

3/29

MINISTERE DES UNIVERSITES ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'ORAN

INSTITUT DES SCIENCES DE LA TERRE  
DEPARTEMENT DE PALEONTOLOGIE ET DE STRATIGRAPHIE

**THESE**

présentée pour l'obtention du grade de  
MAGISTER en SCIENCES DE LA TERRE  
Option : Paléontologie

MS9

PALYNOFLORE DU MESSINIEN INFRA-EVAPORITIQUE  
DE LA SERIE MARNO-DIATOMITIQUE DE SAHAOURIA  
(BENI CHOUGRANE) ET DE CHABET BOU SETER  
(TESSALA) : BASSIN DU CHELIF, ALGERIE.

par

Hafida CHIKHI

Soutenu le 28 Avril 1992, devant le jury composé de :

Mme A.	AMEUR	Président
M. M.	BESSEDIK	Rapporteur
M. J.-P.	SUC	Examineur
M. J.-P.	SAINT-MARTIN	Examineur
M. L.	BELKEBIR	Examineur

MAG/560 - 02/01

3/209

MINISTRE DES UNIVERSITES ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'ORAN

INSTITUT DES SCIENCES DE LA TERRE  
DEPARTEMENT DE PALEONTOLOGIE ET DE STRATIGRAPHIE

THESE

présentée pour l'obtention du grade de  
MAGISTER en SCIENCES DE LA TERRE  
Option : Paléontologie

مكتبة كلية العلوم  
ملحقه البيولوجيا

PALYNOFLORE DU MESSINIEN INFRA-EVAPORITIQUE  
DE LA SERIE MARNO-DIATOMITIQUE DE SAHAOURIA  
(BENI CHOUGRANE) ET DE CHABET BOU SETER  
(TESSALA) : BASSIN DU CHELIF, ALGERIE.

par

Hafida CHIKHI



Soutenue le 28 Avril 1992, devant le jury composé de :

Mme A.	AMEUR	Président
M. M.	BESSEDIK	Rapporteur
M. J.-P.	SUC	Examineur
M. J.-P.	SAINT-MARTIN	Examineur
M. L.	BELKEBIR	Examineur

## RESUME

Des dépôts messiniens pré-évaporitiques du bassin du Chélif ont été étudiés du point de vue palynologique, ce qui a permis de réaliser une reconstitution de la végétation de cette période géologique.

Les groupements végétaux suivants ont été proposés :

- une végétation ouverte de basse plaine de type semi-aride (*Lygeum, Zizyphus, Neurada* ) dans un environnement margino-littoral avec la présence d'une formation corallienne et d'une mangrove discontinue à *Avicennia*,

- une formation végétale qui rappelle par son fond les associations sclérophylles (*Carya, Engelhardtia, Juglans, Quercus, ...*),

- une formation végétale qui rappelle les associations mixtes-mésophiles (*Carya, Ulmus, Carpinus, Quercus, Fagus, Rhus, Cathaya, ...*).

Ce type de paysage rappelle par certains de ses aspects celui de l'actuelle mer Rouge, et nous permet de déduire que le climat de cette période était suffisamment chaud pour permettre l'implantation des formations coralliennes et probablement d'une mangrove appauvrie à *Avicennia* .

Par ailleurs la confrontation de nos résultats avec ceux obtenus dans d'autres sites sur tout le pourtour de la Méditerranée occidentale nous a permis de mettre en évidence la différenciation latitudinale de la végétation au cours du Messinien pré-évaporitique.

*A MIMA*  
*ET BAFOUKASA*

## REMERCIEMENTS

Au début de ce mémoire, il m'est très agréable de remercier tous ceux qui m'ont aidée dans sa réalisation.

Monsieur M. Bessedik m'a guidée tout au long de ce travail. Je lui sais gré de la formation qu'il m'a transmise et d'avoir suivi mes recherches avec autant d'attention.

Monsieur J.-P. Suc m'a accueillie dans son laboratoire à Montpellier et a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour ma formation ; il s'est beaucoup intéressé à mon travail et m'a fait bénéficier de son expérience. Je lui suis redevable pour tout le temps qu'il m'a consacré.

Monsieur J.-P. Saint-Martin m'a fait découvrir au cours de nos conversations les problèmes du Messinien. Il a bien voulu se déplacer pour juger mon travail ; je tiens à lui exprimer toute ma gratitude.

Madame A. Aneur m'a fait profiter de son expérience. Je la remercie d'avoir accepté de juger mon manuscrit.

Monsieur L. Belkébir m'a consacré du temps pour la détermination des foraminifères. Je le remercie pour ses conseils et sa gentillesse. Il fait partie de ce jury, j'en suis très heureuse.

Ma reconnaissance va aussi à Messieurs J.-P. Raynaud et C. Poumot, de la société Elf-Aquitaine à Pau, pour les moyens mis à ma disposition lors de mon stage et les conseils qu'ils m'ont prodigués.

Je suis également redevable à Monsieur J.-L. Turon, qui m'a accueillie dans son laboratoire à Bordeaux, pour l'aider qu'il m'a apportée lors des traitements palynologiques.

Je tiens à remercier tout le personnel du Laboratoire de Palynologie de Montpellier pour le concours que chacun m'a apporté.

Madame D. Duzer, pour son aide dans les problèmes de détermination.

Madame J. Ferrier, pour ses conseils lors de mon apprentissage aux méthodes de traitement palynologique.

Monsieur M. Pons, pour la qualité des tirages photographiques des planches.

Madame A.-M. Biglione, pour avoir bien voulu corriger la frappe de mon mémoire.

Je ne saurais oublier I. Reynaud, M. Calleja, F. Gautier, A. Drivaliari, C. Millerana, G. Cambon, P. Richard, F. Mebrouk, R. Bouzid, A. Hamdane et L. Mebrouk, qui ont su créer une ambiance de travail agréable.

Je voudrais témoigner ma cordiale gratitude à Monsieur M. Tefiani pour sa gentillesse et son soutien tout au long de ce travail.

J'adresse mes vifs remerciements à Madame R. Chazottes et à sa fille Bénédicte, ainsi qu'à Madame S. Fratoni pour leur gentillesse et leur soutien.

Enfin au terme de cet avant-propos, je n'oublie ni Madame S. Baudelot qui m'a fait découvrir la palynologie et qui m'a suivie tout au long de ces dernières années ni mes parents et surtout ma mère sans qui je n'aurais jamais pu réaliser ce travail.

# PLAN

<b>INTRODUCTION</b>	1
<b>GENERALITES</b>	4
I - LA MEDITERRANEE AU MESSINIEN	5
II - LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET PALEOGEOGRAPHIQUE	9
1 - CADRE GEOGRAPHIQUE	9
2 - CADRE PALEOGEOGRAPHIQUE MIOCENE DU BASSIN DU CHELIF ET STRATIGRAPHIE	9
III - LE MESSINIEN PRE-EVAPORITIQUE	20
1 - DONNEES ANTERIEURES	20
2 - PRESENTATION DES COUPES	25
A - COUPE DE CHABET BOU SETER	28
B - COUPE DE SAHAOURIA	31
<b>METHODOLOGIE</b>	35
I - INTRODUCTION	36
II - TECHNIQUE DE L'ANALYSE PALYNOLOGIQUE	37
1 - ECHANTILLONNAGE	37
2 - TRAITEMENT	38
3 - ANALYSE ET COMPTAGE	39
4 - SPECTRES ET DIAGRAMMES	40
A - SPECTRES POLLINIQUES	40
B - DIAGRAMMES POLLINIQUES	40
5 - CONCENTRATION DU SEDIMENT	42
III - METHODES DE DETERMINATION	43
1 - DETERMINATION MORPHOGRAPHIQUE	43
2 - DETERMINATION BOTANIQUE	44
<b>CARACTERES GENERAUX DES GRAINS DE POLLEN</b>	45
I - STRUCTURE DE L'EXINE	46
II - SCULPTURE DE L'EXINE	47
III - APERTURES	48

<b>DESCRIPTION DE QUELQUES TYPES POLLINIQUES</b>	51
I - MEGATHERMES	52
II - MEGA-MESOTHERMES	56
III - MESOTHERMES	60
IV - XEROPHYTES MEDITERRANEENNES	65
V - HERBACEES	68
VI - STEPPIQUES	73
VII - GYMNOSPERMES	74
<b>RESULTATS DE L'ANALYSE PALYNOLOGIQUE</b>	77
I - LISTE FLORISTIQUE	78
II - DIAGRAMMES POLLINIQUES	84
1 - SAHAOURIA	86
2 - CHABET BOU SETER	88
<b>MICROFLORE</b>	90
<b>VEGETATION</b>	110
I - EXEMPLES ACTUELS	113
1 - EXEMPLE CHINOIS	113
2 - EXEMPLE CANARIEN	113
3 - EXEMPLE DE LA MER ROUGE	114
II - LA VEGETATION AU MESSINIEN PRE-EVAPORITIQUE	116
1 - FORMATION OUVERTE DE BASSE PLAINE	116
2 - FORMATION ARBOREE	119
III - ESQUISSE DE L'EVOLUTION DE LA VEGETATION AU MESSINIEN PRE-EVAPORITIQUE	122
<b>CLIMAT</b>	125
I - FACTEUR THERMIQUE	126
II - TEMPERATURE ET HUMIDITE	129
<b>MEDITERRANEE OCCIDENTALE AU DEBUT DU MESSINIEN</b>	133
I - DIAGRAMMES SYNTHETIQUES	135
II - DIAGRAMMES SEMI-DETAILLES	137
III - CONCLUSION	147
<b>CONCLUSION</b>	149
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	152
<b>PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES</b>	165

# **INTRODUCTION**

Les recherches palynologiques sur le Néogène en Méditerranée ont connu ces dernières années un grand développement.

En ce qui concerne l'histoire de la flore et de la végétation des régions méditerranéennes, cette discipline a fait ses preuves (Pons, 1964 ; Suc, 1980 ; Diniz, 1984 ; Poumot et Suc, 1984 ; Bessedik, 1985 ; Combourieu-Nebout, 1987).

L'étude palynologique que nous présentons dans ce mémoire porte sur le Messinien pré-évaporitique du bassin du Bas Chélif. Or le Messinien correspond à une période importante de l'histoire de la Méditerranée, marqué notamment par le développement des constructions récifales et la génération des dépôts diatomitiques et évaporitiques.

Ce "géant salifère" de près de 2,5 millions de kilomètres carrés déposé sur 2000 voire 3000 m d'épaisseur a suscité de fortes controverses quant à sa genèse entre ceux qui considèrent que le bassin était profond et asséché (Hsü *et al.* , 1973 ; Clauzon, 1979-1980 ; ...) et ceux pour qui le bassin était asséché mais peu profond (Nesteroff, 1973b ; Rouchy, 1981 ; Busson, 1979 et 1990 ; ...). Malheureusement, nous ne pouvons aborder que la partie antérieure à cet épisode.

En ce qui concerne le climat de la période messinienne, la palynologie est un outil bien adapté (à condition que la détermination des grains de pollen soit menée avec minutie et que la nomenclature utilisée soit botanique) pour sa caractérisation et l'étude de son évolution (Suc et Bessais, 1990 ; Suc *et al.* , 1991 ; Suc *et al.* , en préparation ; ...).

Pour mener à bien ce travail, il fallait avant tout effectuer l'inventaire floristique le plus détaillé possible pour essayer de percevoir les environnements de cette région, leur origine et leur évolution au cours de cette période.

Cette étude palynologique s'est faite suivant la nomenclature botanique pour la détermination des grains de pollen ; cette méthode est la plus adaptée pour pouvoir rapprocher les grains de pollen fossiles des taxons actuels ; elle conduira par conséquent à des reconstitutions de paléoenvironnements et à des comparaisons avec des modèles actuels.

Par ailleurs la confrontation de nos résultats avec ceux obtenus dans d'autres sites sur tout le pourtour de la Méditerranée occidentale nous permettra de percevoir la différenciation latitudinale de la végétation au cours du Messinien pré-évaporitique.

## **GENERALITES**

## I - MEDITERRANEE AU MESSINIEN

Le Messinien correspond à une période importante de l'histoire de la Méditerranée.

A la suite de la fermeture de la Téthys, à l'Est, provoquant l'arrêt des relations avec l'océan Indien, il y a 14 Ma, puis l'arrêt du fonctionnement des détroits nord-bétique et sud-rifain à l'Ouest, dû à une combinaison probable de la tectonique des plaques (poussée de la plaque Afrique) et de la baisse du niveau eustatique de l'océan global vers -6 Ma (Adams *et al.*, 1977), la Méditerranée s'est trouvée isolée et privée de son alimentation en eau océanique atlantique.

Le bilan hydrique déficitaire entre d'une part l'arrivée d'eau atlantique et fluviatile et d'autre part l'évaporation aurait provoqué son assèchement : ce fut la "crise de salinité messinienne" (Hsü *et al.*, 1977).

Cette crise a laissé de nombreux témoins répartis sur tout le bassin méditerranéen sous forme de dépôts évaporitiques.

En 1970 lors des sondages du Glomar Challenger (DSDP : Leg 13), l'appartenance des puissantes formations évaporitiques (localisées au milieu des plaines abyssales actuelles) au Miocène supérieur a été établie.

Dès lors, ce phénomène exceptionnel, allait être à l'origine d'une production scientifique très importante.

La discussion sur l'origine du "géant salifère" a suscité de nombreuses interprétations et par là-même de fortes controverses entre les tenants de deux hypothèses génétiques opposées : celle d'un bassin profond asséché (Hsü *et al.* , 1973) et celle d'un bassin également asséché mais de profondeur initiale faible (Nesteroff, 1973b).

Une deuxième campagne de forages du Glomar Challenger (DSDP : Leg 42) réalisé en 1975, a augmenté considérablement le nombre d'informations.

Partisan du bassin profond asséché, Clauzon (1979-1980) assure qu'au Messinien il y a eu un important creusement des vallées, provençales entre autres, et l'intégralité des canyons creusés au Messinien se trouveraient fossilisés sous des sédiments du Pliocène basal. La cause de ce creusement correspondrait à une baisse eustatique méditerranéenne de l'ordre de 2000 m.

D'après Rouchy (1981, 1982a et 1982b), "la génèse des évaporites messiniennes est réglée par la conjonction de facteurs tectoniques et eustatiques jouant sur le débit d'eaux océaniques, de facteurs climatiques qui commandent le phénomène évaporitique et de facteurs physiographiques régionaux qui déterminent l'expression lithologique et sédimentologique de l'événement".

Récemment Busson (1990) a remis en cause l'hypothèse du bassin profond asséché, à travers un examen critique des diverses hypothèses proposées.

Au-delà de toutes ces controverses, il faut noter que cet exemple d'accumulation évaporitique est d'un intérêt général considérable, tant du point de vue scientifique (brusque dénivelé eustatique) que du point de vue économique (recherche pétrolière).

En Méditerranée, la limite biostratigraphique entre le Tortonien et le Messinien est généralement fixée à la première apparition de *Globorotalia conomiozea* et *Globorotalia mediterranea* (foraminifères planctoniques).

L'âge assigné à cette limite, à partir de corrélations avec les données paléomagnétiques ou radiochronologiques, a varié selon les auteurs : -6,3 Ma (Ryan *et al.*, 1974 ; Haq *et al.*, 1980), -6,5 Ma (Berggren *et al.*, 1985), -6,7 Ma (Bellon *et al.*, 1983 ; ...), mais aujourd'hui on admet généralement qu'elle est de -6,3 Ma. Rakic-El Bied (1990) confirme cette date en utilisant la stratigraphie haute résolution qui est basée sur l'utilisation d'un grand nombre d'échantillons, prélevés dans une tranche de temps très faible avec un contrôle paléomagnétique très fin.

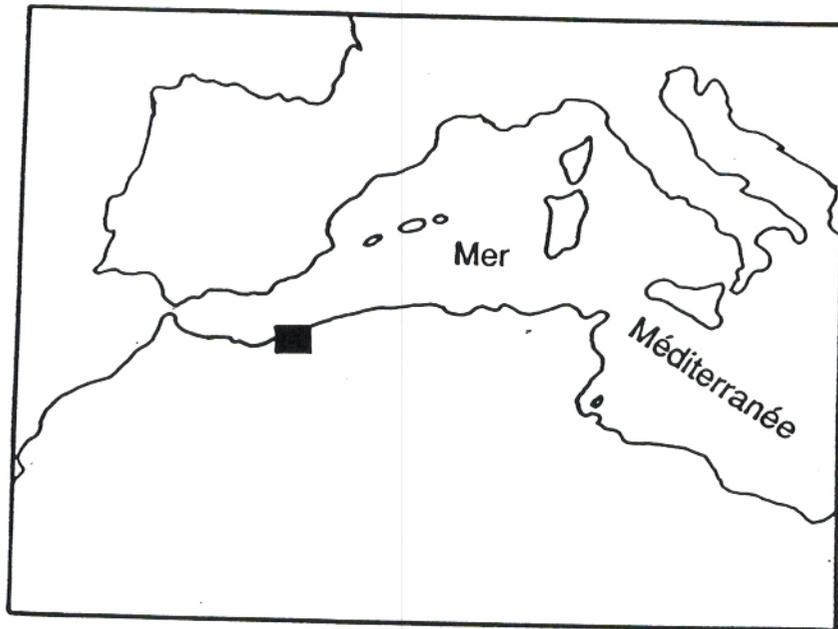


Fig. 1 : Situation de la région étudiée

## II - CADRE GEOGRAPHIQUE ET PALEOGEOGRAPHIQUE

### 1 - CADRE GEOGRAPHIQUE

Le Bassin du Chélif se présente comme une gouttière orientée ENE-WSW entre Chélif et Oran (Fig. 1) et comportant un remplissage sédimentaire miocène épais (Perrodon, 1957).

Il est bordé au Sud par les monts de l'Ouarsenis, des Beni-Chougrane, des Ouled Ali et du Tessala.

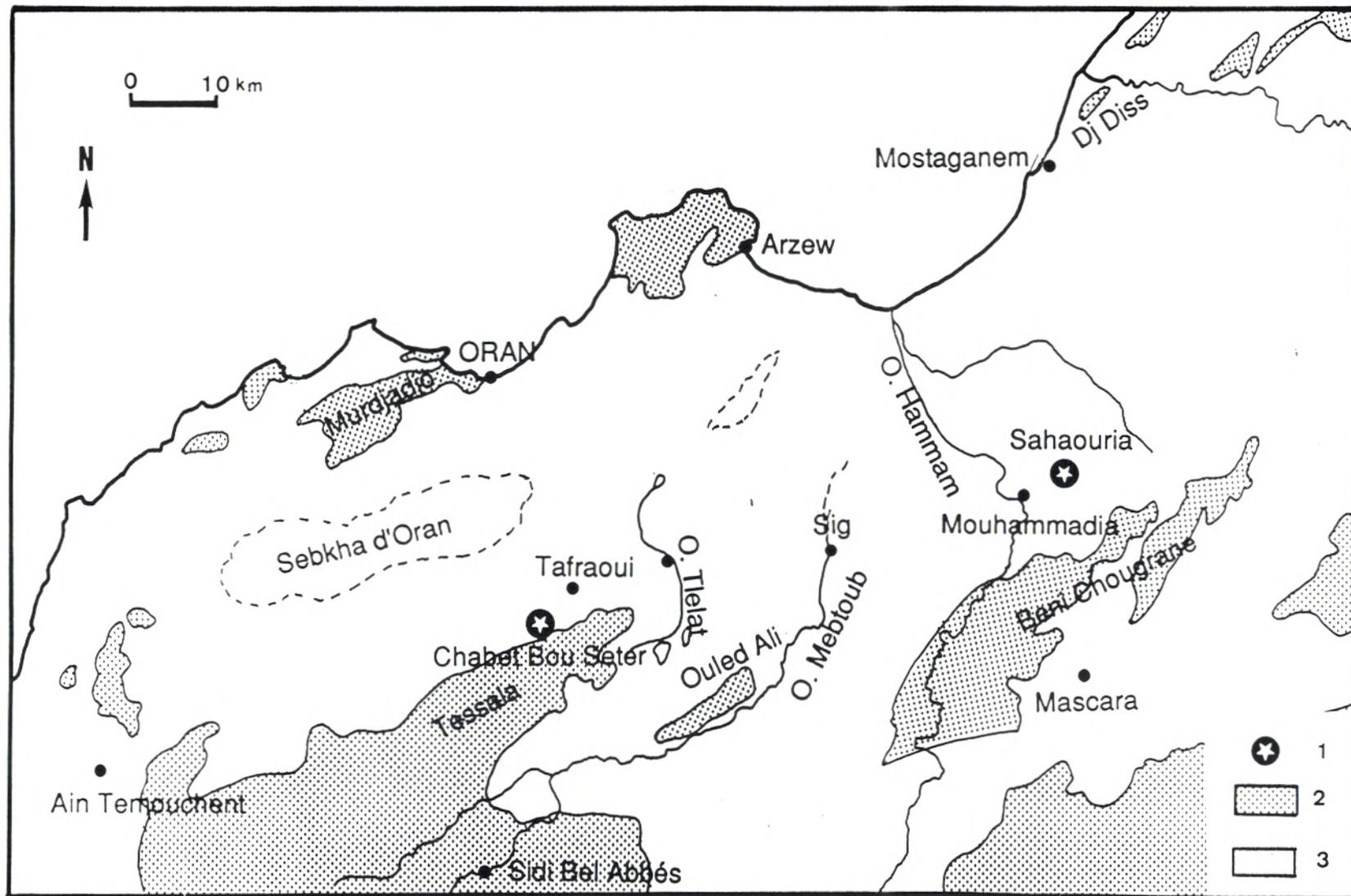
Les sites concernés par cette étude se trouvent dans le bassin du Bas Chélif (Fig. 2) qui est bordé au Nord par les massifs côtiers oranais et au Sud par une série de massifs appartenant au Tell méridional (Tessala, Ouled Ali, Beni-Chougrane).

La coupe de Chabet Bou Seter se situe au sud d'Oran en bordure nord du Tessala ; celle de Sahaouria au sud de Mostaganem en bordure nord des Beni-Chougrane.

### 2 - CADRE PALEOGEOGRAPHIQUE MIOCENE DU BASSIN DU CHELIF ET STRATIGRAPHIE

L'étude du Messinien nécessite un aperçu paléogéographique et stratigraphique du bassin du Chélif au cours du Miocène.

Synorogéniques, les bassins néogènes algériens sont étroitement liés à l'évolution orogénique alpine. La période miocène a connu une



★ : coupe

1: Substrat anti-Néogène

2: Néogène-Quaternaire

Fig 2 : Situation des coupes en Oranie

forte sédimentation détritique de l'ordre de 2000 voire 4000 mètres d'épaisseur, enregistrée dans un laps de temps de 11 millions d'années, soit une moyenne de 0,27 mm/an. Cette sédimentation fut très active dans certaines zones subsidentes : bassins de la Tafna à l'Ouest, du Bas et Moyen Chélif, du Sébaou et du Hodna à l'Est (Perrodon, 1957).

Au cours du Miocène, les bassins de l'ouest algériens ont connu deux cycles sédimentaires bien distincts (Perrodon, 1957 ; Gourinard, 1958 ; Delteil, 1974 ; Fenet, 1975 ; Guardia, 1975 ; Thomas, 1985), répartis sur deux sillons importants (Fig. 3) : le sillon nord (plaine de Bousfer, Mers El Kebir, Pointe de Canastel, plateau des Hachacha) et le sillon médian (bassins de la Tafna et du Chélif) ; ils sont séparés par les massifs littoraux telliens (Perrodon, 1957 ; Gourinard, 1958 ; Delfaud *et al.*, 1973 ; Delteil, 1974 ; Fenet, 1975 ; Thomas, 1985 ; Belkébiri, 1986 ; Bessedik et Belkébiri, 1985/1986 ; Belkébiri et Bessedik, 1991).

Le Miocène inférieur marin est inconnu à l'affleurement dans les bassins du Chélif et de la Tafna ; seul le Burdigalien supérieur voire terminal peut être envisagé à défaut de moyen de datation ; il est intégré ici au Miocène moyen.

Dans ces bassins, le Miocène inférieur et moyen est caractérisé par une sédimentation généralement détritique et notamment par le développement des dépôts continentaux (argiles rouges et conglomérats : Burdigalien supérieur - Langien basal), occupant les aires périphériques des bassins du Chélif et de la Tafna, au pied des reliefs. De ce fait, quatre aires continentales peuvent être individualisées au cours de cette période : l'aire méridionale matérialisée par les massifs du Tessala, des

## A - COUPE DE CHABET BOU SETER

Cette coupe est située à 4 km au sud-ouest de Tafraoui en bordure nord du Tessala (Fig. 2).

De la base au sommet de la coupe, on observe les marnes bleues et la formation diatomitique étudiées dans ce travail, les calcaires marneux à figures de glissements synsédimentaires et les formations carbonatées (calcaires à Mélobésiées et récifs à *Porites* ; Saint-Martin, 1987).

La formation diatomitique (Fig. 8) montre la répétition de séquences constituées de termes calcaires, marneux et diatomitiques.

Certains niveaux sont riches en coquilles (Huîtres, Gastéropodes, Lamellibranches, spicules d'oursins) et tous contiennent des Foraminifères (*Neogloboquadrina dutertrei* : échantillons 1, 2, 5, ...; *Globorotalia mediterranea* : échantillons 5, 12, ...; ...). Notons que partout dans le bassin du Chélif, l'apparition des premiers dépôts diatomitiques indiquerait le Messinien (Belkébiri, 1986 ; Saint Martin, 1987 ; Moissette, 1988 ; Belkébiri et Bessedik, 1991)

Le plus gros banc mesure 4 mètres d'épaisseur et livre, dans les laminites, des poissons ; le plus petit banc mesure 0,5 mètre.

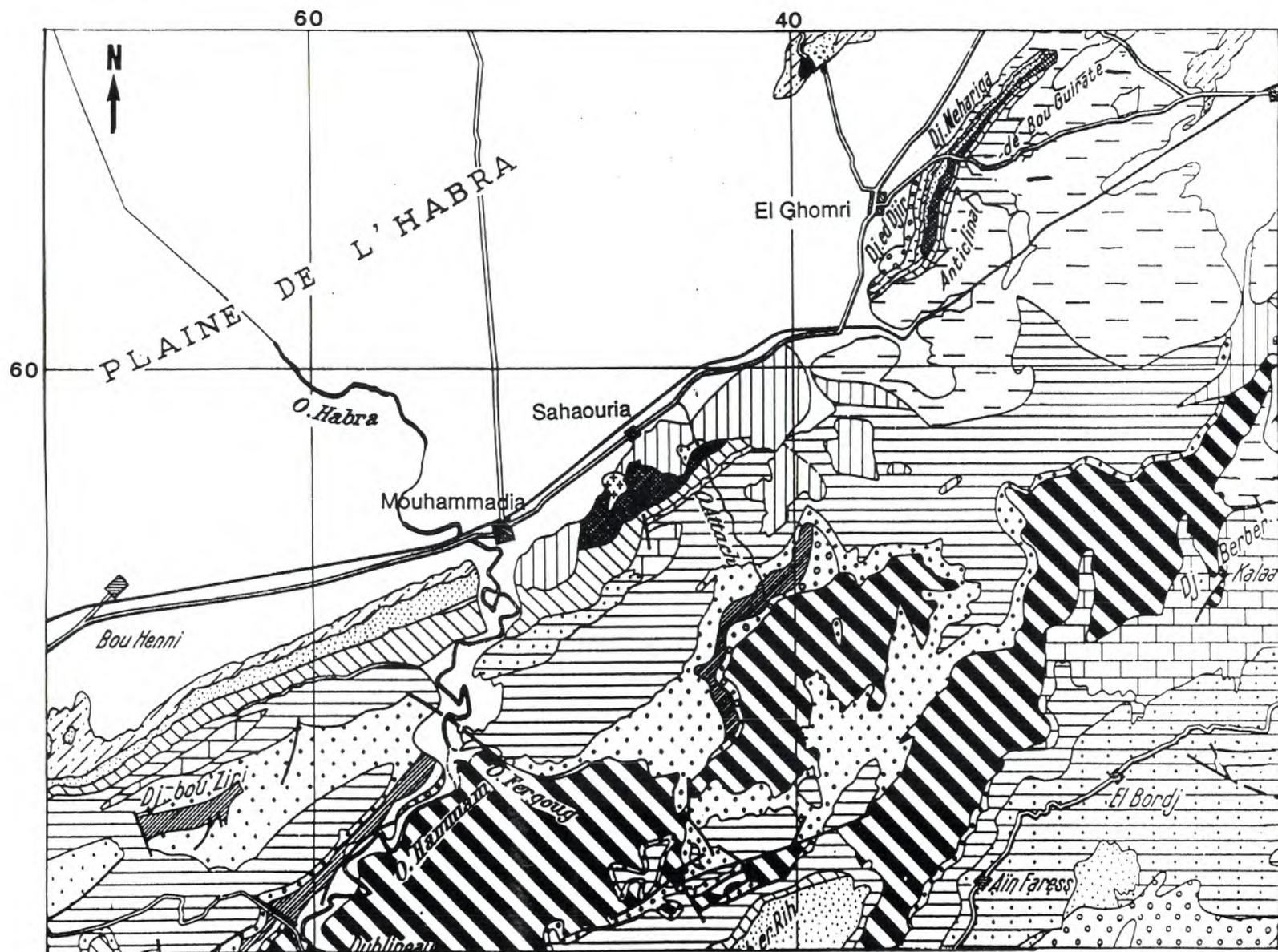
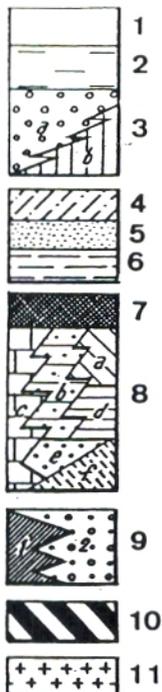


FIG. 7 : CARTE GEOLOGIQUE DES BENI-CHOUGRANE  
(d'après PERRODON, 1957, modifié)



QUATERNAIRE

- 1 : ALLUVIONS
- 2 : CROUTE
- 3 : a - DEPOTS CONTINENTAUX ROUGES (VILLAFRANCHIEN)  
b - GRES CALCAIRES (CALABRIEN)

PLIOCENE

- 4 : GRES ET LIMONS CONTINENTAUX A *Hélix*
- 5 : GRES MARIN (ASTIEN)
- 6 : MARNES BLEUES

MIOCENE SUPERIEUR

- 7 : GYPSES ET MARNES GYPSEUSES
- 8 : a - TRIPOLIS ET MARNES A TRIPOLIS  
b - GRES D'EL BORDJ  
c - CALCAIRES A LITHOTHAMNIEES  
d - MARNES BLEUES  
e - GRES DE BASE  
f - DEPOTS CONTINENTAUX

MIOCENE INFERIEUR ET MOYEN

- 9 : a - MARNES GRISES  
b - GRES ET CONGLOMERATS

10 : SUBSTRATUM

11 : VOLCANISME POST-MIOCENE

Echelle



## 2 - PRESENTATION DES COUPES ETUDIEES

Au point de vue stratigraphique, la région des Beni-Chougrane (Fig. 7) a été étudiée en détail par A. Perrodon (1957). Le sujet traité dans ce travail concerne (Tabl. 1) les terrains appartenant à la partie sommitale du Tortonien (biozone N17) et au Messinien pré-évaporitique (biozone N17).

