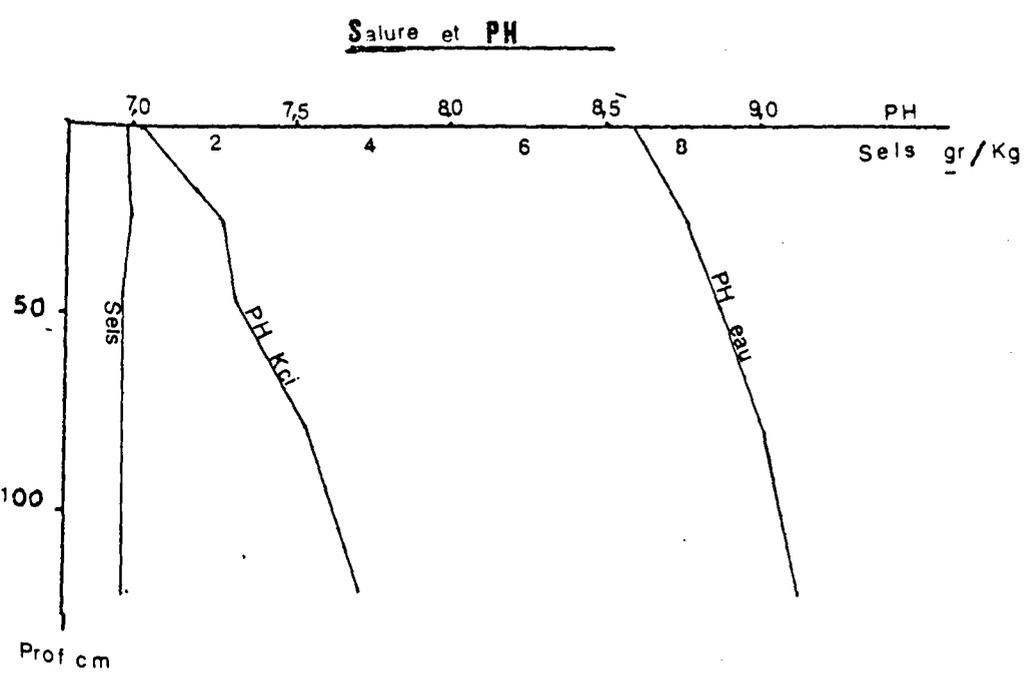
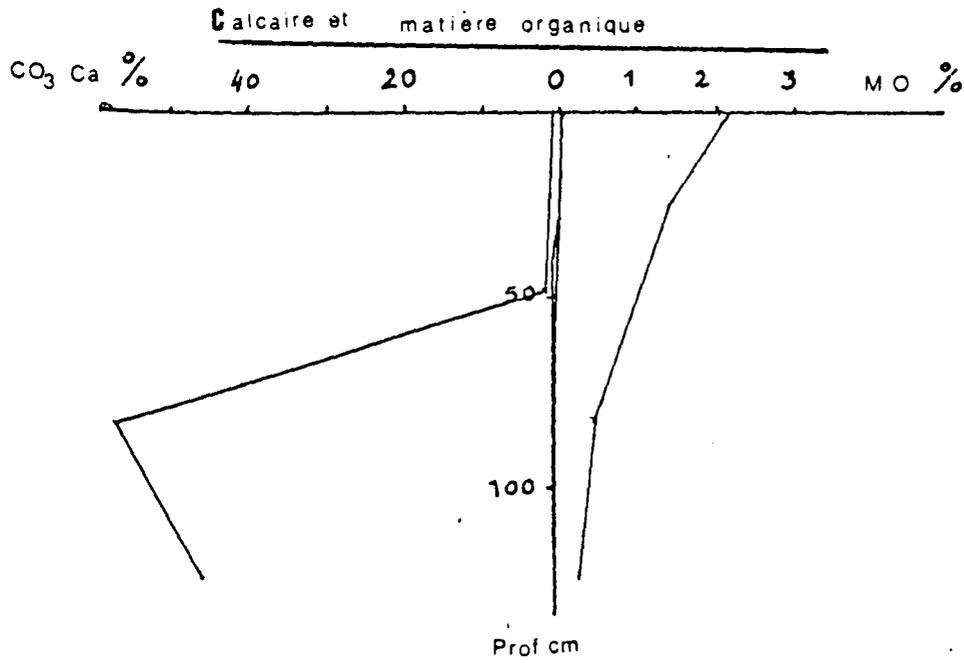


Fig 9 : Sols châtains, steppiques peu profonds sur encroûtement granulo-nodulaire (d'après O.N.I. Berkane 1964)

CONCLUSION

La tentative de résumer et synthétiser sommairement les différents travaux consacrés à la pédologie de la plaine des Triffa, montre que la pédogénèse de la plaine dépend : d'une part de la nature lithologique des roches-mères ; d'autre part de la dynamique des différents processus bioclimatiques qu'elle a subis. Son évolution s'est effectuée en fonction des oscillations climatiques, des modifications corrélatives du couvert végétal et, finalement de l'intervention anthropique, actuellement plus active que jamais dans ce secteur.

Les différentes études ont subdivisé les sols des Triffa selon les processus pédogénétiques qui font apparaître dans le profil deux formes d'accumulations calcaires : accumulation continue et discontinue. C'est donc la forme continue des calcaires qui détermine la profondeur du sol utilisable par la plante. Ainsi, les sols dits profonds sont ceux dont l'épaisseur est supérieur à 60cm avant d'atteindre l'horizon calcaire continu. Ils sont peu profonds au-dessous de 60cm.

Le mode d'accumulation calcaire, sa distribution et son intensité font distinguer trois profils dans les sols profonds comme dans ceux peu profonds : sols à profil calcaire, peu calcaire, ou non calcaire, avant d'atteindre l'accumulation calcaire continue.

Ainsi selon ces critères morphogénétiques, notamment les niveaux calcaires différenciés, la décarbonation des horizons en surface et la concentration en CaCO_3 en profondeur ont conduit MASSONI et RUELLAN (1960-1970) à détailler la classification des sols profonds et peu profonds en plusieurs types et sous-types :

* Sols profonds : épaisseur 60cm. Ils sont subdivisés en fonction de la répartition des calcaires en plusieurs types.

1) Sols à profils calcaires peu différenciés

2) Sols à profils calcaires moyennement différenciés : trois types pourraient être distingués :

- a - sols non calcaires en surface : moins de 1% jusqu'à 50cm
- b - sols peu calcaires en surface : " " 10% jusqu'à 50cm
- c - sols calcaires dès la surface : plus de 10% jusqu'à 50cm

x Sols peu profonds : épaisseur 60 cm : ce sont généralement des sols à profil calcaire très différencié, reposant sur des accumulations calcaires variées décrites plus haut. On peut distinguer :

- 1) Les sols sur encroûtement tuffeux
- 2) Les sols sur encroûtement nodulaire
- 3) Les sols sur croûte peu ou moyennement épaisse, avec ou sans dalle à pellicule rubannée fine au sommet de la dalle.

Chacun de ces sous-types de sols se subdivise en trois catégories selon la répartition des calcaires dans le profil ; ainsi on peut distinguer : les sols non-calcaires en surface, peu calcaires, ou calcaires en surface.

Il a été constaté que la majorité des sols profonds (bruns, châtaîns) ne sont ni salés, ni alcalisés ; ils sont généralement d'autant plus calcaires en profondeur et caillouteux en surface qu'on s'approche du piémont montagneux. L'existence d'une accumulation calcaire en profondeur quelle que soit sa dureté : friable (encroûtement) ou compacte (croûte et dalle), pose des problèmes d'aménagement dans la mesure où les croûtes et dalles limitent le travail profond des sols et peuvent engendrer l'engorgement dans le cas où elles sont imperméables. De plus, la forte teneur en argile gonflante entraînant d'importantes variations de volume

du sol, pourrait engendrer leur tersification. Le problème de drainage se pose également pour ceux qui reposent sur un substratum argileux.

Certains sont salés et alcalisés ce qui nuisait aux plantes assez sensibles à ce phénomène avant l'adoption d'assolement intensif pour l'amélioration des conditions physico-chimiques des sols contaminés. Dans la plaine côtière de Saïdia, où ce phénomène a pris une grande ampleur, le décapage de la lame superficielle serait nécessaire.

