

Evolution de la végétation et du climat dans le Nord-ouest de la Tunisie au cours des 40 derniers millénaires

Evolution of vegetation and climatic changes in North-Western Tunisia during the last 40 millennia

S. STAMBOULI-ESSASSI*, E. ROCHE** & S. BOUZID*

Abstract: Palynological analysis of sedimentary sequences issued from peat bogs of different areas in the north-western of Tunisia, revealed important climatic events and anthropic impacts on environment that occurred during the last 40 millennia.

During the Upper Pleistocene, from ca. 40 000 ans BP. to ca. 28 000 years BP., a fresh climate favoured the expansion of *Quercus canariensis* deciduous oak forest. In the Glacial and the Late Glacial periods, ca. 20 000- 18 000 till 10 000 BP., a resinuous forest (*Abies*, *Cedrus* and *Pinus*) superseded the oak forest wich was confined to the lowlands. At this time, Northern Tunisia could offer refuges for woody taxa coming from Algeria where highlands were only covered by grassy vegetation because of the cooling. At the beginning of the Holocene, the climate became gradually warmer and wetter and favoured the return and the large extension of the deciduous forest while a decline of resinous forest occurred during Boreal and Atlantic periods (9 000 BP. - 5 000 BP.). This large distribution of deciduous oak forest persists during the Subboreal period (5 000 BP. - 2 500 BP.). However, around 4000 years BP., an aridity peak is recorded by a large extension of grasslands and a temporarily decline of forests.

After that, at the Subatlantic period, climate evolved to present situation, warmer and wetter, propicious to forest development but this one suffered from anthropic damages.

The first effects of human activities happened at the Bronze Age, accentuating the one's of the drought occuring ca. 4 000 years BP. During the Carthaginian and the Roman periods, betwen ca . 2 500 to ca. 1800 years BP., an important clearing of wood was made for needing timbers. In the course of 7th - 8th centuries AD, pastoralism practices of Arabs populations induced progression of *Quercus suber* and matorrals. During the last centuries happened a renewal of a mixed oak forest with predomination of *Quercus suber*. But, at present, an important degradation of the Cork oak forest results from demographic pressure and expansion of pastoralism.

Keywords: Tunisia; Upper Quaternary; Palynology; Paleoenvironment

Résumé: L'étude palynologique de séquences sédimentaires relevées dans une série de dépôts tourbeux localisés dans différents secteurs de la Tunisie septentrionale a mis en évidence d'importants évènements climatiques et des influences anthropiques qui ont façonné le paléoenvironnement au cours des 40 derniers millénaires.

Durant le Pléistocène supérieur, de ca. 40 000 ans BP. à ca. 28 000 ans BP., un climat frais a favorisé une importante expansion de la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis*. A la fin de cette période, et durant le maximum glaciaire (ca. 20 000.- 18 000 ans BP) et jusqu'à 10 000 ans BP., une forêt résineuse d'*Abies*, *Cedrus* et *Pinus* se substitue à la chênaie caducifoliée ; cette dernière étant alors confinée aux basses altitudes. Au Pléni- et au Tardiglaciaire, la Tunisie septentrionale a pu servir de zone refuge à ces taxons ligneux ayant migré à partir de l'Algérie dont les hautes altitudes n'étaient plus couvertes que par une végétation herbacée, à cause du froid.

Au début de l'Holocène, le climat devient progressivement plus chaud et plus humide. La forêt de résineux régresse, favorisant une expansion remarquable de *Quercus canariensis* au Boréal et durant l'Atlantique (9 000 B.P. - 5 000 B.P.). Cette prédominance de la chênaie caducifoliée se maintient durant le Subboréal (5 000 B.P. - 2 500 BP.) sous des conditions climatiques encore humides. Cependant, un pic

* Laboratoire de Biologie Végétale, Faculté des Sciences de Tunis, El Manar II, 2092, Tunisie

** Laboratoire de Paléobotanique et de Palynologie, Université de Liège, Belgique Corresponding author. Tel: +216-22-572-106; fax: +216-71-295-584

E-mail addresses: rocheemile@yahoo.fr
sondesessassi@topnet.tn

d'aridité, observé vers 4 000 ans B.P., entraîne une extension temporaire des herbacées et un retrait des espèces ligneuses.

Durant le Subatlantique, le climat évolue vers sa situation actuelle, chaud et humide, ce qui favorise le développement de la forêt ; mais celle-ci subit une action anthropique d'intensité croissante qui se manifeste en premier lieu à l'Age du Bronze, accentuant l'effet de la sécheresse de ca. 4 000 ans BP. Aux époques carthaginoise et romaine (ca. 2 500 jusqu'à ca. 1800 ans BP.), des déboisements agressifs étaient pratiqués pour l'obtention de bois d'oeuvre. Par la suite, l'exploitation des Arabo-Musulmans, dès le 7^{me} siècle AD, se signale surtout par la substitution du Chêne liège au Chêne zeen et par un pastoralisme en forêt provoquant la progression du matorral. Au cours des derniers siècles, les chênaies mixtes, à dominance de *Quercus suber*, reprennent de l'ampleur ; mais, ces dernières décennies, la pression démographique associée à l'expansion des activités pastorales, engendre une dégradation forestière marquée surtout dans le domaine de la suberaie.

Mots clés : Tunisie; Quaternaire supérieur; Palynologie, Paléoenvironnement

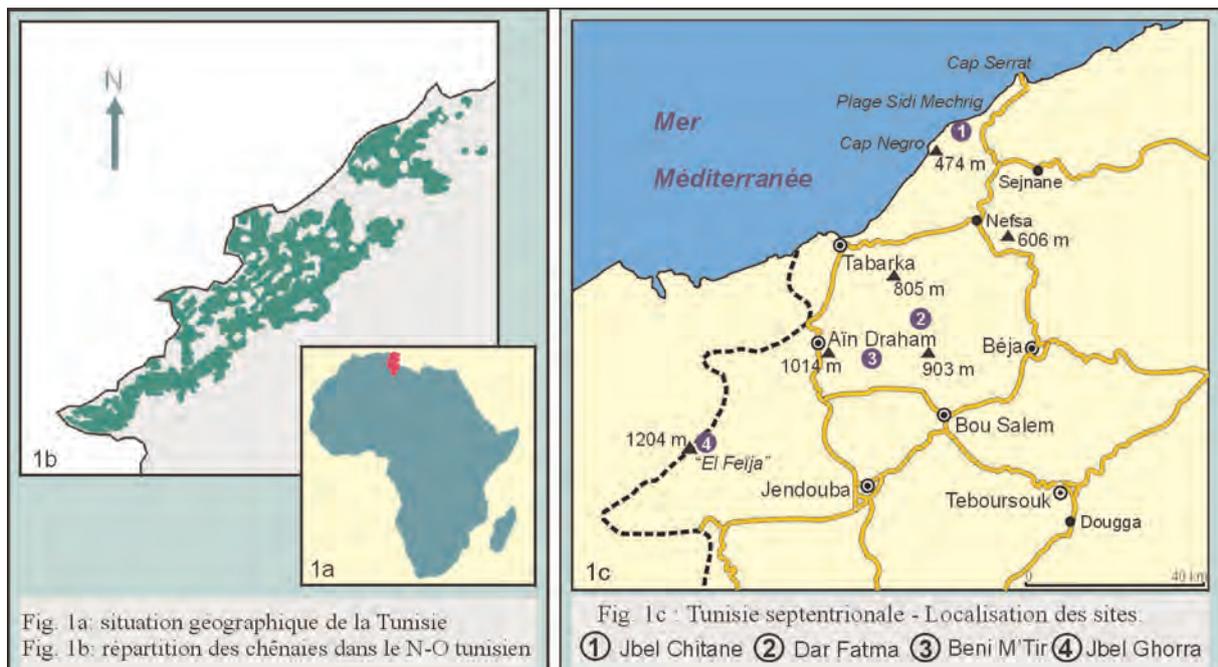
INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, bon nombre de travaux palynologiques ont été réalisés sur le Maghreb dans le but de reconstituer l'évolution des paléoenvironnements du Quaternaire supérieur. Pour la plupart, ces travaux, dont certains déjà anciens, concernent le Maroc; citons ceux de REILLE (1977) sur le Rif; de LAMB et *al.* (1989, 1991); de CHEDDADDI et *al.* (1998) sur le Moyen-Atlas; de REILLE (1976), de BALLOUCHE (1986), de REILLE et *al.* (1996) sur le Haut-Atlas; de BERNARD et REILLE (1987) sur l'Atlas de Marrakech; de BALLOUCHE (1986), de BALLOUCHE et DAMBLON (1988) et de DAMBLON (1991) sur le Maroc Atlantique.

Les travaux relatifs à l'Algérie se réduisent à quelques essais: ceux de RITCHIE (1984) sur les Hauts Plateaux orientaux au sud-ouest de Tébessa et de SALAMANI (1993) en Grande Kabylie.

Bien que la Tunisie (situation : Fig. 1a) ait été mieux prospectée que l'Algérie, la recherche palynologique y présente toutefois un caractère fragmentaire; on notera les études de VAN CAMPO et COQUE (1960), de SALZMANN et SCHULZ (1995) sur le sud tunisien, de BRUN (1979, 1983, 1985, 1991) sur des carottes marines du Golfe de Gabès, de BEN TIBA et REILLE (1982) à Dar Fatma, de BEN TIBA (1995) au Djebel El Ghorra et de STAMBOULI (1999) à Majen El Orbi.