Généralement, la séquence messinienne comporte de la base au sommet des marnes bleues passant à des alternances marno-diatomitiques ; ces dernières sont surmontées (ou en passage latéral) par des calcaires à algues et/ou coralliens, suivis par des dépôts gypsifères ; les dépôts post-évaporitiques (messiniens) sont représentés par des calcaires en plaquettes (voire stromatolitiques) ou des sables dans ces régions.

Dans la partie basale de plusieurs coupes (Sahaouria, entre autres) s'individualisent des niveaux de calcaires organogènes ou à Mélobésiées au toit desquels peut être située la base de la biozone à *Globorotalia mediterranea* (Rouchy, 1981).

Les marnes bleues sous-jacentes appartiennent au moins dans leur partie supérieure au Tortonien.

Les diatomites, toujours sous-jacentes aux gypses dans la partie centrale du bassin, ont une extension nettement plus importante en direction des marges du bassin (Perrodon, 1957).

AGE M.A.		ETAGES	ZONES BLOW	ZONES FORAM. PLANCT. BELKEBIR & BESSEDIK 1991
5	MIOCENE SUPERIEUR	MESSINIEN	N17	<i>G. mediterranea</i>
6				<i>Neogloboquadrina dutertrei</i>
7		TORTONIEN		<i>Neogloboquadrina humerosa</i>
8			N16	<i>Neogloboquadrina acostaensis</i>
9				

Tabl. 1 : BIOSTRATIGRAPHIE DANS LE BASSIN DU CHELIF AU MIOCENE SUPERIEUR  
(d'après BELKEBIR & BESSEDIK, 1991)

L'étude que nous nous proposons d'effectuer concerne les dépôts pré-évaporitiques du bassin du Chéelif et notamment des marnes et marnes diatomitiques. Ces dépôts sont attribués au Messinien sur la base de *Globorotalia mediterranea* (Rouchy, 1982a ; Saint Martin *et al.*, 1983 ; Belkébir et Anglada, 1985 ; Thomas, 1985 ; Saint Martin, 1987 ; Moissette, 1988 ; Belkébir et Bessedik, 1991) dans les marnes précédant généralement les diatomites (Tabl. 2). Nous débordons légèrement vers le bas, au passage de *Neogloboquadrina humerosa* et *Neogloboquadrina dutertrei* (biozone N17).

La durée de l'épisode diatomitique est évaluée à 500 000 ans si l'on tient compte de l'échelle magnétostratigraphique ; il serait compris entre -6,2 et -5,7 MA (Ryan *et al.*, 1974 ; Müller et Hsü, 1987). Ceci en notant que la base du Messinien est fixée à -6,3 comme nous l'avons dit précédemment et le sommet à 4,8 (Channell *et al.*, 1989).

L'étude des diatomées effectuée dans le bassin du Chéelif et notamment sur la région de Mouhammadia a permis de situer les diatomites au niveau de la partie supérieure de l'époque paléomagnétique 6 et de la partie inférieure de l'époque paléomagnétique 5 (Gersonde, 1980 ; Burckle, 1972 et 1978), ce qui assignerait à l'épisode diatomitique une durée de 300 000 (5,9-5,6 MA : Gersonde, 1980 ; Gersonde et Schrader, 1984).

L'étude paléontologique effectuée sur les diatomites messiniennes a livré une importante faune de poisson (Rozet, 1831 ; Arambourg, 1927), de bryozoaires dans les intercalations marneuses (Moissette, 1988), de flore de diatomées (Baudrimont et Degiovanni, 1974 ; Mansour, 1991) et quelques bivalves (Rouchy et Fréneix, 1979 ; Fréneix *et al.*, 1987).

Perrodon (1957) suppose que les diatomites se sont déposées dans des baies marines, fermées, communiquant avec le bassin méditerranéen par l'intermédiaire de hauts fonds . Ce type de sédimentation semble être lié à une intense activité ascendante des eaux marines (upwelling) ; certaines diatomites peuvent être liées au phénomène de confinement (Rouchy, 1980).

L'ichtyofaune découverte dans les diatomites de la région d'Oran a permis d'envisager des conditions subtropicales (Arambourg, 1927) pour cette période. L'abondance des Myctophidés indiquerait la proximité de zones à profondeur relativement importante de l'ordre de 600 mètres (Gaudant, 1978). L'étude récente des marnes diatomitiques de Sig (60 mètres d'épaisseur), situées sur la bordure nord des Beni-Chougrane (Ouest), à une vingtaine de kilomètres de Sahaouria a fourni une flore riche et diversifiée de diatomées (Mansour, 1991). Cet auteur note un milieu marin relativement profond avec une activité d'upwelling pour expliquer la prédominance des espèces froides de diatomées de type boréal. Les vingt derniers mètres semblent être caractérisés par des espèces chaudes tout en remarquant une fluctuation de la salinité et la réduction de la profondeur (Moissette, 1988 ; Mansour, 1990) vers le sommet des diatomites. L'activité épisodique d'upwelling, si minime soit-elle, ne semble pas exclue pour autant (Mansour, 1991).

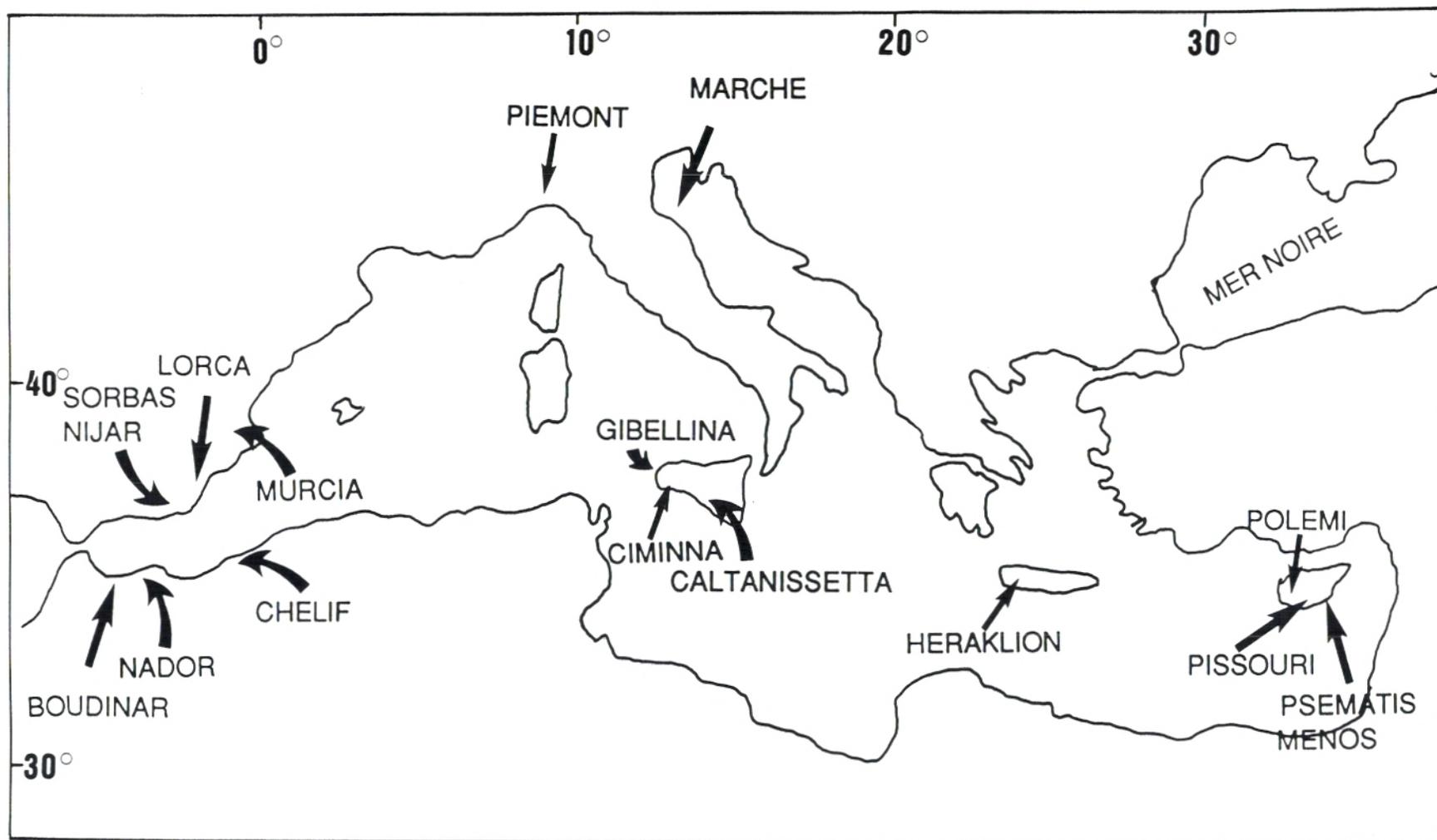


FIG. 6 : REPARTITION GENERALE DES DIATOMITES  
 (ET/OU LAMINITE DIATOMITIQUES) EN MEDITERRANEE  
 (d'après ROUCHY, 1982 b, modifié)

### III - LE MESSINIEN PRE-EVAPORITIQUE

#### 1 - DONNEES ANTERIEURES

Seuls les dépôts pré-évaporitiques messiniens sont abordés dans cette étude et notamment les marnes et les marnes diatomitiques ("Beida stage", Anderson, 1936 ; "mer à tripolis", Perrodon, 1957 ; "laminites", Rouchy, 1982a) dont la paléogéographie est forte étendue au niveau du bassin du Chélif (Fig. 5) et dont l'épaisseur varie entre 60 et 300 mètres maximum, enregistrée à Ain Zeft (Perrodon, 1957). Cette puissance est exceptionnelle pour le domaine méditerranéen (Rouchy, 1982b).

Les dépôts diatomitiques constituent un événement, leur répartition au Messinien se confond avec celle des évaporites qui leur sont généralement sus-jacentes (Fig. 6). Ces dépôts sont cartographiés dans de nombreux bassins périphériques méditerranées (Espagne, Maroc, Algérie, Italie, Chypre, Crète) mais aussi en mer Tyrrhénienne (Rouchy, 1982a ; Pierre et Rouchy, 1990).

Plusieurs travaux ont été consacrés aux diatomites dans nos régions (Anderson, 1933 et 1936 ; Ogniben, 1957 ; Perrodon, 1957 ; Selli, 1973 ; Gardette, 1979, Rouchy, 1982a, Saint Martin, 1987 ; Moissette, 1988 ; Mansour, 1991). Leur teneur en silice peut atteindre 80 à 90 %. Les indices de gaz et d'huiles d'hydrocarbures découverts au niveau des diatomites ont intéressés de nombreux chercheurs (Anderson, 1933 et 1936 ; Dalloni, 1939 ; SNRepal, 1952 ; Perronon, 1957), ce qui a permis la réalisation d'une bonne couverture cartographique de ces dépôts.

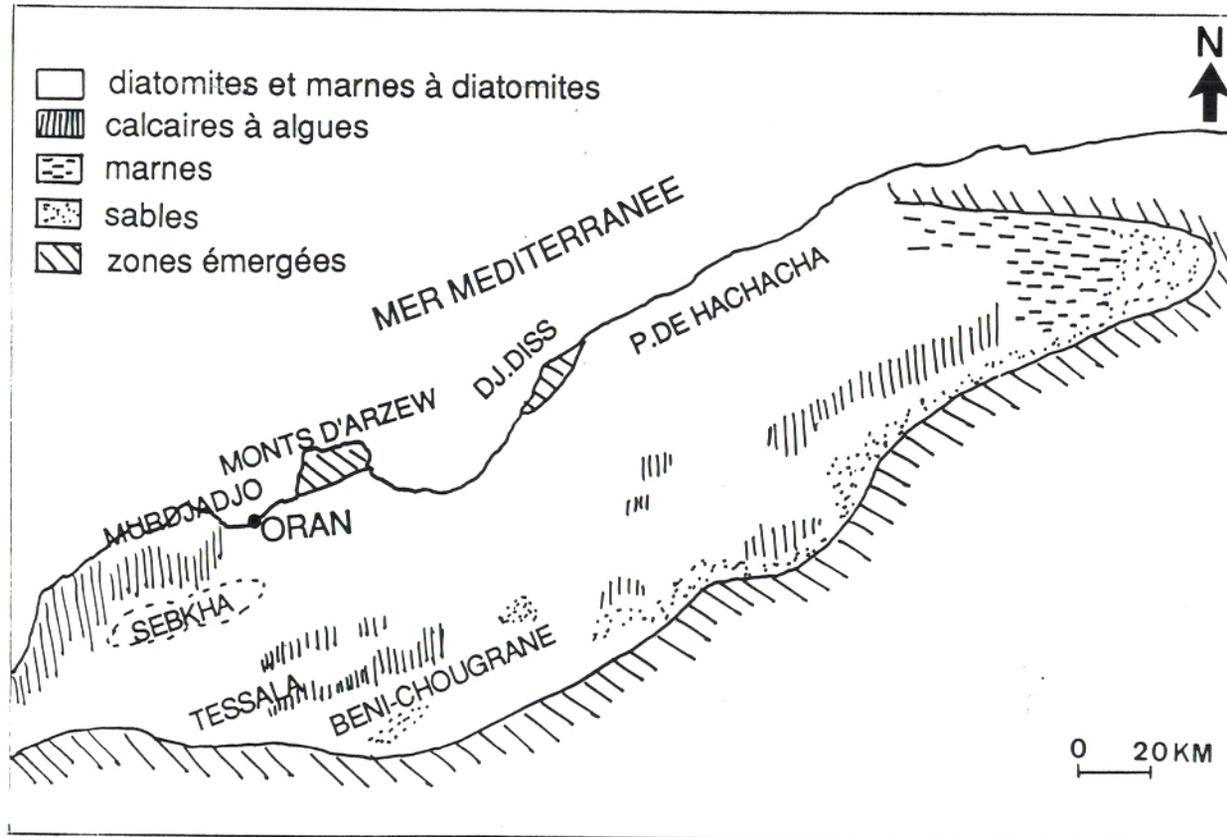


FIG. 5 : PALEOGEOGRAPHIE DE LA MER A TRIPOLIS DANS LE BASSIN DU CHELIF (PERRODON, 1957)

caractère est la preuve d'une forte diminution ou même d'une absence de l'érosion, qui peut être liée à la faiblesse des reliefs et (ou) à une pulsion eustatique positive.

Les dépôts diatomitiques sont limités au bassin du Bas Chélif et marquent l'extension maximum de cette transgression dans ce bassin.

Une barrière d'îles ou de hauts-fonds, s'avancant de l'extrémité occidentale jusqu'au massif d'Arzew et au dj. Diss, esquisse un seuil tendant à isoler le bassin de la mer ouverte. Ce seuil commande désormais toute l'histoire du bassin du Bas Chélif, jusqu'à son évolution en lagune fermée. Il crée au cours de cette période, un milieu particulier, calme, à l'abri des courants.

Ces dépôts pré-évaporitiques messiniens sont surmontés par des faciès gypseux (Delfaud *et al.*, 1973 ; Rouchy, 1982b ; Saint Martin et Rouchy, 1990). Ce type de sédimentation est le témoin des conditions d'assèchement du bassin du Chélif et probablement de la Méditerranée au cours du Messinien (Hsü *et al.*, 1973 ; Rouchy, 1982a et 1982b ; Busson, 1979 ; Clauzon, 1979/1980).

Dans nos régions l'activité tectonique synsédimentaire a fortement conditionné la sédimentation du Miocène supérieur avec une différenciation des bassins (Perrodon, 1957 ; Rouchy, 1981 ; Thomas, 1985 ; Saint Martin, 1987). Les massifs du Tell méridional avoisinent facilement les 700 mètres d'altitude si l'on tient compte de l'orographie actuelle. Vers l'Ouest, sur un rayon de 200 kilomètres, le domaine tlemcénien dominait largement, notamment les massifs des Traras.

(Messinien). En effet, les marnes ou marnes sableuses évoluent vers des alternances de marnes et de diatomites ; postérieurement (ou partiellement contemporaine) aux dépôts diatomitiques, la sédimentation est essentiellement carbonatée (Mélobésiées, coraux) sur les hauts fonds (Perrodon, 1957 ; Gourinard, 1958 ; Delfaud *et al.*, 1973 ; Rouchy, 1982b ; Saint Martin et Rouchy, 1990).

La ligne de hauts-fonds relativement stable se maintient, en particulier sur leur bordure Nord, délimitant vers le Sud un golfe plus subsident. Ce chapelet de hauts-fonds est jalonné à la fin du dépôt des marnes bleues par une série de récifs calcaires à algues à Mélobésiées. Entre ces massifs construits se développent des calcaires argileux, correspondant à des zones littorales plus agitées où prospèrent des Echinides et des Lamellibranches. Vers l'Ouest, la chaîne du Tessala se trouve immergée, jouant un rôle de plateforme instable où s'édifient des récifs de calcaires à algues et à Scléreactiniales. A la fin de cette période, la mer a donc transgressé largement sur les bordures du bassin. Les zones subsidentes du centre se sont progressivement comblées et la répartition des profondeurs tend à s'uniformiser.

Le Miocène supérieur se termine, dans le bassin du Bas Chélif, par des séries bien différenciées, représentées en grande partie par des dépôts diatomitiques et des gypses. Lors des dépôts diatomitiques, il est à noter que la mer poursuit sa transgression sur les marges, tandis que les conditions de sédimentation s'uniformisent dans l'ensemble du bassin.

L'un des traits marquant de la sédimentation diatomitique est l'appauvrissement, sinon l'absence, des apports détritiques. Ce

manifestement hétérochrone (Fig. 4). Le Miocène supérieur est également marqué par une intense activité volcanique qui débiterait vers -11 MA (Ameur-Chehbeur, 1988 ; Neurdin-Trescartes, 1979).

A la différence de la mer langhienne la transgression du Miocène supérieur recouvre largement les massifs du Dahra, des Beni-Chougrane et du Tessala, tandis qu'elle effleure la marge septentrionale du massif de l'Ouarsenis. L'activité orogénique s'atténue durant cette partie du Miocène.

La mer tortonienne semble accuser une seconde pulsation transgressive à la limite des biozones N16/N17 marquée par l'apparition des espèces *Neogloboquadrina humerosa* et *Neogloboquadrina dutertrei* ; elle est datée localement de -8 MA si l'on tient compte des âges radiométriques obtenus sur les basaltes de M'sirda (Mégartsi, 1985) sous-jacents aux marnes bleues. Elle constitue une étape supplémentaire dans la paléogéographie des bassins algériens nord-occidentaux puisqu'elle s'étale largement pour conquérir de nouvelles aires continentales (Bouhanifia, Tafna : Guardia, 1975 ; Thomas, 1985 ; Ameur-Chehbeur, 1988 ; Ameur-Chehbeur *et al.*, 1990).

Bien repéré au Maroc, cet événement a permis de subdiviser le Tortonien en Tortonien I et Tortonien II (Wernli, 1987). Correspondant au "Sahélien" de Pomel (1858), cette pulsation transgressive constitue une étape importante (Tortonien terminal correspondant au Tortonien II) dans l'évolution du bassin du Chélif vers des conditions évaporitiques

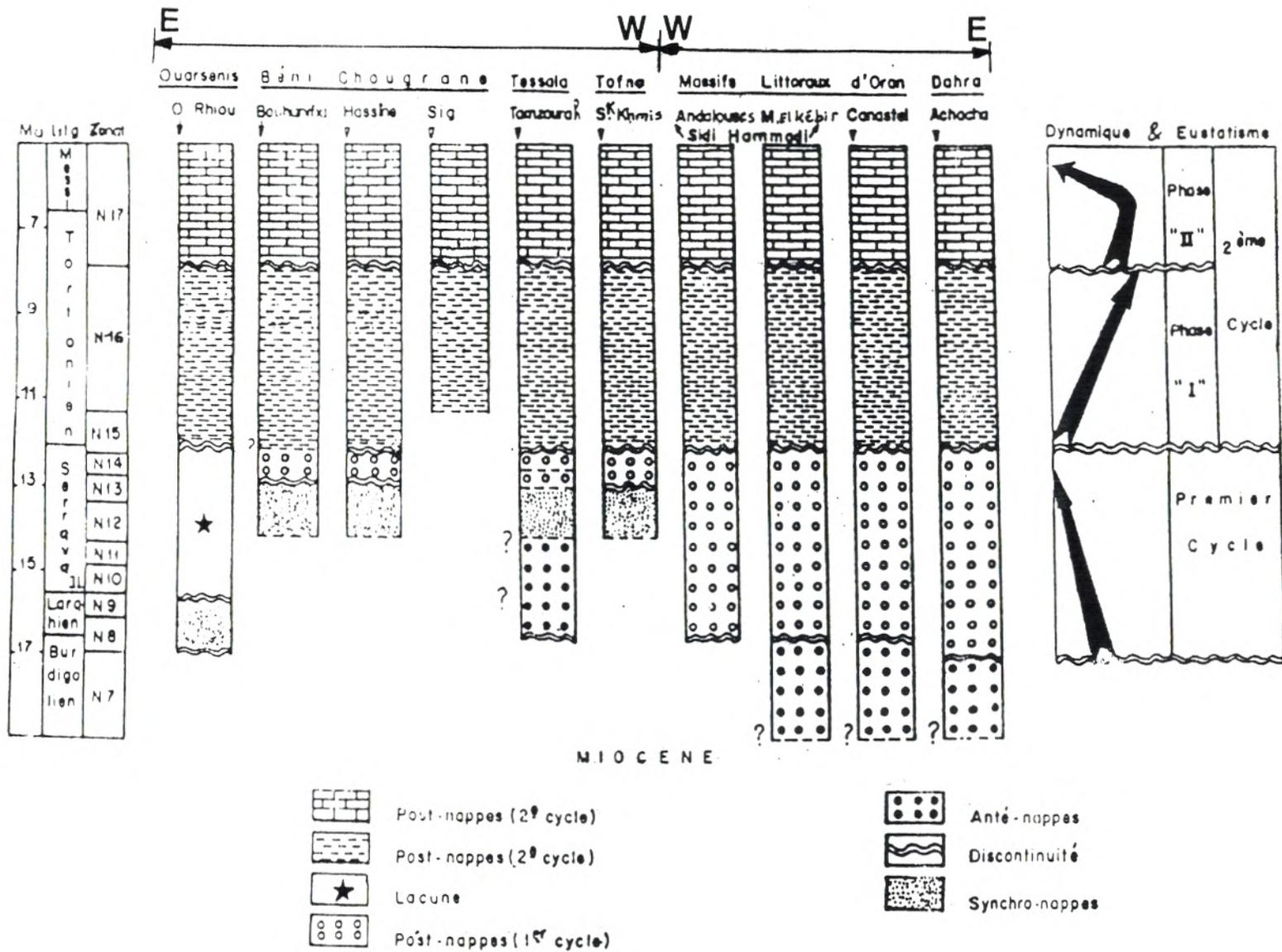


FIG. 4 : BIOSTRATIGRAPHIE DANS LE MIOCENE D'ALGERIE OCCIDENTALE  
(d'après BELKEBIR & BESSEDIK, 1991, modifié)

Ces glissements (ou nappes) semblent avoir été décisifs dans la dynamique sédimentaire de comblement des bassins et le rajeunissement des reliefs du Tell oranais. En effet, la période serravallienne (supérieure) est caractérisée par une érosion intense et par conséquent l'installation d'une sédimentation détritique grossière continentale voire deltaïque (Bessedik et Belkébir, 1985/1986 ; Belkébir et Bessedik, 1991). Elle contient les premiers témoins d'une activité volcanique néogène dans le bassin de la Tafna (-13 MA : Megartsi, 1985).

Ainsi, la sédimentation du Miocène inférieur et moyen décrit-elle un cycle eustatique négatif (N15 : Bessedik et Belkébir, 1985/1986). Il faut noter par ailleurs l'activité tectonique (surrection) des reliefs telliens au Burdigalien - Langhien basal et au Serravalien supérieur.

Héritant d'une topographie irrégulière et complexe (notamment celle des Beni-Chougrane et des Ouled Ali), le bassin du Chélif est envahi par la transgression du Miocène supérieur. Les marges des massifs, progressivement immergées, restent relativement stables, formant un plateau continental peu profond où se déposent des séquences peu épaisses. Conglomérats, grès et marnes bleues caractérisent généralement le Tortonien (N15 supérieure - N16) ; cette période est également connue pour ses dépôts continentaux fluvio-lagunaires (Ameur-Chehbeur, 1988).

Cette transgression représente un nouveau (2<sup>ème</sup>) cycle eustatique (positif) dans la région. Il semble correspondre au deuxième cycle miocène post-nappes des auteurs (Perrodon, 1957 ; Guardia, 1975 ; Belkébir et Bessedik, 1991), le premier cycle miocène post-nappes étant

Ouled Ali, des Beni-Chougrane et de l'Ouarsenis ; les massifs littoraux d'Oran, d'Arzew et du Dahra limitent vers le Nord l'aire septentrionale qui semble rejoindre l'aire continentale de la Tafna suivant un axe Bousfer - Ain Temouchent - Tafna ; une quatrième aire continentale est située sur le versant sud du massif du Dahra (Perrodon, 1957).

Il semble par conséquent que les massifs septentrionaux et méridionaux constituant le Tell oranais étaient très actifs au cours du Burdigalien - Langhien basal, ce qui indiquerait l'intervention d'une érosion intense des reliefs ( Perrodon,1957 ; SNRepal, 1952 ; Gourinard, 1958 ; Delteil, 1974). Cette activité orogénique s'atténue au cours du Langhien et du Serravalien inférieur, période marquée par l'extension des marnes bleues et aux alternances de grès et de marnes (Delteil, 1974 ; Ouda et Ameur-Chehbeur, 1978 ; Belkébiri et Anglada, 1985 ; Belkébiri, 1986 ; Bessedik *et al.*, 1990a et 1990b ; Belkébiri et Bessedik, 1991).

Une partie de ces dépôts semble être contemporaine des glissements gravitaires des unités telliennes dans le bassin du Chélif (Caire et Mattauer, 1953 ; Magné et Tempère, 1953 ; Delteil, 1974 ; Guardia, 1975 ; Thomas, 1985).

Cet événement paléogéographique est hétérochrone dans le bassin du Chélif ; il est daté par la biozone N13 (Guardia, 1975 ; Ouda et Ameur-Chehbeur, 1978 ; Thomas, 1985 ; Belkébiri et Bessedik, 1991) dans le Bas Chélif et la Tafna et par la biozone N8 voire N9 dans le Moyen Chélif et le sillon Nord (Delteil, 1974 ; Guardia, 1975 ; Belkébiri et Bessedik, 1991).

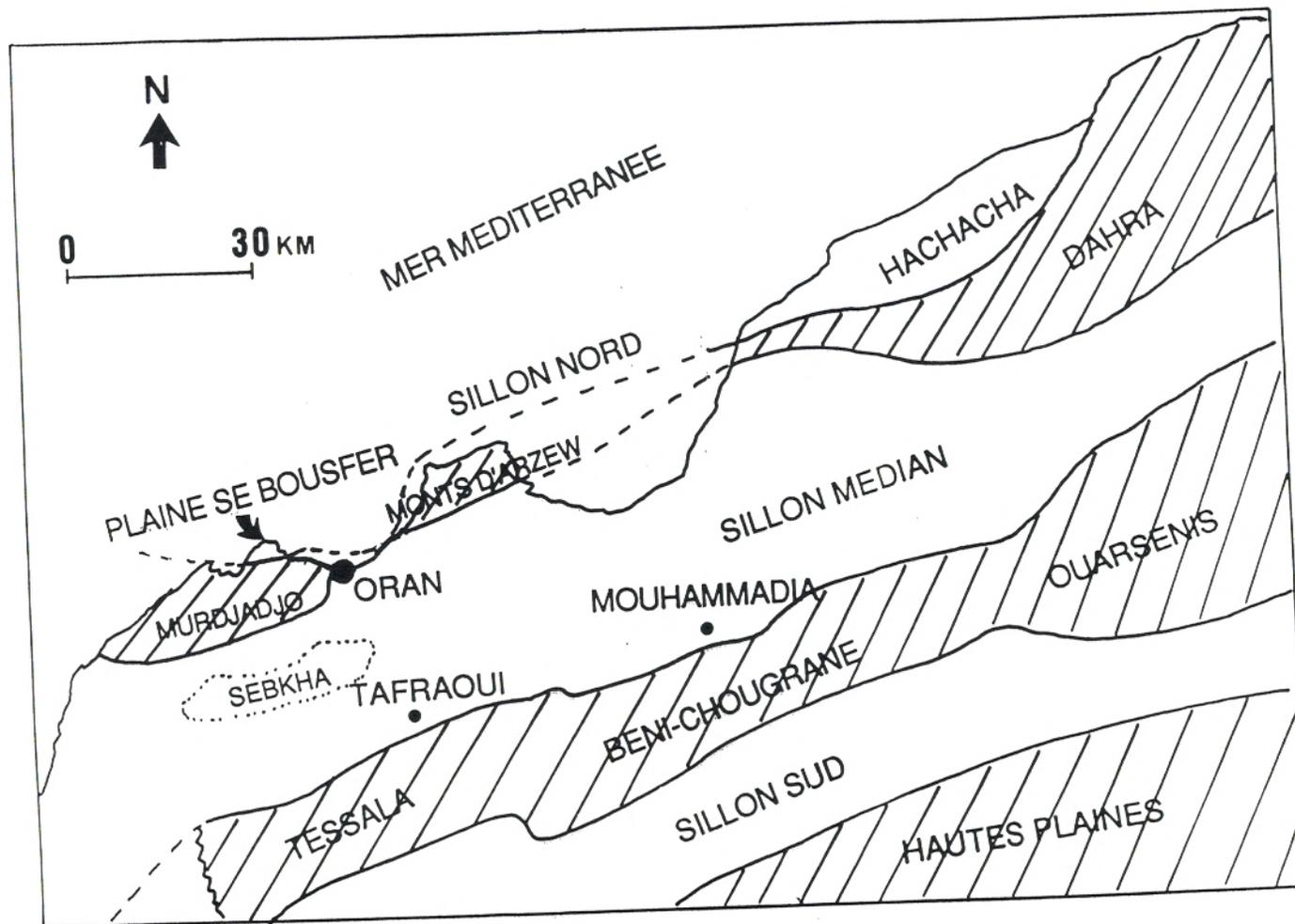


FIG. 3 : STRUCTURE GENERALE DU BASSIN DU CHELIF SILLON MEDIAN  
 (d'après DELFAUD *et al.*, 1973)

## Gramineae

*Lygeum spartum* (Pl. XIII, Fig. 18 et 19)

Pollen hétéropolaire, monoporé, subrectangulaire ( $P = 38 \mu\text{m}$  ;  $E = 17 \mu\text{m}$ ).  
Le pore est circulaire à bords nets et réguliers, il est entouré d'un annulus correspondant à un épaissement de l'ectexine.

L'exine est granuleuse.

Ces grains de pollen ont été rencontrés en assez grand nombre dans tous les niveaux de la coupe de Chabet Bou Seter et à plusieurs niveaux dans celle de Sahaouria mais en moins grand nombre.