Ce sont donc quelques problèmes soulevés par les sols des Triffa, avant leur mise en eau officiellement en 1962, depuis cette date jusqu'à présent les problèmes se sont aggravés, les effets désastreux des sols se sont multipliés. Il sera tenté dans la conclusion générale de mettre en valeur les principaux problèmes qui ont accompagné la mise en valeur de la plaine du fait que l'homme a pensé tirer profit des ressources naturelles, sans guère se soucier de les améliorer ou du moins les conserver.

CONCLUSION GENERALE

"... L'urgente nécessité d'épargner les ressources naturelles non renouvelables que nous gaspillons follement sans tenir compte des besoins des générations futures".

R. DUMONT (1972)

BILAN D'UNE MISE EN VALEUR ET EVOLUTIONS ACTUELLES

La mise en valeur des plaines des Triffa se situe vers les années 30, bien que les premières observations hydrogéologiques aient commencé en 1907. Mais ce n'est qu'à partir de 1942 que des études importantes se sont succédées sur la région pour valoriser ses ressources naturelles, notamment les eaux et les sols dans le but de faire des Triffa un périmètre irrigué et d'y installer une agriculture savante.

- En 1954, un barrage de dérivation (Mechra Kllila) fut terminé sur la Moulouya, avec 6 M de m³ de réserve. A cette date, la construction des principaux canaux d'irrigation a été achevée.
- Un deuxième barrage (Mechra Hommadi) a été construit en 1960 avec une capacité de 470 M de m³ de réserve utile. Les artères d'irrigations furent simultanément mises en place.

La mise en eau officielle des Triffa débute avec la création de l'O.N.I. en 1961 (Office National d'Irrigation), bien qu'à cette même date 10.000ha aient été déjà irrigués à partir de la Moulouya et 9000ha environ à partir des eaux pompées dans la nappe phréatique.

De 1961 à 1984, un programme d'aménagement a été imposé à la Basse-Moulouya, notamment la rive droite. Le programme vise l'adoption d'un aménagement savant et rationnel, dont le but est de protéger le milieu ainsi que de résoudre les problèmes existants bien avant la mise en eau de la plaine. On peut se demander jusqu'à quel point ces normes ont été respectées? A-t'on résolu ces problèmes ou bien au contraire aggravé la situation ?

LES PRINCIPAUX PROBLEMES D'AMENAGEMENT AVANT LA MISE A EAU :
FLUCTUATIONS PIEZOMETRIQUES DE LA NAPPE :

Il est important de rappeler les principaux problèmes soulevés par la nappe des Triffa avant l'adoption du programme d'aménagement. En effet elle présentait des situations très différentes selon les secteurs, du point de vue fluctuations piézométriques et salinité des eaux. Cependant elle restait alimentée uniquement par les eaux de pluie, et l'alimentation latérale à partir de la nappe du Lias (nappe des Beni-Snassen). On peut distinguer deux grandes zones :

Une zone irriguée : localisée au centre de la plaine (secteur Madagh-Café-Maure) où interviennent deux éléments principaux : la percolation des eaux de pluies et la réinfiltration partielle des eaux pompées ; 25% selon CARLLIER (1976) regagnent la nappe. Ainsi des fluctuations assez importantes ont été observées, variant entre 1 et 3,5m pendant les années modérément pluvieuses et qui ont atteint 10m en 1962-63 par suite de fortes précipitations et de la déficience de drainage. Une bonne partie du centre de la plaine était sous l'eau avec une submersion de 1m d'épaisseur au-dessus du sol. Dans la deuxième zone non irriguée au Nord de Berkane, l'amplitude annuelle des fluctuations a atteint 13,5m en cette même année.

La salinité : les analyses des eaux du périmètre irrigué (Madagh-Café-Maure) ont montré en 1963 que 54% des eaux souterraines de cette zone avaient une teneur en sel inférieure à 2g/l, maximum supportable généralement pour l'irrigation et la consommation humaine, 46% supérieure à 2g/l dont 10% 4g/l.

Il aurait été constaté, selon les données que la nappe des Triffa posait à cette époque deux problèmes fondamentaux : les risques de submersion de la plaine liés aux oscillations piézométriques, ainsi qu'une forte concentration en sel. La situation était donc assez critique et posait des problèmes concrets. Au cas où ils n'auraient pas été résolus, ils risquaient de s'aggraver.

PROBLEMES POSES PAR LA PEDOLOGIE :

Les sols des Triffa voient leurs premières études à partir de 1945. C'est à cette date même que GAUCHER avait insisté sur le lancement de recherches approfondies, non seulement sur la pédologie, mais aussi sur tous les facteurs qui sont en rapport ou qui peuvent ultérieurement contribuer à leur évolution. En effet des travaux laborieux ont été réalisés dans le domaine (cf. bibliographie) convergeant vers l'analyse des différents processus pédogénétiques et la détermination des différents groupes de sols. Comme signalé auparavant, il ressort des travaux pédologiques, que le calcaire constitue l'élément capital marquant les sols des Triffa. Quelque soient ses formes d'individualisation (granules-nodules) ou d'accumulation (dalle, croûte, encroûtement...), il reste un facteur dynamique dans le profil et pose souvent un problème préoccupant pour l'aménagement. D'autre part, les sols des Triffa n'ont pas échappé aux phénomènes de salinité et d'alcalinisation, du moins locales. L'origine en serait la nature géologique du terrain, calcaire et marneux, qui renferme une teneur en sel plus ou moins accentuée, notamment le Perm-Trias et le Mio-Pliocène connu par les transgressions marines, ainsi que des submersions récentes et actuelles de la mer comme on peut l'observer dans la plaine côtière de Saïdia. Dans le secteur de Madagh-Café-Maure, l'irrigation à partir de la nappe salée avant l'installation du canal de dérivation aurait contribué à la salinité des sols.

L'ensemble des critères morphogénétiques notamment l'accumulation des calcaires, des sols et d'alcalis ont conduit les recherches à dégager les problèmes existants et leur aggravation avec la mise en eau de la plaine. Ainsi, les premières missions pédologiques ont établi un inventaire préliminaire des aptitudes et contraintes en vue de faire des Triffa un important périmètre irrigué (GAUCHER 1945-47, BRYSSINE 1946).

Les premiers travaux de RUELLAN, dès 1959 sur les sols irrigués au centre de la plaine ont soulevé les problèmes d'évolution des sols soumis à l'irrigation des eaux salées et ses effets néfastes, tout en notant que les sols non irrigués ne pouvaient échapper à la dégradation si

on ne créait pas des stations expérimentales, dont le but serait l'observation des modifications des sols et l'identification des différents processus susceptibles d'intervenir dans cette modification.

EVOLUTION ACTUELLE

La nappe et le drainage : malgré les efforts les problèmes s'aggravent.

On ne peut saisir la gravité des problèmes qui s'imposent actuellement que si l'on suit l'évolution de son historique. Depuis les premières observations jusqu'à nos jours la nappe des Triffa a connu plusieurs étapes :

- Depuis les premières irrigations jusqu'à 1961, on comptait 400 stations de pompage dans les Triffa, en vue d'irriguer 8100ha et de stabiliser en même temps le niveau irobothe de la nappe et d'empêcher sa remontée, avec un débit fictif pompé de 2 m³/s. Aux environs de 1968, le pompage était complètement délaissé. La mise en eau complète à partir de la Moulouya était réalisée. 12 000 ha sont irrigués par gravité avec les eaux dérivées selon un débit fictif de 4,2 m³/s. En 1976, on assistait à un nouveau projet d'irrigation "du haut-service" : 6 000 ha, ont été mis en eau sur les Triffa Sud avec un débit de 4 m³/s. A noter qu'aucune station de pompage n'existait auparavant dans ce secteur. La remontée de la nappe était donc prévisible, d'autant que ce phénomène avait été déjà prévu et signalé à maintes reprises par les recherches antérieures. Dès la mise en service (1961), les ingénieurs de la mission d'étude générale de la Basse-Moulouya ont saisi la gravité du problème de drainage. Pour surmonter ce fait, l'avant-projet de 1964 a insisté sur l'installation d'un réseau d'assainissement par drains enterrés à 2,5m sur 2 500 ha dont l'exécution devait commencer au plus tard en 1968 ; cependant un projet transitoire de drainage par collature et la reprise du pompage devaient remédier aux problèmes à court terme. En effet, 6km de drains profonds ont été mis en place en 1962-63, 7km ont été creusés en 1968, et des drains ont été creusés entre 1970 et 1975, là où la nappe affleurait.