Le présent travail s'est donné pour objectif principal d'étoffer les travaux palynologiques antérieurs réalisés en Tunisie en ciblant le nord-ouest du pays, une région comprenant la zone montagneuse de la Kroumirie et l'extrême ouest de la chaîne des Mogods où les facteurs climatiques sont favorables à la genèse des dépôts tourbeux au sein d'un environnement naturel dominé par des chênaies (Fig. 1b). Il propose, à l'échelle régionale, de reconstruire l'évolution du milieu forestier au Quaternaire supérieur, de situer les différentes phases évolutives de l'environnement dans un cadre chronologique et de préciser, tout en les distinguant, les influences climatiques et anthropiques ayant façonné les paysages. Pour ce faire, neuf sites tourbeux situés à différentes altitudes et expositions au sein de trois zones présentant des caractéristiques distinctes ont été échantillonnés: Sejnane-Sidi Mechreg (Djebel Chitane) à l'Est; Aïn Draham (Dar Fatma; Beni M'tir) au Centre et Jendouba-El Feïja (Djebel El Ghorra) à l'Ouest (Fig. 1c). Un second objectif a été de comparer les résultats obtenus à ceux issus des travaux effectués précédemment en Tunisie et d'inclure l'ensemble des données dans le cadre plus vaste de l'évolution de l'environnement au Maghreb au Quaternaire supérieur.



DESCRIPTION DE LA REGION ETUDIEE

Relief

La Kroumirie est constituée d'un ensemble de reliefs de direction générale SSO-NNE faisant partie intégrante du Tell septentrional, massif montagneux parallèle à la côte nord de la Tunisie et limité au sud par la vallée de la Medjerda, principal oued pérenne du pays, coulant selon un axe SO-NE, Jendouba-Bizerte.

Le point culminant de la Kroumirie se situe à l'ouest, à 1203 m au Djebel El Ghorra; en bordure de la frontière algéro-tunisienne. Les altitudes décroissent d'ouest en est. Au centre, dans la région d'Aïn Draham, la hauteur des sommets varie de 800 à 900 m avec un pic à 1014 m, au sud de la localité. Vers l'est, la décroissance s'accroît jusqu'à atteindre 500 m en bordure de la plaine de Nefza, formant séparation avec l'extrémité occidentale de la chaîne des Mogods, aux reliefs moins accusés, décroissant en altitude vers les plaines de Bizerte et de Tunis, à l'est.

Géologie

Du point de vue géologique (Service géologique national, 1987), la région étudiée correspond au domaine des flyschs numidiens argileux et gréseux d'âge oligocène formant une puissante série allant de l'extrême nord-ouest de la Tunisie jusqu'à Bizerte. Outre ces formations gréseuses et argileuses dominantes, des terrains secondaires et des dépôts paléocènes et éocènes affleurent par endroits entre le Cap Serrat et Jendouba: argiles et grès du Trias; calcaires du Jurassique; marnes, argiles, grès et calcaires du Crétacé; argiles et marnes du Paléocène; calcaires et marnes de l'Eocène. Le Miocène et le Mio-Pliocène sont développés dans le sillon de la Medjerda; le premier est une série molassique et lagunaire, le second une série sableuse rouge continentale. Le Quaternaire est représenté par des systèmes dunaires en bordure de mer et par des dépôts fluviatiles continentaux. Le climat humide favorise par ailleurs le développement de dépôts tourbeux sur substrats peu perméables.

Pédologie

Dans le nord-ouest tunisien, sous climat à fortes précipitations hivernales, la roche mère oligocène a donné naissance à des sols bruns plus ou moins lessivés selon la nature et la dégradation de la couverture végétale. Ainsi des sols bruns forestiers évolués se rencontrent sous les forêts de Chênes; par contre, en cas de coupes abusives, de surpâturage ou d'incendie, ces sols bruns forestiers passent à des sols lessivés podzoliques. Des sols hydromorphes existent localement, dus à la forte pluviosité créant un engorgement du sol par suite d'un drainage insuffisant des eaux pluviales. Il s'ensuit la formation de dépôts tourbeux dans des marais herbacés ou de petites tourbières entretenues par des sources. Enfin, des sols peu évolués se rencontrent sur les formations dunaires littorales d'origine éolienne (BELKHOUDJA et BORTOLI, 1973).

Climat et végétation actuels

Climat (Fig. 2, 3.)

La Tunisie septentrionale correspond à une région naturelle caractérisée par une pluviosité élevée. Elle appartient aux étages bioclimatiques humide et subhumide définis par EMBERGER (1955). Les précipitations moyennes annuelles sont respectivement de 1000 à 1500 mm/an pour l'étage humide et de 600 à 1000 mm/an pour l'étage subhumide.

L'étage humide à variante « hiver chaud » est localisé à la zone côtière. Celui à variante « hiver tempéré » se situe au-dessus de 500 m d'altitude. Sur les hauts reliefs au sein de ce dernier, il neige régulièrement durant les mois d'hiver, de décembre à février. L'étage subhumide couvre une bande dont la largeur n'excède pas 50 km au sud de l'étage humide. Sa limite méridionale est marquée par la vallée de la Medjerda.

En Tunisie du Nord, les vents dominants soufflent du secteur nord-ouest, ce qui entretient l'humidité sur la région durant la majeure partie de l'année. Par périodes, à la bonne saison, lorsqu'une dépression s'installe sur la Méditerranée occidentale, un vent soufflant du sud, le Sirocco, emmène avec lui de l'air chaud et sec chargé de sable du Sahara.

En Kroumirie, les températures moyennes annuelles varient de 16° à 20°C; les températures minimales de janvier, mois le plus froid, entre 2° et 7°C.

Végétation (Fig. 4, 5a)

Le nord-ouest de la Tunisie est couvert d'importantes forêts de feuillus constituées de Chêne liège (*Quercus suber*) à feuillage persistant et de Chêne zeen (*Quercus canariensis* = *Q. faginea*) à feuillage caduc.

La forêt de Chêne zeen (Association 1), occupe les zones les plus arrosées et les plus fraîches des Monts de Kroumirie où l'espèce arrive à former des massifs homogènes dans les sites qui lui sont les plus favorables comme à El Feija et à Aïn Draham. *Quercus canariensis* est une espèce d'altitude mais on le rencontre aussi au-dessous de 800 m dans des vallons humides, le long de cours d'eau à écoulement permanent et au bord de marécages où il est associé à *Alnus glutinosa*. Le Chêne zeen se retrouve également associé au Chêne liège dans des formations mixtes auxquelles vient se mêler le Chêne kermès (*Quercus coccifera*) sous 300 m d'altitude (Mosaïque 8).

Les suberaies, dominantes en Kroumirie existent en tant que formations fermées et parfois denses qui se développent principalement sur sols siliceux. La composition du sous-bois, dominée généralement par *Erica arborea* (Bruyère arborescente) varie en fonction de la nature du sol et de son degré d'humidité.

Sur les sols profonds, riches en humus et sur pentes bien drainées, se développe un sous-bois à dominance de *Cytisus triflorus*, *Erica arborea* et *Arbutus unedo* (Association 2). Sur sols hydromorphes, un faciès à *Pistacia*, *Myrtus*, *Calycotome* et *Olea* accompagne *Quercus suber* et *Erica arborea* (Mosaïque 10); par contre, sur les sols lessivés, *Erica scoparia* (Bruyère à balai)

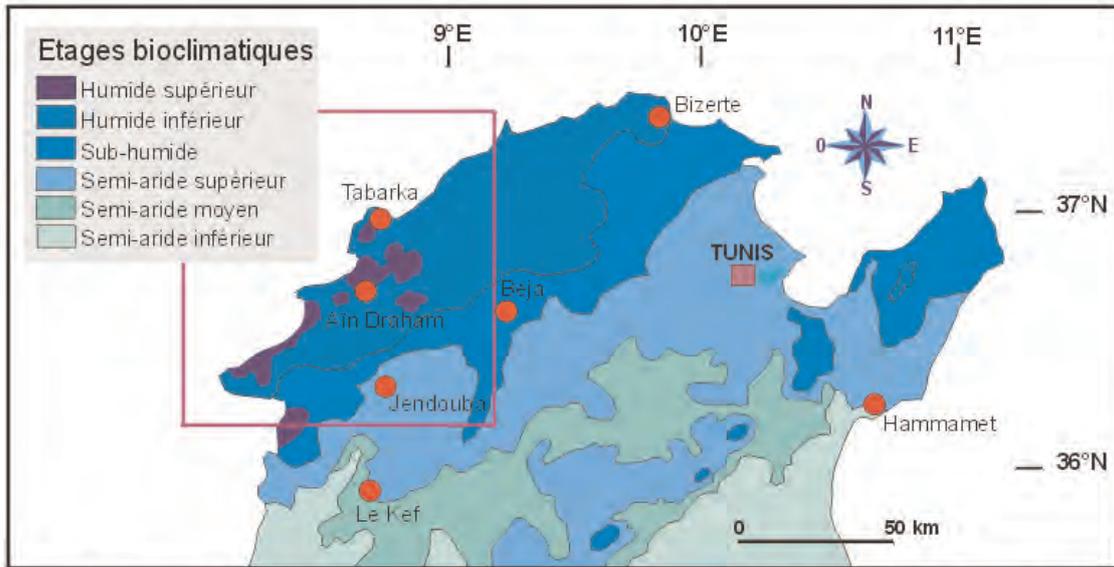


Fig. 2: Etages bioclimatiques en Tunisie septentrionale (d'après: L.Emberger, 1955)
Encadré: région étudiée