Ce genre est sud-méditerranéen et comprend une seule espèce le *Lygeum spartum*.

## Plantaginaceae

*Plantago* (Pl. XIII , Fig. 9 et 10)

Pollen sphérique et périporé ( $P \approx E \approx 29 \mu\text{m}$ ), pourvu d'un nombre de pores pouvant atteindre 8 : ils sont relativement petits et parfois granuleux.

L'exine est tectée, lisse et ondulée donnant en surface un aspect boursoufflé.

Ce pollen a été rencontré dans tous les niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter.

Ce genre est cosmopolite.

## Polygonaceae

### *Rumex*

Pollen isopolaire, tricolporé, plus ou moins longiaxe, subsphérique en vue méridienne et subtriangulaire en vue polaire ( $P = 22 \mu\text{m}$  ;  $E = 23 \mu\text{m}$ ).

Le sillon est long, étroit et sans marge avec un petit pore rond ; l'aire polaire est très petite. Il arrive que chez certains *Rumex* la distribution des ouvertures soit non ordonnée.

L'exine est finement réticulée.

Ce pollen a été rencontré dans tous les niveaux de la coupe de Chabet Bou Seter et dans quelques niveaux de la coupe de Sahaouria.

Ce genre est cosmopolite habitant généralement les régions de l'hémisphère nord tempéré.

## Umbelliferae (Pl. XIII , Fig. 13 et 14)

Pollens isopolaires, tricolporés, longiaxes, triangulaires et trilobés en vue polaire ; en vue méridienne, ces pollens ont une forme subrhomboïdale voire subrectangulaire avec ou sans proéminence au niveau de la zone équatoriale : certains ont une forme équatoriale constrictée ( $P = 36 \mu\text{m}$  ;  $E = 15 \mu\text{m}$ ).

Le sillon est long : le pore peut être ovalo-rectangulaire très saillant ou ovale, visible uniquement en coupe optique.

Homogène, l'exine peut être soit mince soit épaisse. Des épaisissements sont souvent observables au niveau des pôles ou au niveau de la zone équatoriale. Tandis que l'endexine est généralement épaisse.

Ces pollens ont été rencontrés dans les coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter à presque tous les niveaux.

Cette famille est cosmopolite, vivant actuellement dans les régions de l'hémisphère nord tempéré.

## VI - STEPPIQUES

Compositae

*Artemisia*

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne et trilobé en vue polaire (P = 27  $\mu\text{m}$  ; E = 24  $\mu\text{m}$ ).

Le sillon est long et étroit, pourvu d'un pore de petite taille, plus ou moins rond.

L'exine est tectée et épaisse ; les columelles sont assez longues et portent des épines courtes.

Ce pollen a été rencontré dans les coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter dans presque tous les niveaux.

Ce genre est présent dans l'hémisphère nord tempéré et froid, en Afrique du Nord et du Sud ainsi qu'en Amérique.

Il peuple généralement les régions arides de l'ouest américain et celles steppiques de Russie et d'Afrique du Nord.

## Ephedraceae

*Ephedra* (Pl. XIII , Fig. 15 et 16)

Pollen isopolaire, inaperturé de forme elliptique ( $P = 39 \mu\text{m}$  ;  $E = 23 \mu\text{m}$ ).  
Ce pollen est pourvu de côtes rectilignes séparées chacune de l'autre par des dépressions.

Certains types polliniques présentent au niveau de ces dépressions une sorte de soudure correspondant à une cannelure.

L'exine lisse est disloquée suivant cette cannelure (*Ephedra distachya*).

Ce pollen a été rencontré dans plusieurs niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter.

Ce genre se trouve actuellement dans les régions xériques d'Amérique, d'Afrique, d'Europe et d'Asie.

## VII - GYMNOSPERMES

### Cupressaceae

Pollen inaperturé, subsphérique ( $D = 27 \mu\text{m}$ ).

L'exine est mince, avec des granulations bien visibles en surface.

Ce type de pollen a été rencontré dans presque tous les niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter.

Cette famille est cosmopolite.

## Taxodiaceae

Pollen inaperturé, subspérique ( $D = 28 \mu\text{m}$ ).

L'exine est lisse présentant une papille typique.

Ce pollen a été rencontré dans presque tous les niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter.

Cette famille vit actuellement en Asie de l'Est, en Tasmanie et en Amérique du Nord.

## Abietaceae

### *Pinus*

Pollen caractérisé par des ballonnets dont le contour dépasse une demi-circonférence ; la ligne d'attache au corps est donc inférieure au diamètre. En position latérale, le contour des sacs aérifères présente un angle net avec le contour du corps.

La crête germinale est mince et peu développée.

L'exine de la calotte est grenue ; celle des sacs aérifères est "réticulée" à larges mailles fermées.

Ce pollen a été rencontré dans tous les niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter et souvent en grand nombre.

Le genre *Pinus* se retrouve dans l'hémisphère nord tempéré et en montagne dans les régions tropicales.

### *Cathaya*

Sous ce nom sont groupés des grains qui montrent les caractères typiques de ce genre (Sivak, 1975), à savoir : des ballonnets présentant une continuité structurale avec la calotte ; celle-ci est régulière, mince et ne possédant pas de crête germinale : le plancher des ballonnets porte de très fines granulations ; les alvéoles sont à parois épaisses.

Ce pollen a été rencontré dans tous les niveaux des coupes de Chabet Bou Seter et dans quelques niveaux de celle de Sahaouria.

Ce genre se trouve essentiellement en Chine, au Sud et à l'Ouest.

## **RESULTATS DE L'ANALYSE PALYNOLOGIQUE**

L'étude pollinique de deux coupes de terrain (Sahaouria et Chabet Bou Seter) a permis de mettre en évidence une centaine de taxons répartis comme suit : 26 familles et 72 genres (Angiospermes et Gymnospermes). 19455 pollens ont été comptés et déterminés dans la mesure du possible pour 35 échantillons sur l'ensemble des sites étudiés.

Les spores et le plancton n'ont fait l'objet que d'un simple comptage.

Cet inventaire floristique est tout à fait nouveau pour le bassin du Chélif et notamment pour la période messinienne en Algérie.

La liste des taxons est donnée selon les exigences thermiques de leurs représentants actuels, exigences qui seront discutées ultérieurement.

## I - LISTE FLORISTIQUE

### GYMNOSPERMES

Abietaceae

\* *Pinus*

\* cf. *Cathaya*

Cupressaceae

Taxodiaceae

\* type *Taxodium*

## MEGATHERMES

Acanthaceae

\* *cf. Justicia*

\* *cf. Hypoestes/Peristrophe*

Combretaceae (Pl. XII, Fig. 20 et 21)

Icacinaceae (Pl. XII, Fig. 6, 7, 8)

Sapindaceae (Pl. XII, Fig. 16 et 17)

Euphorbiaceae

\* *Alchornea*

\* *Phyllanthus*

Bombacaceae

\* *Bombax*

*Mimosaceae*

Rubiaceae

\* grain tétracolporé (Pl. XII, Fig. 1 et 2)

Verbenaceae

\* *Avicennia cf marina* (hors comptage)

## MEGA-MESOTHERMES

Celastraceae

\* *Microtropis fallax*

Hamamelidaceae

\* *Distylium*

\* *Embolanthera*

\* *Parratropsis*

Juglandaceae

\* *Engelhardtia* (Pl. XIII, Fig. 4)

Myricaceae

\* *Myrica* (Pl. XIII, Fig. 6)

Nyssaceae

\* *Nyssa*

Palmae

Sapotaceae

Symplocaceae

\* *Symplocos*

## MESOTHERMES

Araliaceae

Betulaceae

\* *Alnus* (Pl. XII, Fig. 18 et 19)

\* *Betula*

\* *Carpinus*

\* *Corylus*

\* *Ostrya*

Buxaceae

\* *Buxus* grain périporé

Ericaceae

Eucommiaceae

\* *Eucommia*

Fagaceae

\* *Quercus* (Pl. XIII, Fig. 7 et 8)

\* *Fagus*

\* type *Castanea*

Juglandaceae

\* *Carya*

\* *Juglans*

Anacardiaceae

\* *Rhus*

Ulmaceae

\* *Ulmus*

\* *Celtis*

#### MEDITERRANEENS

Rhamnaceae

\* *Zizyphus* (Pl. XIII, Fig. 5)

Anacardiaceae

\* *Pistacia*

Cistaceae

\* *Cistus*

Fagaceae

\* *Quercus* cf. *ilex* - *coccifera*

Gramineae

\* *Lygeum spartum* (Pl. XIII, Fig. 18 et 19)

Rosaceae

\* *Neurada*

Oleaceae

\* *Olea* (Pl. XIII, Fig. 1, 2, 3)

\* *Phillyrea*

#### HERBACEES

Amaranthaceae-Chenopodiaceae (Pl. XII, Fig. 11, 12,13)

Boraginaceae

\* *Borago*

Campanulaceae

Cannabaceae

Caryophyllaceae

Cistaceae

\* *Helianthemum*

Compositae

\* grain échinulé (Pl. XII, Fig. 9 et 10)

\* grain fenestré (Pl. XIII, Fig. 11 et 12)

Convolvulaceae

\* *Convolvulus*

Cruciferae

Cyperaceae

Dipsacaceae

\* *Scabiosa*

Euphorbiaceae

\* *Euphorbia*

\* *Mercurialis*

Lineaceae

\* *Linum*

Ranunculaceae

Rosaceae

\* *Poterium* (Pl. XII, Fig. 22, 23, 24)

Rubiaceae

\* *Galium*

Geraniaceae

\* *Geranium*

Umbelliferae

\* *Eryngium* (Pl. XIII, Fig. 13 et 14)

Gramineae

Liliaceae

\* *Asphodelus* (Pl. XIII, Fig. 17)

Papilionaceae

\* *Indigoferae*

Plantaginaceae

\* *Plantago* (Pl. XIII, Fig. 9 et 10)

Plumbaginaceae

\* *Armeria*

\* *Limonium*

Polygonaceae

\* *Polygonum*

\* *Rumex*

## STEPPIQUES

Compositae

\* *Artemisia*

Ephedraceae

\* *Ephedra*

\* *Ephedra* cf. *distachye* (Pl. XIII, Fig. 15 et 16)

Eleaegnaceae

\* *Hippophae*

Geraniaceae

\* *Erodium*

## PLANTES D'EAU

Thyphaceae

\* *Thypha*

## SANS SIGNIFICATION

Anacardiaceae

Malvaceae

Euphorbiaceae

Indéterminé 1 (Pl. XII, Fig. 3, 4, 5)

Abîmés

Indéterminés

Indéterminables.

## II - DIAGRAMMES POLLINIQUES

Les résultats (analyse, comptage, représentation) sont donnée sous forme de diagramme pollinique (cf. méthodologie).

Les résultats sont commentés par coupe (Fig. 10 et 11).

Dans ces coupes, tous les spectres sont dominés par les pollens de Conifères et notamment par ceux appartenant au genre *Pinus*. Cette sureprésentation peut s'expliquer par leur morphologie (structure à ballonnets), qui confère à ces grains un bon moyen de transport par le vent et l'eau (Heusser, 1988). En outre, les grains sont très résistants aux différents agents d'altération.

Les pollens appartenant au genre *Plantago* sont présents en assez grand nombre (3,12%) et enregistrent une fréquence importante au sommet de la coupe.

Les Compositae aussi bien Tubuliflorae (grains échinulés) que Liguliflorae (grains fenestrés) sont présentes dans toute la coupe et en nombre important allant jusqu'à 20% dans l'échantillon 17.

Les Amaranthaceae/Chenopodiaceae sont présentes dans tous les spectres. Elles peuvent aller de la simple présence (échantillon 18) à une fréquence de 12% (échantillon 8).

Les *Artemisia* sont présentes dans tous les niveaux (ou presque) avec une fréquence de 2% au sommet et à la base de la coupe.

Quant au groupe *Alchornea*, *Bombax*, Sapindaceae,... il est noté à différents niveaux de la coupe de façon épisodique.

## 2 - CHABET BOU SETER

Outre le genre *Pinus* les autres pollens d'Abietaceae sont représentés par le seul genre *Cathaya*.

Les Taxodiaceae sont présents dans presque tous les niveaux.

Le profil général des feuillus reste presque le même avec le genre *Quercus* dominant (7,52%) et sa répartition tout le long de la coupe

est très homogène ; tandis que les autres taxons appartenant à la même catégorie sont faiblement représentés.

Dans le groupe méditerranéen, *Olea* (2,52%) réalise toujours le plus fort pourcentage.

Au sein des herbacées, les Gramineae dominant (16,43%) et ceci dans tout les spectres polliniques.

Le genre *Lygeum* est présent tout le long de la coupe de manière beaucoup plus homogène qu'à Sahaouria et avec une fréquence allant jusqu'à 8% (échantillon 21).

C'est également le cas du genre *Plantago* qui évolue de la même manière.

Les pollens de Compositae et d'Amaranthaceae/Chenopodiaceae sont présents dans presque tous les niveaux avec des pourcentages assez importants allant jusqu'à 10%.

Les *Artemisia* sont présentes dans toute la coupe.

Quant au groupe *Alchornea*, *Bombax*, Sapindaceae,... il est présent en faible pourcentage à la base et au sommet de la coupe.

Concernant ces deux coupes, les pollens semblent être en accord avec les corrélations basées sur la lithologie, mais il serait hasardeux d'essayer d'aller plus loin.

# **MICROFLORE**

La microflore livrée par les sédiments des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter révèle un mélange de taxons dont les représentants actuels sont soumis à des exigences thermiques et phytogéographiques différentes.

Il est intéressant de noter la présence dans le même spectre pollinique des éléments vivants actuellement dans les régions européennes (*Quercus*, *Castanea*, *Fagus*, *Carpinus*,...) ou américano-asiatiques (*Cathaya*, *Taxodiaceae*, *Nyssa*, *Juglandaceae*, *Hamamelidaceae*,...) et d'autres dans les régions soumises à un climat de type sub-tropical à tropical (*Bombax*, *Alchornea*, *Sapindaceae*, *Sapotaceae*, *Combretaceae*, *Icacinaceae*,...).

Les éléments dont les représentants actuels se développent dans les régions méditerranéennes ont été également inventoriés (*Olea*, *Cistus*, *Quercus* cf. *ilex-coccifera*,...) en association avec des taxons que l'on rencontre dans des régions nettement méridionales (*Lygeum*, *Neurada*, *Zizyphus* ).

Un certain nombre de taxons rencontrés dans nos analyses, qui, au Messinien, étaient représentés en Méditerranée (Poumot et Suc, 1984 ; Suc et Bessais ; 1990), vivent actuellement dans les régions de basses latitudes : *Bombax*, *Palmae*, *Icacinaceae*, *Alchornea*, *Combretaceae*, *Sapotaceae*, *Symplocos*,....

Seul représentant de la famille des *Symplocaceae*, le genre *Symplocos* (Pl. II, Fig. 1) occupe actuellement deux aires de répartition totalement disjointes (Aubréville, 1976), une aire américaine

(est des USA, Amérique Centrale, Antilles, nord de l'Amérique du Sud) et une aire asiatique (Asie du Sud-Est et Malaisie). Absent des régions méditerranéenne et européenne actuelles, ce genre a été retrouvé dans les sédiments néogènes en France, en Espagne (Suc, 1980 ; Bessedik, 1985), en Italie (Suc et Bessais, 1990), en Egypte, dans le delta du Nil (Poumot et Suc, 1984) et au Portugal (Diniz, 1984).

Actuellement le genre *Bombax* ( Pl. II, Fig. 2) se développe dans les régions chaudes et humides d'Asie (Inde, sud de la Chine, Archipel malais) et d'Afrique où il est représenté par deux seules espèces : l'une dans la savane d'Afrique occidentale, le long des cours d'eau et l'autre en forêt dense et humide guinéo-congolaise (Aubréville, 1974 et 1976). D'après A. Aubréville (1976), ce genre est laurasien d'origine indo - malésienne. Il a été reconnu dans les sédiments paléogènes du Bassin de Paris (Châteauneuf, 1980) ainsi que dans les sédiments néogènes de la Méditerranée nord-occidentale (Bessedik, 1981, 1985 ; Combourieu Nebout, 1987) et sud-orientale (Poumot et Suc, 1984). Les restes fossiles tertiaires de *Bombacoxylon* trouvés en Europe et en Afrique (Louvet, 1973) présentent une étroite affinité avec le genre actuellement africain *Bombax* (Aubréville, 1976).

Les familles des Sapotaceae (Pl. III, Fig. 1 ) et des Icacinaceae se rencontrent dans les régions actuellement pantropicales d'Amérique, d'Afrique, et d'Asie s'étendant jusqu'en Océanie (Aubréville, 1974 et 1976 ; Loberau-Callen, 1972). En ce qui concerne les Icacinaceae, les pollens rencontrés dans la coupe de Sahaouria et de Chabet Bou Seter sont triporés et échinulés. Dans ses travaux, Loberau-Callen (1972) esquisse la répartition actuelle des Icacinaceae tout en indiquant celle

des morphotypes. Les pollens triporés et échinulés semblent largement répandus en Afrique, en Asie et en Océanie ( Pl. III, Fig. 2). Au Tertiaire, les pollens appartenant aux Sapotaceae et aux Icacinaceae ont été enregistrés dans les dépôts paléogènes du Bassin de Paris (Châteauneuf, 1980), miocènes des régions catalanes espagnoles et du Midi de la France (Bessedik, 1985). Notons que les pollens de Sapotaceae se rencontrent également dans les dépôts miocènes à pléistocènes d'Italie (Combourieu-Nebout, 1987 ; Bertolani-Marchetti et Mariotti-Lippi, 1989 ; Suc et Bessais, 1990), du Portugal (Diniz, 1984) et de Catalogne (Bessais et Cravatte, 1988).

La présence de fragments de grains de pollen d'*Avicennia* cf. *marina* dans les coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter (hors comptage) et dans le sondage Habibas (Suc, Inédit) prouve l'existence d'une mangrove que l'on retrouve à la même période en Sicile (Suc et Bessais, 1990). Ce type de mangrove appauvrie se rencontre actuellement aux extrêmes limites septentrionales et méridionales de l'aire des mangroves à l'échelle du globe : mer Rouge, Golfe Persique, ... (Bessedik, 1981).

De nombreux taxons trouvés dans nos sédiments ont actuellement une répartition asiatique (*Distylium*, *Engelhardtia*, *Cathaya* ) ou asiatico - américaine (*Microtropis*, *Nyssa*, *Carya*, *Juglans*, *Symplocos*, Taxodiaceae).

La répartition actuelle de *Nyssa* (Pl. IV, Fig. 1 ) est réduite à deux petites aires, l'une américaine (sud-est de s USA) et l'autre asiatique

(Chine et Malaisie). Son aire fossile au Tertiaire (Suc, 1980 ; Bessais et Cravatte, 1988) est continue et le genre est bien représentatif de la paléoflore américano-malésienne (Aubréville, 1976). Dans les régions méditerranéennes, le genre est bien représenté au Néogène, aussi bien en France qu'en Espagne (Bessedik, 1985). Il est également signalé au Portugal (Diniz, 1984), en Italie (Combourieu- Nebout, 1987 ; Bessais et Cravatte, 1988 ; Bertolani-Marchetti et Mariotti-Lippi, 1989) et en Egypte (Poumot et Suc, 1984).

Les genres *Cathaya* et *Engelhardtia* sont uniquement asiatiques. Le premier se trouve en Chine pouvant occuper des altitudes assez élevées (Wang, 1961) et le second en Asie du Sud-Est et en Malaisie (Pl. IV, Fig. 2). Le genre *Cathaya* a été retrouvé dans les sédiments tertiaires. Au Néogène, il a été rencontré en Méditerranée nord-occidentale (Suc, 1980 ; Diniz, 1984 ; Bessedik, 1985 ; Combourieu-Nebout, 1987 ; Iskandar, 1988 ; Suc et Bessais, 1990) et méridionale en Tunisie (Tayech, 1984). Quant au genre *Engelhardtia* , il a été signalé jusqu'en Egypte (Poumot et Suc, 1984).

L'aire de répartition du genre *Juglans* (Pl. V, Fig. 1) s'étend depuis l'Asie mineure jusqu'au Japon ; par ailleurs, il occupe une grande partie des USA, des Antilles, de l'Amérique Centrale et du Nord de l'Amérique du Sud (Aubréville, 1974). Le genre *Carya* (Pl. V, Fig. 2), lui, est réduit à deux aires disjointes, l'une aux USA et l'autre au sud de la Chine. La famille des Juglandaceae est intéressante du point de vue phytogéographique ; elle est totalement disjointe de l'Europe et de l'Afrique. Elle semble être l'une des plus représentatives de la flore laurasienne asiatique (Aubréville, 1974 et 1976).

En ce qui concerne les Taxodiaceae, elles sont bien représentées dans les formations végétales chinoises actuelles et américaines (Floride, Californie). Dans les sédiments tertiaires, les pollens appartenant à cette famille se retrouvent dans le Paléogène du Bassin de Paris (Châteauneuf, 1980) et dans le Néogène des régions péri-méditerranéennes (Suc, 1980 ; Diniz, 1984 ; Tayech, 1984 ; Bessedik, 1984, 1985 ; Bessais et Cravatte, 1988 ; Bertolani-Marchetti et Mariotti-Lippi, 1989;...).

Le groupe formé par *Pistacia*, *Olea*, *Zizyphus*, *Cistus*, *Lygeum*,... est caractéristique de la région méditerranéenne actuelle. Cependant les genres *Pistacia* et *Zizyphus* peuvent se localiser en Amérique dans les régions de basses latitudes et dans l'archipel Indo-malais. La présence du genre *Pistacia* a été signalée dans les sédiments néogènes en Méditerranée Nord-Occidentale (Suc, 1972 ; Diniz, 1984 ; Bessedik, 1985 ; Bessais et Cravatte, 1988). Il faut noter que les genres *Lygeum* et *Zizyphus* occupent des aires phytogéographiques nettement méridionales par rapport à celles des autres taxons appartenant à ce groupe. Ce "couple" a déjà été signalé en Catalogne méridionale au Miocène (Bessais et Cravatte, 1988). Le genre *Lygeum* a été également rencontré au Messinien de Sicile (Suc et Bessais, 1990).

Certains taxons que l'on trouve actuellement dans nos régions étaient déjà présents au Messinien (*Quercus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Celtis*, *Castanea*,...).

L'aire de répartition générale du genre *Ulmus* (Pl. VI, Fig. 1) couvre massivement l'est de l'Amérique du Nord et encore plus massivement

l'Europe et une grande partie de l'Asie (Aubréville, 1976). Le genre *Celtis* (Pl. VI, Fig. 2) prolonge vers le Sud l'aire du genre *Ulmus* (Aubréville, 1976). Au niveau de la Méditerranée Nord-Occidentale la famille des Ulmaceae aussi bien au Paléogène (Châteauneuf, 1980) qu'au Néogène (Suc, 1972 et 1980 ; Diniz, 1984 ; Bessedik, 1985 ; Combourieu-Nebout, 1987 ; Iskandar, 1988 ;...) est bien représentée.

La famille des Fagaceae est considérée comme la plus représentative des régions de hautes et moyennes latitudes de l'hémisphère boréal (Aubréville, 1974 et 1976). Le plus important des Fagaceae (300 espèces), le genre *Quercus* (Pl. VII, Fig. 1) est répandu sur tous les continents. *Quercus* vit généralement dans les forêts des régions de hautes et moyennes latitudes mais sa répartition va jusqu'aux régions de basses latitudes en Amérique et en Asie du Sud-Est (Aubréville, 1974). Le genre *Fagus* (Pl. VII, Fig. 2) est dispersé dans le monde en plusieurs aires. Son aire est principalement asiatique, avec quelques espèces européennes et nord-américaines (Aubréville, 1974). Dans les sédiments tertiaires, les témoignages polliniques des genres *Fagus* et *Quercus* semblent avoir une large répartition aussi bien en Méditerranée occidentale (Suc, 1980 ; Diniz, 1984 ; Iskandar, 1988 ; Bessais et Cravatte, 1988 ; Bertolani-Marchetti et Mariotti-Lippi, 1989) qu'en Méditerranée orientale (Poumot et Suc, 1984 ; Horowitz et Gat, 1984).

En ce qui concerne les Abietaceae, le genre *Pinus* a une signification écologique des plus vagues et ne peut être d'aucun secours lors d'une reconstitution.

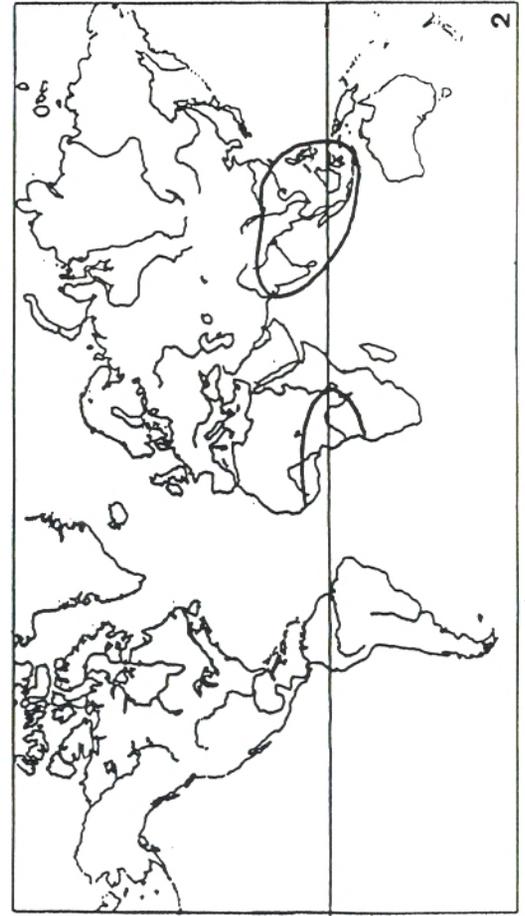
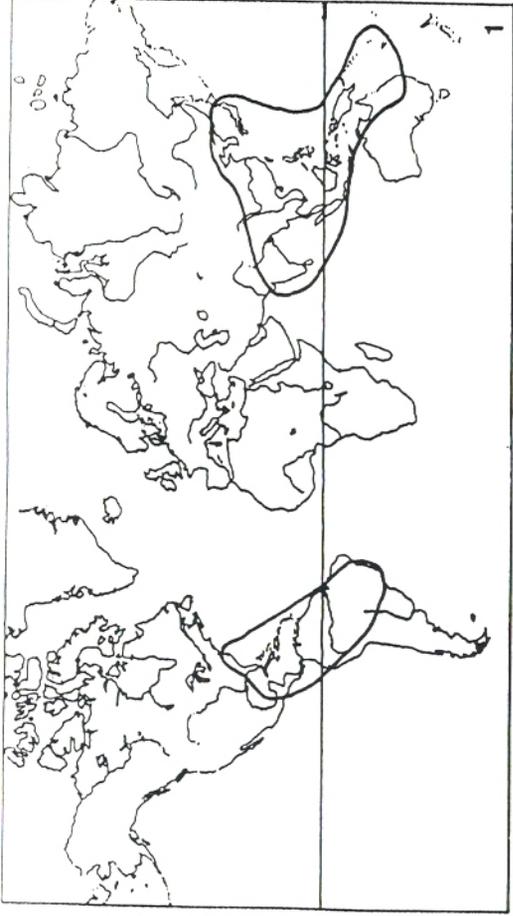
Comme nous l'avons vu précédemment, la microflore messinienne du bassin du Chélif peut se partager en différents groupes dont la répartition actuelle est américaine, méditerranéenne et européenne, asiatique et enfin pantropicale.