Bien que des mesures aient été prises face à ce problème de drainage, les résultats se sont révélés peu efficaces. C. MATHIEU notait qu'en 1974 la nappe a connu une remontée spectaculaire dans le secteur de Sidi-Yekhlef (plaine des Triffa), où 130 ha ont été submergés, engendrant une perte catastrophique : destruction totale des plantations agrumicoles et des vignes sur 200 ha. Une nouvelle prise de conscience, face à la nappe, a amené à proposer en 1975 trois solutions possibles :

- renforcement du drainage par le creusement de fossés profonds de 3m ; mais le tracé des fossés ne pouvait tenir compte des emprises publiques et des limites des propriétés ;

- un drainage par tuyaux souterrains pour ne pas affecter la surface des terres cultivées ; mais l'exécution reste une opération très délicate dont dépend l'avenir de ce système ;

- un drainage par pompage avec un débit de 3 m³/s. Cette solution se présente comme la solution la plus facile et la plus économique à réaliser. Elle a donc été retenue, malgré le coût et l'entretien à l'exploitation. Une nouvelle phase d'étude (MARCHAL 1975, ZERYOUHI et al 1978), a prévu l'installation de 16 stations de pompage dans une première tranche avec un débit total de 1 m³/s. Jusqu'en 1982 le projet était encore en réalisation et le problème du drainage dans la plaine des Triffa n'est pas encore résolu. La nappe ne cesse de remonter et plus de 60km², notamment dans le centre des Triffa et dans la plaine côtière de Saïdia, se trouvent menacés par la submersion, les eaux souterraines n'étant qu'à une profondeur de -5 à -1m du ras du sol, voire affleurantes (voir carte). Ainsi le problème reste crucial et extrêmement préoccupant. L'état actuel des Triffa nécessite l'adoption des mesures de drainage efficaces et à long terme, afin de rentabiliser les grands efforts fournis depuis une trentaine d'années. Les problèmes actuellement posés par la pédologie vont de pair avec les conditions hydrodynamiques de la nappe et les modes d'irrigation adoptés. L'évolution de ces processus a contribué à la salinisation et l'alcolisation des sols non ou peu salés avant leur mise en eau. Trois étapes peuvent être distinguées :

- la première période est marquée par l'irrigation des sols non ou peu salés par pompage à partir de la nappe salée. Le but recherché est d'une part la stabilisation de la nappe ainsi que l'amélioration du rendement agricole. Les résultats de cette procédure étaient équivoques dans la mesure où elle n'a pu maintenir la nappe au niveau souhaitable. Les eaux pompées et réinfiltrées en partie (25 à 40%) rechargeaient l'aquifère auquel s'ajoutaient les apports des précipitations. Cette étape marque la première contamination des sols ;
- la deuxième période se caractérise par l'arrêt des pompages et l'irrigation de sols naturellement salés, ou contaminés pendant l'épisode précédent, par le canal de dérivation de la MOULOUYA peu salé (0,8g/l). La procédure de lessivage n'était pas idéale, car à la fin de l'étape, les sols ont gardé une teneur en sel égale à celle obtenue après la première phase de salinisation ; ce qui n'a pas empêché qu'ils continuent à s'enrichir en sel ;
- dans la troisième étape (étape actuelle) on vient de noter qu'un projet de drainage par pompage est en projet ; mais jusqu'à présent, on peut le considérer encore neutre. Le maintien de l'arrêt des pompages et les apports du canal de la Moulouya provoquent une nouvelle agression de la nappe qui approche le sol sur une grande superficie. Il convient de rappeler qu'on est dans une zone semi-aride connue par une forte évapotranspiration pendant la période estivale : ainsi, l'eau salée évaporée à travers les sols engendre l'accumulation des sels. Ce phénomène contamine tous les terrains où la nappe est à faible profondeur. Plusieurs études ont modifié le problème (VAN AART 1974, BOULAINÉ 1976 et MATHIEU 1980). Cette 3e étape pose la question capitale des sols. Dans une enquête récente menée par LAAJOUL, 1979, au centre des Triffa (Madagh) sur la situation des vergers agrumicoles (3500 ha) a montré que 60% des vergers présentent une salinité des sols variant de 1 à plus de 4g/kg.

On est donc amené à dégager trois processus de salinisation de sols :

- salinisation par irrigation à partir de la nappe phréatique salée ;
- salinisation par remontée capillaire sous l'effet de l'évapotranspiration des eaux salées de la nappe ;
- la salinisation périodique par les eaux dérivées de la MOU-LOUYA.

Finalement on peut rappeler les principaux problèmes qui se posent encore dans la plaine des Triffa : malgré les efforts qui lui ont été consacrés, sa situation actuellement préoccupante, nécessite le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols. Cet objectif ne pourra être atteint que si on parvient à une bonne maîtrise des eaux souterraines et par l'adoption de systèmes d'exploitation beaucoup plus rationnels.

TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX

F I G U R E S

1ère PARTIE : GEOMORPHOLOGIE

- Fig 1 : Coupes géologiques à travers les Bēni-Snassen
- Fig 2 : Coupe schématique de Ras Foughal
- Fig 3 : Coupe géologique de jebel Bou-Hammed
- Fig 4 : Coupe géologique de Hassi-Zerga
- Fig 5 : Coupe à travers Jorf-El-Handia jusqu'à Oulad-Benouda
- Fig 6 : Coupe du Villafranchien supérieur
- Fig 7 : Coupe sur l'oued Kiss
- Fig 8 : Coupe sur le confluent de l'Ouad El-Atchane
- Fig 9 : Coupe du massif d'Echaouen à la R.P. 27
- Fig 10 : Coupe d'une carrière sur jebel Afras
- Fig 11 : Dalle calcaire conglomératique
- Fig 12 : Passage du Toarcien à l'Aalénien
- Fig 13 : Coupe sur l'oued El-Atchane
- Fig 14 : Coupe sur l'oued Bouhfeir
- Fig 15 : Coupe sur l'oued Nachef
- Fig 16 : Coupe par forage Aīn Régada
- Fig 17 : Coupe par Aīn Régada
- Fig 18 : Coupe du front de la colline côté 374
- Fig 19 : Coupe du flanc Sud de jebel Si Mimoun

2ème PARTIE : CLIMATOLOGIE

- Fig 1 : Pluviométrie moyenne annuelle (1969-1982) 11 stations
- Fig 2 : Station de Berkane : pluviométrie pluriannuelle - 5 stations
- Fig 3 : L'irrégularité pluviométrique interannuelle - 4 stations
- Fig 4 : Moyenne mensuelle des températures (1970-1982) 5 stations
- Fig 5 : Quotient pluviothermique d'EMBERGER (graphique n° 1)
- Fig 6 : Diagramme pluviothermique de GAUSSEN modifié par PUJOS

3ème PARTIE : HYDROLOGIE

- Fig 1 : Coupe au centre de la plaine des Triffa
- Fig 2 : Coupe du Miocène supérieur au Nord du "Horst du Kiss"
- Fig 3 : Coupe du Korn ECHAMS
- Fig 4 : Coupe du Pliocène de la colline des Oulads-Mansour
- Fig 5 : Coupe du Miocène supérieur au sud "Horst du Kiss"

Diagramme 1 : Variation du niveau isobathe et des températures
Puits 916/7

Diagramme 2 : Variation du niveau isobathe et des températures
Puits 952/7

4ème PARTIE : PEDOLOGIE

- Fig 1 : Répartition schématique des différentes accumulations calcaires
- Fig 2 : Répartition de la matière organique totale dans les sols des massifs montagneux de la basse-Moulouya
- Fig 3 : Les sols châtaîns steppiques subtropicaux non calcaires en surface
- Fig 4 : Sols bruns steppiques subtropicaux peu calcaires en surface
- Fig 5 : Sols bruns steppiques subtropicaux calcaires dès la surface
- Fig 6 : Sols steppiques subtropicaux jeunes et sols peu évolués
- Fig 7 : Vertisols et paravertisols hydromorphes
- Fig 8 : Sols bruns steppiques subtropicaux peu profonds peu calcaires en surface, sur croûte tendre peu épaisse
- Fig 9 : Les sols châtaîns steppiques peu profonds sur encroûtement granulo-nodulaire
-