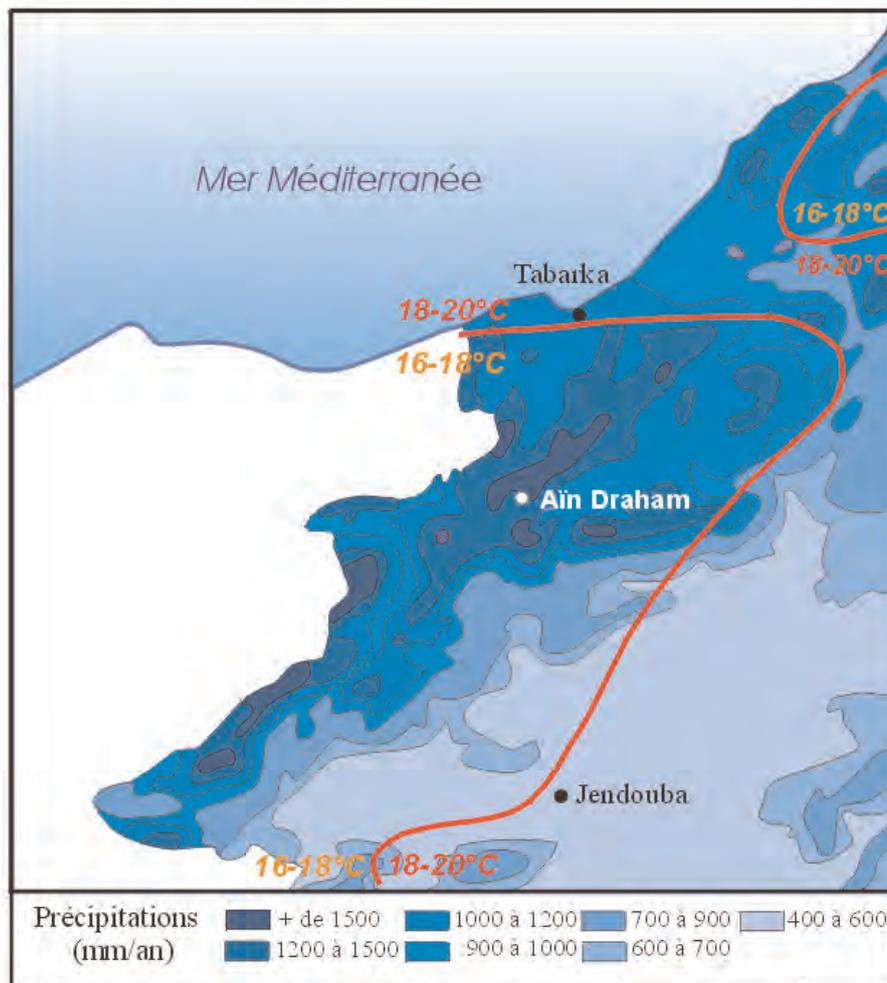


Fig. 3: températures et précipitations moyennes annuelles du nord-ouest de la Tunisie
 d'après: M. GOUNOT et A. SCHOENENBERGER (1965)

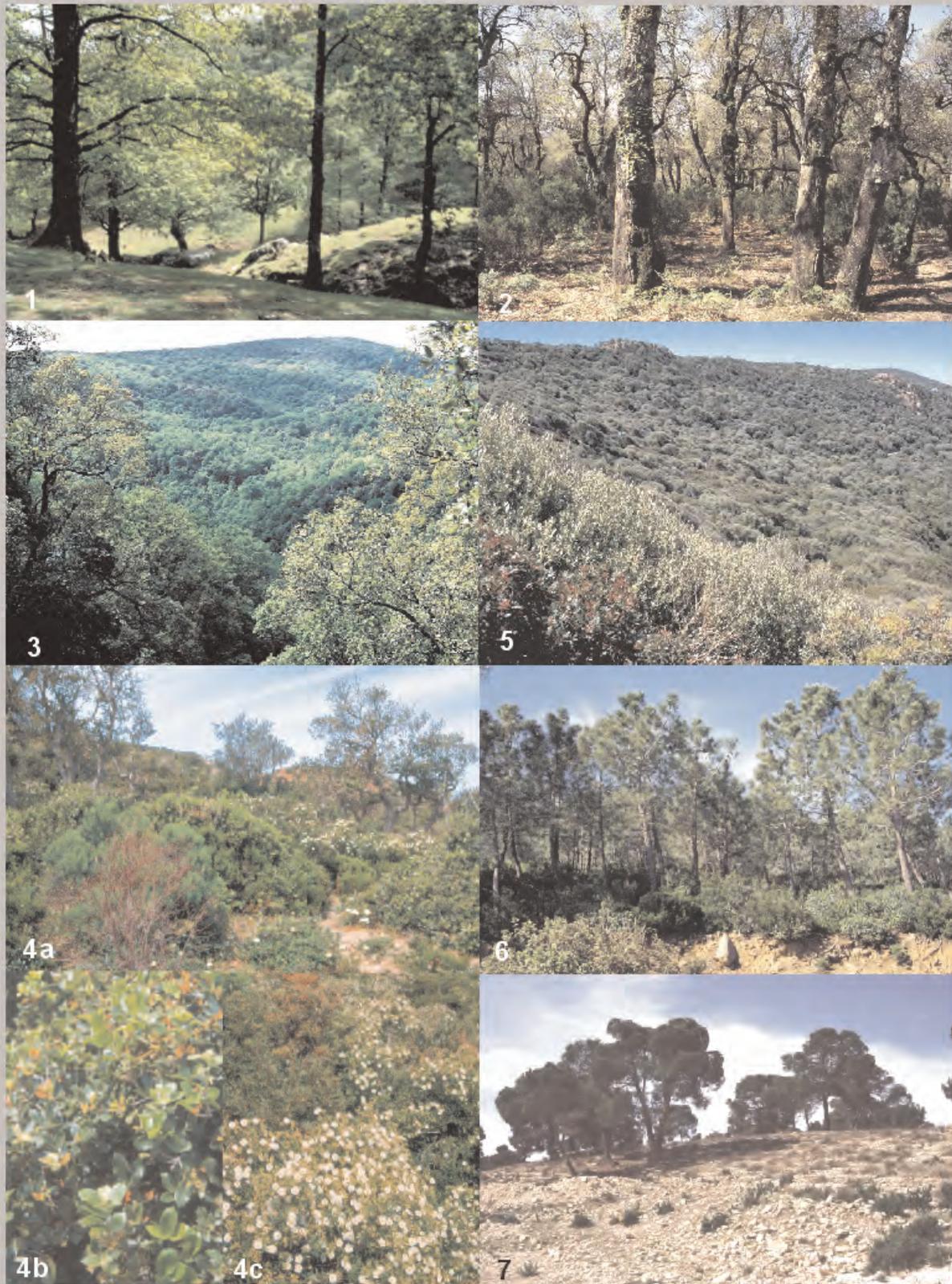


Fig. 5a: Paysages et végétation naturelle de Tunisie septentrionale

1. Zeenaie pure à *Quercus canariensis*, aspect vernal (Jbel Ghorra)
2. Suberaie à sous-bois d'*Erica arborea* (Aïn Draham)
3. Forêt mixte à *Quercus canariensis* et *Quercus suber* (Aïn Draham)
- 4a. Matorral à *Erica arborea*, Cistaceae, *Myrtus communis*, *Quercus coccifera*, *Quercus suber*.
- 4b. *Quercus coccifera*. 4c. Cistaceae (Jbel Chitane)
5. Oleo-lentiscetum (Parc naturel de l'Ichkeul)
6. Forêt naturelle à *Pinus pinaster* (Tabarka)
7. *Pinus halepensis* (Dorsale tunisienne)