## PLANCHE II

Distribution géographique actuelle des taxons

Fig 1 : *Symplocos* (Aubréville, 1976)

Fig 2 : *Bombax* (Aubréville, 1976)

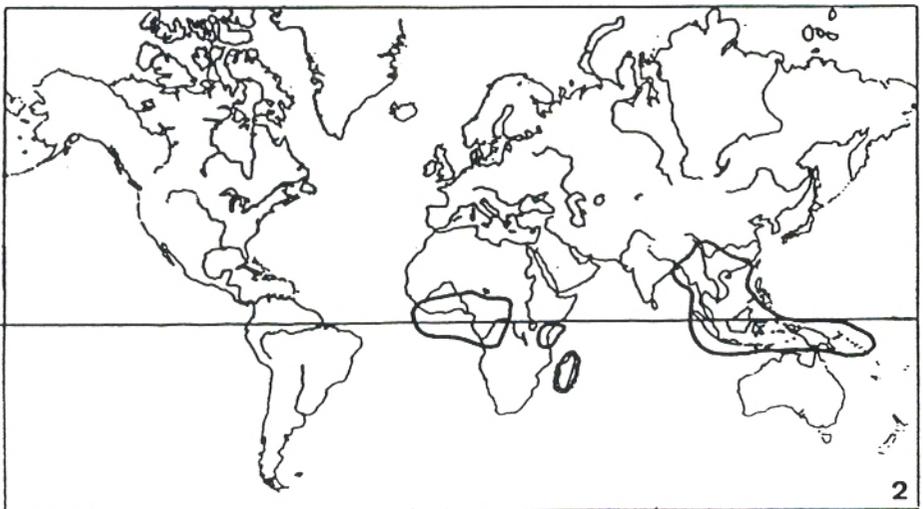
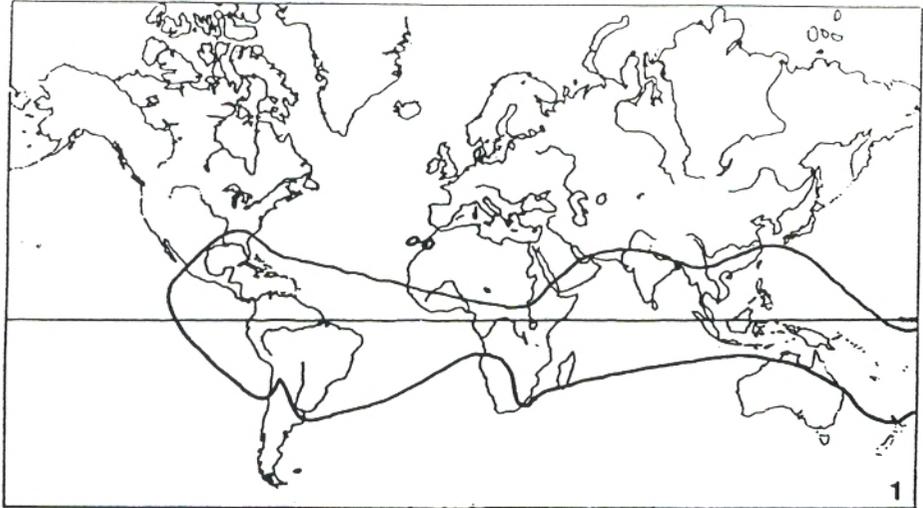


### **PLANCHE III**

Distribution géographique actuelle des taxons

Fig 1 : Sapotaceae (Aubréville, 1974)

Fig 2 : Icacinaceae (Lobreau-Callen, 1972 b)

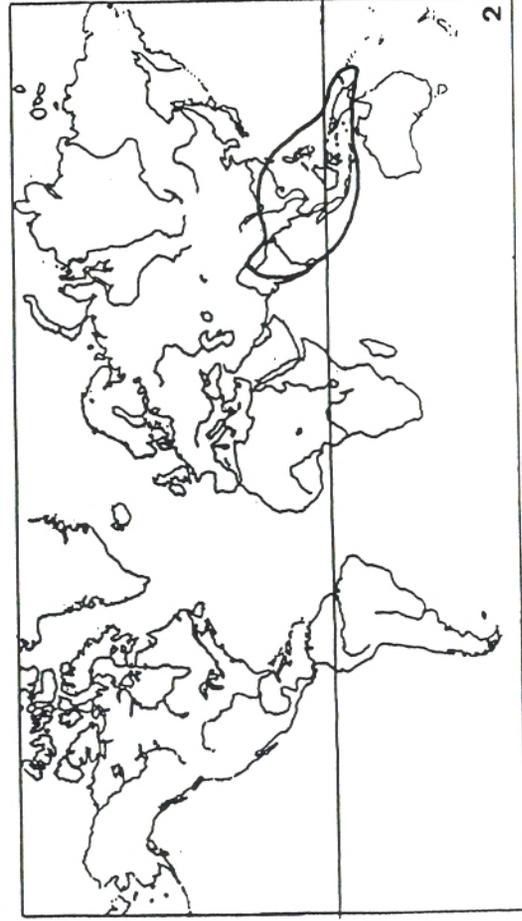
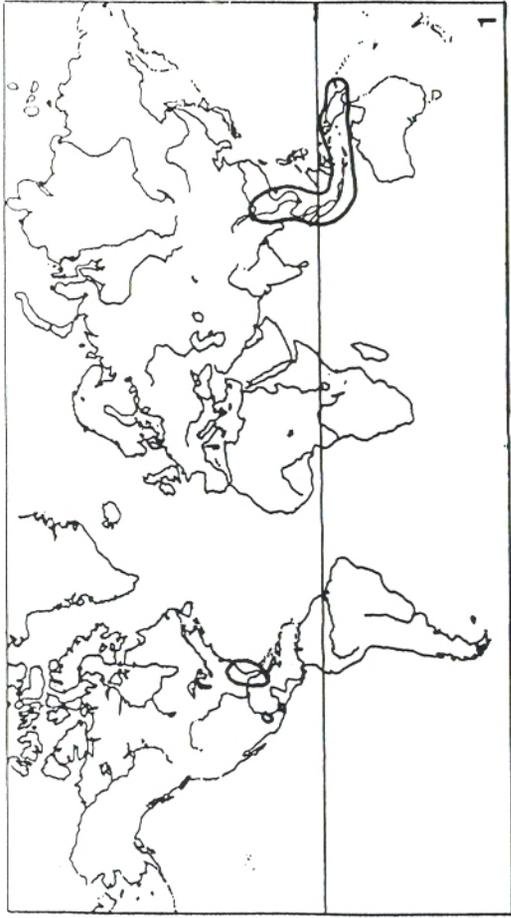


## PLANCHE IV

Distribution géographique actuelle des taxons

Fig 1 : *Nyssa* (Aubrèville, 1976)

Fig 2 : *Engelhardtia* (Aubrèville, 1974)

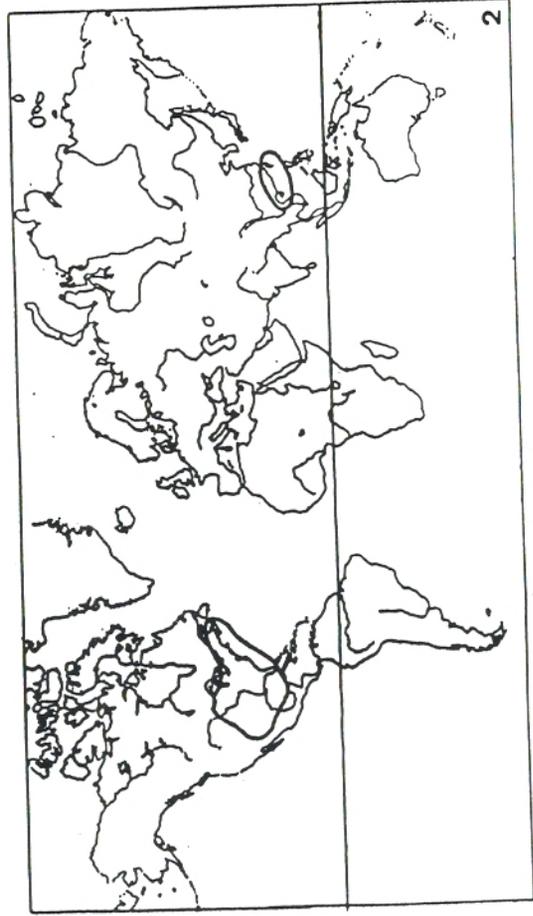
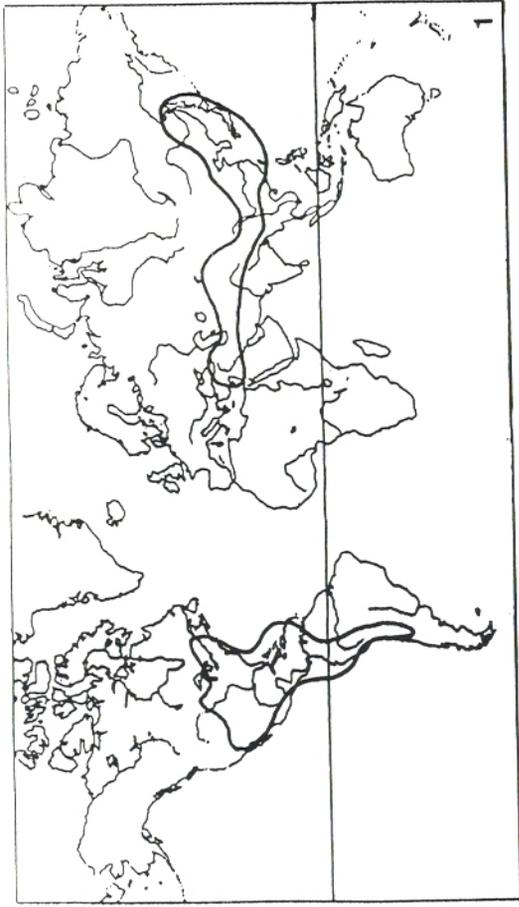


## PLANCHE V

Distribution géographique actuelle des taxons

Fig 1 : *Juglans* (Aubréville, 1974)

Fig 2 : *Carya* (Aubréville, 1976)

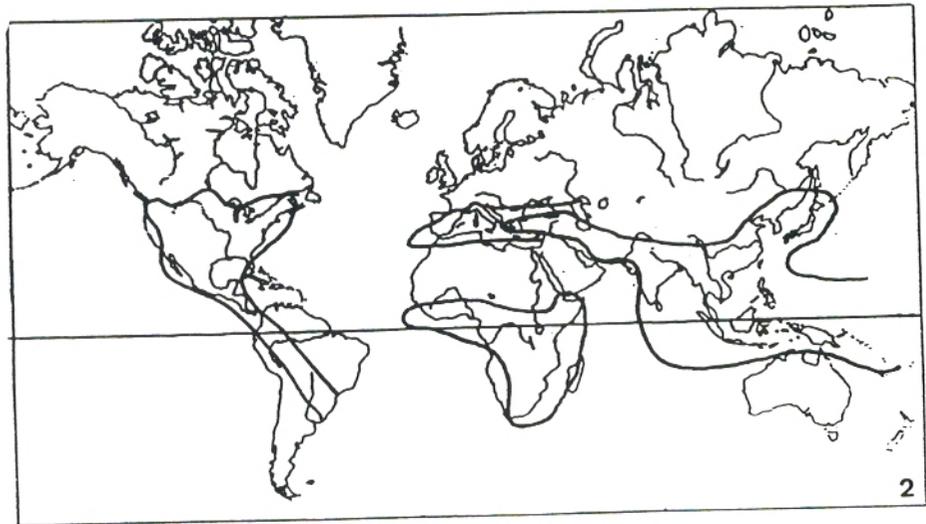
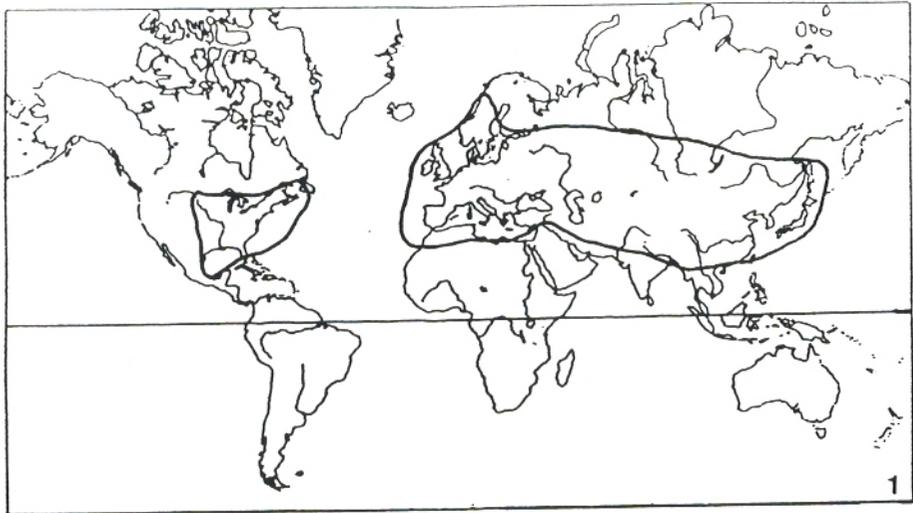


## PLANCHE VI

Distribution géographique actuelle des taxons

Fig 1 : *Ulmus* (Aubrèville, 1976)

Fig 2 : *Celtis* (Aubrèville, 1976)

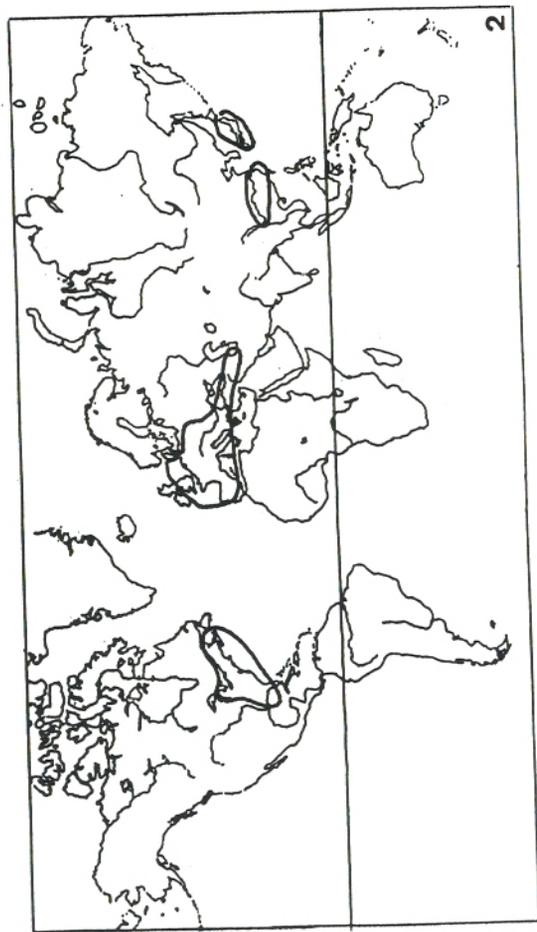
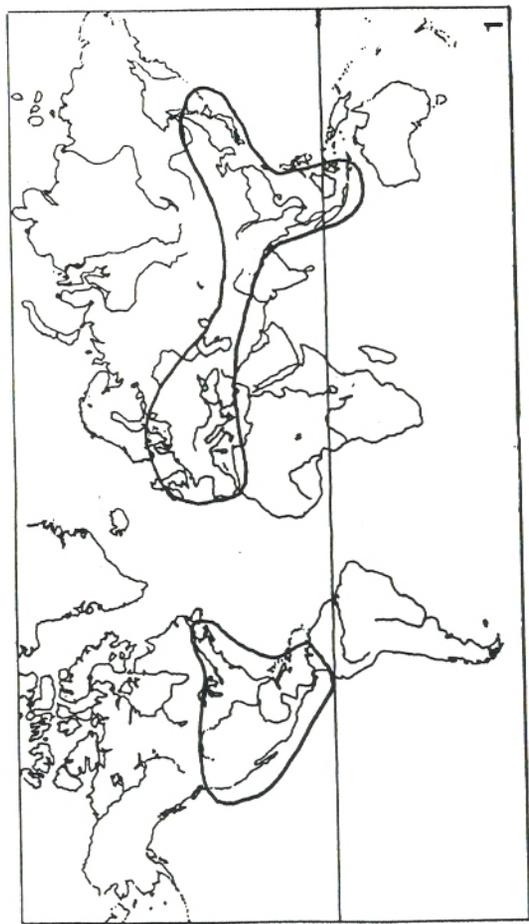


## PLANCHE VII

Distribution géographique actuelle des taxons

Fig 1 : *Quercus* (Aubrèville, 1976)

Fig 2 : *Fagus* (Aubrèville, 1974)



## **VEGETATION**

Comme nous l'avons déjà vu précédemment, la paléoflore ne représente qu'une image souvent déformée de la végétation initiale à cause des différents facteurs de distorsion (variabilité dans la production pollinique, le mode de dissémination : entomogame ou anémogame, l'aptitude des grains au transport et enfin la conservation différentielle des grains de pollen).

Cependant, l'analyse pollinique permet tout de même une approche d'ensemble de la végétation.

L'organisation générale de la végétation est modulée par la latitude et l'altitude, l'orientation des versants, l'ensoleillement, les courants atmosphériques, la proximité des cours d'eau et la nature du sol.

Dans le chapitre précédent, nous avons vu que la microflore messinienne comportait des éléments qui appartiennent aujourd'hui à diverses régions phytogéographiques. Cette diversité floristique rend extrêmement difficile la recherche d'un modèle phytogéographique et climatique actuel pour la reconstitution des environnements et des groupements phytosociologiques messiniens du bassin du Chéelif.

Il est évident qu'aucune région actuelle du globe ne peut servir à elle seule à la reconstitution des paysages méditerranéens au Messinien. Néanmoins, l'affinité des différents taxons messiniens reconnus avec les groupements phytogéographiques actuels suggère l'analyse des exigences climatiques dans lesquelles vivent actuellement les représentants des taxons rencontrés dans nos sédiments (Asie, Iles Canaries, mer Rouge : Kassas, 1956 et 1957 ; Wang, 1961 ; Kunkel, 1971 ; Bramwell, 1976 ; Assadollah *et al.*, 1982).

Les exigences climatiques contradictoires des taxons d'un même spectre nécessitent une recherche méthodologique appropriée.

En effet, nous ne considérons que les éléments dont les exigences écologique et climatique sont connues. Ces éléments deviennent par conséquent des taxons indicateurs pour la reconstitution des paléovégétations.

La présence de *Zizyphus*, *Lygeum*, *Neurada*, *Bombax*, *Alchornea*, *Phyllanthus*, Sapindaceae,... dans les sédiments messiniens du bassin du Chélif permet de les considérer comme éléments guides dans cette reconstitution.

Il ressort de cette analyse que les éléments dont les exigences hygrométriques et thermiques sont contradictoires deviennent les éléments principaux dans toute reconstitution.

La reconstitution des paysages messiniens du bassin du Chélif tiendra compte des modèles des formations végétales chinoises actuelles ainsi que celle des Iles Canaries en ce qui concerne la flore. L'exemple de la mer Rouge sera choisie pour sa végétation et pour ses écosystèmes margino-littoraux.

### **Légende de la figure 8**

3 : marne

2 : calcaire argileux

1 : diatomite

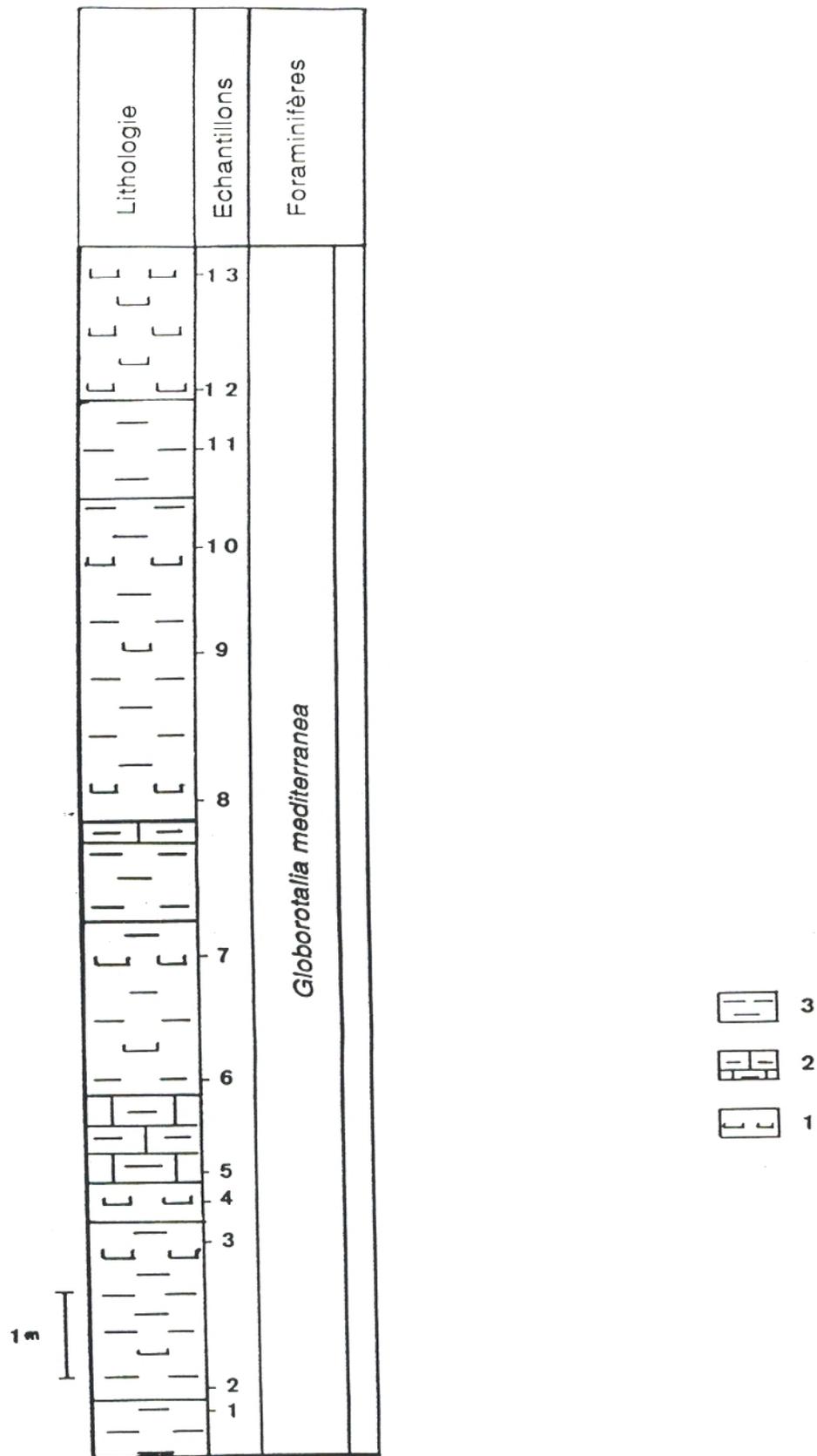


Fig.8 : Coupe de Chabet Bou Seter  
Lithologie, emplacement des échantillons et biostratigraphie

## B - COUPE DE SAHAOURIA

Cette coupe de 250 mètres d'épaisseur est située à 8 km au nord-est de Mouhammadia en bordure nord des Beni-Chougrane dans la plaine de la Habra (Fig. 2). Elle est levée le long de l'Oued Sidi Salem.

De la base au sommet on y observe (Fig. 9) :

- des marnes bleues à *Pecten*, petits Lamellibranches, Polypiers isolés, devenant sableux au sommet. Elles ont livré les espèces *Neogloboquadrina humerosa* et *Neogloboquadrina dutertrei* (N17 de Blow) ;
- une formation carbonatée qui comprend à sa base un calcaire bioclastique à *Pecten* et Mélobésiées ;
- un ensemble marno-calcaire qui a subi une tectonique synsédimentaire et un calcaire gris à *Pecten* avec des terriers ;
- une importante série marneuse (125 m d'épaisseur) avec des intercalations calcaires, qui montre respectivement à 20 et à 80 m au dessus de sa base un niveau conglomératique à Brachiopodes, *Pecten*, algues, Bryozoaires et un niveau à silex. Au sommet de cette formation les intercalations calcaires sont remplacées par des intercalations d'argiles finement laminées. Les premières traces de diatomites apparaissent au milieu de cette partie de la coupe. Notons que les quinze premiers mètres ont livré l'espèce *Globorotalia mediterranea*, marqueur du Messinien ;

### **Légende de la figure 9**

9 : laminite

8 : marne

7 : calcaire argileux

6 : diatomite

5 : marne sableuse

4 : bioclaste

3 : conglomérat

2 : niveau à silex

1 : polypier isolé

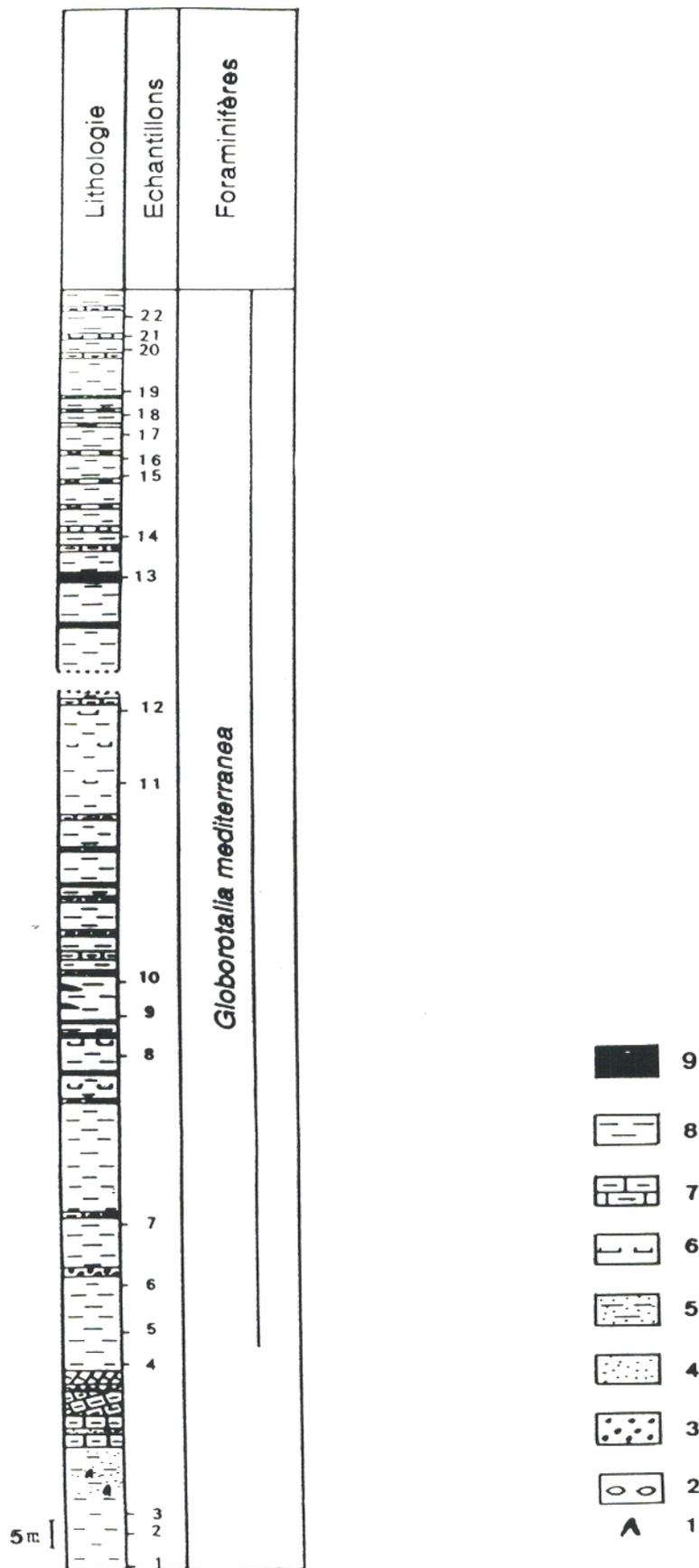


Fig.9 : Coupe de Sahaouria  
Lithologie, emplacement des échantillons et biostratigraphie

- une formation diatomitique qui, comme à Chabet Bou Seter, montre la répétition de séquences constituées de termes calcaires, marneux et diatomitique ; certains niveaux sont riches en coquilles (Lamellibranches, Gastéropodes, Turitelles) ; légèrement sableuse la partie sommitale de ce niveau présente des traces de gypse ;
- la dalle de gypse affleure au sommet de cette formation.

## **METHODOLOGIE**

## I - INTRODUCTION

Le processus de fossilisation affecte différenciellement les restes animaux et végétaux. Ces derniers représentés par des tiges, des graines ou des empreintes de feuilles sont rarement conservés et ne se retrouvent vraiment que dans des milieux particuliers (lacustres, palustres). Exception est faite pour certains végétaux microscopiques (spores et pollens). Par rapport aux macrorestes végétaux, la quantité de grains de pollen trouvée dans les sédiments reste assez importante pour plusieurs raisons essentielles :

- leur petite taille qui varie entre 5 et 180  $\mu\text{m}$  ;
- leur enveloppe (l'exine) est généralement très résistante ;
- leur faculté de dispersion.

Si les grains de pollen sont assez fréquents dans les milieux marins et continentaux, ils restent néanmoins soumis à des conditions particulières de conservation (un grain de pollen ne peut rester trop longtemps à l'air libre à cause de l'oxydation). Cette fréquence des grains de pollen dans les différents milieux de sédimentation confère à l'analyse pollinique un intérêt tout à fait particulier.

L'analyse pollinique des séries sédimentaires bien datées d'une région donnée doit aboutir à l'établissement d'un inventaire le plus complet possible de la paléoflore puis permettre de procéder à son analyse phytosociologique.

Il est vrai que cette paléoflore ne représente qu'une image souvent déformée de la végétation initiale à cause des différents facteurs de distorsion dont les plus importants sont :

- la production pollinique quantitativement variable selon les taxons ;
- le mode de dissémination : entomogame (par l'intermédiaire des animaux et principalement des insectes) et anémogame (par l'intermédiaire des vents, ce qui est le cas pour la majorité des végétaux) ;
- l'aptitude des grains au transport par le vent ou par l'eau ; il est connu que les grains de pollen de Pinaceae sont parmi les plus facilement transportés du fait de leur structure (pollen à ballonnets); d'autres, plus lourds, comme ceux appartenant au genre *Cistus* ont tendance à se rencontrer presque *in situ* (Heusser, 1988) ;
- la conservation différentielle des grains de pollen ; la résistance de l'exine dépend de sa richesse en sporopollénine.

## II - TECHNIQUES DE L'ANALYSE PALYNOLOGIQUE

### 1 - ECHANTILLONNAGE

Toutes les roches contenant de la matière organique sont susceptibles de fournir du matériel palynologique. Les palynoflores sont souvent associées à des sédiments fins (silts argileux, argiles, marnes). Le travail consiste à lever une coupe lithologique détaillée, puis procéder à un échantillonnage systématique des dépôts susceptibles de fournir des grains de pollen.

Le prélèvement est effectué après rafraîchissement du sédiment afin d'éviter toute contamination par ruissellement, infiltration ou percolation.

Dans cette méthodologie, le positionnement précis des échantillons sur la coupe ainsi que la numérotation et l'étiquetage sont essentiels.

## 2 - TRAITEMENT

Le traitement des sédiments est exécuté selon des méthodes classiques (Erdtman, 1943) mais qui sont en constante amélioration (Guillet et Planchais, 1969 ; Cour, 1974 ; Vernal *et al.*, 1983) :

- dans le cas où l'échantillon est humide, il doit être séché par un passage à l'étuve ;
- 20 à 30 g de sédiment sont prélevés au coeur de l'échantillon ;
- HCl 20% à froid pendant au moins 4 heures, pour décalcifier les échantillons ;
- HF 70% à froid pendant 12 heures, pour détruire les particules siliceuses et transformer la silice insoluble en fluorosilicates solubles ;
- HCl 50% à chaud pendant 4 heures, pour favoriser la dissolution des fluorosilicates présent sous forme de gel ;
- solution de Lüber (100 cc de  $\text{NH}_3$  50% + 5 gouttes d'HCl pur) pour éclaircir les restes organiques et éliminer les acides humiques ;
- l'héxamétaphosphate de sodium à pH = 7 (122,4 g/l) pour déferrifier, décationiser et disperser les particules ;
- la solution de  $\text{ZnCl}_2$  de densité 2 permet le tri densimétrique ; les grains de pollen restant en suspension sont récupérés et rincés avec de l'HCl à 20% ;
- la solution KOH 10% au bain-marie pendant 10 mn permet une meilleure défloculation des particules organiques et minérales.

Chaque opération est suivie de plusieurs lavages à l'eau distillée et de centrifugation à 2000 tours/minute pendant 10 minutes sauf après le chlorure de zinc où la centrifugation se fait à 1000 tours/minute pendant 5 minutes.

- Tamisage aux ultra-sons et passage à l'eau glycinée à 30% pour éviter la dessiccation du culot ;
- séchage du culot 2 à 3 heures ;
- le culot sec est dilué 5 à 10 fois son volume dans de la glycérine phénolée puis mesuré à l'aide d'une micropipette ;
- 50  $\mu$ l de culot sont montés entre lame et lamelle après homogénéisation du culot ; le lutage se fait à l'aide de l'histolaque.

La méthode de montage dans la glycérine phénolée permet la mobilité des grains de pollen entre lame et lamelle. Aussi facilite-t-elle l'observation de leurs caractères morphologiques.

### 3 - ANALYSE ET COMPTAGE

L'opération de lutage a pour conséquence l'étalement des grains de pollen, car ceux de petite taille ont tendance à migrer vers la périphérie de la lame.

De ce fait, et dans un souci de fiabilité de l'analyse, le choix et la position des lignes balayées tient compte de ces facultés différentielles d'étalement des grains de pollen lors de la mise en place par pression de la lamelle (Cour,1974).

L'analyse des grains de pollen est effectuée avec l'objectif 16, essentiellement pour le repérage. La détermination se fait à l'aide de l'objectif 100 à immersion.

L'analyse de chaque lame est arrêtée lorsque les balayages successifs ne font apparaître aucun taxon nouveau.

L'enregistrement des taxons sur la feuille de comptage s'effectue selon leur ordre d'apparition.

#### 4 - SPECTRES ET DIAGRAMMES POLLINIQUES

##### A - SPECTRES POLLINIQUES

Le spectre pollinique d'un niveau constitue un inventaire qualitatif et quantitatif. La représentation des taxons est calculée en fréquence relative.