T A B L E A U X

2ème PARTIE - CLIMATOLOGIE

- Etat et périodes d'observations des stations météorologiques sur la plaine des Triffa et son environnement
- Tableau pluviométrique d'Ahfir (1970-1982)
- Tableau pluviométrique de Berkane (1970-1982)
- Tableau pluviométrique de Régada (1966-1978)
- Tableau pluviométrique de Taforalt (1970-1982)
- Tableau pluviométrique d'Aïn Almou (1970-1982)
- Tableau pluviométrique de Saïdia (1970-1982)
- Tableau pluviométrique de Madagh (1970-1982)
- Tableau pluviométrique d'Ain Zerga (1970-1982)
- Tableau pluviométrique de Boughriba (1970-1982)
- Tableau pluviométrique de M. Hommadi (1970-1982)
- Tableau pluviométrique d'Aïn Beida (1970-1982)
- Station de Taforalt : températures en C° (1970-1982)
- Station de Berkane : températures en C° (1970-1982)
- Station de Saïdia : températures en C° (1970-1982)
- Station de Boughriba : températures en C° (1970-1982)
- Station de Mechra-Hommadi : températures en C° (1970-1982)
- Moyenne des températures maximales en été
- Moyennes mensuelles des températures (maxi-mini et moy) 70-82
- Moyenne des températures du mois le plus froid (1970-1982)

- Température de la rive droite de la basse-Moulouya (1970-1982)
- Moyennes annuelles des températures (maxi-mini et moy) 1970-1982
- Indice d'aridité, DE MARTONNE
- Quotient pluviométrique d'EMBERGER

3ème PARTIE - HYDROLOGIE

- Débit réel de la source de Zegrel
- Débit réel de la source de Morgia
- Débit réel de la source de Sidi Rahmoun
- Débit réel du sondage d'Aïchoun
- Bilan hydrique pour l'année agricole 1954-1955
- Moyenne des précipitations annuelles de la plaine des Triffa 1970-1982
- Moyenne annuelle des précipitations du bassin versant 1970-1980
- Analyses des eaux : nappe du Lias des Béni-Snassen (P.952/7)
- Analyses des eaux : nappe du Lias des Béni-Snassen (P.916/7)
- Analyses des eaux : nappe phréatique des Triffa (P.463/7)
- Analyses des eaux : nappe phréatique côtière (P.1002/7)

BIBLIOGRAPHIE

- BAAR, M. : Tri des sols au 1/5000, classement des sols pour la mise en valeur et le remembrement partie Sud, Tirage ozalide. ORMVAM, BERKANE, 1968.
- BAAR, M. : Secteur 28. 1/5000. Carte détaillée des sols en tirage ozalide 1 feuille - (Mise en valeur et remembrement). ORMVAM, BERKANE, 1968.
- BAAR, M. : Secteur 27 C 1/5000. Carte détaillée des sols pour la mise en valeur et le remembrement (tirage ozalide). ORMVAM-BERKANE, 1969.
- BAAR, M. : Forêt de Boughriba, tri des sols, au 1/5000 (tirage ozalide). ORMVAM, BERKANE, 1969.
- BAAR, M. : Zone côtière de Saïdia. Tri des sols au 1/5000 (tirage ozalide). ORMVAM, BERKANE, 1969.
- BAAR, M., MATHIEU, C., LEPIECE, A., et ALAOUI, Y. : Carte des sols de la Plaine du Garet à 1/5000, cartes du tri des sols, des classes de mise en valeur et des aménagements fonciers, première tranche, 5 430 ha tirage ozalide, diffusion limitée. ORMVAM, BERKANE, 1975.
- BARATHON, J.J. : Le Quaternaire marocain : quelques données nouvelles - Etudes méditerranéennes, centre inter-universitaire d'études méditerranéennes de Poitiers, fascicule II, 1980, pp 27-56.
- BARATHON, J.J. : Le Villafranchien du Nord-Est du Maroc, coll. Internat du Villafranchien, U.E.R. de Géographie et d'Aménagement Spatial, Lille I 1982, pp 321-331.
- BARATHON, J.J., LAQUINA, A., MAURER, G., THAY, J.P. : Le Villafranchien de quelques régions telliennes du Maroc et d'Algérie, coll. Internat du Villafranchien, U.E.R. de Géographie et d'Aménagement Spatial, Lille I, 1982, pp 296-304.
- BEADET, G. : Le Quaternaire marocain : état des études. Université de Montpellier. Avec la collaboration de A. RUELLAN (O.R.S.T.O.M.) revue de géographie du Maroc, n° 20, 1971, Rabat, pp 3-55.
- BEN DRISS, E., et RUELLAN, A. : "Tri des sols du secteur 17 de la Plaine des Triffa". ONI, Juin 1962, 6p ronéo ; carte au 1/5000e.
- BEN ABDELLAH : Etude géologique et métallogénique de la partie orientale du massif des Béni-Snassen (Maroc oriental), rapport inédit service géol. et gîtes miniers n° 321, Rabat, 1950.
- BERNARD, J., BREULEUX, F., OURIAGHLI, A. : Hauts services de Berkane et de Régada ; carte détaillée des sols à l'échelle du 1/5000. 12 feuilles pédologiques, 12 feuilles de carte des aménagements fonciers ; 12 feuilles de classement des sols pour la mise en valeur (Tirage Dorel). SOMET - ORMVAM de BERKANE - Diffusion limitée.

- BILLAUX, P., et RUELLAN, A. : "Cartographie des sols au Maroc en vue de l'irrigation". Communication au 8e Congrès Inter. de la Sc. du Sol, Septembre 1964.
- BIROT, P. : La Méditerranée et le Moyen-Orient, Tome I - Généralités. Péninsule Ibérique et Italie, Paris, P.U.F. 1964.
- BOTTINER, P., et LOSSAINT, P. Etat de nos connaissances sur les sols rouges du Bassin Méditerranéen. Laboratoire d'Eco-Pédologie - Montpellier 1967, pp 49-79.
- BREWER, R. : Fabric and mineral analysis of soils. Jhon Wiley and Sons Inc, (cité par Pujos), 1964.
- BRYSSINE, G. : Carte des sols au 1/100.000 ; une carte des milieux ; profils de sols, graphiques. S.R.A.E.A., Rabat, 1964.
- BRYSSINE, G. : Rapport préliminaire sur les sols de la région des Triffa. Service de la rech. Agron. d'Oujda, 11-18 p, Rabat, 1946.
- BRYSSINE, G. : Typologie des sols du Maroc. (In : C.R. Soc. des Sc. Nat. et Phys. du Maroc), 1954.
- BOULAINE, J. : Cours d'hydropédologie, 3T, texte ronéot., 150 p + annexes, INA, Paris-Grignon, 1976.
- BURHIN, Y. : Semoir - corrugator polyvalent pour cultures irriguées, DER, CE, n° 145/75, texte ronéot., 43 p., Rabat, 1975.
- CAMILLE, EK., MATHIEU, L., LACROIS, D. : Croûtes et encroûtements calcaires en climat méditerranéen : exemple du Bled Ouljman (Maroc oriental). Actes du Colloque de l'A.G.F., formations carbonatées externes, Tufs et Travertins : mém. n° 3, pp 71-71, Paris, 1981.
- CARLIER, Ph. : Hydrogéologie du Maroc "La plaine des Triffa", note inédite, pp 1-20, Berkane, 1966.
- CARLIER, Ph. : Les plaines du Gareb et du Bou-Areg, ressources en eau du Maroc, T.1., pp 167-180, Service Géol. du Maroc, Rabat, 1971.
- CARLIER, Ph. : La plaine des Triffa. Ressources en eau du Maroc, T.1., pp 301-317, Service Géol. du Maroc, Rabat, 1971.
- CARTER, M.R., CAIRNS, R.R. et WESBSTER, G.R. : Amélioration of a brown solodized solonetz by a surface application of gypsum plus ammonium nitrate, Can. J. Soil Sc., 57, pp 139-145. Canada, 1977.
- CARLIER et ZERYOUHI : Etude de l'influence des irrigations et recherche d'un dispositif et de drainage par pompage. 6e Congrès International des irrigations et des drainages R. 17 Q 34-1, pp 187-209.
- CHARVET, P. : La plaine des Triffa : étude d'une région en développement, R.G.M. n° 21, pp 3-12, Rabat, 1972.