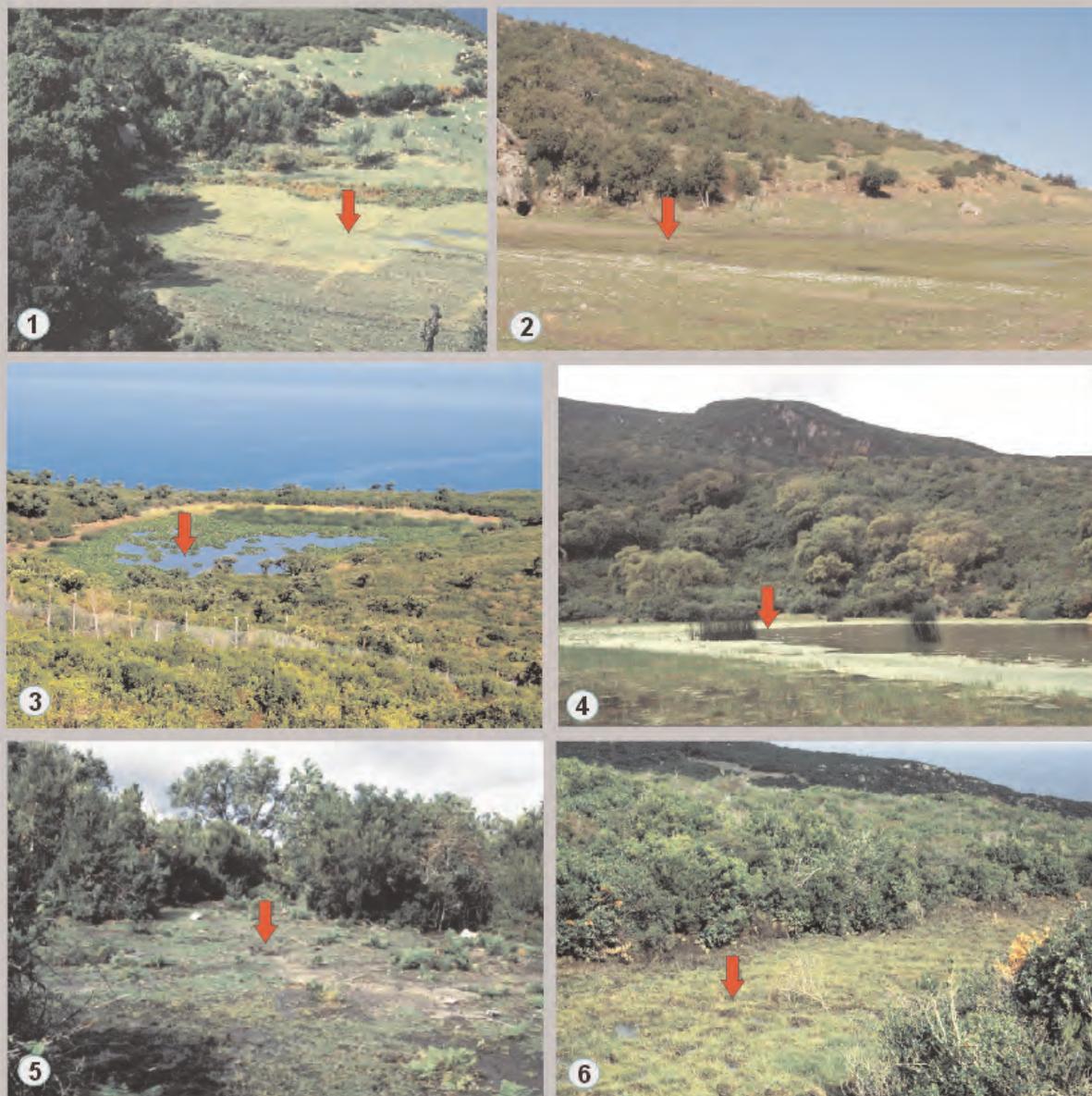


Fig. 5b: sites du Djebel Chitane (Région de Sejnane)

- 1.2. Tourbière de Majen el Orbi
- 3.4. Marais de Majen el Orbi
- 5. Zone tourbeuse de Majen Ben M'Hida
- 6. Tourbière d'Abiare

↓ Emplacements des sondages

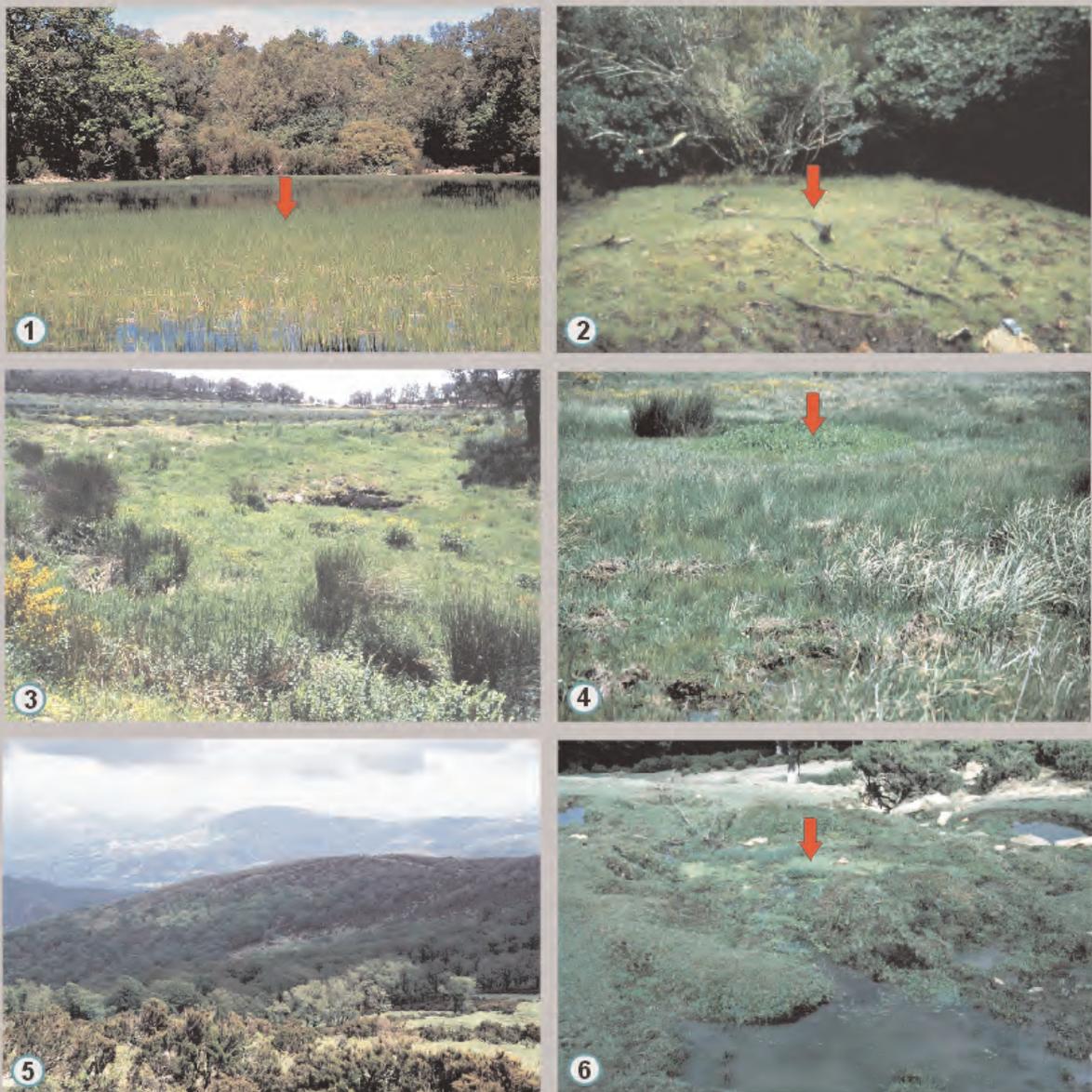


Fig. 5c: sites des régions d'Aïn Draham et d'El Feïdja

1. Marais tourbeux de Beni M'Tir
2. Tourbière bombée de Beni M'Tir
3. Tourbière de Dar Fatma (vue d'ensemble)
4. Zone turfigène active à Dar Fatma
5. Le Djebel Ghorra (vue panoramique)
6. Tourbière d'Ouinet Ennessours (Djebel Ghorra)

↓ Emplacements des sondages



Fig. 5d: échantillonnage de terrain

1. Forage manuel à l'aide d'une sonde de type "Russe"
2. Ouverture du carottier
3. Carotte de sondage

accompagnée de *Halimium halimifolium* et de *Lavandula stoechas* se substitue à *Erica arborea* (Mosaïque 9).

Sensible aux conditions édaphiques, *Quercus suber* l'est aussi aux conditions climatiques : les suberaies ne se développent pas dans des conditions climatiques trop froides ni trop chaudes. Ainsi, au-dessus de 800 m, le Chêne liège n'est plus naturellement dominant que dans des stations sèches et ventées (crêtes et buttes rocheuses); ailleurs, il est concurrencé par le Chêne zeen. A basse altitude, dans sa variante chaude, la suberaie est envahie par le Chêne kermès et d'autres espèces thermophiles. C'est entre 400 et 800 m d'altitude qu'elle connaît sa plus belle expansion sous ses variantes tempérée et fraîche : la première, se situe entre 450 et 550 m, elle correspond à la limite inférieure de la neige et à la zone de disparition du Pistachier lentisque; la seconde, au-dessus de la précédente, se caractérise à 750 m d'altitude, par la limite supérieure de la distribution du Myrte.

La dégradation de la suberaie par le feu et le pâturage entraîne la raréfaction du Chêne liège et l'installation de Matorrals, formations broussailleuses difficiles d'accès à Bruyère, Arbousier, Cistes, Myrte, Pistachier et Graminées (Association 4).

Dans les zones proches du littoral, le Chêne kermès tend à occuper une place prépondérante au sein de ces groupements. *Quercus coccifera* connaît son développement optimal le long de la côte. Associé à deux génévriers thermophiles, *Juniperus oxycedrus* et *Juniperus phoenicea*, il constitue une formation climacique représentant le stade évolutif final de la végétation fixatrice des dunes (Association 3).