- Pour les grains de pollen, le pourcentage est calculé sur une somme de base qui comprend tous les pollens rencontrés.
- Le pourcentage des spores est calculé sur la même base augmentée des spores.
- Le pourcentage des kystes du microplancton est calculé sur une base incluant tous les palynomorphes (pollens + spores + kystes).

##### B - DIAGRAMMES POLLINIQUES

Le diagramme détaillé intègre tous les spectres polliniques d'une coupe. Le classement des taxons tient compte des exigences thermiques (climatiques) de leurs représentants actuels.

La visualisation en diagramme synthétique des résultats polliniques s'opère après regroupement des taxons selon leur exigences phytosociologiques et en fonction de la signification climatique qu'on leur attribue.

## DIAGRAMME SYNTHETIQUE : LEGENDE



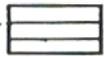
Mégathermes



Méga-mésothermes



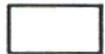
*Cathaya*



Mésothermes



*Pinus* et *Abietaceae*  
indéterminables



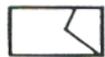
Sans signification



Xérophytes  
méditerranéennes



Herbacées



Steppiques

## 5 - CONCENTRATION DU SEDIMENT

La concentration du sédiment en grains de pollen a été calculée pour chaque échantillon selon la méthode de P. Cour (1974), qui prend en compte les paramètres suivants :

n : nombre de grains de pollen comptés,

m : masse de sédiment sec traité,

V : volume total du culot,

v : volume du culot déposé sur la lame,

L : largeur utile de la lame,

l : largeur de la lamelle analysée.

La fraction du culot analysée f (toujours supérieure à 0,1%) se calcule comme suit :  $f(\%) = v / V * l / L * 100$ .

La concentration, c'est-à-dire le nombre de pollens par gramme de sédiment s'obtient ainsi :  $r = n * 100 / f * m$ .

Le calcul de la concentration du sédiment en grains de pollen nous renseigne sur la signification des résultats obtenus c'est-à-dire :

- sur le degré de représentativité d'une analyse,
- sur les variations des fréquences relatives (davantage en relation avec la nature du sédiment).

### III - METHODES DE DETERMINATION

Dans la nomenclature palynologique deux méthodes de détermination sont usitées :

- la méthode morphographique qui comprend deux tendances (sens strict et sens large) ;
- la méthode botanique.

#### 1 - DETERMINATION MORPHOGRAPHIQUE

Dans ce type de détermination, le pollen a une nomenclature binomiale (apparence de système linnéen) ; le polymorphe étudié est considéré comme une entité morphologique et non comme un organe végétal. Cette classification est utilisée en stratigraphie et surtout par les pétroliers.

Il existe deux tendances dans ce type de détermination (Suc & Bessedik, 1981) :

- dans le premier cas, il n'y a aucun rapprochement avec le monde végétal vivant, c'est purement descriptif (*Scabraticolpites circulus*, E. Roche et M. Schuler, 1976) ;
- dans le deuxième cas, il est tenu compte de la ressemblance du pollen étudié avec des types polliniques actuels, le premier terme du binome évoque alors le nom du genre actuel, le second est en rapport avec une localité, une époque ou un auteur (*Restiovoipollis parisiensis* , W. Krutzsch, 1970).

Il est évident que pour des périodes anciennes où un certain nombre de taxons n'ont pas de représentant(s) dans la flore actuelle, la classification morphologique apparaît la seule possible et intéressante dans le fait qu'elle soit une taxinomie d'attente (jusqu'à ce qu'une affinité botanique, quand elle existe, soit trouvée).

En ce qui concerne les périodes récentes, cette classification apparaît inadéquate. L'utilisation de la classification botanique s'impose.

## 2 - DETERMINATION BOTANIQUE

Celle-ci, quant à elle, consiste à rapprocher les grains de pollen fossiles aux taxons actuels . Elle fournit des renseignements paléo-floristiques, écologiques et climatiques.

Cette classification, généralement utilisée au Quaternaire (Zagwin, 1960 ; Pons, 1964 ; Suc, 1980 ; Combourieu-Nebout, 1987), a été expérimentée au Tertiaire.

De nombreuses études palynologiques réalisées ces dernières années ont montré qu'au Néogène la quasi-totalité des genres actuels étaient déjà représentés (Suc, 1980 ; Diniz, 1984 ; Suc et Bessedik, 1981 ; Bessedik, 1985 ; Zheng, 1986; Combourieu-Nebout, 1987 ; ...). De ce fait nous n'hésiterons pas à appliquer cette méthode de détermination pour le Miocène supérieur.

**CARACTERES GENERAUX DES GRAINS DE**  
**POLLEN**

Les grains de pollen constituent les éléments mâles dans la reproduction des plantes à graines (végétaux supérieurs).

Ils sont produits par les anthères chez les Angiospermes et par les microsporangies chez les Gymnospermes.

Leur taille est variable ; elle peut aller de 5 à 180  $\mu\text{m}$ .

Les pollens des Dicotylédones sont caractérisés par une symétrie axiale, tandis que ceux des Gymnospermes et des Monocotylédones leur symétrie est bilatérale.

La paroi des grains de pollen est composée de deux couches plus ou moins distinguables :

- une couche interne appelée intine composée de cellulose et qui n'est pas fossilisée ;
- une couche externe appelée exine composée de sporopollénine et qui, elle, est fossilisée.

### I - STRUCTURE DE L'EXINE

La structure particulière des grains de pollen a nécessité une terminologie assez riche qui a peu varié depuis les années 1950 (Pl. I, Fig. 1).

Les auteurs (Erdtman, 1952 ; Van Campo *et al.*, 1967 ;...) s'accordent à distinguer deux couches : l'endexine et l'ectexine.

La nomenclature utilisée dans ce travail est celle proposée par M. Van Campo *et al.* (1967) ( Pl. I, Fig. 2 ), qui note de l'extérieur vers l'intérieur, une ectexine constituée d'un tectum, d'une couche columellaire et d'une sole (foot layer) ; tandis que l'endexine offre généralement un aspect compact ; néanmoins elle peut être lamellaire ou granulaire.

## II - SCULPTURE DE L'EXINE

Généralement, les éléments sculpturaux sont portés par l'exine au niveau du tectum dont les motifs peuvent être plus ou moins saillants ou rentrants. Ces éléments peuvent être classés en quatre groupes :

- le premier groupe comporte des éléments extrêmement fins de type lisse qui peuvent évoluer vers le type bacculé, clavé ou échinulé en passant par une exine scabre, verruqueuse ou gemmulée,
- le deuxième groupe est caractérisé par une exine à éléments souvent allongés : rugulés ou striés,
- le troisième groupe réunit des éléments sculpturaux essentiellement rentrants : exine fovéolée, perforée, fossulée ou canalisée,
- le quatrième groupe caractérise l'exine par un réticule formé de mailles et de murs.

Cette diversité sculpturale offre d'importants moyens dans la description des types polliniques\* (taxonomiques).

---

type pollinique : regroupe différents taxons éventuellement éloignés qui peuvent avoir une même morphologie.

### III - LES APERTURES

La paroi présente aussi des ouvertures qui servent à l'émission du tube cytoplasmique au moment de la fécondation. Ces ouvertures constituent de bons moyens de classification.

On distingue deux types d'apertures ou "ouvertures" : l'ectoaperture et l'endoaperture dont le nombre et la position varient selon les taxons. Il faut noter que la disposition des apertures est régie par un système de symétrie parfois complexe ( Faegri et Hersen, 1950 ; Erdtman, 1952 ; Van Campo, 1967 ; ...).

D'autres caractères relatifs au système apertural (annulus, costae, verrues, onchus structuré ou non,...) peuvent être également observés.

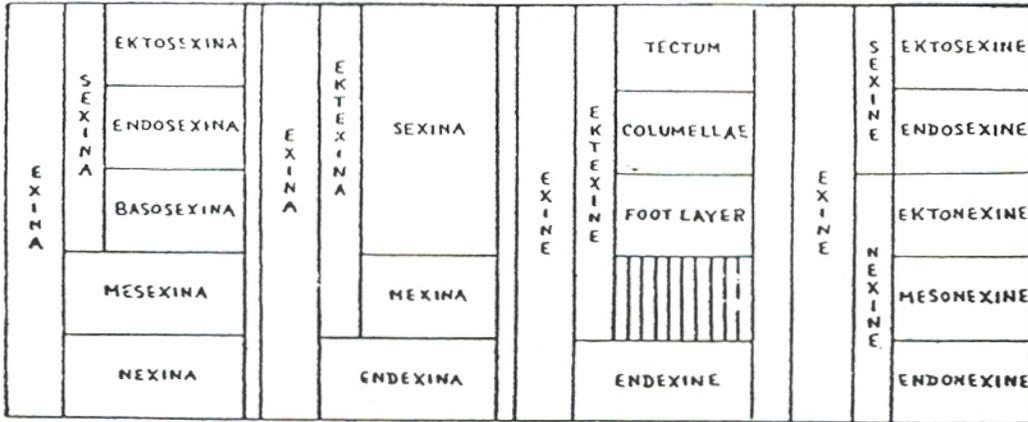
Sur ces critères, quatre groupes de pollen sont distingués :

- inaperturés
- colpés
- porés
- colporés.

## PLANCHE I

Fig 1 : Terminologie appliquée à l'exine par divers auteurs.  
(Van Campo *et al.*, 1966)

Fig 2 : Structure de l'exine. (extrait Van Campo, 1966)



Tomsovic 1960    Kuprijanova 1956    Faegri 1956    Erdtman 1952

Figure 1

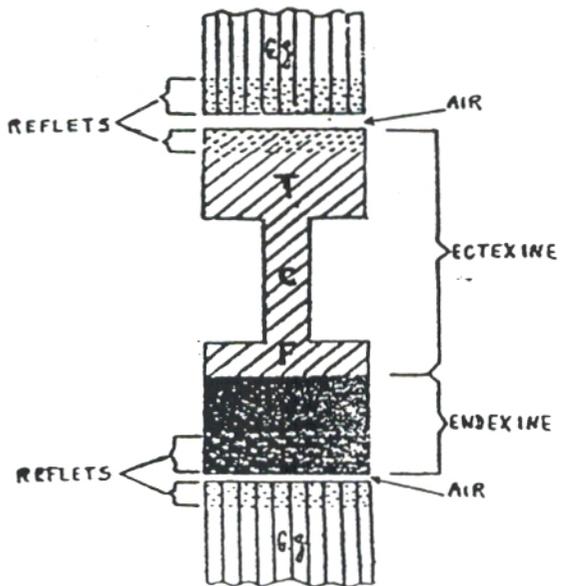


Figure 2

## **DESCRIPTION DE QUELQUES TYPES POLLINIQUES**

Dans ce chapitre nous nous efforcerons de donner une description sommaire de quelques types polliniques. Le choix des taxons se fait d'une part en fonction de leur importance quantitative dans les niveaux analysés et d'autre part en fonction de leur intérêt dans notre problématique.

## I - MEGATHERMES

### Acanthaceae

#### *Cf. Hypoestes / Peristrophe*

Pollen isopolaire, tétracolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, carré en vue polaire (P = 43  $\mu$ m ; E = 22  $\mu$ m).

Les sillons sont difficiles à observer ; l'endoaperture est circulaire.

L'exine est tectée ; au niveau de l'intercolpium, la surface tectale présente des dépressions ; deux étroites bandes méridiennes d'exine perforée divisent l'intercolpium.

Ce pollen a été rencontré dans la coupe de Chabet Bou Seter (échantillon 14).

#### *Cf. Justicia*

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne et triangulaire en vue polaire (P = 50  $\mu$ m ; E = 28  $\mu$ m).

Les sillons sont longs et fins ; l'endoaperture est subcirculaire.

L'exine est tectée ; le tectum est porté par des columelles massives qui sont hautes dans les zones équatoriales et de plus en plus courtes en

allant vers les pôles, ce qui donne une coupe optique méridienne très caractéristique.

Ce pollen a été rencontré dans la coupe de Sahaouria (échantillons 2, 10, 15, 16).

Les genres *Hypoestes*, *Peristrophe* et *Justicia* vivent actuellement dans les régions tropicales.

#### Combretaceae (Pl. XII, Fig. 20 et 21)

Pollen isopolaire, hétérocolpé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, hexalobé en vue polaire (P = 22  $\mu\text{m}$  ; E = 17  $\mu\text{m}$ ).

Trois colpores alternent avec trois pseudocolpus ; le sillon est étroit à bords nets ; le pseudocolpus est large à bords irréguliers ; l'endoaperture est subcirculaire.

L'exine est tectée ; les columelles sont à peine visibles en coupe optique ; l'endexine est mince.

Ce pollen a été rencontré dans les coupes de Sahaouria (échantillon 6) et de Chabet Bou Seter (échantillon 12).

Cette famille vit actuellement dans les régions tropicales.

## Euphorbiaceae

### *Alchornea*

Pollen isopolaire, tricolporé, bréviaxe, légèrement elliptique en vue méridienne, subcirculaire en vue polaire (P = 19  $\mu\text{m}$  ; E = 20  $\mu\text{m}$ ).

Les apertures sont formées de trois colpires allongés et operculés.

L'exine est tectée ; le tectum est épais et les columelles sont fines ; l'endexine est moins épaisse que l'ectexine.

Ce pollen a été rencontré dans les coupes de Sahaouria (échantillons 3, 13) et de Chabet Bou Seter (échantillons 2, 14).

Ce genre vit actuellement dans les régions tropicales.

### *Phyllanthus*

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, trilobé en vue polaire (P = 26  $\mu\text{m}$  ; E = 18  $\mu\text{m}$ ).

Le sillon est étroit ; le pore est elliptique, allongé suivant l'équateur.

L'exine est réticulée, le réseau est à petites mailles irrégulières ; les lumières de ce réseau ont un contour plus ou moins arrondi.

Il faut noter la présence d'une marge très nette au niveau des ectoapertures. Ce pollen a été rencontré dans la coupe de Chabet Bou Seter (échantillon 2).

Ce genre vit actuellement dans les régions tropicales et subtropicales.

Sapindaceae (Pl. XII, Fig. 16 et 17)

Pollen isopolaire, tricolporé, elliptique en vue méridienne, triangulaire en vue polaire (P = 19  $\mu\text{m}$  ; E = 21  $\mu\text{m}$ ).

Le sillon est étroit et court ; l'endoaperture est elliptique dans le sens des pôles ; elle présente une nette interruption locale de l'endexine observable dans le sens équatorial.

L'ectexine est réticulée, présentant un réseau fin à mailles plus ou moins régulières ; l'endexine est mince.

Ce pollen a été rencontré dans les coupes de Sahaouria (échantillons 10, 13) et de Chabet Bou Seter (échantillon 1).

Cette famille vit actuellement dans les régions tropicales.

Icacinaceae (Pl. XII, Fig. 6, 7, 8)

Pollen triporé, subtriangulaire en vue polaire (E = 32  $\mu\text{m}$ ).

Le pore est subcirculaire à bords saillants.

L'exine est échinulée, les épines reposent sur la base de l'ectexine

Ce pollen a été rencontré dans les coupes de Sahaouria (échantillon 2) et de Chabet Bou Seter (échantillons 1, 2, 3).

Cette famille vit actuellement dans les régions tropicales et subtropicales.

## Bombacaceae

### *Bombax*

Pollen isopolaire, tricolporé, bréviaxe, subtriangulaire à angles arrondis en vue polaire, trilobé ( $E = 43 \mu\text{m}$ ).

Le sillon est court.

D'épaisseur variable, l'exine est réticulée; les mailles sont de taille moyenne et régulière au voisinage de l'aperture et au niveau du triangle polaire, mais le réticule est plus fin dans la zone interaperturale.

Ce pollen a été rencontré dans la coupe de Sahaouria (échantillon 2) et hors comptage dans celle de Chabet Bou Seter (échantillon 14).

Ce genre vit actuellement dans les régions tropicales. Proche du genre *Bombax*, il faut signaler l'existence du genre *Bombacopsis* qui vit actuellement en Amérique.

## II - LES MEGA-MESOTHERMES

### Celastraceae

#### *Microtropis fallax*

Pollen isopolaire, tricolporé, elliptique en vue méridienne, subtriangulaire en vue polaire, présentant des replis au niveau des apertures ( $P = 34 \mu\text{m}$  ;  $E = 33 \mu\text{m}$ ).

Le sillon est moyennement large à bords plus ou moins nets ; le pore est subcirculaire.

L'exine est tectée ; l'ectexine est réticulée, le réseau est plus ou moins régulier ; l'endexine est régulière.

Ce pollen a été rencontré dans presque tous les niveaux de la coupe de Chabet Bou Seter et dans quelques-uns dans la coupe de Sahaouria.

Ce genre se trouve en Chine, dans tout le Sud-Est asiatique, au Mexique et en Amérique Centrale.

### Juglandaceae

#### *Engelhardtia* (Pl. XIII, Fig. 4)

Pollen isopolaire, triporé, subtriangulaire en vue polaire (P = 18  $\mu\text{m}$  ; E = 22  $\mu\text{m}$ ).

Les trois pores sont plus ou moins circulaires, étroits et peu profonds.

L'ectexine est légèrement épaissie près des pores ; l'endexine est assez mince.

Ce pollen a été rencontré dans les coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter dans tous les niveaux.

Bien qu'il soit également américain, ce genre est surtout asiatique.

### Myricaceae

#### *Myrica* (Pl. XIII, Fig. 6)

Pollen isopolaire, triporé, bréviaxe, subtriangulaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne (P = 21  $\mu\text{m}$  ; E = 30  $\mu\text{m}$ ).

Les trois pores sont équatoriaux, plus ou moins circulaires, saillants et entourés d'un annulus.

L'exine est tectée ; l'ectexine s'épaissit au niveau des pores ; l'endexine s'arrête au niveau des endoapertures qui présentent des granulations.

Ce pollen a été rencontré dans presque tous les niveaux de la coupe de Chabet Bou Seter et dans quelques un dans la coupe de Sahaouria.

Ce genre est cosmopolite : il se trouve en Afrique du Nord, en Europe (centre et sud-est) et dans le sud-ouest asiatique.

## Nyssaceae

### *Nyssa*

Pollen isopolaire, tricolporé, subtriangulaire en vue polaire avec des replis au niveau de l'aperture, elliptique en vue méridienne (P = 28  $\mu\text{m}$  ; E = 39  $\mu\text{m}$ ).

Le sillon est plus ou moins long à bords flous ; le pore est rond.

L'exine est tectée, le tectum granuleux est soutenu par de petites columelles.

Ce pollen a été rencontré dans presque tous les niveaux de la coupe de Chabet Bou Seter et dans quelque-uns dans la coupe de Sahaouria.

La répartition géographique du genre *Nyssa* est représentée par deux petites aires, l'une américaine dans le sud-est des USA et l'autre du sud de la Chine à la Malaisie (Java, Sumatra, Bornéo).

## Palmae

Pollen plus ou moins isopolaire à symétrie bilatérale, monocolpé, elliptique en vue méridienne, subelliptique en vue polaire ( $P = 31 \mu\text{m}$  ;  $E = 28 \mu\text{m}$ ).

Le sillon est longitudinal s'étendant d'une extrémité à l'autre du grain ; les bords sont flous.

L'exine est tectée ; l'ectexine est reticulée avec un réseau très discontinu; l'endexine est presque absente.

Ce pollen a été rencontré dans presque tous les niveaux de la coupe de Chabet Bou Seter et dans quelques-uns dans la coupe de Sahaouria.

Cette famille vit actuellement dans les régions tropicales et subtropicales.

## Sapotaceae

Pollen isopolaire, tétracolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne, plus ou moins quadrangulaire en vue polaire ( $P = 29 \mu\text{m}$  ;  $E = 21 \mu\text{m}$ ).

Le sillon est long et étroit ; le pore occupe une position médiane par rapport à l'ectoaperture.

L'exine est tectée et microcolumellée avec des perforations minuscules et éparses ; globalement le tectum est lisse à rugulé.

Ce pollen a été rencontré dans plusieurs niveaux dans les coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter.

Cette importante famille, qui compte au moins 128 genres est répandue dans tout le monde tropical, avec une espèce relique au Maroc (*Argania sideroxylon* ).

### III - MESOTHERMES

#### Betulaceae

#### *Alnus* (Pl. XII, Fig. 18 et 19)

Pollen isopolaire, généralement pentaporé, bréviaxe, pentagonal en vue polaire, elliptique en vue méridienne ( $P = 19 \mu\text{m}$  ;  $E = 21 \mu\text{m}$ ).

Les pores sont équatoriaux, plus ou moins elliptiques, saillants, avec un vestibulum, entourés d'un annulus.

L'exine est tectée avec une sculpture presque lisse ; des épaissements arqués joignent les pores.

Ce pollen a été rencontré dans plusieurs niveaux dans les coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter.

Ce genre se retrouve dans l'hémisphère nord tempéré mais aussi dans les Andes et en Indochine.

#### *Betula*

Pollen isopolaire, triporé, bréviaxe, subcirculaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne ( $P = 21 \mu\text{m}$  ;  $E = 25 \mu\text{m}$ ).

Les pores sont équatoriaux, plus ou moins elliptiques à contour irrégulier, très saillants avec un vestibulum et entourés d'un annulus.

L'exine est tectée avec une sculpture scabre.

Ce pollen a été rencontré dans plusieurs niveaux dans les coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter.

Ce genre se retrouve actuellement dans l'hémisphère nord et dans les régions arctiques.

### *Carpinus*

Pollen isopolaire, triporé, subcirculaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne (P = 22  $\mu\text{m}$  ; E = 26  $\mu\text{m}$ ).

Les pores sont équatoriaux, circulaires, modérément saillants et entourés d'un annulus.

L'exine est tectée : le tectum est scabre ; l'endexine est moyennement granuleuse au niveau des pores.

Ce pollen a été rencontré dans plusieurs niveaux dans les coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter.

Les représentants actuels de ce genre habitent les régions de l'hémisphère nord tempéré, principalement l'Asie de l'Est.

### Ericaceae (Pl. XII, Fig. 14 et 15)

Pollen à tétrade calymnée, c'est-à-dire dans laquelle les monades sont liées entre-elles par leur ectexine soudée.

Vue de face, les tétrades sont trilobées. Les dimensions suivantes sont enregistrées au niveau des monades : P = 25  $\mu\text{m}$  et E = 18  $\mu\text{m}$ .

Les apertures sont formées de trois demi-colpores dont les sillons sont allongés et étroits ; les pores sont circulaires.

L'exine est plus ou moins scabre.

Ce pollen a été rencontré dans tous les niveaux de la coupe de Chabet Bou Seter et presque tous ceux de Sahaouria.

Cette famille est cosmopolite et se retrouve en altitude dans les régions tropicales.

## Fagaceae

### *Quercus* (Pl. XIII, Fig. 7 et 8)

Pollen isopolaire, tricolpé, longiaxe, circulaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne ( $P = 30 \mu\text{m}$  ;  $E = 24 \mu\text{m}$ ).

Les sillons sont longs à bord nets.

L'exine est tectée; le tectum est grossièrement verruqueux.

Ce pollen est présent en assez grand nombre dans tous les niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter.

Ce genre, le plus important des Fagaceae, comporte des espèces vivant dans les régions extratropicales, septentrionales. Il faut noter qu'il existe des forêts de Chênes tropicaux jusqu'au nord de la Colombie et en Asie. Par ailleurs, l'aire du genre forme une poche profonde entourant le sud de la Chine, l'Indochine, la Birmanie et une partie de l'archipel malais (Aubréville, 1974).

### *Fagus*

Pollen isopolaire, tricolporé, légèrement équiaxe, circulaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne ( $P = 45 \mu\text{m}$  ;  $E = 44 \mu\text{m}$ ).

Le sillon est assez long, étroit et à bords nets ; le pore est plus ou moins elliptique à contour flou.

L'exine est tectée ; les bacules sont longs et aussi nettes en L.O. analyse qu'en coupe optique.

Ce pollen a été rencontré dans plusieurs niveaux de la coupe de Chabet Bou Seter.

Les espèces appartenant à ce genre sont actuellement dispersées dans le monde en plusieurs aires (est de l'Amérique du Nord, Europe, nord du Moyen Orient, Japon, sud de la Chine).

## Juglandaceae

### *Carya*

Pollen hétéropolaire, triporé, nettement bréviaxe, subcirculaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne ( $P = 34 \mu\text{m}$  ;  $E = 47 \mu\text{m}$ ).

Les pores sont plus ou moins circulaires en position subéquatoriale.

L'exine est tectée, l'ectexine est légèrement épaisse près des pores ; l'endexine est mince et granuleuse.

Ce pollen a été rencontré dans plusieurs niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter.

Les représentants de ce genre sont réduits à deux aires disjointes, l'une en Amérique du Nord et l'autre en Chine du Sud.

### *Juglans*

Pollen hétéropolaire, périporé, bréviaxe, plus ou moins circulaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne ( $P = 31 \mu\text{m}$  ;  $E = 40 \mu\text{m}$ ).

Les pores sont situés en zone équatoriale ; certains grains comportent un ou deux pores en zone polaire.

L'exine est tectée ; l'ectexine est légèrement épaisse au niveau des pores avec une endexine granuleuse.

Ce pollen a été rencontré dans la coupe de Chabet Bou Seter (échantillons 1 et 5) et dans quelques niveaux de celle de Sahaouria.

Ce genre s'étend du Moyen-Orient jusqu'en Asie de l'Est d'une part et d'autre part sur une grande partie du continent américain.

### Anacardiaceae

#### *Rhus*

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, elliptique en vue méridienne et subcirculaire en vue polaire (P = 30  $\mu\text{m}$  ; E = 25  $\mu\text{m}$ ).

Le sillon est très long formant un étranglement caractéristique au niveau de l'équateur ; le pore est allongé suivant l'axe équatorial.

L'exine est tectée ; le tectum est nettement strié ; les stries sont plus ou moins anastomosées suivant l'axe polaire.

Ce pollen a été rencontré dans trois niveaux aussi bien dans la coupe de Chabet Bou Seter que dans celle de Sahaouria.

Les représentants de ce genre vivent actuellement dans les régions subtropicales et tempérées chaudes mais il existe quelques espèces au sud de l'Europe et en Amérique du Nord.

### Ulmaceae

#### *Ulmus*

Pollen hétéropolaire, pentaporé, bréviaxe, pentagonal en vue polaire et subelliptique en vue méridienne (P = 30  $\mu\text{m}$  ; E = 35  $\mu\text{m}$ ).

Plus ou moins saillants, les pores sont équatoriaux, à contour elliptique et allongés suivant l'axe polaire.

L'exine est tectée ; le tectum est scabre, nettement ondulé et portant des crêtes courtes et larges donnant en surface un aspect cérébroïde.

Ce pollen a été rencontré dans tous les niveaux (ou presque) dans les coupes de Chabet Bou Seter et de Sahaouria.

Les espèces appartenant à ce genre vivent généralement dans les zones tempérées et froides, cependant elles peuvent occuper des positions plus méridionales.

#### IV - XEROPHYTES MEDITERRANEENNES

##### Rhamnaceae

##### *Zizyphus* (Pl. XIII, Fig. 5)

Pollen isopolaire, tricolporé, bréviaxe, triangulaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne (P = 23  $\mu\text{m}$  ; E = 25  $\mu\text{m}$ ).

Le sillon est à bords nets et rétrécis à l'équateur ; l'endoaperture est subcarrée bordée de quatre épaissements ponctuels d'endexine.

L'exine est tectée et son ornementation n'est pas nette.

Ce pollen a été rencontré dans les coupes de Chabet Bou Seter (échantillon 3) et de Sahaouria (échantillon 8).

Les représentants de ce genre vivent actuellement en Amérique tropicale, dans l'archipel Indo-malais et en Méditerranée.

##### Anacardiaceae

##### *Pistacia*

Pollen périporé, subsphérique en vue méridienne et en vue polaire (P  $\approx$  E  $\approx$  29  $\mu\text{m}$ ).

Le nombre de pores est généralement compris entre 4 et 8 ; il y est possible d'observer parfois des opercules granuleux.

L'exine est finement réticulée.

Ce pollen a été rencontré dans les coupes de Chabet Bou Seter (échantillons 1, 2, 11) et de Sahaouria (échantillons 3, 4, 9).

Généralement méditerranéennes, certaines espèces appartenant au genre *Pistacia* occupent les régions du Sud et Sud-Est asiatique jusqu'en Malaisie, le Mexique et le Guatemala.

### Cistaceae

#### *Cistus*

Gros pollen isopolaire, tricolporé, subsphérique en vue polaire et subsphérique à elliptique en vue méridienne ( $P = 60 \mu\text{m}$  ;  $E = 56 \mu\text{m}$ ).

Le sillon est assez long avec des épaissements : "Costae"; le pore est gros, subsphérique à elliptique.

L'exine est columellée et assez finement réticulée.

Ce pollen a été rencontré dans les coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter dans presque tous les niveaux.

Ce genre est typiquement méditerranéen.

### Oleaceae

#### *Olea* (Pl. XIII, Fig. 1, 2, 3)

Pollen isopolaire, tricolpé voire tricolporoïdé, équiaxe à longiaxe, circulaire à elliptique en vue méridienne et trilobé en vue polaire ( $P \approx 32 \mu\text{m}$  ;  $E \approx 30 \mu\text{m}$ ).

Le sillon est à bords nets et irréguliers avec une endoaperture mal définie.

L'exine est tectée, avec un réseau à larges mailles plus ou moins régulières ; les columelles sont importantes ; l'endexine est épaisse.

Ce pollen a été rencontré dans les coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter dans presque tous les niveaux et en assez grand nombre.

L'espèce *Olea europaea* est caractéristique des régions méditerranéennes ; d'autres espèces appartenant à ce genre sont actuellement tropicales (Afrique, Amérique, Asie).

### *Phillyrea*

Pollen isopolaire, tricolporé voire tricolporoïdé, légèrement longiaxe, trilobé en vue polaire et presque elliptique en vue méridienne (P = 26  $\mu\text{m}$  ; E = 23  $\mu\text{m}$ ).

Le sillon est à bords nets avec une endoaperture mal définie.

L'exine est tectée ; l'ectexine est réticulée, les mailles sont de taille plus petite que celles du genre *Olea*; les columelles sont bien visibles.

Ce pollen a été rencontré dans la coupe de Chabet Bou Seter à presque tous les niveaux et dans celle de Sahaouria (échantillon 14).

Ce genre est typiquement méditerranéen.

### Fagaceae

#### *Quercus* type *ilex-coccifera*

Pollen isopolaire, tricolpé, longiaxe, circulaire en vue polaire et elliptique en vue méridienne (P = 29  $\mu\text{m}$  ; E = 24  $\mu\text{m}$ ).

Les sillons occupent une position équatoriale : ils sont longs et à bords nets avec une encoche endoaperturale située au niveau de l'équateur donnant un aspect d'accolade.

L'exine est tectée : le tectum est grossièrement verruqueux.

Ce pollen a été rencontré dans plusieurs niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter.

Les Chênes type *illex-coccifera* sont typiquement méditerranéens.

### V - HERBACEES

#### Amaranthaceae/Chenopodiaceae (Pl. XII , Fig. 11, 12, 13)

Pollens sphériques, périporés, à contour plus ou moins polygonal en coupe optique ( $P \approx E \approx 22 \mu\text{m}$ ).

Les pores sont nombreux, circulaires et assez rapprochés.