CHEVRON-VILETTE, (A.de) : Rapport pédologique sur la station expérimentale de Schouyaya. ORSTOM ; Div. de la Mise en Val. et du G.R. du Min. de l'Agric. du Maroc, 23 p ronéo ; cartes au 1/ 5 000e, 1954.

CHEVRON-VILETTE, (A.de) : Etude pédologique de la plaine côtière des Triffa. ORSTOM ; Div. de la Mis. en Val. et du G.R. du Min. de l'Agric. du Maroc, 54 p ronéo ; cartes au 1/50 000e, 1956.

CHEVRON-VILETTE, (A.de) : Note sur les sols des Triffa. ORSTOM ; Div. de la Mis. en Val. et du G.R. du Min. de l'Agric. du Maroc, 20 p ronéo; cartes au 1/100 000e, Mars 1956.

CHOUBERT, G. : Les rapports entre les formations marines et continentales quaternaires (4e Congrès de l'INQUA, Rome 1953 (cité par Pujos).

CHOUBERT, G. : La classification des sols. La classification pédologique française. (IN : Cahiers ORSTOM Pédologie, n° 3, pp 1-7, 1963).

COUVREUR et L'ARACHT : Les précipitations dans quelques stations du littoral d'Albaran. R.C.M. pp 85-103, Rabat, 1972.

DAGNELIES, E. : Le planage d'entretien, DER, CE, n° 155, texte ronéot. 10 p, Rabat, 1977.

DE CHEVRONVILLETTE, A. : La station expérimentale de Schouyaya. Carte au 1/50 000. ORSTOM - DMVGR, 1954.

DE CHEVRONVILLETTE, A. : Les sols des Triffa, Carte au 1/100 000e (impression en couleurs). DMVGR - ORSTOM, 1956.

DE CHEVRONVILLETTE, A. : La plaine côtière des Triffa. Cartes au 1/20 000e. ORSTOM-DMVGR, 1956.

DE FORGES, J.M. : Recherches sur l'utilisation de l'eau salée en irrigation en Tunisie, Nature et Ressources, Bull. de l'UNESCO, VII, 2-6, Paris, 1970.

DEREKOY, M. : Note préliminaire par l'évolution piézométrique et chimique de la nappe des Triffa. S.R.E. pp 1 à 10, Berkane Maroc, 1962.

DUCHAUFOUR, P. : Précis de pédologie - Masson et Cie, Paris, 1960.

FAURE, H. : Etude géologique et hydrogéologique d'Aïn-Régada (Maroc oriental). DES Féculté des Sciences, Paris, 1950.

GAFONOFF, A. : Les sols de France du point de vue pédologique. Annales agronomiques, cahier n° 2, pp 261-627, 1935.

GASC, J., MASSONI, Ch., RIDOUANE, H., et RUELLAN, A. : Le tri détaillé des sols dans la plaine des Triffa : classification. ONI. 11 p ronéo, 1963.

GENTIL, L. : Esquisse géologique du massif des Béni-Snassen. B.S.G.F., (4) VIII, p 391-417, 2e pl ; 6 fig, carte au 300 000e, 1908.

GEOFFROY, J.L., et RUELLAN, A. : Carte schématique des sols encroûtés et salés de la plaine du Zébra. Carte au 1/50 000e. ORSTOM-DMVGR, 1959.

GEOFFROY, J.L. : Carte pédologique au 1/20 000e de la partie Nord-Ouest du Zébra. Cartes au 1/20 000e des sols et des salures. ORSTOM-DMVGR. Diffusion limitée, 1959.

GRILLOT, G. : Mission d'étude des sols du futur périmètre irriguable de la région des Triffa. Serv. de la Rech. Agron. d'Oujda, pp 19-30, Rabat, 1946.

GAUCHER, G. : Premières observations sur la plaine des Triffa. Div. de la Mis. en Val. et du G.R. du Min. de l'Agric. du Maroc, 1945-1947, 66p ronéo.

GAUCHER, G. : Vers une classification pédologique naturelle basée sur la géochimie de la pédogenèse, Catena, vol. 4, pp 1-27, Giessen, 1977.

HANRION, M., et LELIEVRE, F. : Quelques aspects des problèmes liés au travail du sol, pp 53-98 texte ronéo., in "Diagnostic agronomique dans les Béni-Moussa", Dept. Agronomie, INAV Hassan II, Rabat, 1976.

HENIN, S., GRAS, R., et MONNIER, G. : Le profil cultural - éd. Masson, 332 p., Paris, 1969.

HENIN et al. : Le profil cultural - Paris, Soc. d'Edit. des Ing. Agric., 16 x 22 cm., 320 p., 25 fig., 52 tabl., photos réf., 1960.

HEUSCH, B. : Irrigation de la Basse-Moulouya rive droite : étude agronomique du Périmètre des Triffa. SOGETIM., Div. de la Mis. en Val. et du G.R. du Min. de l'Agric. du Maroc, 215 p. ronéo, cartes au 1/20 000e et 1/50 000e, 1960.

HILLEL, D. : L'eau et le sol, principes et processus physiques, Ed. Vender, 288 p., Beauvechain, 1974.

JOHN, C. : Tri des sols au 1/5 000e, classement des sols pour la mise en valeur et le remembrement. Tirage ozalide. Partie Nord. ORMVAM, BERKANE, 1966.

JOLY : Les milieux arides, définition, extension. Notes marocaines de géographie, Rabat, 1957.

JOUVE, Ph. : L'aménagement hydro-agricole et les systèmes de production. Hommes Terre et Eaux, Bull. de l'ANAFID, n° 13, pp 41-55, 1974.

LAMOUREUX, M. : Contribution à l'étude de la pédogénèse en sols méditerranéens, service du sol n° 2. ORSTOM, pp 55-85, 1962.

LAMOUREUX, H., et SEGALIN, P. : Etude comparée des produits ferrugineux dans les sols rouges et bruns méditerranéens, service du sol, pp 63-75, 1969.

LAQUINA, A. : Caractéristiques sédimentologiques et minéralogiques des formations villafranchiennes au Maroc Nord oriental. Coll. Intern. du Villafranchien. U.E.R. de Géographie et d'Aménagement Spatial, Lille I, pp 333-346, 1982.

LAQUINA, A. : Le piémont Nord des Béni-Snassen centraux et orientaux. Centre National de Recherches Scientifiques. Travaux de la R.C.P. 641, pp 189-209, 1977.

LAQUINA, A. : Observations sur les dépôts et la géomorphologie de la région d'Oujda. R.G.M. n° 2 nouv. série, pp 29-64, Rabat, 1978.

LAQUINA, A. : La région d'El-Ayoun-Mestegner : étude géomorphologique R.G.M. n° 4 nouv. série, pp 21-62, Rabat, 1980.

LAQUINA, A. : Altération des roches carbonatées et évolution des modelés dans le Maroc Nord oriental. R.G.M. n° 5, nouvelle série, pp 55-88, Rabat, 1981.

LHÉNAFF, R. et al. : Le Bas Guadalquivir, introduction géographique, édition E. DE BOCCARD, Paris, 1971.

LHÉNAFF, R. : Recherches géomorphologiques sur les Cordillères Bétiques centro-occidentales (Espagne). Thèse de Doctorat d'Etat, 2 tomes, 2 planches hors texte, 713 p.

LHÉNAFF, R. : Le Bassin de Grenade (Andalousie, Espagne). Morphogénèse d'une cuvette intra-montagneuse. Institut de Géographie, Université des Sciences et Techniques de Lille I. Méditerranée n° 3, pp 37-44, 1 planche hors texte, 1979.

LOUP, J. : Les eaux terrestres. Hydrologie continentale, Masson et Cie Editeurs, Paris, 1974.