Plus au sud sur marnes et argiles calcaires où sont absents *Quercus suber* et *Quercus coccifera*, la végétation évolue vers une brousse semi-aride où dominant l'Oléastre (Olivier sauvage), le Pistachier lentisque et le Myrte (Association 5). *L'Oleo-Lentiscetum*, autrefois très étendu, n'existe plus actuellement qu'à l'état de lambeaux, ayant cédé la place aux terres cultivées (7).

Les pinèdes naturelles sont peu répandues en Kroumirie. Le Pin maritime (*Pinus pinaster*) peut se rencontrer associé au Chêne liège et au Chêne kermès dans la zone littorale des suberaies (Mosaïque 9). Entre Tabarka et la frontière algérienne subsiste le seul groupement spontané de Pin maritime, relique d'un ensemble autrefois plus étendu dans la zone côtière septentrionale. Quant au Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), bien que répandu dans toute la Tunisie non désertique, c'est essentiellement au sud de la Medjerda, sous climat semi-aride, qu'il connaît un maximum d'ampleur. Dans la région qui nous occupe, sa présence est sporadique.

Sites étudiés

Le « Djebel Chitane » (Sejnane-Sidi Mechreg)

Le « Djebel Chitane » est une chaîne montagneuse de faible altitude, parallèle à la mer entre Sidi Mechreg et Sidi El Berrak ; ses points culminants se situent à 464 m à Sidi Mechreg et à 474 m au Cap Negro. Il constitue l'extrémité occidentale de la chaîne des Mogods. Sa couverture végétale est de 4400 ha, elle appartient à l'étage bioclimatique humide inférieur avec des précipitations annuelles de l'ordre de 870 mm (SCHOENENBERGER & DIMANCHE, 1970).

La répartition des pluies est très irrégulière entraînant un excès d'eau hivernal. Pendant les années les plus sèches, la pluviométrie ne dépasse pas 600 mm/an, donnant alors au climat un caractère plus marqué vers le subhumide. Les températures témoignent d'une certaine douceur due à la proximité de la mer : les températures minimales de janvier sont comprises entre 3° et 7°C (Direction Générale des Forêts- Ministère de l'Agriculture de Tunis, 1998) et la température moyenne annuelle est de 18°-19°C (Service de Météorologie nationale de Tunis, 1967).

La végétation actuelle, à flanc de montagne, est constituée de suberaies assez claires à sous-bois d'*Erica arborea* et de matorrals denses et diversifiés à *Arbutus*, *Cistaceae*, *Myrtus*, *Phillyrea*, *Pistacia* et à dominance de Chêne kermès. Ces formations attestent une dégradation

d'origine anthropique due principalement au pastoralisme. Dans les fonds de vallées humides, on note encore la présence de *Quercus canariensis*.

Le Djebel Chitane abrite des zones tourbeuses de différentes ampleurs dont quatre ont été sondées. Il s'agit de la tourbière de 'Majen Ben H'mida' (Fig. 5b - 5), de la tourbière (Fig. 5b - 1,2) et du marais de 'Majen El Orbi' (Fig. 5b - 3, 4) et de la tourbière de 'Abiare' (Fig. 5b - 6) situés à des altitudes décroissantes en se rapprochant du niveau de la mer, et qui sont respectivement de 330 m, 200 m, 148 m et 100 m.

Aïn Draham (Dar Fatma et Beni M'Tir)

La région d'Aïn Draham, occupant le centre du massif montagneux de Kroumirie, appartient à l'étage bioclimatique humide, caractère surtout marqué sur les versants nord, fort arrosés, plutôt que sur les versants sud, plus secs. Le caractère frais du climat se caractérise par des précipitations moyennes annuelles de 1000 à 1500 mm. Les brouillards sont assez fréquents dans la région et la saison sèche n'y dépasse pas trois mois (HOENISCH et al., 1970). La température moyenne annuelle est de l'ordre de 16°-18°C et il neige régulièrement en hiver sur les hauts reliefs.

Le marais tourbeux de « Dar Fatma » (Fig. 5c - 3) se situe à environ 12 km vers le NE d'Aïn Draham. Assez étendu, il occupe un replat sur une crête à 780 m d'altitude. Les reliefs qui l'entourent ne sont guère plus élevés; le plus important culmine à 876 m. La forêt proche du marais est principalement constituée de *Quercus suber* qui occupe les zones de crêtes. *Quercus canariensis* est fréquent dans le secteur mais on le rencontre surtout dans les vallons humides à exposition nord.

Le village de Beni M'Tir se trouve à environ 13 km vers le SE d'Aïn Draham. La localité est dominée par des reliefs d'où jaillissent de nombreuses sources et qui abritent les deux sites étudiés: une petite tourbière bombée (Fig. 5c - 2) et un marais tourbeux (Fig. 5c - 1) situés respectivement à 663 m et 660 m d'altitude. La forêt de Beni M'tir où se trouvent ces sites est constituée de chênaies mixtes, Chêne liège-Chêne zeen.

Le 'Djebel El Ghorra'

Le « Djebel El Ghorra » (Fig. 5c - 5) se trouve à l'extrémité ouest de la série Kroumirie-Mogods, sur la frontière algéro-tunisienne, au nord-ouest du massif d'El Feïja. Il représente les plus hauts sommets au sein de cette série (point culminant: 1202 m) et appartient à l'étage bioclimatique humide supérieur. La pluviométrie annuelle dépasse souvent 1500 mm pour atteindre parfois les 2000 mm avec de forts brouillards et nébulosités et une moyenne des températures des mois les plus froids comprise entre 3 et 4,5°C (HOENISCH et al., 1970). Il abrite ainsi les plus belles zeenaies pures d'Afrique du Nord; celles-ci remplacent les suberaies aux plus hautes altitudes, au-dessus de 800-1000 m. Au-dessous, on rencontre des chênaies mixtes avec des peuplements de Chêne zeen cantonnés sur les expositions nord et humides et des suberaies sur les substrats les plus secs: crêtes et pentes à exposition sud. Deux sites ont été étudiés: 'Kef Eddebaâ' et 'Ouinet Ennessour' (Fig. 5c - 6), situés respectivement à 800 et 1050 m d'altitude. Un troisième site dit de « Djebel El Ghorra » a été prospecté par BEN TIBA dans les années 80 et a fait l'objet d'une publication de cet auteur en 1995. Nous en avons rediscuté les résultats dans notre étude.

MATERIELS ET METHODES

Au niveau de tous les sites étudiés, les sondages ont été effectués à l'aide d'une sonde de type 'Russe' (Fig. 5d). Sur les carottes extraites, de 25 cm chacune, constituant les séquences, deux à trois cm³ de sédiment ont été prélevés tous les cinq centimètres pour analyse. Un total de 28 échantillons a fait l'objet de datations au radiocarbone (¹⁴C), afin de situer l'ensemble des profils palynologiques dans un cadre chrono-stratigraphique global.

L'extraction du matériel fossile à partir de quelque 700 échantillons (Tableau 1) a été réalisée par une attaque à l'acide fluorhydrique (HF 40%) suivie d'une acétolyse, technique mise au point par ERDTMAN (1960)

Un minimum de 500 grains de pollen a été compté par échantillon. Les proportions comptées de chaque taxon pour tous les niveaux analysés sont exprimées en fréquences relatives. Le total des spores, à signification purement locale, est exclu du calcul.

Chaque niveau d'une séquence sédimentaire est ainsi représenté par un « spectre pollinique » reprenant les pourcentages des différents taxons identifiés. Un diagramme pollinique est alors établi sur base des différents spectres correspondant aux échantillons inventoriés sur la séquence. Le graphique est ensuite découpé en zones et sous-zones polliniques en fonction des fluctuations des spectres de la base au sommet de celle-ci. L'interprétation est basée sur les caractéristiques écologiques (exigences climatiques, édaphiques, altitudinales) des taxons identifiés et selon leur importance de représentativité dans les spectres polliniques.

Tableau 1 - Matériel récolté

Region	Site	Coordonnées	Altitude [m]	Séquence [m]	Nbr d'échantillons	Nbr de ¹⁴ C
Sejnane (Djebel Chitane)	Majen El Orbi (Tourbière)	37°09'N;9°05'E	200	9.00	180	6
	Majen El Orbi (Marais)	37°09'N;9°05'E	148	5.60	113	2
	Majen Ben H'mida	37°08'N;9°05'E	330	4.50	90	5
	Abiare	37°09'N;9°06'E	110	2.25	45	1
Aïn Draham	Dar Fatma	36°49'N;8°46'E	780	5.25	105	7
	Beni M'tir (Tourbière)	36°43'N;8°42'E	663	2.75	55	1
	Beni M'tir (Marais)	36°43'N;8°42'E	660	2.75	55	1
Jendouba-El Feïja (Djebel El Ghorra)	Ouinet Ennessours	36°36'N;8°24'E	1050	0.75	15	1
	Kef Eddbaâ	36°40'N;8°21'E	800	1.00	20	0
	Djebel El Ghorra	(BEN TIBA, 1995)	1203	2.30	46	5

Datations ¹⁴C

Les datations conventionnelles obtenues par analyse ¹⁴C de certains niveaux sont reprises en marge des graphiques permettant ainsi d'établir une chronologie des événements environnementaux liés à l'évolution du milieu de dépôt. Les emplacements des hiatus sédimentaires estimés sont également mentionnés sur les diagrammes

Les datations ¹⁴C ayant servi à établir la chronologie des séquences étudiées sont reprises dans le tableau 2.