L'exine est tectée; l'ectexine est continue et ornementée de petites verrues régulièrement réparties ; l'endexine est mince.

Les pollens de type Amaranthaceae/Chenopodiaceae ont été rencontrés dans tous les niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter et le plus souvent en grand nombre.

Ces familles vivent actuellement dans les régions tropicales et tempérées.

## Cistaceae

### *Helianthemum*

Pollen isopolaire, tricolporé, longiaxe, subelliptique en vue méridienne pourvu de deux légers étranglements au niveau des pôles et subsphérique en vue polaire (P = 55  $\mu\text{m}$  ; E = 44  $\mu\text{m}$ ).

Le sillon est long et étroit avec une endoaperture elliptique qui peut être discontinue.

L'exine est épaisse et typiquement réticulo-striée.

Ce pollen a été rencontré dans les coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter dans presque tous les niveaux.

Les représentants de ce genre se trouvent actuellement à l'ouest et au centre de l'Europe, en Méditerranée ainsi qu'à l'est et au centre de l'Asie.

## Compositae

### Grains échinulés (Pl. XII , Fig. 9 et 10)

Pollen isopolaire, tricolporé, sphérique ou sphéroïdal, subcirculaire en vue polaire et méridienne (P  $\approx$  24  $\mu\text{m}$  ; E  $\approx$  25  $\mu\text{m}$ ).

Les sillons sont à marges souvent difficiles à observer ; les pores sont à bords plus ou moins nets.

L'exine est tectée : le tectum est épais, structuré et échinulé ; les épines sont généralement portées par des columelles bien visibles.

Les pollens colporés et à ornementation échinulée appartiennent à la tribu des Tubuliflores.

Ce type de pollen a été rencontré dans tous les niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter et relativement en assez grand nombre.

### Grains fenestrés (Pl. XIII , Fig. 11 et 12)

Pollen tricolporés, équiaxes, subcirculaires en coupe optique méridienne et équatoriale ( $P \approx E \approx 44 \mu\text{m}$ ).

L'exine est tectée et fenestrée, généralement les ouvertures sont de forme irrégulière ; le mur supporte des épines situées dans le prolongement des columelles de grand diamètre; les fenêtres sont généralement inégales.

Ce type de pollen correspond assez bien à la tribu des Liguliflores.

Il a été rencontré dans tous les niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter et parfois en grand nombre.

Cette grande famille, qui comprend 900 genres, est cosmopolite.

### Gramineae (Poaceae)

Pollen hétéropolaire, monoporé, ovoïde ( $D \approx 23 \mu\text{m}$ ).

Le pore est circulaire à bords nets et réguliers ; il est entouré d'un annulus correspondant à un épaissement de l'ectexine.

L'exine est généralement lisse, scabre ou granuleuse.

Ces grains de pollen ont été rencontrés dans tous les niveaux des coupes de Sahaouria et de Chabet Bou Seter et en grand nombre.

Cette famille, qui comprend plus de 600 genres, est cosmopolite.

## I - EXEMPLES ACTUELS

### 1 - EXEMPLE CHINOIS

En Chine Orientale, les régions situées entre 25° et 30° de latitude Nord possèdent des végétations de tempérées chaudes à subtropicales, telle la forêt sclérophylle-laurophile sempervirente caractérisée par sa pauvreté en éléments de la forêt tropicale humide. Elle est composée principalement de Fagaceae et de Lauraceae.

En altitude apparaissent les genres *Pinus*, *Tsuga*, *Juglans*, *Rhus*, *Ulmus*, *Alnus*, *Fagus*, *Betula*, *Carpinus*, *Celtis*, *Ostrya*,... ; cependant, *Distylium*, Sapotaceae, Sapindaceae, *Symplocos*,... participent à la forêt de transition de type mixte-mésophile (Wang, 1961).

La forêt dégradée est composée essentiellement par *Liquidambar*, *Rhus*, *Engelhardtia*, *Myrica*, *Pinus*.

Certaines forêts semi-sempervirentes (*Phoebe*, *Magnolia*, *Myrica*, *Rhus*, *Acer*, *Betula*, *Platycarya*, *Cornus*, *Pinus*,...) contiennent quelques éléments qui se trouvent en forêt tropicale humide (*Ficus*,...) ; ce type de végétation est appelé "forêt mixte sempervirente à large feuille" (Wang, 1961).

### 2 - EXEMPLE CANARIEN

Le groupement floristique des Iles Canaries est plus pauvre que celui de l'exemple chinois.

Le genre *Myrica* et les Ericaceae appartiennent ici à la formation méso-méditerranéenne.

La laurisilve y est représentée et en dessous, le paysage est occupé par des formations xériques.

La forêt sempervirente est confinée aux versants Nord et Nord-Est (humide).

Les basses plaines sont peuplées de végétation vivant sous climat sec qui constitue les zones arides ou semi-arides, plus amplement développées sur les versants méridionaux.

### 3 - EXEMPLE DE LA MER ROUGE

M. Kassas (1957) montre qu'en arrière des formations coralliennes se trouve une zone à mangrove caractérisée par *Avicennia marina* suivie d'une zone à prédominance d'Amaranthaceae/Chenopodiaceae.

Au-delà de cet environnement margino-littoral (Kassas, 1956), se trouve la végétation sempervirente en altitude sur des reliefs orientés Nord-Sud, le long de la mer Rouge.

Cette forêt sempervirente s'étend sur les côtes de la mer Rouge (19/20° de latitude Nord) à partir de 700-800 mètres d'altitude, grâce à un apport relatif d'humidité (Kassas, 1956).

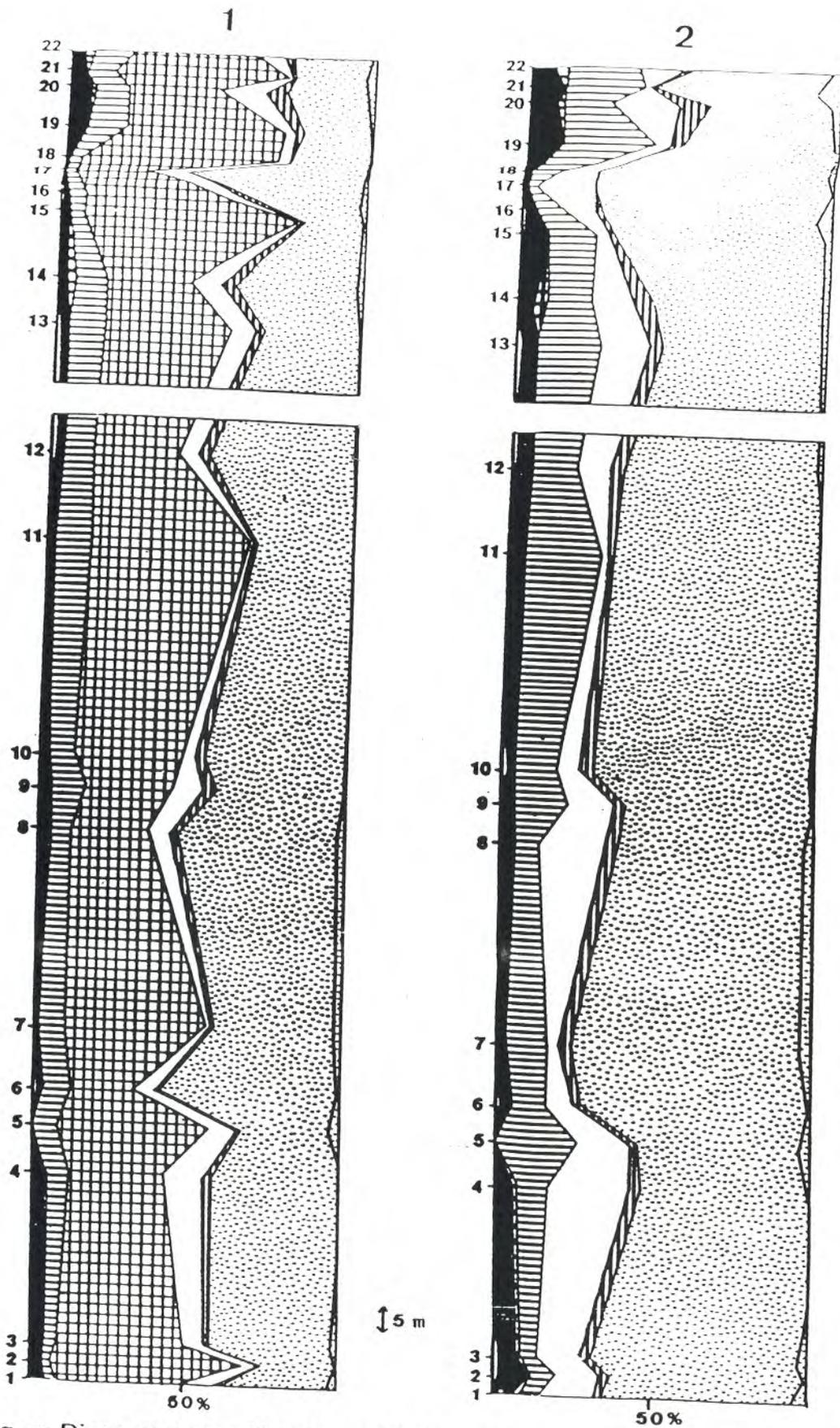


Fig 12: Diagrammes polliniques synthétiques de la coupe de Sahaouria

1 : *Pinus* et *Abietaceae* indéterminables inclus

2 : *Pinus* et *Abietaceae* indéterminables exclus

## II - LA VEGETATION AU MESSINIENNE PRE-EVAPORITIQUE

Un élément important que nous avons cité précédemment s'avère être décisif pour la reconstitution de la végétation : la présence des formations coralliennes. Actuellement, les coraux sont typiques des mers chaudes et leur extension vers le Nord (Californie, Floride, Japon,...) est limitée par l'isotherme 20°C de l'eau pendant la saison la plus froide. Ces récifs coralliens se développent entre 28° et 32° de latitude Nord.

Au Messinien, les récifs se sont développés dans le bassin du Chélif (Saint Martin, 1990).

A l'arrière de ces récifs, la formation ouverte de basse plaine peuplait les rivages ; au delà se développait la formation arborée.

### 1 - FORMATION OUVERTE DE BASSE PLAINE

Elle apparaît bien représentée aussi bien dans la coupe de Sahaouria que dans celle de Chabet Bou Seter (Fig. 12 et 13).

Outre la formation corallienne les milieux littoraux au Messinien dans le bassin du Chélif se singularisent par l'existence d'une mangrove à *Avicennia*.

Comme nous l'avons vu précédemment, ce type de mangrove appauvrie se rencontre actuellement aux extrêmes limites septentrionales et méridionales de l'aire des mangroves à l'échelle du globe.

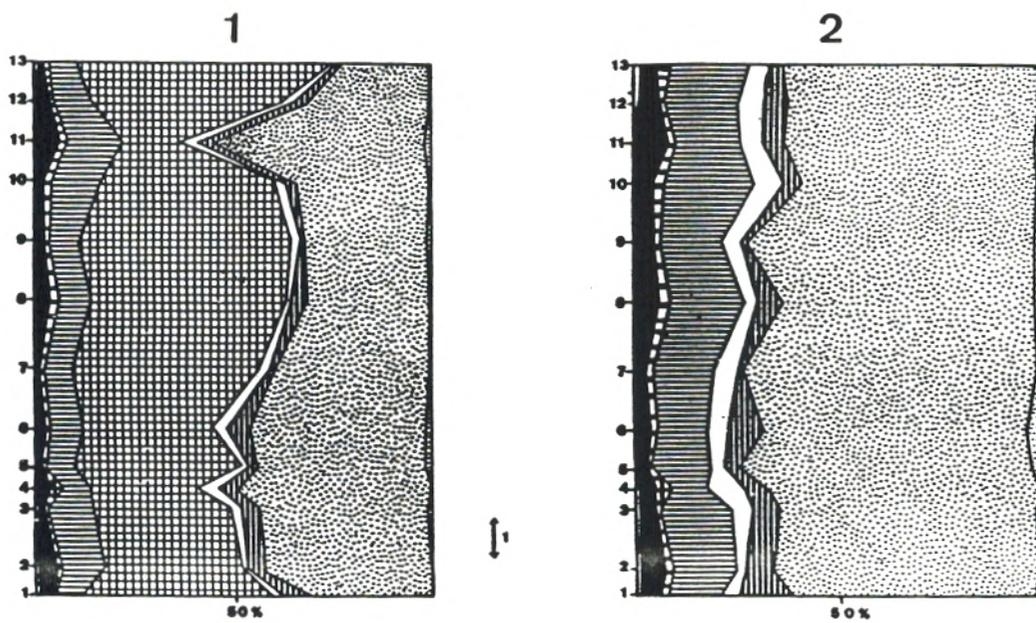


Fig 13: Diagrammes polliniques synthétiques de la coupe de Chabet Bou Seter

1 : *Pinus* et Abietaceae indéterminables inclus

2 : *Pinus* et Abietaceae indéterminables exclus

Le long de la mer Rouge, elle existe sous un climat aride à semi-aride.

Il est à noter qu'à l'Aquitaniens, on retrouve ce type de mangrove appauvrie (Bessedik, 1981, 1984, 1985) en parallèle avec les formations coralliennes qui atteignent à cette période leur extrême limite septentrionale (Chevalier, 1961).

Au Messinien pré-évaporitique, cela semble également ressortir de l'analyse des communautés récifales du bassin du Chéelif, communautés dont l'affinité est indo-pacifique (Saint Martin, 1987).

A cette zone à mangrove, succède la zone à herbacées qui comprend Amaranthaceae/Chenopodiaceae, Graminae, et Compositae en grand nombre.

Des éléments plus xériques y sont représentés, tels *Lygeum*, *Neurada*, *Zizyphus*. Ceci nous permet de déduire que cette zone a un caractère semi-aride.

Le voisinage d'une formation semi-aride et d'une mangrove n'a rien de surprenant.

Cette zone est constituée également d'éléments comme les Sapotaceae, Sapindaceae, *Bombax*, *Alchornea*, *Phyllanthus*,... qui peuvent se développer autour des lacs et le long des rivières.

On remarque que les écosystèmes de basses altitudes étaient caractérisés par une organisation complexe.

## 2 - FORMATION ARBOREE

L'importance des pollens d'arbres dans les diagrammes (Fig. 12 et 13) peut correspondre à une occupation certaine du terrain avec un étage relatif de *Cathaya* sur les hauteurs.

Le groupement arboré était constitué d'arbres à feuilles persistantes (Abietaceae, Taxodiaceae, Sapotaceae, *Engelhardtia*,...) et d'arbres à feuilles caduques (*Quercus*, *Fagus*, *Alnus*,...).

Le paysage forestier est formé par les Abietaceae (*Pinus* essentiellement), les Juglandaceae (*Carya*, *Juglans* et surtout *Engelhardtia* ) et *Quercus*.

Ce type de végétation rappelle par son fond les associations sclérophylles.

On ne peut pas écarter la présence éventuelle de Lauraceae mais il faut signaler que les macrorestes sont inexistantes, cependant, il est à noter qu'elle pousse aux Iles Canaries mais sous dominance atlantique.

Cette forêt devait passer en arrière pays à une formation qui rappelle les associations mixte-mésophiles et qui est constituée de : *Carya*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Quercus*, *Fagus*, *Castanea*, *Rhus*, *Cathaya*, *Betula*,....

Entre la formation ouverte et la formation arborée devaient se trouver les éléments méditerranéens (*Olea*, *Phillyrea*, *Cistus*, *Quercus* cf. *ilex coccifera*,...).

La position des éléments méditerranéens est délicate à préciser compte tenu de leur origine encore discutée ( Axelrod et Raven, 1978 ; Quézel, 1978 et 1983 ; Barbéro *et al.* , 1981), toutefois dans ce contexte de végétation très ouverte, on peut plus facilement les assimiler aux groupes xérophiles.

Ce type de forêt sclérophylle a déjà été décrit en Amérique du Nord (côte ouest) au Néogène (Axelrod, 1975), au Portugal (Diniz, 1984), en France et en Espagne (Suc, 1980 ; Bessedik, 1981 et 1985) et en Afrique du Nord ( Axelrod et Raven, 1978) .

En ce qui concerne la forêt mixte-mésophile, dans sa plus grande diversité actuelle, elle constitue l'essentiel des formations mixtes-mésophiles chinoises (Wang, 1961).

Comme nous l'avons vu précédemment, aucune région actuelle du globe ne peut à elle-seule servir à la reconstitution du paysage méditerranéen au Messinien, cependant, il semblerait que le modèle de la mer Rouge soit celui qui s'en rapproche le plus, d'une part à cause de son environnement margino-littoral constitué par le récif et la mangrove, et d'autre part par la présence d'une zone semi-aride en basse plaine. L'arrière pays n'est pas en contradiction avec ce modèle.

### III - ESQUISSE DE L'EVOLUTION DE LA VEGETATION AU MESSINIEN PRE-EVAPORITIQUE

Pour pouvoir apprécier l'évolution de la végétation au cours du Messinien pré-évaporitique, nous tiendrons compte du diagramme polliniques de la coupe la plus longue et de fait la plus représentative de cette période : la coupe de Sahaouria (Fig. 14) ; nous essayerons de replacer par la suite la coupe de Chabet Bou Seter dans cette évolution.

De plus, il faut rappeler que les pollens appartenant au genre *Pinus* et les Abietaceae à grains indéterminables dominant tout le diagramme ; cette sureprésentation est gênante du point de vue interprétatif. Il est par conséquent nécessaire de ne pas en tenir compte momentanément dans notre esquisse de l'évolution de la végétation.

Dans l'ensemble 1, comme dans tout le diagramme, il y a prédominance des herbacées avec dans ce cas la présence des steppiques. Les méga-mésothermes évoluent de manière homogène dans tout cet ensemble sauf au sommet où elles disparaissent. Les représentants du genre *Cathaya* diminuent en pourcentage dans les niveaux où apparaissent les mégathermes. Les mésothermes elles augmentent sensiblement de la base au sommet. Quant aux éléments méditerranéens ils sont représentés de manière continue.

L'ensemble 2 voit disparaître les représentants du genre *Cathaya*. Les herbacées sont toujours dominantes avec présence de steppiques. Les méga-mésothermes réapparaissent à la base de cet ensemble et évoluent de manière continue. Les mégathermes sont présentes uniquement à

la base. Les mésothermes semblent diminuer en pourcentage de la base au sommet. Quant aux méditerranéennes, après une faible fréquence à la base, elles évoluent de manière continue.

Dans l'ensemble 3, mis à part la prédominance des herbacées, avec au centre de cet ensemble l'absence totale des steppiques, les mégathermes apparaissent à la base et au sommet. Les méga-mésothermes augmentent sensiblement au sommet. Globalement les mésothermes sont bien représentées. Quant aux méditerranéennes, leur pourcentage augmente vers le sommet.

L'ensemble 4 voit réapparaître les représentants du genre *Cathaya* avec une fréquence assez importante dans les niveaux où les mégathermes disparaissent. Les méditerranéennes sont bien représentées. Les méga-mésothermes et les mésothermes varient peu. Quant à la formation herbacée, elle est toujours aussi dominante avec présence des steppiques.

Dans l'ensemble 5, on note la disparition des représentants du genre *Cathaya* avec absence totale des mégathermes et des méditerranéennes. Les méga-mésothermes et les mésothermes diminuent fortement. En revanche, on remarque un développement très important des formations herbacées avec une fréquence assez importante d'*Artemisia* à la base de cet ensemble.

Dans le dernier ensemble (ensemble 6), il y a de nouveau réapparition des représentants du genre *Cathaya* qui prennent de l'importance au sommet de la coupe. Les méga-mésothermes sont présents à nouveau avec une forte fréquence ainsi que les

mésothermes. Les méditerranéennes elles sont présentes essentiellement à la base. Quant à la formation herbacée, elle est plus importante au sommet qu'à la base de cet ensemble avec prédominance d'*Artemisia* au sommet.

Au point de vue purement lithologique une corrélation serait possible entre la coupe de Sahaouria et celle de Chabet Bou Seter.

La coupe de Chabet Bou Seter correspondrait aux alternances marnes-calcaires-diatomites de la partie supérieure de la coupe de Sahaouria car la première est surmontée des formations récifales et la deuxième de la dalle de gypse qui peuvent elles-mêmes être corrélables.

La coupe de Chabet Bou Seter se trouve un peu plus près du littoral que celle de Sahaouria. Les récifs la surmontant peuvent correspondre à une des séquences marnes-calcaires-diatomites située sous les gypses de la coupe de Sahaouria.

De ce fait et d'après le contenu pollinique la coupe de Chabet Bou Seter peut être corrélée à la partie de la coupe de Sahaouria représentée par l'ensemble 3 .

Ceci montre la difficulté du problème et il serait hasardeux essayer d'aller plus loin dans notre corrélation.

# CLIMAT

L'interprétation climatique d'après l'analyse pollinique est délicate et ceci pour deux raisons.

La première est le niveau de détermination des grains de pollen : la plupart du temps, la détermination s'arrête au niveau générique.

La deuxième raison est la distribution géographique des différents taxons : il est bien connu qu'au cours du Miocène de nombreux taxons avaient une distribution géographique dépassant très largement les limites climatiques dans lesquelles ils évoluent actuellement. Compte tenu de ces deux handicaps, nous allons cependant essayer d'esquisser le climat du bassin du Chélif au Messinien pré-évaporitique.

La végétation de la région du bassin du Chélif semblait être caractérisée par plusieurs formations : une formation de basse plaine semi-aride, une formation méditerranéenne, une formation sclérophille et enfin une formation arborée mixte-mésophile.

Les éléments constitutifs de ces formations ayant des exigences thermiques différentes, il est raisonnable d'envisager que leur répartition corresponde à un certain étagement (Bessedik, 1985).

### I - FACTEUR THERMIQUE

Nous avons basé le regroupement des végétaux en fonction de leur exigence thermique d'après les catégories suivantes : mégathermes, méga-mésothermes, mésothermes, *Pinus* et *Abietaceae* (grains indéterminables), herbacées, steppiques et sans signification.

Pour pouvoir apprécier l'évolution de ces groupes au Messinien, nous prendrons le diagramme de la coupe la plus longue et donc la plus représentative de cette période : la coupe de Sahaouria (Fig. 12).

### Mégathermes

Pas très important numériquement, ce groupe (Acanthaceae, Combretaceae, *Alchornea*, *Bombax*,...) se retrouve tout le long de la coupe de façon épisodique (pourcentage non significatif).

### Méga-mésothermes

Ce groupe (*Microtropis*, *Distylium*, *Engelhardtia*, Sapotaceae, *Symplocos*,...) est bien représenté au Messinien avec des fréquences allant jusqu'à 12% (diagramme synthétique avec *Pinus* et Abietaceae à grains indéterminés exclus) au sommet de la coupe.

### Cathaya

Le genre *Cathaya* est présent à la base et au sommet de la coupe, à la base de façon continue et au sommet de façon épisodique.

### Mésothermes

Le plus important des groupes (mis à part les herbacées), il constitue un ensemble important dans la végétation messinienne qui comprend : *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Castanea*, *Buxus*, *Carya*, *Celtis*,

*Ulmus*, *Rhus*,... et bien sûr le genre *Quercus* prédominant tout le long de la coupe.

### Méditerranéens

Ce groupe, constitué par *Zizyphus*, *Pistacia*, *Cistus*, *Olea*,..., est présent tout le long de la coupe sauf au sommet dans quelques niveaux.

### Herbacées

Ce groupe le plus important en nombre (Amaranthaceae / Chenopodiaceae, Graminae, Compositae, *Convolvulus*, *Linum*, *Euphorbia*, *Scabiosa*, *Eryngium*, *Rumex*,...) est présent tout au long de la coupe avec des fréquences dépassant les 70% (diagramme synthétique avec *Pinus* et Abietaceae à grains indéterminés exclus).

### Steppique

Ce groupe composé d'*Artemisia* et des *Ephedra* est présent épisodiquement.

### Sans signification

Enfin ce dernier groupe (Malvaceae, Euphorbiaceae, Anacardiaceae, grains indéterminables,...) contient les taxons qu'il n'a pas été possible de classer.

## II - TEMPERATURE ET HUMIDITE AU MESSINIEN BASAL

Dans le chapitre précédent, nous avons noté l'existence d'une formation corallienne et d'une mangrove appauvrie à *Avicennia*.

La formation corallienne se développe actuellement entre 28° et 32° de latitude Nord ; son extension vers le Nord est limitée par l'isotherme d'hiver 20°C de l'eau de mer ; la mangrove appauvrie à *Avicennia* (un témoignage en a été décelé sur les rivages sud du bassin du Chélif) du Messinien basal se rapproche de celle qui vit aujourd'hui en mer Rouge.

Les rivages du bassin du Chélif connaissaient vraisemblablement au début du Messinien un climat subtropical à tropical compte tenu de la présence de taxons-guides : *Bombax*, Sapotaceae, *Avicennia*, Sapindaceae, *Alchornea*,... qui ne peuvent vivre que sous ce type de conditions thermiques élevées.

L'estimation des variations de température sera basée sur les données établies à partir des groupements actuels (Nix, 1982) ; mégathermes (24°C), méga-mésothermes (20 - 24°C) ; mésothermes (14 - 24°C) ; microthermes (10 - 14°C) (les températures indiquées sont les moyennes annuelles).

Les microthermes étant inexistant dans nos diagrammes, la température au Messinien pré-évaporitique à basse altitude devait osciller entre 20 et 24°C.

L'importance du groupe des herbacées nous indique globalement que le milieu était sec.

Comme nous l'avons vu précédemment, la présence de *Neurada*, de *Lygeum* et de *Zizyphus* nous indique en basse plaine une zone semi-aride, ce qui laisse à penser que les éléments mégathermes qui comptent essentiellement des hygrophiles se trouvaient dans des milieux humides (autour des lacs, le long des cours d'eau...).

Il faut noter les variations suivantes dans le diagramme synthétique (*Pinus* et Abietaceae à grains indéterminés inclus) : augmentation des Pinaceae et diminution des herbacées, puis augmentation des herbacées et diminution des Pinaceae.

La question du changement climatique peut se poser, mais on constate que lorsque les dépôts sédimentaires sont éloignés du littoral il y a prédominance des pollens à ballonnets (Heusser L. A., 1988).

De plus il faut remarquer que dans les niveaux diatomitiques (Sicile), il existe une richesse importante de dinoflagellés, de foraminifères et de pollens à ballonnets.

Sur ces observations, Suc *et al.* (1991) ont pensé que les diatomites se déposaient lors d'une hausse relative du niveau marin. Par contre, lors d'une baisse du niveau de la mer, on constate une augmentation des apports terrigènes, une diminution des dinoflagellés et de pollens à ballonnets et enfin une plus grande variété des autres pollens.

Il est à noter que dans la coupe de Sahaouria, dans certains niveaux (échantillons 6, 7, 16, 17, 18) nous avons plus de 70% d'herbacées et, par conséquent, une forte diminution des pollens à ballonnets ; ceci (et au vu de ce qui a été dit) peut traduire une baisse du niveau marin. Par contre, dans d'autres niveaux (échantillons 2, 11, 15, 19, 21) nous avons une prédominance de *Pinus* et d'Abietaceae à grains indéterminables qui peut laisser supposer une hausse du niveau de la mer.

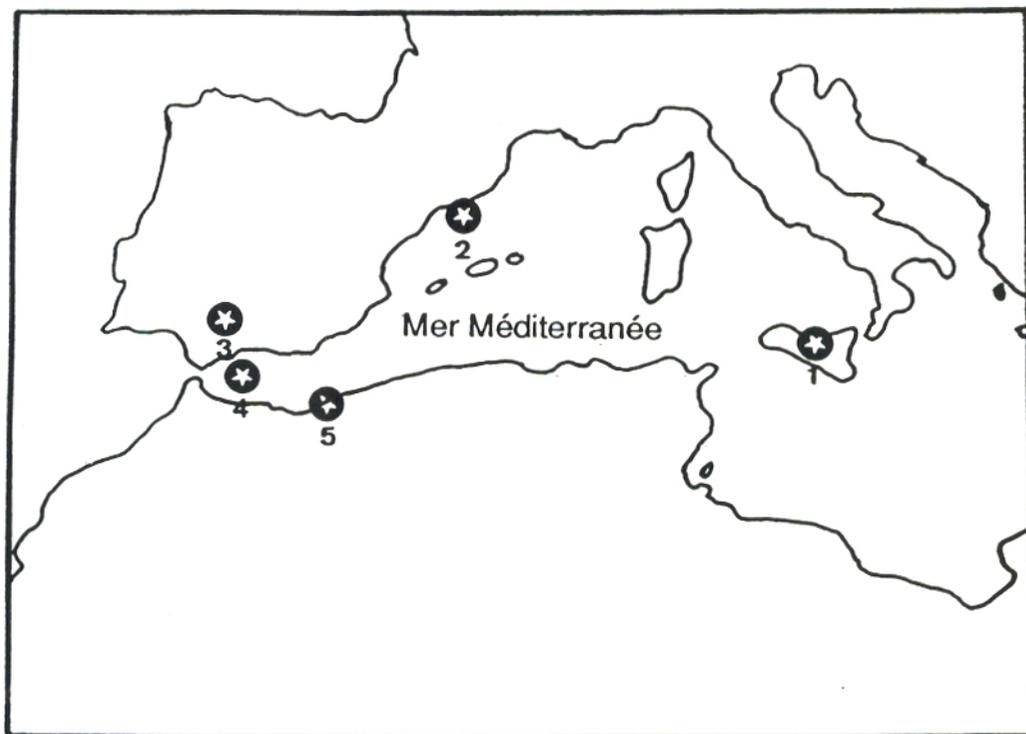
De ce fait, on en déduit des impulsions eustatiques dans les deux sens (montées et baisses du niveau de la mer) tout le long de la coupe ; les baisses sans cesse accrues du fait de la forte évaporation et de l'alimentation réduite en eaux atlantiques annoncent la crise de salinité messinienne.

Il faut cependant noter que les variations dans la sédimentation montrent que les environnements à l'interface marin-continental changent ; et ceci peut être dû d'une part à l'eustatisme (qui au départ a une cause climatique globale) et à la tectonique (en ce qui concerne la Méditerranée) et d'autre part au climat régional proprement dit.

Mansour (1991) a montré qu'au niveau des diatomites dans le bassin du Bas Chélif il a été enregistré des variations de températures marines avec une succession d'espèces chaudes et d'espèces froides. Ceci est dû à la glaciation antarctique qui a entraîné des variations de températures dans l'océan mondiale.

Etant donné qu'il n'y a pas eu de changements significatifs dans la microflore, cela laisse supposer que le seuil thermique entraînant des répercussions sur la végétation n'a pas été franchi.

**MEDITERRANEE OCCIDENTALE AU DEBUT DU**  
**MESSINIEN**



★ Section

1 : Capodarso

2 : Tarragone E2

3 : Carmona

4 : Andaloucia G1

5 : Chabet Bou Seter et Sahahouria

Fig. 15 : Localisation géographique des sections

La reconstitution du paysage au Messinien basal en Méditerranée occidentale sera tentée en tenant compte des diagrammes polliniques de plusieurs coupes et sondages situés sur le pourtour de la Méditerranée : les séries de Capodarso en Sicile (Suc et Bessais, 1990), Tarragone (Bessais et Cravatte, 1988), Carmona (Suc, inédit), Andaloucia (Bessais, inédit) en Espagne et Sahaouria en Algérie (Fig. 15). Ceci tout en sachant que ces dépôts diatomitiques peuvent être hétérochrones à l'échelle locale et régionale dans le bassin méditerranéen.