MAHLER, Ph. : Carte de tri des sols du Gareb. 1 carte des sols au 1/100 000e, 1 carte des zones salées par les eaux de pompage, 1 schéma hydro-géologique au 1/100 000e ; ORSTOM-DMVGR. Diffusion limitée, 1960.

MAHLER, Ph. : Plaine du Gareb ; tri des sols. ORSTOM ; Div. de la Mise en Val. et du G.R. du Min. de l'Agric. du Maroc, 8 p. ronéo, carte au 1/100 000e, 1960.

MAHLER, Ph. : Note sur la salure des sols du Gareb. ORSTOM ; Div. de la Mise en Val. et du G.R. du Min. de l'Agric. du Maroc, 12 p. ronéo, carte au 1/100 000e, 1960.

- MAHLER, Ph. : Périmètre du Bou-Areg : étude pédologique. ORSTOM. Div. de la Mise en Val. et du G.R. du Min. de l'Agric. du Maroc, 146 p. ronéo, cartes au 1/50 000e, 1960.
- MAHLER, Ph. : Périmètre du Bou-Areg. 1 carte pédologique au 1/50 000e (Dorel), 1 carte de Tri des sols, 1 carte des sols salés, 1 carte hydrogéologique du secteur Nord-Ouest. ORSTOM-DMVGR. Diffusion limitée, 1961.
- MARCHAL, P. : Note sur le drainage de la plaine des Triffa, solutions proposées, estimation des coûts, ORMVAM, texte ronéot. 10 p., Berkane, 1975.
- MASSONI, Ch. : Etudes des sols de la partie Ouest de la plaine du Zébra. 3 cartes au 1/20 000e : pédologie, salure, tri des sols. ONI. DEG. Berkane, 1962.
- MASSONI, Ch. : La plaine du Gareb : étude pédologique. ONI, 51 p. ronéo, cartes au 1/50 000e, Mars 1983.
- MASSONI, Ch. : Le Gareb. 4 cartes au 1/50 000e : pédologie (Dorel), classement des sols pour la mise en valeur (Dorel), textures, sols salés et alcalisés (ozalides). ONI. - DEG. Mission régionale de Basse-Moulouya. Diffusion limitée, 1963.
- MASSONI, Ch. : Carte pédologique au 1/50 000e de la plaine des Triffa. 1 carte pédologique, 1 carte de classement des sols. (Dorel). ONI/DEG. Berkane, 1964.
- MATHIEU, C. : Evolution de la nappe du secteur Sidi Ikhlef, zone critique des chouanines, ORMVAM, texte ronéot., 10 p., 1 carte, 1 grap., 23 photos, Berkane, 1974.
- MATHIEU, C. : Observations sur la nappe phréatique du Bou-Areg (secteur Messaoud) en vue de son drainage, ORMVAM, textes ronéot., Berkane, 1974 à 1977.
- MATHIEU, C. : Cartes des Sols de la Plaine du Gareb, 1/5 000e, cartes du tri des sols, des classes de mise en valeur et des travaux de défrichage, deuxième tranche, 4 080 ha, tirage osalit, diffusion limitée - ORFIVAM, Berkane, 1974.
- MATHIEU, C., LEPIECE, A., et ALAOUY, Y. : Carte des Sols de la Plaine du Gareb, à 1/5 000, cartes du tri des sols et des classes de mise en valeur, quatrième tranche, 1980 ha, tirage osalit, diffusion limitée - ORMVAM, Berkane, 1976.
- MATHIEU, C., et LEPIECE, A. : Carte des sols de la plaine du Gareb, à 1/5 000e, cartes du tri des sols et des classes de mise en valeur, troisième tranche, 5 660 ha, tirage osalit, diffusion limitée - ORMVAN, Berkane, 1976.
- MATHIEU, C. : Expérience de dessalage sur un sol argileux de la plaine des Triffa, ORMVAM, texte ronéot., 7 p., 2 photos, 1 diag., Berkane, 1977.

- MATHIEU, C. : Etude des relations entre les organisations du sol et le développement d'une culture de betteraves en conditions d'irrigation gravitaire, ORMVAM, texte ronéot., 46 p., 6 fig., 8 phot., Berkane, 1977.
- MATHIEU, C., et HMAMOU, E.K. : Expérimentation agro-pédologique sur le travail du sol en milieu irrigué, objectifs, protocole, premiers résultats - essai réalisé sur la station de Slimania, ORMVAM, texte ronéot., 40 p., Berkane, 1979.
- MATHIEU, C., et HMAMOU, E.K. : Concerning the structure of irrigated soils in the north-east of Morocco - Proceedings of the 8th Conference of the International Soil Tillage Research Organisation, ISTR0, pp 371-379, University of Hohenheim, 1979.
- MATHIEU, C. : Carte des sols de la Plaine du Garet, à 1/20 000, tirage Dorel quatre couleurs, 50 ex. ORMVAM, Berkane, 1978.
- MATHIEU, C. : Influence de l'irrigation sur l'évolution de quelques caractères fondamentaux des sols argileux des plaines du Maroc Oriental ; aspects micromorphologiques, Sc. du sol, Bull. de l'AFES, n° 2, pp 95-112, Versailles, 1978.
- MATHIEU, C., et DANGIS, J. : Analyse des problèmes de la mise en culture de la betterave sucrière en Basse-Moulouya (Maroc Oriental), Hommes, Terre et Eaux, Bull. de l'ANAFID, n° 18, pp 11-36, Rabat et Sucrierie Maghrébine, Bull. de l'A.P.S., n° 20, pp 5-26, Casablanca, 1976.
- MATHIEU, C., et HARRATI, M. : Evolution des sols irrigués par gravité des vergers d'agrumes de la plaine des Triffa (Basse-Moulouya), ORMVAM, texte ronéot. (en préparation), Berkane, 1980.
- MATHIEU, C. : Problèmes pédo-agronomiques posés par la mise en valeur hydro-agricole des sols de la Basse-Moulouya, 198 p., Berkane.
- MEHDAOUI, M. : Tri des sols au 1/50 000 du Haut-Service Khaled, tirage ozalide, ORMVAM, Berkane, 1972.
- MILLOT, G., NAHON, D., PAQUET, H., RUELLAN, A., et TARDY, Y. : L'épigénie calcaire des roches silicatées dans les encroûtements carbonatés en pays sub-aride antiatlas, Maroc, Sc. Géol., Bull, 30, 3, pp 129-152, Strasbourg, 1977.
- MONITION, L. : Quelques observations sur les formations permo-triassiques du massif des Béni-Snassen (Maroc oriental), XX Congrès inter. géol., Mexico, C.R. Ass. serv. géol., Afric (Pub 1959), pp 187-202, 4 figures, une planche, bibliog.), 1956.
- MONITION, L. : Les formations liassiques des monts des Béni-Snassen (Maroc oriental). Ext. du Bull. de la Société géologique de France, 7e série, t IV, p 102-108, 1962.

MORTIER, F. : Note préliminaire à l'étude par géophysique de la bordure Nord des Béni-Snassen (note inédite, archives de l'ONI - S.R.E.), Berkane, 1954.

MORTIER, F. : Note relative à l'étude par géophysique de la plaine des Triffa, 1955.

MORTIER, F. : Note relative à la tectonique du flanc Nord des Béni-Snassen et de la plaine des Triffa (note inédite, archives ONI-S.R.E, 1956.

MORTIER, F. : Carte hydrogéologique de la plaine des Triffa au 1/50 000e, 1957.

MORTIER, F. : Présentation de la carte de la nappe phréatique des Triffa - Congrès U.C.G.I. de Toronto, 1957.

MORTIER, F. : Eléments pour l'établissement du bilan de la nappe phréatique des Triffa (Maroc oriental), extrait des comptes rendus et rapports - Assemblée Générale de Toronto, Tome II, p 115 à 125, 1957.

MUXART, T. : Rappel des principaux facteurs qui conditionnent la précipitation des carbonates en milieu continental. Colloque Paris, pp 119-126, 1981.

O.N.I. (BERKANE) : Inventaire des ressources potentielles, ext. de l'avant-projet d'aménag. de la plaine de la Basse-Moulouya, chp. 3, présentation géologique, p 1-24, 7 figures, 1964.