Tableau 2: datations ¹⁴C

Région	Site	Profondeur de l'échantillon [cm]	Lab. no.	Dates conventionnelles (ans B.P.)
Sejnane Djebel Chitane	Majen El Orbi (tourbière)	70	GrN- 29560	1380 ± 50
		155	GrN- 29661	2220 ± 110
		230	GrN- 24788	2440 ± 140
		420	GrN- 25718	3480 ± 80
		595	GrN- 22806	3960 ± 140
		790	GrN- 25720	4530 ± 150
	Majen El Orbi (marais)	100	GrN- 25092	500 ± 50
		400	GrN- 25339	3670 ± 80
	Majen Ben H'mida	65	GrA- 29723	985 ± 30
		100	GrN- 25091	2500 ± 50
		205	GrA- 29724	4894 ± 40
		250	GrN- 25718	8190 ± 50
		350	GrN- 24791	9480 ± 100
	Abiare	130	GrN- 25717	1050 ± 130
	Ain Draham	Dar Fatma	75	GrN- 26378
90			GrN- 26379	4290 ± 110
120			GrN- 25903	5180 ± 80
180			GrA- 23194	8170 ± 70
230			GrN- 26380	24430 ± 640/590
405			GrN- 25904	28540 ± 480/460
495			GrN- 25905	41600 ± 2100/1700
Beni M'tir (tourbière)		100	GrN- 25337	740 ± 50
Beni M'tir (marais)		100	GrN- 24789	470 ± 50
Jendouba-El Feïja Djebel El Ghorra		Ouinet Ennessours	60	GrN- 25338
	Djebel El Ghorra (Ben Tiba, 1995)	60	GIF- 7825	940 ± 40
		110	GIF- 7826	2070 ± 80
		150	GIF- 7827	3060 ± 90
		190	GIF- 7828	3900 ± 90
		220	GIF- 7829	4800 ± 140

ANALYSE POLLINIQUE DES SITES

Sites de la région de Sejnane

Tourbière de «Majen El Orbi»

La tourbière de « Majen El Orbi » (coordonnées géographiques: 37° 09' N, 9° 05' E) est située à 200 m d'altitude sur des reliefs bordant la côte. Elle occupe une dépression orientée sud-ouest/nord-est, au pied d'une colline de grès oligocène (Fig. 5b - 1,2). Sa superficie est d'environ 1500 m². Le site est entouré d'une suberaie dégradée à strate arborescente assez développée, composée principalement de *Myrtus communis*, *Erica arborea*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia* et *Arbutus unedo*.

Une séquence sédimentaire a été relevée par sondage sur une profondeur de 9 m. A ce niveau, le socle rocheux a été atteint. La majeure partie de la séquence est constituée d'une tourbe fibreuse brun foncé, légèrement argileuse et riche en débris végétaux, herbacés et ligneux. Cette tourbe constitue les 2.75 m de la base de la séquence et se retrouve entre -1.65

et 4.95 m. Entre ces deux dépôts s'intercale 1.25 m d'une tourbe limoneuse s'enrichissant en argile dans sa partie supérieure. Au-dessus de -1.75 et jusqu'à -1 m, la teinte brun foncé de la tourbe fibreuse passe au brun clair tandis que dans le dernier mètre, elle vire au brun-noir très foncé. Un prélèvement de 6 échantillons a été réalisé en vue de datations ^{14}C , respectivement à -0.70 m, -1.50 m, -2.30 m, -4.20 m, -5.95 m, -7.90 m. Les résultats de l'analyse sont repris au tableau 2.

Description du diagramme pollinique (Fig. 6)

Le diagramme pollinique a été découpé en cinq zones polliniques majeures I, II, III, IV et V sur base de l'évolution du milieu forestier, principalement de ses composantes caducifoliée (*Quercus canariensis*) et sclérophylle (*Quercus suber*) en relation avec l'évolution des fréquences relatives des taxons du matorral et du milieu ouvert herbacé. Les zones I et II ont été divisées en deux sous-zones a et b, et les zones IV et V en quatre sous-zones a, b, c et d en fonction des fluctuations secondaires des principaux taxons.

Zone pollinique I (9.00-7.35 m)

Datée environ en son milieu, à -7.90 m de profondeur, de 4530 ± 150 B.P., cette période atteste la dominance de *Quercus canariensis*, en une forte expansion; il atteint des valeurs de fréquences relatives dépassant les 50% (56% à -9.00 m).

Quercus suber est faiblement représenté avec des taux polliniques variant de 2% (-6.60 m) à 11% (8.60 m). En fonction de l'évolution des spectres polliniques de *Salix* et des taxons du matorral, cette zone a été divisée en deux sous-zones.

Sous-zone Ia (9.00-8.30 m)

Elle est caractérisée par une représentation importante de *Salix* présentant deux pics distincts de 19% (à -8.80 m) et de 25% (à -8.40 m). L'apport pollinique des taxons du matorral est très faible: celui d'*Erica arborea* ne dépasse pas les 3% (à -9.00 m).

Sous-zone Ib (8.30-7.35 m)

Elle correspond à une régression des fréquences polliniques de *Salix* (2% à 7.40 m) en parallèle à une légère progression des taxons du matorral et du milieu ouvert herbacé: Graminées (7% à -7.80 m), Ombellifères (6% à -8.00 m) et le reste des herbacées diverses: Caryophyllacées, Chénopodiées, Composées.

Zone pollinique II (7.35-6.20 m)

L'évolution forestière permet, à ce niveau, de distinguer deux sous-zones.

Sous-zone IIa (7.35-6.60 m)

On assiste ici à un recul des éléments du milieu forestier: *Quercus canariensis* régresse à 29% (-7.00 m), les fréquences relatives de *Quercus suber* passent de 9% (à -7.30 m) à 2% (à -6.60 m). Par contre, on remarque une progression des taxons du matorral, et notamment d'*Erica arborea* qui progresse de 7% (à -7.30m) à 25% (à -6.70 m).

Sous-zone IIb (6.60-6.20 m)

Par rapport à son recul antérieur, *Quercus canariensis* montre un regain assez sensible (46% à -6.50 m). *Quercus suber* est toujours très faiblement représenté. *Erica arborea* régresse (7% à -6.50 m).

Zone pollinique III (6.20-5.75 m)

Datée de 3960 ± 140 B.P. à -5.95 m, cette zone révèle un important recul forestier qui

affecte les taxons ligneux, aussi bien caducifoliés (*Quercus canariensis*) (12% à -5.80 m) que sclérophylles (*Quercus suber*) (1% à -5.75 m). L'expansion des taxons du matorral n'est pas favorisée pour autant: les fréquences relatives d'*Erica arborea* chutent à 5% (à -5.75 m), *Quercus coccifera* atteint des fréquences presque nulles (0,5% à -6.10 m). Par contre, on assiste au niveau de cette période à une expansion des taxons herbacés: les Ombellifères atteignent 27% (à -6.10 m), les Graminées 12% (à -5.80 m).

Zone pollinique IV (5.75-2.85 m)

On observe ici une importante reconquête du milieu par la forêt, essentiellement par la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis*. L'évolution se réalise en quatre phases, correspondant aux quatre sous-zones a, b, c et d:

Sous-zone IVa (5.75-4.75 m)

Quercus canariensis est en nette progression enregistrant des fréquences optimales de l'ordre de 57% (à -4.80 m). *Quercus suber*, malgré ses faibles fréquences relatives est légèrement mieux représenté par rapport à la zone précédente (8% à -5.00 m). Les taxons du matorral sont également en extension: *Quercus coccifera* (6% à -5.00 m), *Erica arborea* (24% à -5.05 m) ainsi que *Myrtus*, *Cistus monspeliensis*, *Olea europea*, *Phillyrea*. *Salix* atteint un pic au niveau de la limite inférieure de cette sous-zone (17% à -5.70 m) correspondant à une expansion des plantes aquatiques. Les taxons du milieu ouvert herbacé régressent légèrement par rapport à la zone III mais les Ombellifères restent bien représentés: 27% à -4.85 m.

Sous-zone IVb (4.75-3.60 m)

Datée de 3480 ± 80 B.P. à -4.20 m, cette sous-zone montre le début d'une présence plus marquée de l'apport pollinique de *Quercus suber* dont les fréquences relatives passent de 6% (à -4.65 m) à 18% (à -3.70 m) avec un très léger recul de *Quercus canariensis* enregistrant un minimum de 28% à -4.10 m. Les taxons du matorral sont modérément présents: *Erica arborea* (12% à -4.10 m), *Quercus coccifera* (6% à -4.05 m). Les Ombellifères montrent un recul très important de 17% (à -4.60 m) à 2% (à -4.25 m) en parallèle à une expansion d'*Hypericum* (18% à -3.60 m) qui pourrait être le fait d'une activation des sources et des petits oueds de ravins.

Sous-zone IVc (3.60-3.15 m)

Quercus canariensis dominant toujours *Quercus suber*, régresse légèrement (25% à -3.15 m), *Quercus suber* également (3% à -3.25 m) au profit des taxons du matorral (*Erica* noncompris) qui montrent le début d'une présence plus accentuée (24% à -3.45 m), notamment de *Myrtus*. Un pic de *Salix* de 27% est enregistré à -3.25 m. Les taxons herbacés, plus diversifiés (Chénopodiacées, *Plantago*, Campanulacées, Graminées...) progressent, atteignant globalement 25% à -3.30 m.