Dans un premier temps, nous examinerons les diagrammes synthétiques de ces sections et dans un deuxième temps les diagrammes semi-détaillés.

Comme nous l'avons vu précédemment, dans ces sections, tous les spectres sont dominés par les pollens appartenant au genre *Pinus* et les Abietaceae à grains indéterminables, ce qui s'accorde avec un milieu de dépôt marin.

Cette sureprésentation devient gênante au point de vue interprétatif; de ce fait, nous utiliserons les diagrammes synthétiques en excluant les pollens appartenant au genre *Pinus* et les Abietaceae à grains indéterminables.

### I- DIAGRAMMES SYNTHETIQUES

Globalement, le profil de ces diagrammes synthétiques est assez homogène, cependant des différences sont à noter (Pl. VIII, Fig. 2 ; Pl. IX Fig. 2 ; Pl. X, Fig. 2 ; Pl. XI, Fig. 2).

Les mégathermes semblent être absentes dans la section située le plus au Nord (sondage Tarragone E2) ; alors que dans les autres sections elles sont présentes épisodiquement.

Les méga-mésothermes apparaissent dans toutes les coupes de manière plus ou moins continue.

Les pollens appartenant au genre *Cathaya* sont absents du sondage d'Andaloucia G1, présents en faible pourcentage dans les sections de Tarragone E2 et de Sahaouria; ils sont bien représentés dans celles de Capodarso et de Carmona (en préparation).

Le groupe formé par *Tsuga*, *Cedrus*, *Abies*, et *Picea* est absent dans la coupe de Sahaouria, alors qu'il est présent de façon épisodique dans les autres sections et en pourcentage plus élevé dans celle de Carmona et de Tarragone.

Les xérophytes méditerranéennes sont présentes dans toutes les sections de manière continue sauf dans celle de Carmona où elles apparaissent épisodiquement.

Quant aux herbacées, elles semblent dominer tous les diagrammes (plus de 50% dans la coupe de Sahaouria) avec la présence plus ou moins épisodique des steppiques selon les coupes.

## II - DIAGRAMMES SEMI-DETAILLES

Dans les diagrammes semi-détaillés (Pl. VIII, Fig. 1 ; Pl. IX Fig. 1 ; Pl. X, Fig. 1 ; Pl. XI, Fig. 1) des différentes sections étudiées, les mégathermes sont présentes épisodiquement et parfois de façon très ponctuelle ou même totalement absentes (sondage de Tarragone E2).

En ce qui concerne les méga-mésothermes, les représentants du genre *Engelhardtia* sont plus abondants que les mégathermes mais sont présents aussi de façon épisodique ; ils se retrouvent en pourcentage relativement important (5 à 6%) dans les sections d'Andaloucia G1 et de Capodarso. La famille des Palmae est par contre moins bien représentée, elle est totalement absente de la section de Tarragone E2, se retrouve ponctuellement dans la coupe de Capodarso et de manière très épisodique dans les autres coupes.

Les pollens appartenant au genre *Cathaya*, comme nous l'avons vu dans les différents diagrammes synthétiques, sont nombreux dans les coupes de Carmona (en préparation) et de Capodarso ; leur présence diminue vers le Nord et vers le Sud; il est à noter qu'ils sont totalement inexistantes dans le sondage d'Andaloucia G1.

Le genre *Quercus* appartenant au groupe des mésothermes est présent dans toutes les sections et dans presque tous les spectres mais de façon très hétérogène selon les sites. Il est relativement mal représenté en Sicile alors qu'en Espagne il est présent avec des pourcentages plus élevés au Sud pouvant atteindre 22%. Ce même genre se retrouve bien représenté en Algérie.

La famille des Ericaceae est bien représentée dans les sections espagnoles sauf à Carmona où elle est rencontrée très ponctuellement. Dans les coupes de Capodarso et de Sahaouria, la représentation est très faible et très ponctuelle.

Le groupe des méditerranéens est globalement bien représenté sauf dans la coupe de Carmona. En Espagne, il semble y avoir plus d'arbres que d'herbacées, alors qu'en Sicile la tendance s'inverse.

Le groupe des halophytes est présent dans toutes les coupes parfois de façon très ponctuelle dans quelques spectres, cependant la répartition dans les différentes sections est assez homogène.

Dans le groupe des herbacées, les Compositae ainsi que les Gramineae sont très abondantes par rapport aux autres taxons. La famille des Compositae (*Artemisia* exclu) et des Gramineae (*Lygeum* exclu) varient de la même manière dans les sections de Tarragone E2 et de Capodarso, par contre dans celle d'Andaloucia G1, les Graminae en pourcentage très faible sont remplacées par les Compositae (pourcentage pouvant aller jusqu'à 40%). Dans la coupe de Carmona, les Compositae remplacent les Gramineae et réciproquement tout le long de la coupe.

Quant aux steppiques, elles sont bien représentées dans toutes les sections sauf dans celle de Carmona.

## PLANCHE VIII

Fig 1 : Diagramme semi-détaillé de la section de Tarragone E1

Fig 2 : Diagramme synthétique de la section de Tarragone E1

# TARRAGONE E2

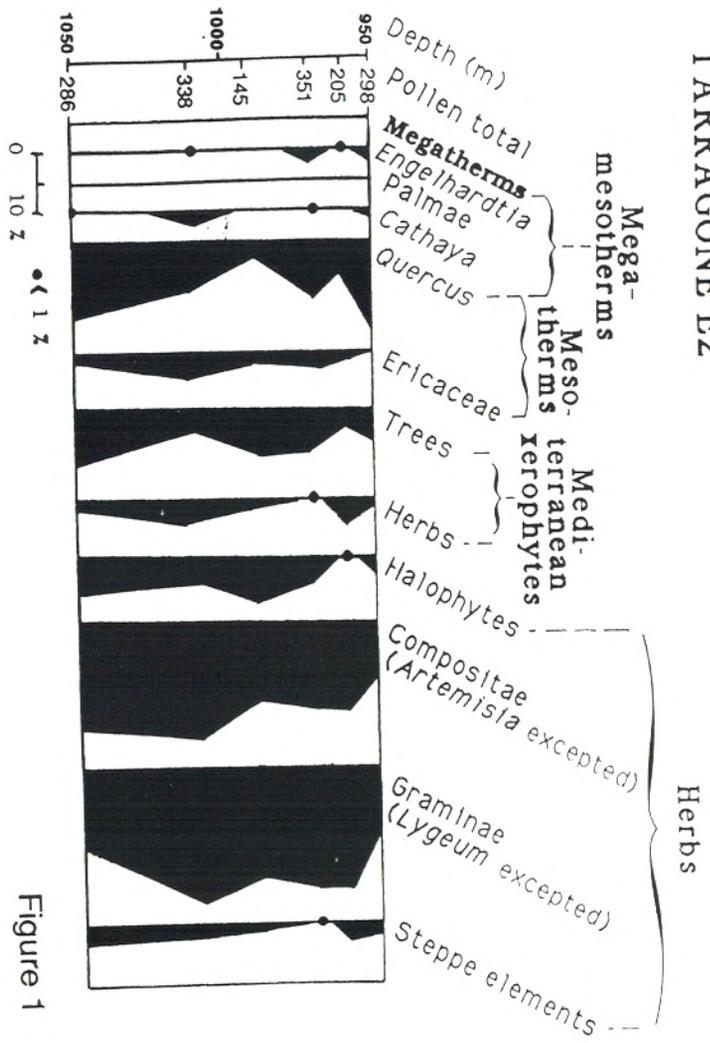


Figure 1

# TARRAGONE E2

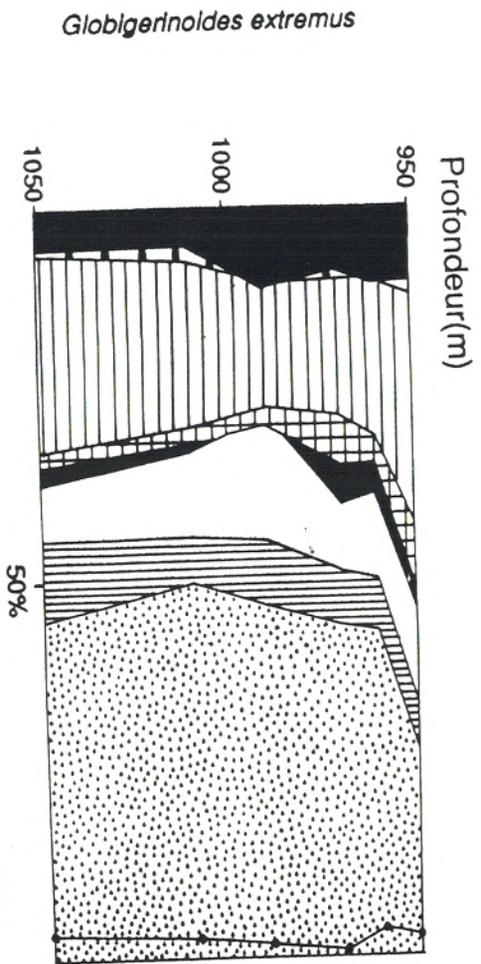


Figure 2

## PLANCHE IX

Fig 1 : Diagramme semi-détaillé de la section d'Andaloucia G1

Fig 2 : Diagramme synthétique de la section d'Andaloucia G1

# ANDALUCIA G1

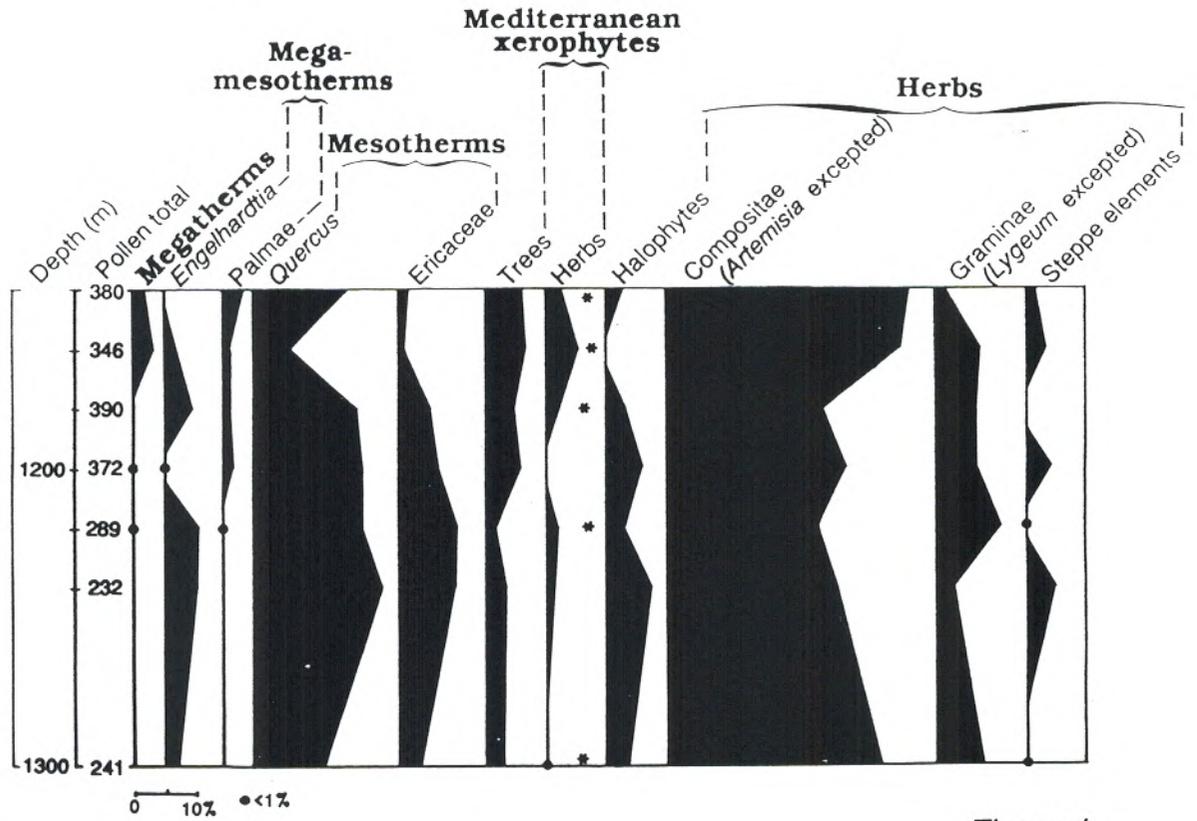


Figure 1

# ANDALUCIA G1

Profondeur(m)

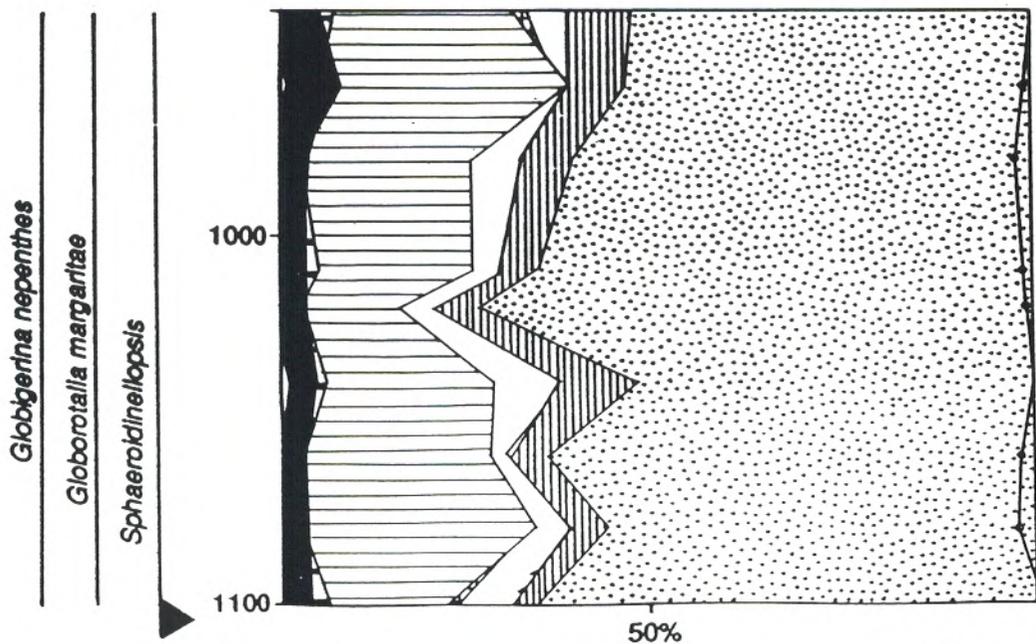


Figure 2

## PLANCHE X

Fig 1 : Diagramme semi-détaillé de la section de Capodarso

Fig 2 : Diagramme synthétique de la section de Capodarso

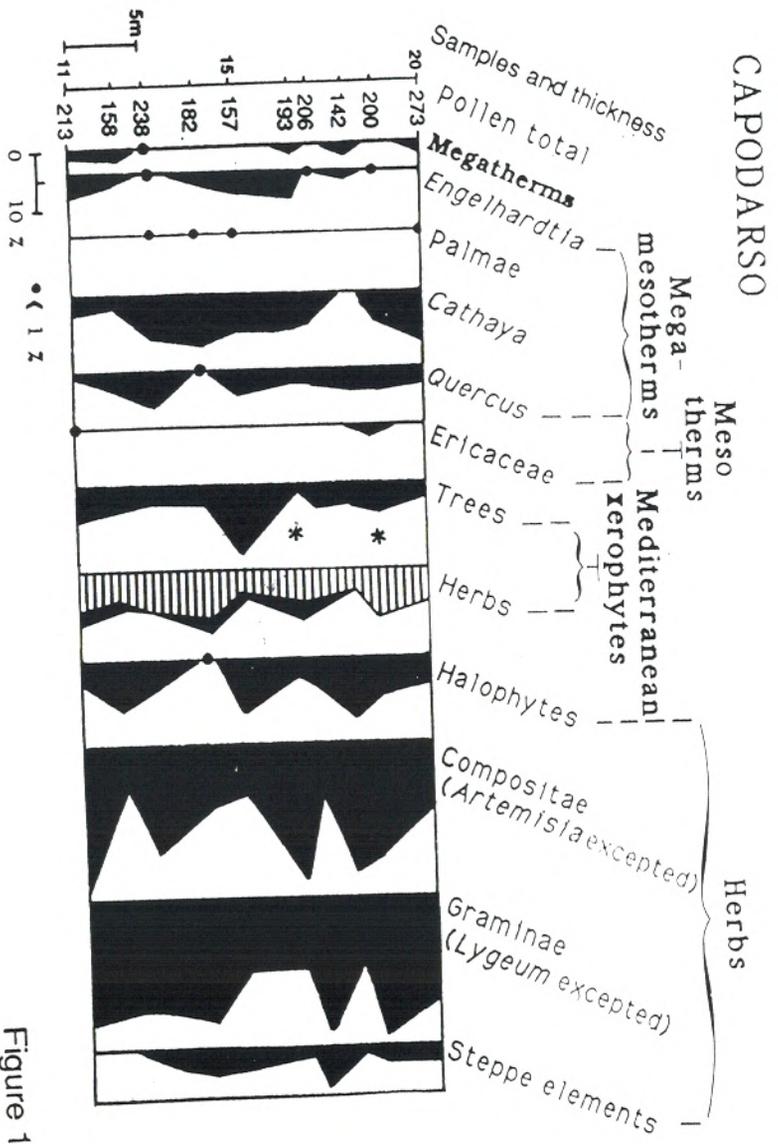


Figure 1

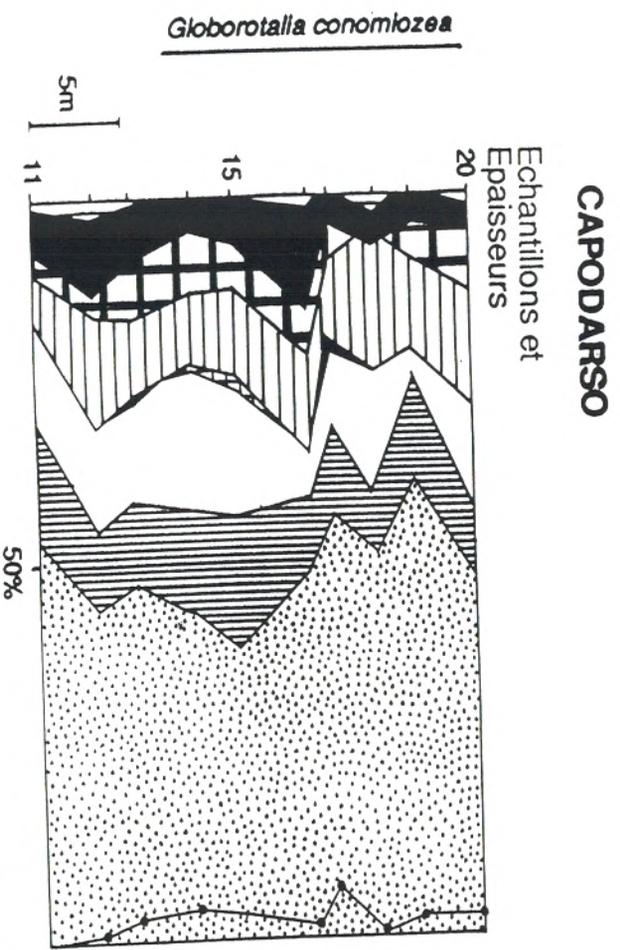


Figure 2

## PLANCHE XI

Fig 1 : Diagramme semi-développé de la section de Sahaouria

Fig 2 : Diagramme synthétique de la section de Sahaouria

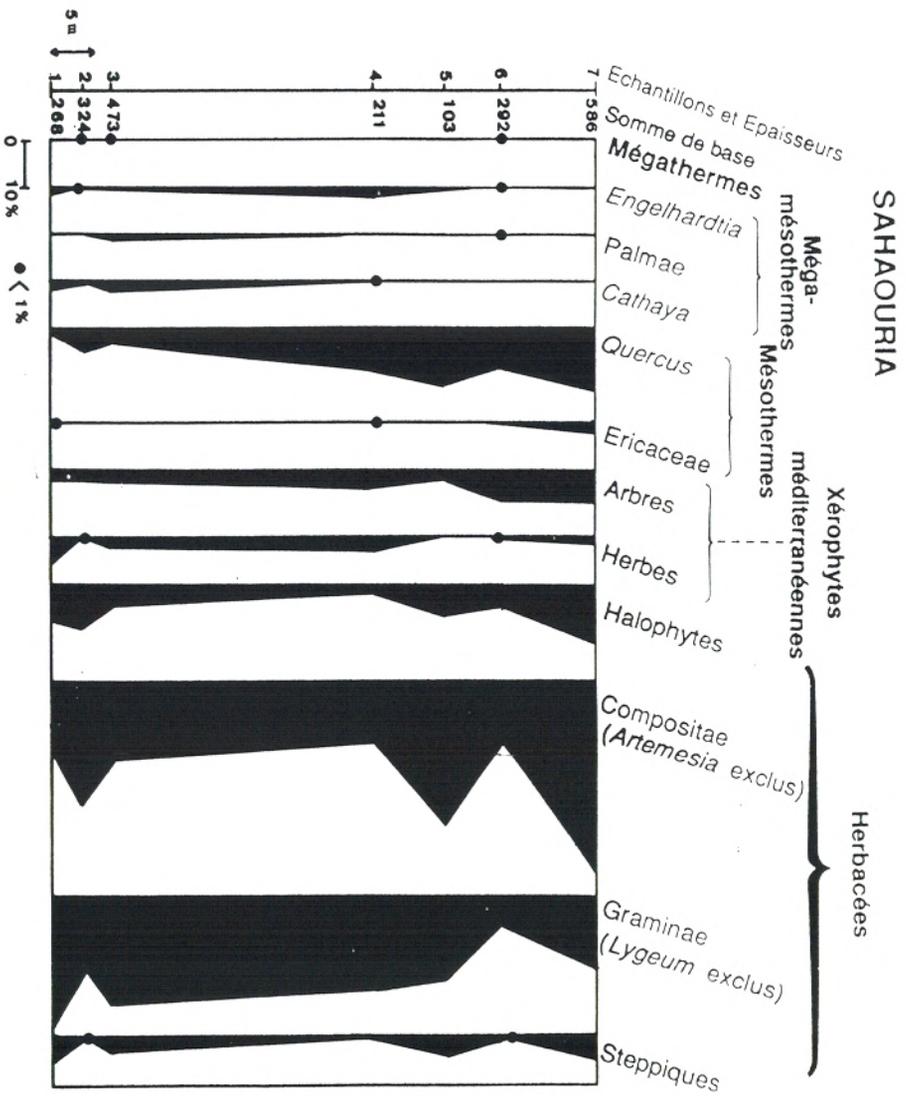


Figure 1

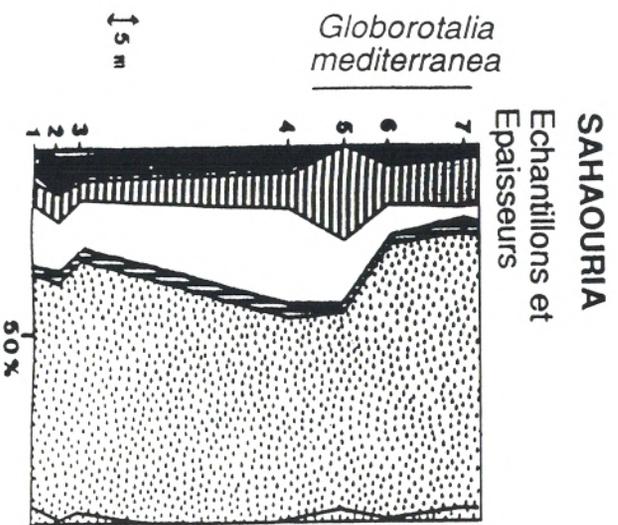


Figure 2

### III - CONCLUSIONS

Des diagrammes synthétiques et semi-détailés, il est possible de tirer des informations complémentaires sur la végétation de la Méditerranée occidentale au cours du Messinien pré-évaporitique.

Il faut signaler que le choix des taxons dans les diagrammes semi-détailés n'est pas aléatoire. Suc *et al.* (en préparation) ont considéré soit des taxons communs aux différentes sections, soit des taxons à signification particulière.

Comme nous l'avons vu précédemment le milieu est plus ouvert au Sud et les mégathermes fréquents au Sud sont totalement absents de la section de Tarragone E2. Ceci a permis de déduire que la température et la xéricité augmentaient suivant un gradient latitudinal vers le Sud (Suc *et al.* , en préparation). Il est à noter que cet état de fait se retrouve au Pliocène; mais l'amplitude thermique séparant les termes extrêmes au Messinien pré-évaporitique est nettement moindre qu'au Pliocène.

En ce qui concerne l'étagement, il se perçoit bien dans les sites proches des reliefs. Dans les sections de Tarragone E2, Andaloucia G1 et Caïrmona, la présence en grand nombre de pollens appartenant au genre *Quercus* et celle d'*Abies* et *Picea* traduit cet étagement que l'on ne retrouve pas ou peu en Sicile et en Algérie.

La présence importante des Ericaceae (famille essentiellement composée de taxons de milieu humide) permet de supposer l'influence atlantique (sondage d'Andaloucia G1) ou de témoigner du milieu de dépôt palustre (sondage Tarragone E2).

L'importance des pollens appartenant au genre *Cathaya* dans la coupe de Capodarso n'a pu être expliquée.

## **CONCLUSION**

L'analyse de la flore messinienne des coupes de Sahaouria (Beni-Chougrane) et de Chabet Bou Seter (Tessala) a permis de mettre en évidence une centaine de taxons à partir de 19455 pollens comptés pour 35 échantillons étudiés pour les deux sites.

Nous avons pu esquisser une description de la végétation du bassin du Bas Chélif au cours du Messinien pré-évaporitique, entre 5,6 et 5,9 MA si l'on tient compte des corrélations magnétostratigraphique (Gersonde, 1980).

Les différents diagrammes révèlent l'existence d'un milieu ouvert semi-aride (présence de *Lygeum*, *Zizyphus*, ...). La végétation sclérophylle-laurophyle devait peupler les reliefs avoisinants (Beni-Chougrane, Tessala, domaine Tlemcénien). Certains éléments (*Laurus azoica*) persistent encore en Algérie (Barbéro *et al.*, 1981).

La présence des éléments mégathermes (*Alchornea*, Icacinaceae, Sapindaceae, *Bombax*, ...) a été utilisée pour la détermination de la température.

Nous montrons que le climat sub-tropical à tropical n'a pas beaucoup changé au cours de cette période ; il était suffisamment chaud pour permettre l'implantation des formations coralliennes et probablement d'une mangrove discontinue à *Avicennia*. Ce type d'environnement existe actuellement en mer Rouge et dans le golfe Persique. Ces données s'accordent avec celles fournies par l'étude

des poissons (Arambourg, 1927) des coraux (Saint Martin, 1987) et des diatomées (Mansour, 1991) tout en admettant une dynamique d'upwelling dans ces régions (Perrodon, 1957 ; Rouchy, 1982b ; Mansour, 1991).

La concentration des grains de pollen atteint son maximum dans le dernier tiers de la coupe de Sahaouria. Notons que B. Mansour (1991) remarque dans la coupe de Sig la prédominance des espèces chaudes (diatomées) en plus de l'apparition des espèces saumâtres, ce qui impliquerait la réduction de la profondeur (Moissette, 1988 ; Mansour, 1991). Ceci expliquerait probablement nos fortes concentrations en grains de pollen.

L'échantillonnage de la coupe de Sahaouria reste incomplet ; ces travaux demandent à être complétés d'une part en resserrant la maille d'échantillonnage et d'autre part en essayant de prolonger l'étude vers le haut dans les intercalations marneuses, au niveau des gypses.

Cela nous permettrait de mieux apprécier la part de l'eustatisme et celle du climat dans les modifications lithologiques et phytosociologiques observées.

Il est à noter qu'il serait nécessaire de réaliser sur un même échantillonnage des études pluridisciplinaires pour obtenir une vision assez complète de l'évolution climatique de cette période dont l'histoire est encore tant controversée.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Adams C.G., Benson R.H., Kidd R.B., Ryan W.B.F., Wright R.C. (1977) - The messinian salinity crisis and evidence of late Miocene eustatic changes in the world ocean. *Nature*, 269, pp. 383-386.
- Ameur-Chehbeur A. (1988) - Biochronologie des formations continentales du Néogène et du Quaternaire de l'Oranie. Contribution des micromammifères. Thèse d'état, Univ. Oran, 434 p.
- Ameur-Chehbeur A., Bessedik M., Belkebir L. (1990) - Biostratigraphie des dépôts continentaux miocènes d'Algérie. Contribution des micromammifères. 8<sup>ème</sup> Sémin. Nat. Sci. Terre, 2 p.
- Anderson R.V. (1933) - The diatomaceous and fishbearing Beida stage of Algeria. *Journ. Geol.*, 41, 7, pp. 673-693.
- Anderson R.V. (1936) - Geology in the Coastal Atlas of Western Algeria. *Geol. Soc. of Amer. Mem.*, 4, 450 p.
- Arambourg C. (1927) - Les poissons fossiles d'Oran. *Mat. Carte Géol. Algérie*, Paléontologie, 6, 291 p.
- Assadollah F., Barbero M., Quézel P. (1982) - Les écosystèmes préforestiers et forestiers de l'Iran. *Ecologia Mediterranea*, 8, 1/2, pp. 365-379.
- Aubréville A. (1970) - La flore tropicale tertiaire du Sahara. *Adansonia*, sér. 2, 10 (1), pp. 9-14.
- Aubréville A. (1974) - Origines polytopiques des Angiospermes tropicales. *Adansonia*, sér. 2, 14 (2), pp. 145-198.
- Aubréville A. (1976) - Centres tertiaires d'origine, radiations et migrations des flores Angiospermes tropicales. *Adansonia*, sér. 2, 16 (3), pp. 297-354.
- Axelrod D.I. (1975) - Evolution and biogeography of Madrean-Tethyan scerophyl vegetation. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 62, pp. 280-334.