OFFICE NATIONAL DES IRRIGATIONS, MISSION REGIONALE DE LA BASSE-MOULOUYA : Rapport sur l'Aménagement de la Rive Gauche de la Basse-Moulouya. 500 p. ronéo, cartes (voir le chapitre 9 de la 2e partie), ONI, Déc. 1962.

ORSINI, R. : Rapport sur la situation et le drainage de la zone de Madagh, ONI, texte ronéot., 7 p., 1 carte, Berkane, 1964.

ORSINI, R., RUELLAN, A., DEREKOY, A., MASSONI, C., et SCHAAP, A. : Rapport de l'Avant-Projet d'Aménagement et de Mise en Valeur de la Basse-Moulouya.., ONI - MEG, texte ronéot., 8 parties, Berkane, 1964.

PAGNEY : Les climats de la Terre. Ed. Masson, Paris, 1976.

PEGUY, Ch.P., : Précis de climatologie. Masson et Cie, éditeurs, Paris, 1970.

PRESIOZI : Le climat de la Tunisie. Evapotranspiration, bilan hydrologique, zones climatiques, idem p. 81.

PUJOS, A. : Irrigation de la plaine des Triffa. Schouyaya, Boughriba, Slimania-Cheraâ. 3 cartes des sols au 1/5 000. SOGETIM-SMVGR, 1953.

PUJOS, A. : Irrigation de la plaine des Triffa. Etude des possibilités d'équipement des secteurs 14 et 16, 1953.

Rapport SOGETIM-SMVGR. Une carte pédologique au 1/5 000e.

PUJOS, A. : Réflexion sur la rubéfaction des roches et des sols dans le Nord Marocain et le Maroc oriental, archives scientifiques du protectorat français, p 97-105, Rabat, 1954.

RANCHIN, G. : Le drainage dans la plaine du Bou-Areg, Hommes Terre et Eaux, Bull. de l'ANAFID, n° 7, pp 97-110, Rabat, 1973.

REIFENBERG : Cité par PUJOS, 1954.

REMY, J.C., et MATHIEU, C. : Sur la technique du sous-solage en sol de limon, Bull. AFES, n° 3, pp 145-156, Versailles, 1972.

RIDOUANE, H. : Carte de Tri des sols des Béni-Attig (Triffa). ONI, cartes au 1/5 000e, 1963.

RIDOUANE, H. : Carte de Tri des sols des secteurs 6 à 9 bis, de la plaine des Triffa. ONI, cartes au 1/5 000e, 1964.

ROBAUX, A. : Notions générales sur les phénomènes hydrogéologiques du Maroc. Hydrogéologie du Maroc, pp 3-20, Rabat, 1952.

RODERER, H. : Réflexions sur les relations : précipitations-écoulement. Hydrologie du Maroc, Rabat, 1952.

RUELLAN, A., et MASSONI, C. : La plaine du Zébra, 1 carte pédologique (Dorel), 1 carte des salures et 1 carte de classement des sols pour la mise en valeur (Dorel) au 1/20 000e. ONI - DEG, mission régionale de la Basse-Moulouya, Berkane.

RUELLAN, A. : Les sols salés et alcalisés de la plaine du Zébra. Soc. Sc. nat. phys. Maroc, Trav. Sect. Pédol., 13-14, pp 157-164, Rabat, 1959.

RUELLAN, A. : Etude pédologique avec carte au 1/5 000e d'une partie des terrains collectifs situés dans la plaine du Zébra., une carte pédologique au 1/5 000e (Dorel), une carte des salures au 1/10 000e. ORSTOM-DMVGR, Diffusion limitée, 1959.

RUELLAN, A. : Cartes au 1/20 000e des sols salés et alcalisés en profondeur des secteurs Nord et Nord-Ouest de la plaine du Zébra. 2 cartes au 1/20 000e. ORSTOM-DMVGR, 1960.

RUELLAN, A. : La plaine du Zébra, secteur Nord : carte des sols encroûtés et des sols salés et alcalisés en profondeur. 1 carte au 1/20 000e des aménagements (Dorel). ORSTOM-DMVGR, 1960.

RUELLAN, A. : Tri schématique au 1/5 000e de la zone nivelée de la plaine du Zébra. 1 carte ORSTOM-DMVGR, 1960.

RUELLAN, A. : Tri détaillé des sols des terrains domaniaux des secteurs 10 et 11 de la plaine des Triffa (Schouyaya). ONI, 11 p. ronéo., carte au 1/10 000e, Septembre 1961.

- RUELLAN, A. : Tri détaillé des sols des terrains domaniaux des secteurs 10 et 11 de la plaine des Triffa (Schouyaya). 1 carte de tri détaillé des sols au 1/10 000e (ozalide colorié main), diffusion limitée. ONI/DEG, Berkane, 1961.
- RUELLAN, A. : Note sur l'expérimentation entreprise sur les sols salés, et alcalisés de la plaine du Zébra. ORSTOM, Div. de la Mise en Val. et du G.R. du Minist. de l'Agric. du Maroc, 25 p. ronéo, Février 1961.
- RUELLAN, A. : Note sur les méthodes d'irrigation. ONI/MEG, texte ronéot., 10 p., Berkane, 1962.
- RUELLAN, A. : Résumé des résultats déjà obtenus dans l'expérimentation entreprise pour la mise en valeur des sols salés et alcalisés de la plaine du Zébra. ONI, 4 p. ronéo., Juin 1962.
- RUELLAN, A. : Utilisation de la géomorphologie pour l'étude pédologique au 1/20 000e de la plaine du Zébra (Basse-Moulouya). In : Rev. de Géogr. du Maroc, n° 1 - 2, pp 25-30, 1962.
- RUELLAN, A., et BEN DRISS, E. : Tri des sols du secteur 17 de la plaine des Triffa. 1 carte au 1/5 000e (ozalide coloriée main). ONI/DEG, diffusion limitée.
- RUELLAN, A. : La plaine du Zébra : étude pédologique. 400 p. ronéo, cartes au 1/20 000e, ONI, 1963.
- RUELLAN, A. : Le rôle des climats et des roches dans les pédogénèses en Basse-Moulouya. Communication à la Réun. de Berkane de la Soc. des Sci. Nat. et Phys. du Maroc, 28 p. ronéo, Novembre 1963.
- RUELLAN, A. : Quelques caractéristiques physiques et chimiques des sols de la plaine de Zébra ; leurs répercussions sur les possibilités de mise en valeur, cah. ORSTOM, série Pédol., 2, 4, pp 49-62, Paris, 1964.
- RUELLAN, A. : Les sols salés et alcalisés en profondeur de la plaine du Zébra (Basse-Moulouya, Maroc) : premiers résultats d'une expérimentation destinée à étudier leur amélioration et leur évolution sous irrigation, 8 th. intern. congress of Soil Sc., Vol. II, pp 937-948, Bucarest, 1964.
- RUELLAN, A. : Les sols salés et alcalisés en profondeur de la plaine du Zébra (Basse-Moulouya, Maroc) : premiers résultats d'une expérimentation destinée à étudier leur amélioration et leur évolution sous irrigation. Communication au 8e Congrès Intern. de la Sc. du Sol, Septembre 1964.
- RUELLAN, A. : Quelques réflexions sur la salure et l'alcalisation dans les sols du Maroc, Réun. Péd. ORSTOM, texte ronéot., 11 p., Bondy, 1968.
- RUELLAN, A. : Les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse-Moulouya, (Maroc Oriental), Mémoire ORSTOM, n° 54, 302 p., Paris, 1971.