Sous-zone IVd (3.15-2.85 m)

Cette sous-zone traduit une légère reprise des chênaies caducifoliée et sclérophylle. *Quercus canariensis* et *Quercus suber* atteignent respectivement 38% (-2.95 m) et 15% (-2.90 m). On note également une régression des taxons du matorral sauf d'*Erica arborea* qui progresse, enregistrant 15% (-2.95 m).

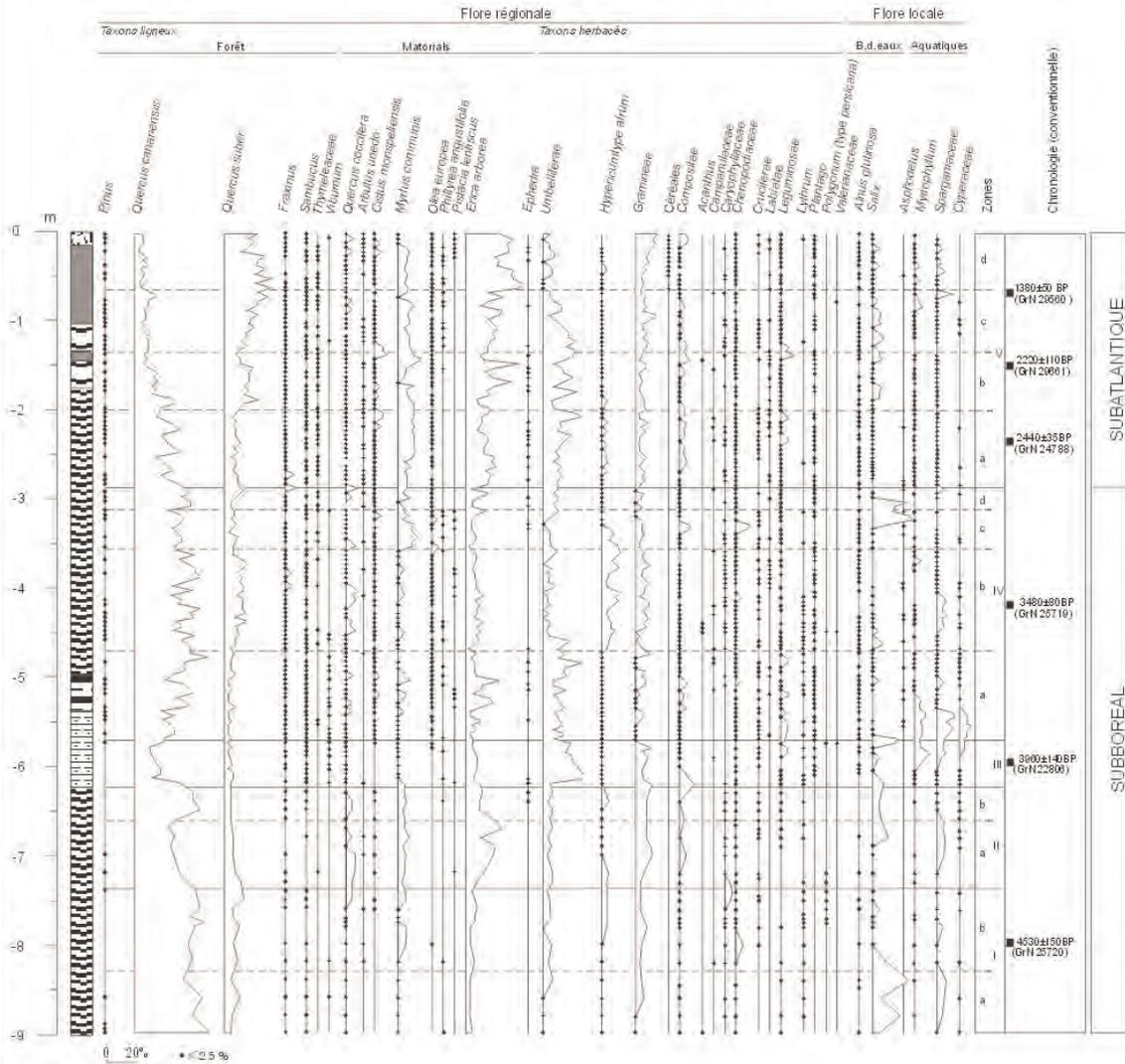
Zone pollinique V (2.85-0 m)

La dernière partie du diagramme pollinique révèle dans son ensemble un recul de la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis* à laquelle se substitue progressivement la suberaie en parallèle à une remarquable extension des taxons du matorral où dominant le Myrte et la Bruyère arborescente.

Quatre sous-zones ont été définies traduisant cette évolution progressive de la forêt sclérophylle:

Majen el Orbi (Tourbière)

Altitude : 200 m Coordonnées : 37°09' N
9°05' E



Sédimentologie :

- Sol tourbeux
- Tourbe brun foncé
- Tourbe fibreuse brune
- Tourbe fibreuse noire
- Argille tourbeuse
- Tourbe limoneuse

Fig 6. Diagramme pollinique détaillé de la Tourbière de Majen el Orbi

Sous-zone Va (2.85-2.00 m)

Datée à -2.30 m de 2440 ± 140 B.P., cette partie de la séquence montre le début de la régression de *Quercus canariensis* de 34% (à -2.30 m) à 17% (à -2.10 m) dominant encore *Quercus suber*. Ce dernier progresse légèrement de 4% (à -2.55 m) à 12% (à -2.00 m). On note également le développement lent d'un matorral à Cistacées, *Arbutus unedo* et *Olea europea* avec présence soutenue du Myrte et dominé par *Erica arborea*. En parallèle, on assiste à une extension des Ombellifères (26% à -2.10 m), des Graminées et à un développement des taxons herbacés de milieux secondarisés (Chénopodiacées, *Plantago*).

Sous-zone Vb (2.00-1.35 m)

Au niveau de cette période; datée à sa limite supérieure de 2220 ± 110 B.P. (- 1.55 m), la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis* ne domine plus la suberaie. Il s'agit du début de la substitution du Chêne zeen par le Chêne liège au sein de la chênaie. Ainsi, la composante caducifoliée régresse de 31% (à -1.95 m) à 7% (à -1.40 m) alors que *Quercus suber* enregistre des taux aux alentours de 25%. Il montre un léger retrait au niveau de la limite supérieure de cette sous-zone (9% à -1.40 m) au profit des taxons du matorral; d'abord d'*Erica arborea*: 37% (à -1.50 m) puis du reste du cortège arbustif, et des taxons du milieu ouvert herbacé.

Sous-zone Vc (1.35-0.70 m)

Cette période annonce la reprise de l'extension de *Quercus suber* de 12% (-1.25 m) à 34% (-0.65 m) qui constitue définitivement l'espèce dominante du milieu boisé. Au niveau du matorral, on note une légère progression de *Quercus coccifera* (4,5% à -4.90 m) ainsi que des fluctuations des fréquences relatives d'*Erica* (maximum 26% à -1.75 m). Si les Ombellifères sont en pleine régression de 21% (à -1.25 m) à 1% (à -0.65 m), par contre les Graminées progressent (14% à -0.95 m).

Sous-zone Vd (0.70-0 m)

La zone terminale du profil, datée à sa limite inférieure (-0.70 m) de 1380 ± 50 B.P., représente le recul définitif de *Quercus canariensis* enregistrant un minimum de 3% à -0.25 m et le maintien de la chênaie sclérophylle à *Quercus suber* avec des fréquences relatives élevées de l'ordre de 22 à 33%. L'apport pollinique des divers taxons du matorral (*Quercus coccifera*, *Myrtus*, Cistacées, *Olea*, *Phillyrea*...) est très important avec un pic total de 20% à -0.25 m. Ces derniers sont toutefois dominés par *Erica arborea* qui progresse nettement (38% à -0.60 m). Au niveau de la limite supérieure du profil, on note une légère régression de *Quercus suber* (17% à -0.10 m) en parallèle à une progression des taxons du matorral à Ericacées et Cistacées avec apparition de l'apport pollinique des Céréales et progression des taxons du milieu ouvert herbacé.

Marais de 'Majen El Orbi'

Il s'agit d'un petit marécage (Fig. 5b - 3,4) faisant partie de la réserve nationale du Djebel Chitane (coordonnées géographiques: 37° 09' N, 9° 05' E). Orienté NNW et d'une superficie de 9900 m² il est situé à 148 m d'altitude, à flanc de montagne (Photo 5b- 2,3). Le site est entouré d'une suberaie de faible densité accompagnée d'un matorral assez dense à *Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Calycotome villosa*, *Cistus monspeliensis*, *Cytisus triflorus*, *Genista aspalathoides*, *Juniperus oxycedrus*, *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus* ... La végétation aquatique et celle des abords est très développée avec, notamment: *Isoetes velata*, *Juncus maritimus*, *Nymphaea alba*, *Ranunculus aquatilis*, *Scirpus holoschoenus*, *Sparganium erectum*.