- Axelrod D.I. & Raven P.H. (1978) - Late Cretaceous and Tertiary vegetation history of Africa. *In* : Biogeography and ecology of Southern Africa. Edit. M.J.A. Werger, The Hague, 1, pp. 79-130.
- Barbero M., Benabid A., Peyre C., Quézel P. (1981) - Sur la présence au Maroc de *Laurus azorica* (Seub) Franco. *An Jard. Botan.*, 37/2, pp. 467-472.
- Baudrimont R. & Degiovanni C. (1974) - Les diatomées marines du Miocène supérieur de l'Oranais (Algérie) et leur contexte géologique. *Bull. Soc. nat. Afr. Nord*, 65, 1 et 2, pp. 35-66.
- Belkébir L. (1986) - Le Néogène de la bordure nord-occidentale du massif du Dahra (Algérie) : Biostratigraphie, Paléontologie, Paléogéographie. Thèse d'Univ. Aix-Marseille I, 289 p.
- Belkébir L. & Bessedik M. (1991) - Essai de synthèse biostratigraphique du Miocène post et synchro-nappes en Oranie (Tafna, Bas Chélif). *IIème Séminaire de "Géologie pétrolière"*, Boumerdes, pp. 32-34.
- Bellon H., Bordet P., Montanat C. (1983) - Chronologie du magmatisme néogène des Cordillères bétiques (Espagne méridionale). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, sér 7, pp. 1301-1321.
- Berggren W.A., Kent D.V., Van Couvering J.A. (1985) - Neogene geochronology and chronostratigraphy. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 10, pp. 211-260.
- Bertolani-Marchetti D. & Mariotti-Lippi M. (1989) - Le Messinien d'Italie du point de vue palynologique. *Boll. Soc. Paleont. Ita.*, 28 (2-3), pp. 183-188.
- Bessais E. & Cravatte J. (1988) - Les écosystèmes végétaux pliocènes de Catalogne méridionale. Variations latitudinales dans le domaine nord-ouest méditerranéen. *Geobios*, 21 (1), pp. 49-63.
- Bessedik M. (1981) - Recherches palynologiques sur quelques sites du Burdigalien du Midi de la France. Thèse Spéc., Univ. Sc. Tech., Languedoc, Montpellier, 43 p.

- Bessedik M. (1984) - The early Aquitanian and upper Langhian - lower Serravalian environments in the Northwestern Mediterranean region. *Paléobiol. Cont.*, 14, 2, pp. 153-179.
- Bessedik M. (1985) - Reconstitution des environnements miocènes des régions nord-ouest méditerranéennes à partir de la palynologie. Thèse Doct. Sci., U.S.T.L., Montpellier, 162 p.
- Bessedik M. & Belkebir L. (1985) - Présence du Miocène Moyen et Supérieur dans la série de la Pointe de Canastel (Oran, Algérie). *Géol. Médit.*, 12-13, 3/4, pp. 147-150.
- Bessedik M., Belkebir I., Badsı M.-H. (1990, a) - Les cycles miocènes synchro et post-nappes en Algérie nord occidentale : essai de synthèse biostratigraphique. *8ème Sémin. Nat. Sci. Terre*, 2 p.
- Bessedik M., Belkebir I., Moissette P., Bouzaouit S. (1990, b) - La série miocène post-nappe de la bordure nord des massifs littoraux d'Oran : conséquences biostratigraphiques. *8ème Sémin. Nat. Sci. Terre*, 2 p.
- Bonnefille R. & Riollot G. (1980) - Pollens de savane d'Afrique orientale. Edit. C.N.R.S., 140 p, 111 pl.
- Bramwell D. (1976) - The endemic flora of Canary Islands. Distribution, relationships and phytogeography. *In* : Biogeography and ecology in the Canary Islands. Edit. G. Kunkel, La Hague, pp. 207-240.
- Burckle L.H. (1972) - Late Cenozoic planktonic diatom zones from the Eastern Equatorial Pacific. *Nov. Hedw.*, 39, pp. 217-246.
- Burckle L.H. (1978) - Early Miocene to Pliocene diatom levels for the Equatorial Pacific. *In* : Proceedings, second working Group Meeting, Biostratigraphy datum planes of Pacific Neogene, I.G.C.P. Proj. 114, Republic of Indonesia, 1, pp. 25-44.
- Busson G. (1979) - "Le géant salifère" messinien du domaine méditerranéen : interprétation génétique et implications paléogéographique. *Ann. Géol. Pays Hellen.*, (h.s.), 1, pp. 227-238.

- Busson G. (1990) - Le messinien de la Méditerranée ... vingt ans après. *Géol. France*, 3-4, pp. 1-58.
- Caire A. & Mattauer M. (1953) - Le Miocène du sillon Chélif-Soummam et la mise en place des nappes sud telliennes. *C. R. Acad. Sci.*, D, 237, pp. 1735-1736.
- Channell J.E.T. & Hawthorne T. (1989) - Magnetostratigraphy of sediments recovered during Leg 107 (Tyrrhenian sea). *Proc. Ocean Drill. Sci. Res.*, 107, pp. 335-346.
- Châteauneuf J.-J. & Reyre Y. (1974) - Eléments de palynologie. Application géologique. Cours de troisième cycle en Sciences de la Terre, Univ. Genève, 345 p.
- Châteauneuf J.-J. (1980) - Palynostatigraphie et paléoclimatologie de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène du Bassin de Paris (France). Thèse Doct. Sci., Univ. Pierre et Marie Curie, 357 p.
- Chevalier J.-P. (1961) - Recherches sur les Madréporaires et les formations récifales miocènes de la Méditerranée occidentale. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 4/1, n.s., 562 p.
- Clauzon G. (1979/1980) - Le canyon messinien de la Durance (Provence, France) : une preuve paléogéographique du bassin profond de dessiccation. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 29, pp. 15-40.
- Combourieu-Nebout N. (1987) - Les premiers cycles glaciaires-interglaciaires en région méditerranéenne d'après l'analyse palynologique de la série Plio-Pleistocène de Crotona (Italie méridionale). Thèse d'Univ. Montpellier II, 161 p.
- Cour P. (1974) - Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques : étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et Spores*, 16 (1), pp. 103-141.
- Dalloni M. (1939) - Géologie appliquée de l'Algérie. Metallogénie - Hydrogéologie - Agronomie. Edit. Masson et Cie, 888 p.

- Delfaud J., Michaux J., Neurdin J., Revert J. (1973) - Un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne. Evolution de la région oranaise (Algérie) au Miocène supérieur. Conséquences stratigraphiques. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 64, pp. 219-241.
- Delteil J. (1974) - Tectonique de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du Tell oranais oriental (Monts de la Mina, Beni-Chougrane, Dahra). Thèse Sci., Nice, 294 p.
- Diniz F. (1984) - Apport de la palynologie à la connaissance du Pliocène portugais. Rio Maior : un bassin de référence pour l'histoire de la flore, de la végétation et du climat de la façade atlantique de l'Europe méridionale. Thèse Doct. Sci., U.S.T.L., Montpellier, 230 p.
- Erdtman G. (1943) - An introduction to pollen analysis. Waltham, Mass., *Chronica Botanica*, 239 p.
- Erdtman G. (1952) - Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. Almqvist et Wiksell, 539 p.
- Fægri K. (1956) - Recent trends in palynology. *Bot. Review*, 22, (9), pp. 639-664.
- Fægri K. & Iversen J. (1950) - Text-book of modern pollen analysis. Copenhagen.
- Fenet B. (1975) - Recherches sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogène nord maghrébin : les monts du Djebel Tessala et les massifs du littoral oranais. Thèse Sci., Nice, 301 p.
- Freneix S., Saint Martin J.-P., Moissette P. (1987) - Bivalves Pteriomorphes du Messinien d'Oranie (Algérie occidentale). *Bull. Mus. Nat. Hist. Natur.*, 4, 9, C, 1, pp. 3-61.
- Gardette D. (1979) - Apport de l'étude des diatomées et des silicoflagellés à la biostratigraphie. Reconstitution du Messinien de Méditerranée : Analyse de quelques tripolis du passage mio-pliocène à Chypre, en Crète et au Maroc. Thèse 3ème cycle, Univ. Paris Sud, 274 p.

- Gaudant J. (1978) - Signification bathymétrique, paléoécologique et paléogéographique de l'ichthyofaune marine du Miocène terminal de la Méditerranée occidentale. Remarques préliminaires. *Bull. Mus. Nat. Hist. Natur.*, 3, 518 C, 70, pp. 137-148.
- Gersonde R. (1980) - Paläoökologische und biostratigraphische Auswertung von diatomeena soziationen aus dem mesinium des Caltanissetta-Beckens (Sizilien) und einiger vergleich profile in SO Spanien, NW Algerien und auf Kreta. Thèse Univ. Kiel, 393 p.
- Gersonde R. & Schrader H. (1984) - Marine planctonic diatom correlation of Lower Messinian deposits in the Western Mediterranean. *Mar. Micropal.*, 9, pp. 93-110.
- Gourinard Y. (1958) - Recherches sur la géologie du littoral oranais. *Publ. Serv. Carte Géol. Algérie*, n.s., 6, 111 p.
- Guardia P. (1975) - Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. Thèse d'état, Univ. Nice, 289 p.
- Guillet B. & Planchais N. (1969) - Note sur une technique d'extraction des pollens des sols par une solution dense. *Pollen et Spores*, 11(1), pp. 141-146.
- Hadell D.A., Benson R.H., Kennett J.P., Rakic El Bied K. (1989)- Stable isotope stratigraphy of late Miocène sequences in North-West Marroco : the Bou Degreg section. *Paleoceanography*, 4, 4, pp. 467-482.
- Haq B., Worsley T.R., Burckle L.H., Douglas R.G., Keigwin Jr L.D., Opdyke N.D., Savin S.M., Sommer II M.A., Vincent E., Woodruff F. (1980) - Late-Miocene marine carbon-isotopic shift and synchronicity of some phytoplanktonic biostratigraphic events. *Geotimes*, Fall Church, 8, 9, pp. 431-472.
- Heusser L.E. (1988) - Pollen distribution in marine sediments on the continental margin off northern California. *Mar. Geol.*, 80, pp. 131-147.

- Horowitz A. & Gat J.R. (1984) - Floral and isotopic indication for possible summer rain in Israel during wetter climates. *Pollen et Spores*, 21 (1), pp. 61-68.
- Hsü K.J. (1973) - The desiccated deep basin model for the Messinian event. *In* : Drooger C.W. (ed.) : Messinian event in the Mediterranean. *Kon. ned. kas. Wetensch.*, pp. 60-67.
- Hsü K. J., Cita M.B., Ryan W.B.F. (1973) - The origine of the mediterranean evaporites. *In* Ryan W.B.F. *et al* (Edit). *Init. Report Deep Sea Drill Proj.*, 13, pp. 1203-1231.
- Hsü K.J., Montadert L., Bernoulli D., Cita M.B., Erickson A., Garrison R.E., Kidd R.B., Melieres F., Muller C., Wright R. (1977) - History of the mediterranean salynity crisis. *Nature*, 267, pp. 399-403.
- Iskandar D. (1988) - Etude palynologique de la diatomite miocène de la montagne d'Andance (Ardèche) : stratigraphie, climat. *Inst. Fr. Pondichéry, Trav. Sec. Sci. Tech.*, XXV, pp. 209-218.
- Kassas M. (1956) - The mist oasis of Erkwit, Sudan. *Journ. Ecology*, 44, 1, pp. 180-194.
- Kassas M. (1957) - On the ecology of the Red Sea coastal land. *Journ. Ecology*, 45, 1, pp. 187-203.
- Kunkel G. (1971) - On some floristic relation ships between the Canary Islands and neighbouring Africa. *Mitt. Bot. Staatssamml.*, 10, pp. 368-374.
- Kuprijanova L. & A. (1956) - *Journal Botanique de l'U.R.S.S.*, 41, (8), pp. 1212-1216.
- Lòbreau-Callen D. (1972b) - Les caractères du pollen et la répartition géographique des Icacinaceae. *C. R. Soc. Biogéogr.*, 426, pp. 4-17.
- Louvet P. (1973) - Sur les affinités des flores tropicales ligneuses africaines tertiaire et actuelle. *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 120 (9), pp. 385-396.

- Magne I. & Tempere C. (1953) - Micropaléontologie de deux bassins miocènes algériens : le Chélif et le Hodna. Applications aux recherches de pétrole. *Publ. XIXème Congr. Géol. Intern, C.R.*, XIV, pp. 147-176.
- Mansour B. (1991) - La série diatomitique messinienne de Sig. Etude systématique des diatomées et implications paléoécologiques. Thèse Magister, Univ. Oran, 147 p.
- Megartsi M. (1985) - Le volcanisme mio-plio-quadernaire de l'Oranie nord-occidentale. Thèse d'état, Univ. d'Alger USTHB, 270 p.
- Méon H. & Tayech B. (1986) - Etudes palynologiques dans le Miocène du Cap Bon (Tunisie). Essai d'établissement d'écozones et de reconstitution paléogéographique. *Géobios*, 19 (5), pp. 601-626.
- Moissette P. (1988) - Faunes de bryozoaires du Messinien d'Algérie occidentale. Doct. Lab. Géol. Fac. Sci., Lyon, 351 p.
- Müller D.W. & Hsü K.J. (1987) - Event stratigraphy and paleoceanography in the Fortuna bassin (Southeast Spain) : a scenario for the Messinian salinity crisis. *Paleoceanography*, 2, 6, pp. 679-696.
- Nesteroff W.D. (1973b) - Un modèle pour les évaporites messiniennes en Méditerranée : des bassins peu profonds avec dépôt d'évaporites lagunaire : *In* : Drooger C.W. (éd.) : Messinian event in the Mediterranean. Geodyn. Scient. Report 7, *Kon. ned. Akas. Wetensch.*, pp. 69-81.
- Neurdin-Trescartes J. (1979) - Paléogéographie de la marge sud du bassin du Chélif au Miocène. Comparaison entre les Tessala et les Beni-Chougrane (Algérie). *7ème Réun. Ann. Sci. Terre*, p. 343
- Nix H. (1982) - Environmental determinant of biogeography and evolution in Terra Australis. *In* : Evolution of the Flora and Fauna of Arid Australia. Edit. W. R. Barker et P. J. M. Greenslade, Peacock Publ., pp. 47-66.

- Ogniben I. (1957) - Petrographia della serie Jolfifera siciliana e considerazioni geologiche relative. *Mem. descr. Cartageol. Ital.*, 33, 275 p.
- Ouda K. & Ameur-Chembour A. (1978) - Contribution to the biostratigraphy of the Miocene : sediments associated with primitive *Hipparion* fauna of Bou Hanifia, North West Algeria. *Rev. espagnola Micropaleont.*, 10, 3, pp. 407-420.
- Perrodon A. (1957) - Etude géologique des bassins néogènes sub-littoraux de l'Algérie occidentale. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, (h.s.), 12, 328 p.
- Pierre C. & Rouchy J.-M. (1990) - Sedimentary and diagenetic evolution of Messinian evaporites in the Tyrrhenian Sea (ODP Leg 107, sites 652, 653 and 654) : Petrographic, mineralogical and stable isotope records. *Proc. Ocean. Drill Prog. Sci. Res.*, 107, pp. 187-210.
- Pitard J. & Proust L. (1908) - Les Iles Canaries. Flore de l'archipel. Edit. P. Klincksieck, 503 p.
- Pomel A. (1958) - Sur le système des montagnes de Mermoucha et sur le terrain sahéien. *C.R. Acad. Sci.*, 47, pp. 852-855.
- Pons A. (1964) - Contribution palynologique à l'étude de la flore et de la végétation pliocènes de la région rhodanienne. *Ann. Sci. Nat.*, Ser. 12, 5, pp. 499-722.
- Poumot C. & Suc J.-P. (1984) - Flore pollinique de la fin du Néogène en Méditerranée Sud-Orientale. *Paléobiol. Cont.*, 14, (2), pp. 397-401.
- Quézel P. (1978) - Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan. *Africa. Ann. Missouri. Botan. Gard.*, 65, pp. 479-534.
- Quézel P. (1983) - Flore et végétation actuelle de l'Afrique du Nord, leur signification en fonction de l'origine, de l'évolution et des migrations des flores et structures de végétation passées. *Bothalia*, 14, 3/4, pp. 411-416.
- Rakic-El-Bied K. (1990) - Stratigraphie à haute résolution et Paléo-océanographie du Maroc à la fin du Miocène. Apport des foraminifères. Thèse Univ. Bordeaux 1, 184 p.

- S.N.Repal (1952) - Le bassin néogène du Chélif. *Publ. XIXème Congr. Géol. Intern.*, Monogr. region., 16, 56 p.
- Rouchy J.-M. (1980) - La genèse des évaporites messiniennes de Méditerranée : un bilan. *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 4, pp. 511-545.
- Rouchy J.-M. (1982a) - La genèse des évaporites messiniennes de Méditerranée. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, C, 50, 267 p.
- Rouchy J.-M. (1982b) - La crise évaporitique messinienne de Méditerranée : nouvelles propositions pour une interprétation génétique. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, C, 3-4, pp. 107-136.
- Rozet A. (1831) - Notice géognostique sur les environs d'Oran. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2, pp. 46-305.
- Ryan W.B.F., Cita M.B., Dreyfus-Rawson M., Burckle L.H., Saito T. (1974) - A paleomagnetic assignement of Neogene stage boundaries and the development of isochronous datum planes between the Mediterranean, the Pacific and Indian oceans in order to investigate the response of the world ocean to the "Salinity Crisis". *Riv. Ital. Paleont.*, 80, 4, pp. 631-688.
- Saint-Martin J.-P., Chaix C., Moissette P. (1983) - Le Messinien récifal d'Oranie (Algérie) : une mise au point. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 297, pp. 545-547.
- Saint-Martin J.-P. (1987) - Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. Aspects paléoécologiques et Paléogéographiques. Thèse Doct. Sci., Univ. Aix-Marseille 1, 3 Vol., 499 p.
- Saint-Martin J.-P. & Rouchy J.-M. (1990) - Les plates-formes carbonatées messiniennes en Méditerranée occidentale : leur importance par reconstitution de variations du niveau marin au Miocène terminal. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 8, 6, pp. 83-94.
- Selli R. (1973) - An outline of the italian Messinian. *In "Messinian event in the Mediterranean"* Edit. Drooger C.W., *Kon. red. Akad. Wetensh.*, pp. 150-171.

- Suc J.-P. (1972) - Contribution palynologique à l'étude des marnes de Celleneuve (Hérault). Thèse Spéc., U.S.T.L., Montpellier, 93 p.
- Suc J.-P. (1980) - Contribution à la connaissance du Pliocène et de Pleistocène inférieur des régions méditerranéennes d'Europe Occidentales par l'analyse palynologique des dépôts du Languedoc-Roussillon (sud de la France) et de la Catalogne (nord-est de l'Espagne). Thèse Doct. Sci., U.S.T.L., Montpellier, 198 p.
- Suc J.-P. (1989) - Distribution latitudinale et étagement des associations végétales au Cénozoïque supérieur dans l'aire ouest-méditerranéenne. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (8), 5 (3), pp. 541-550.
- Suc J.-P. & Bessais E. (1990) - Pérennité d'un climat thermo-xérique en Sicile avant, pendant, après la crise de salinité messinienne. *C. R. Acad. Sci.*, 310 (11), pp. 1701-1707.
- Suc J.-P. & Bessedik M. (1981) - A methodology for Neogene palynostratigraphy. *Inter. Symp. Concept. Meth. Paleo.*, pp. 205-208.
- Suc J.-P., comborieu-Nebout N., Robert C., Turon J.L., Irr F. (1991) - Changements dans la sédimentation argileuse au Néogène supérieur en Méditerranée Centrale : Les tripolis messiniennes de Capodarso (Sicile) et les laminites Plio-Pleistocène de Crotona (Calabre). *Palynosciences*, 1, pp. 89-111.
- Tayech B. (1984) - Etudes palynologiques dans le Néogène du Cap Bon (Tunisie). Thèse Spéc., Univ. Lyon 1, 121 p.
- Thomas G. (1985) - Géodynamique d'un bassin intramontagneux. Le bassin du Bas Chélif occidental durant le mio - plio - quaternaire. Thèse es-Sciences, Univ. Pau, 594 p.
- Tomsovic P. (1960) - Bemerkungen zum Feinbau des Sporoderms und zu seiner Terminologie. *Preslia*, 32, pp. 163-173.
- Tschudy R.H. & Scott R.A. (1969) - Aspects of Palynology. Wiley Interscience. John Wiley & Sons, 510 p.

- Van Campo M., Bronckers F., Guinet Ph. (1967) - Electron microscopy's contribution to the knowledge of the structure of acetolysed pollen grains. *Palynological Bull.*, 2 et 3, suppl., 21 p.
- Vernal de A., Richard P., Jetté H. (1983) - Sur les effets de la technique du Luber utilisée en analyse pollinique pour éliminer la matière organique non déposée. *Pollen et Spores*, 25 ( 3-4), pp. 541-548.
- Wang C.W. (1961) - The forest of China (with a survey of grass land and desert vegetation). Maria Moors Cabot Found., 5, 315 p.
- Wernli R. (1987) - Micropaléontologie du Néogène post nappes du Maroc septentrional et description systématique des foraminifères planctoniques. *Edit. Serv. Géol. Maroc*, 331, 207 p.
- Zagwijn W.H. (1960) - Aspects of the Pliocene and early Pleistocene vegetation in the Netherlands. *Meded. Geol. Sticht*, Ser. C, 3, 5, 78 p.
- Zheng Z. (1986) - Contribution palynologique à la connaissance du Néogène du sud-est français et de Ligurie. Thèse d'Univ., U.S.T.L., 142 p.

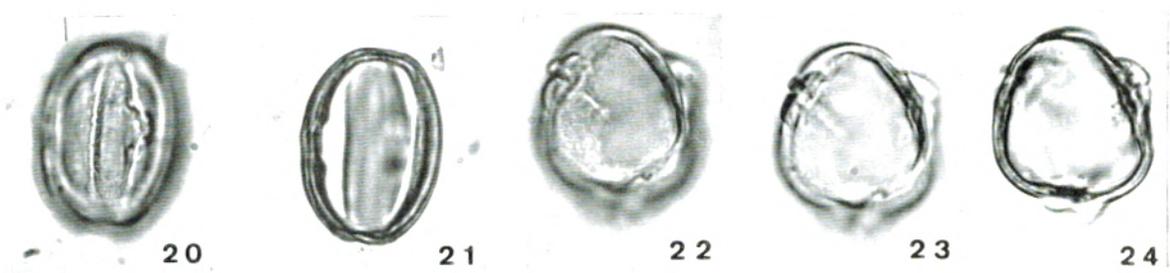
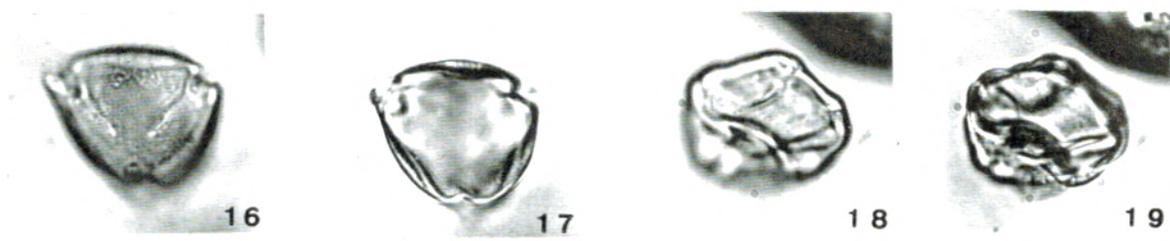
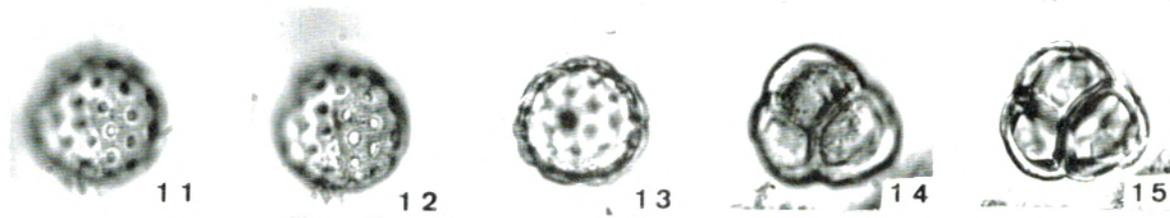
**PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES**

## PLANCHE XII

### GRAINS DE POLLEN

Grossissement : 1000

- |                 |  |
|-----------------|--|
| Fig 1 et 2      | - Rubiaceae , échantillon 2 (coupe Chabet Bou Seter)                   |
| Fig 1           | - Vue méridienne montrant l'ornementation de l'exine et un colpore     |
| Fig 2           | - Vue méridienne montrant la coupe optique                             |
| Fig 3, 4 et 5   | - Indéterminé 1, échantillon 3 (coupe Chabet Bou Seter)                |
| Fig 3 et 4      | - Vue méridienne montrant l'ornementation de l'exine et un colpore     |
| Fig 5           | - Vue méridienne montrant la coupe optique                             |
| Fig 6, 7 et 8   | - Icacinaceae, échantillon 1 (coupe Chabet Bou Seter)                  |
| Fig 6 et 7      | - Vue méridienne montrant l'ornementation de l'exine et un pore        |
| Fig 8           | - Vue méridienne montrant la coupe optique                             |
| Fig 9 et 10     | - Compositae grains échinulés, échantillon 2 (coupe Chabet Bou Seter)  |
| Fig 9           | - Vue méridienne montrant l'ornementation de l'exine                   |
| Fig 10          | - Vue méridienne montrant la coupe optique                             |
| Fig 11,12 et 13 | - Amaranthaceae/Chenopodiaceae, échantillon 2 (coupe Chabet Bou Seter) |
| Fig 11 et 12    | - Vue montrant l'ornementation de l'exine et les pores                 |
| Fig 13          | - Vue montrant la coupe optique  |
| Fig 14 et 15    | - Ericaceae, échantillon 2 (coupe Chabet Bou Seter)                    |
| Fig 14          | - Vue montrant l'ornementation de l'exine                              |
| Fig 15          | - Vue montrant la coupe optique  |
| Fig 16 et 17    | - Sapindaceae, échantillon 1 (coupe Chabet Bou Seter)                  |
| Fig 16          | - Vue polaire montrant l'ornementation de l'exine et les colpores      |
| Fig 17          | - Vue polaire montrant la coupe optique                                |
| Fig 18 et 19    | - <i>Alnus</i> (Betulaceae), échantillon 6 (coupe Chabet Bou Seter)    |
| Fig 18          | - Vue polaire montrant l'ornementation de l'exine et les pores         |
| Fig 19          | - Vue polaire montrant la coupe optique                                |
| Fig 20 et 21    | - Combretaceae, échantillon 12 (coupe Chabet Bou Seter)                |
| Fig 20          | - Vue méridienne montrant l'ornementation de l'exine et les colpores   |
| Fig 21          | - Vue méridienne montrant la coupe optique                             |
| Fig 22,23 et 24 | - <i>Poterium</i> (Rosaceae), échantillon 2 (coupe Chabet Bou Seter)   |
| Fig 22 et 23    | - Vue polaire montrant l'ornementation de l'exine et les colpores      |
| Fig 24          | - Vue polaire montrant la coupe optique                                |

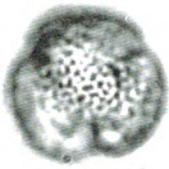


## PLANCHE XIII

### GRAINS DE POLLEN

Grossissement : 1000

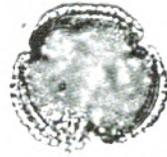
- Fig 1, 2 et 3 - *Olea* (Oleaceae), échantillon 3 (coupe Chabet Bou Seter)  
Fig 1 et 2 - Vue polaire montrant l'ornementation de l'exine  
Fig 3 - Vue polaire montrant la coupe optique
- Fig 4 - *Engelhardtia* (Juglandaceae), échantillon 2 (coupe Chabet Bou Seter)  
Vue polaire montrant la coupe optique
- Fig 5 - *Zizyphus* (Rhamnaceae), échantillon 13 (coupe Chabet Bou Seter)  
Vue méridienne montrant la coupe optique
- Fig 6 - *Myrica* (Myricaceae), échantillon 2 (coupe Chabet Bou Seter)  
Vue polaire montrant la coupe optique
- Fig 7 et 8 - *Quercus* (Fagaceae), échantillon 2 (coupe Chabet Bou Seter)  
Fig 7 - Vue méridienne montrant l'ornementation de l'exine  
Fig 8 - Vue méridienne montrant la coupe optique
- Fig 9 et 10 - *Plantago* (Plantaginaceae), échantillon 6 (coupe Chabet Bou Seter)  
Fig 9 - Vue montrant l'ornementation de l'exine  
Fig 10 - Vue montrant la coupe optique
- Fig 11 et 12 - Compositae grains fenestres, échantillon 2 (coupe Chabet Bou Seter)  
Fig 11 - Vue montrant l'ornementation de l'exine  
Fig 12 - Vue montrant la coupe optique
- Fig 13 et 14 - *Eryngium* (Umbelliferae), échantillon 13 (coupe Chabet Bou Seter)  
Fig 13 - Vue méridienne montrant l'ornementation de l'exine et les colpores  
Fig 14 - Vue méridienne montrant la coupe optique
- Fig 15 et 16 - *Ephedra distachye* (Ephedraceae), échantillon 11 (coupe Chabet Bou Seter)  
Fig 15 - Vue montrant l'ornementation de l'exine  
Fig 16 - Vue montrant la coupe optique
- Fig 17 - *Asphodelus* (Liliaceae), échantillon 13 (coupe Chabet Bou Seter)  
Vue montrant l'ornementation de l'exine et la coupe optique
- Fig 18 et 19 - *Lygeum* (Graminae), échantillon 3 (coupe Chabet Bou Seter)  
Fig 18 - Vue montrant l'ornementation de l'exine et le pore  
Fig 19 - Vue montrant la coupe optique et le pore



1



2



3



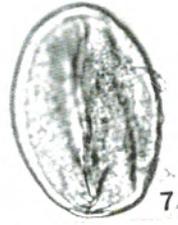
4



5



6



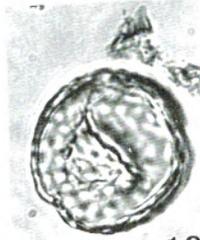
7



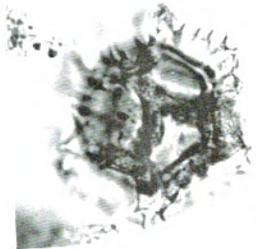
8



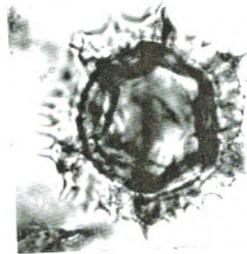
9



10



11



12



13



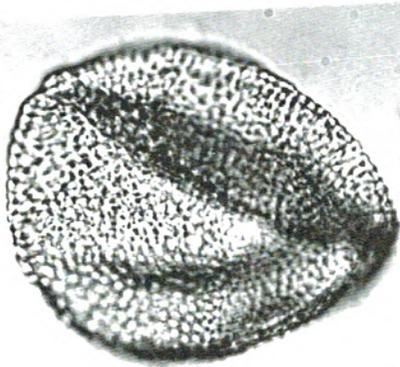
14



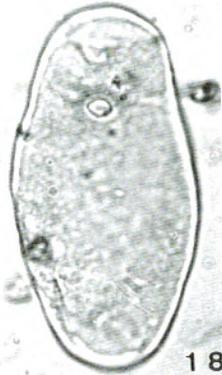
15



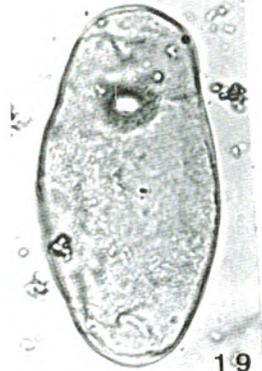
16



17



18



19