- RUSSO, P. : Le massif des Béni-Snassen. La géographie, t. 69, n° 2, pp 82-94, 4 cartes, 1938.
- SOGETIM : Exécution d'une campagne de mesures de perméabilité dans les plaines du Bou-Areg, du Gareb et du Zébra. ONI, Conv. Part. n° 4, 1962.
- SOGETIM : Cartes du tri des sols des secteurs 24 a, 25 a, 26, 25 b, 27 a, 27 b, 23, 24 b, 20, 21, 21 bis. ONI, Conv. Part. n° 11, cartes au 1/5 000e, 1963-1964.
- SAVORNIN, J. : Esquisse géologique de la région d'Oujda. Note et mém. serv. mines et carte géol. Maroc n° 16, pp 5-12, 1930.
- STRETTA, E. : Etude hydrogéologique au Maroc oriental. La nappe ascendante d'Oujda. C.R. soc. sc. nat. Maroc, pp 11-21, 1949.
- STRETTA, E. : Hydrogéologie du F.N. des Béni-Snassen. N et M du serv. géol. du Maroc n° 71, 1950.
- STRETTA, E. : Amatat Oujda, hydrogéologie du Maroc, pp 35-71, Rabat, 1952.
- SERRA : Le contrôle hydrologique d'un bassin versant, C.R. des 3èmes journées de l'hydraulique, p. 29, Alger, 1954.
- TALTAS, P., STRETTA, E., MARGAT, J. : Le Maroc oriental et la vallée de la Moulouya. Hydrogéologie du Maroc. Monographie régionale, 3e série, Maroc-4, pp 95-110, Rabat, 1952.
- TRICART, J., et CAILLEUX, A. : Traité de géomorphologie : T. IV, le modelé des régions sèches, Paris, Sédès, 1969.
- VAN AART, R. : Le drainage et la récupération des terres dans la Basse-Mésopotamie, Nature et Ressources, UNESCO, Vol. X, n° 2, pp 12-19, Paris, 1974.
- VAUDOUR, J. : Encroûtements, croûtes et carapaces calcaires dans la région de Madrid, Méditerranée XXI, 2, pp 39-60, 1975.
- VILLA-VALENTI, J. : La Péninsule Ibérique, Collection Magellan, 290 p. 1968.
- WEISROCK, A. : Morphogénèse des edifices tuffeux D' IMOUZER IOLA ou TANAN (Maroc). Actes du Colloque de l'A.G.F., formations carbonatées, Tufset travertins, mémoire n° 3, pp 157-169, Paris, 1981.
- ZERYOUHI, I. : Nappe du Garet, Basse-Moulouya, Hommes, Terre et Eaux, Bull. de l'ANAFID, Vol. 5, n° 19, pp 17-20, Rabat, 1976.
- ZERYOUHI, I., et CARLIER, Ph. : Etude de l'influence des Irrigations et recherches d'un dispositif de drainage par pompage simulation par modèle mathématique, exemple des nappes des Triffa et du Garet (Maroc du Nord-Est), Hommes, Terre et Eaux, Bull. de l'ANAFID, Vol. 7, n° 27, pp 27-36, Rabat, 1978.



RAPPORT INEDIT : Nappe des Triffa : simulation par modèle mathématique (étude de l'influence des irrigations, recherche d'un dispositif de drainage). Berkane, pp 1-14, 1975.

NOTE INEDITE : Essai de bilan hydraulique des nappes souterraines, 4e section, pp 59-66.

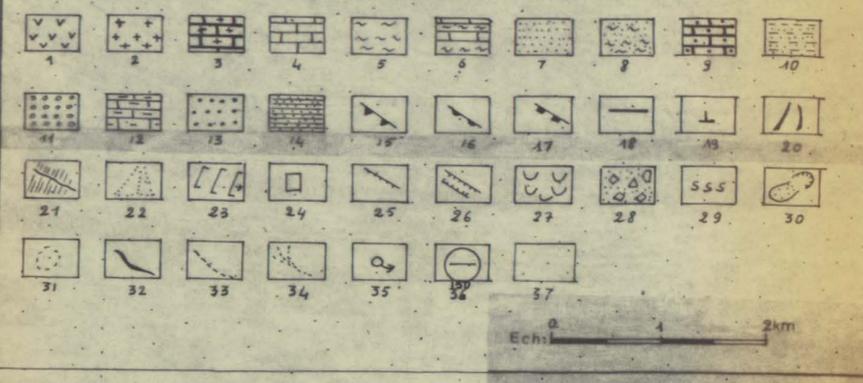
NOTE INEDITE : Caractéristiques physiques des nappes souterraines : nappe phréatique des Triffa, pp 24-36, 1964.

- CARTE GEOLOGIQUE au 500 000e (feuille d'Oujda). Division des mines et de la géologie. Service géologique, Paris, 1954.
- CARTE ISOPIEZOMETRIQUE, plaine des Triffa. D.R.E. Berkane, ech. : 1/50 000e, 1955.
- CARTE 1/50 000e : Modèle mathématique de la nappe des Triffa. Simulation d'un dispositif de drainage par pompage. D.R.E. Berkane, 1972.
- CARTE 1/50 000e : Modèle mathématique de la nappe des Triffa. Influence de la mise en eau du Haut-Service. D.R.E. Berkane, 1976.



Y2105A

LEGENDE



ESQUISSE GEOMORPHOLOGIQUE DU PIEMONT NORD
DES BENI-SNASSEN ORIENTAUX (SECTEUR D'AHFIR-AIN REGADA)

- 1, schistes et granites primaire (Visien) ; 2, basaltes permo-trias ; 3, calcaire dolimitique massif (Domérien inf.) ; 4, calcaire en bancs (Domérien sup.) ; 5, marno-calcaires fossilifères (Toarcien) ; 6, calcaire en dalle sup. (Aalénien) ; 7, grès Oxfordien ; 8, marne + grès + calcaire (Lusitanien, Oxfordien) ; 9, calcaire oolitique (Kimmeridgien) ; 10, calcaire gréseux (Miocène inf.) ; 11, poudingues (Miocène inf.) ; 12, affleurement plio-villafranchien (formations lacustres) ; 13, dépôt en vrac (Villafranchien sup.) ; 14, crôte et corniche (crêt, cuesta) ; 16, escarpement de flexure émoussée ; 17, escarpement et abrupt liés à une faille ; 18, ligne de faille ; 19, pendage ; 20, glacis de versant ; 21, terrasse ; 22, cône de déjection ; 23, vallon en berceau ; 24, grotte karstique ; 25, rebord topographique, rebord de terrasse ou de glacis ; 26, ravins, petite gorge, chenal ; 27, banquettes de solifluxion ; 28, éboulement massif ; 29, solifluxion ; 30, glissement de terrain ; 31, carrière ; 32, écoulement pérenne ; 33, Oued à sec (écoulement épisodique) ; 34, Thalwegs ; 35, source ; 36, secteur subsident ; 37, plaine quaternaire.

490

vers Berkane

485

480

790

795

800

805

vers Saïdia



790

795

800

805

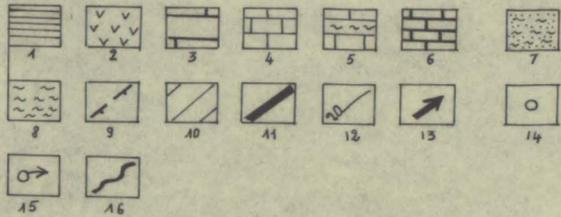
M. Dahmani

1,90

485

480

LEGENDE



Ech. 0 1 2 km

Y 21051

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DES PLAINES DES TRIFFA ET PIEMONT NORD DES BENI-SNASSEN

1. Schistes et Quartzites (Primaire, indéterminé ou Précambrien)
2. Basaltes, andésites et trachy andésites (Permo-trias)
3. Calcaire noir du Cinémurien et Lotharingien (Lias inférieur)
4. Calcaire lacustre du Lias supérieur, prolongé par des formations villafranchiennes et quaternaires encroûtées
5. Marnes et calcaires marneux du Callovien et Oxfordien (Jurassique moyen et supérieur)
6. Calcaires oolitiques du Kimméridgien, Lusitanien, Oxfordien et Callovien
7. Marnes néogènes aux passages gréseux, faciès Sahalien sableux (localement Pliocène)
8. Marnes néogènes, plicifères continentales et Villafranchien, conglomérats, cailloutis, calcaires lacustres
9. Flexure de Hassi-Smia
10. Zones où la nappe est à -5 m du sol au maximum
11. Canal principal dérivé de la Moulouya
12. Courbe isobathe
13. Principaux axes d'écoulement de la nappe
14. Piézomètre et puits témoins
15. Principaux exutoires naturels
16. Principaux oueds pérennes

Documents consultés :
 - Carte géologique au 800 000e ; feuille d'Oudja, division des mines et de la géologie - service géologique, Paris, 1954.
 - Carte isopiézométrique : nappe des Triffa - D.R.E., Berkane, 1972 échelle : 1/50 000e.
 - Relevés chiffrés de la nappe (D.R.E., Berkane, 1982).