Le carottage a été réalisé au centre du marais, une année où le niveau d'eau était très bas. Une séquence sédimentaire argilo-tourbeuse de 5.60 m a été relevée. La couche de base de 10 cm d'épaisseur est une argile grisâtre graveleuse. Cette couche est surmontée par 3.40 m de sédiments gris-noirs alternés, argilo-tourbeux et tourbeux. La tourbe devient par la suite brunâtre à partir de -2.20 m. Deux niveaux tourbeux très organiques dans le sondage ont permis de réaliser des datations ¹⁴C : à -1.00 m et à -4.00 m (v. Tableau 2).

Description du diagramme pollinique (Fig. 7)

Le diagramme pollinique du marais de 'Majen El Orbi', a été divisé en trois zones principales I, II et III sur base de l'évolution des taux de représentativité de *Quercus suber* et de *Quercus canariensis*, le premier se substituant au second dans la partie supérieure du profil. Ce phénomène est déjà amorcé dans la zone II. Les zones I et III ont été subdivisées en trois sous-zones en fonction de l'évolution du milieu forestier:

Zone pollinique I (5.60-3.50 m)

Quercus canariensis occupe la place dominante dans les spectres polliniques, suivi par *Quercus suber* puis par *Quercus coccifera* et diverses espèces du matorral: *Erica arborea*, *Olea europea*, *Myrtus communis* ainsi que certaines herbacées telles que les Graminées, les Ombellifères et les Composées.

Sous-zone Ia (5.60-4.80 m)

Quercus canariensis prédomine nettement à ce niveau: il atteint un taux maximal de 65% à la limite inférieure de la zone. *Quercus suber* n'est que faiblement représenté, la moyenne de ses fréquences relatives est de l'ordre de 9%. Les autres arbres forestiers sont absents, sauf une timide présence de *Salix*. Le taux pollinique total des taxons du matorral (*Erica arborea*, *Quercus coccifera*, *Cistus*, *Myrtus*..) est faible et les herbacées connaissent des pourcentages peu élevés.

Sous-zone Ib (4.80-4.35 m)

On note un important recul de la totalité des arbres forestiers, principalement du Chêne zeen, dont le retrait atteint son maximum au niveau -4.70 m avec seulement 7%. Les espèces du matorral suivent la même évolution: *Quercus coccifera*, *Myrtus communis* et *Olea europea* régressent à 4% avec une présence très faible d'*Erica arborea* (1% à -4.65 m). En parallèle à la régression considérable des taxons ligneux, cette période correspond à une importante progression du milieu ouvert: les herbacées; dont 26% sont des Graminées, atteignent un maximum de 69% au niveau -4.55 m.

Sous-zone Ic (4.35-3.50 m)

Cette sous-zone, datée à sa partie inférieure (-4.00 m) de 3670 ± 80 B.P., correspond à l'installation progressive de la chênaie mixte. Il s'agit principalement d'un regain de la chênaie caducifoliée: *Quercus canariensis* atteint 36% à -3.50 m. On assiste également à la reprise des taxons du matorral (*Quercus coccifera*, *Myrtus communis*, *Olea europea*, *Erica arborea*...) atteignant une fréquence relative totale de l'ordre de 25% à différents niveaux (-3.70 m, -3.55 m et -3.50 m). *Olea europea* et *Myrtus communis* enregistrent un taux maximal respectif de l'ordre de 15% (-3.55 m) et de 9% (-4.30 m). La strate herbacée, dominée par les Graminées, recule de moitié par rapport à la période précédente.

Zone pollinique II (3.50-2.35 m)

Durant cette période, la courbe de *Quercus suber* commence à s'accroître pour atteindre des taux relativement importants de l'ordre de 30% au niveau de la limite supérieure de la zone. Par contre, *Quercus canariensis* est en pleine régression ; la forêt sclérophylle se substituant progressivement à la forêt caducifoliée.

Le matorral, où *Quercus coccifera* affirme sa présence (de 3% à -4.30 m à 27% à -2.35 m) est en sensible extension ; *Olea europea* et *Myrtus communis* y sont en progression alors qu'*Erica arborea* est moins bien représentée dans l'ensemble. La strate herbacée est principalement constituée par les Graminées et les Ombellifères. L'apport pollinique de *Pinus* type *pinaster* (Pin maritime) est à souligner, atteignant des fréquences relatives de l'ordre de 4,5% (à -3.10 m).

Majen el Orbi (Marais)

altitude: 148m coordonnées : 37°09' N
9°05' E

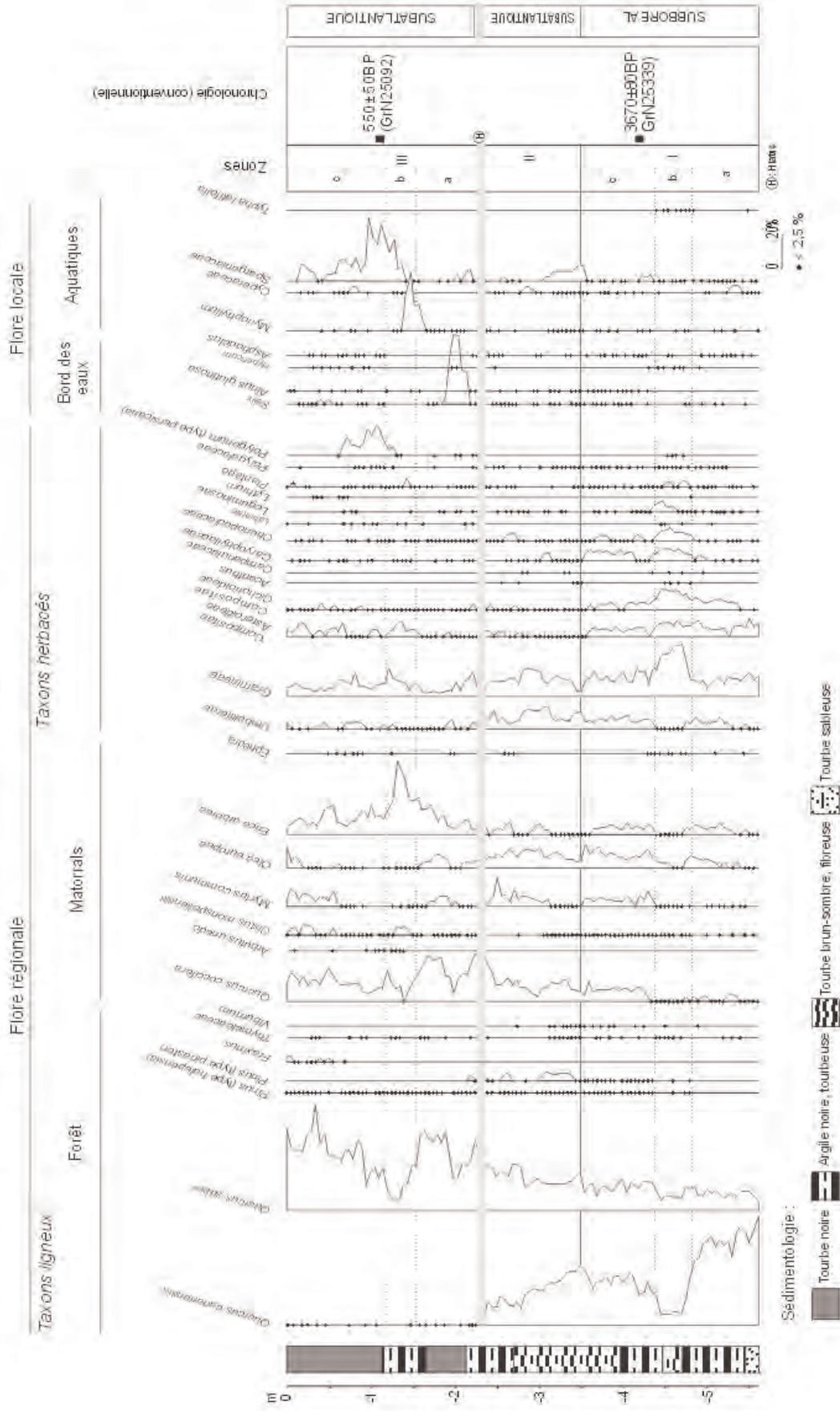


Fig. 7: Diagramme pollinique détaillé du marais de Majen el Orbi

Zone pollinique III (2.35-0 m)

Cette zone révèle un fort recul de la chênaie caducifoliée à laquelle s'est substituée la suberaie en parallèle à une importante progression du matorral dominé par *Quercus coccifera*. Cette évolution du paysage se fait en trois phases:

Sous-zone IIIa (2.35-1.55 m)

Il s'agit du début de la substitution quasi totale de la suberaie à la chênaie caducifoliée avec un matorral assez développé à dominance de *Quercus coccifera*: dès la base de cette période, les fréquences polliniques de *Quercus canariensis*, qui formait l'essentiel des spectres polliniques durant les périodes précédentes, sont considérablement amoindries (1 et 2%). Par contre, *Quercus suber* progresse nettement. Il atteint des fréquences relatives de l'ordre de 50% au niveau -1.65 m, *Quercus coccifera* connaît également une importante progression (30% à -2.25 m).

Sous-zone IIIb (1.55-1.15 m)

Située antérieurement à la datation 550 ± 50 B.P., cette phase correspond à un fort et bref recul de la suberaie (4% à -1.30 m) principalement au profit d'*Erica arborea* qui présente un pic de 44% au niveau -1.30 m. *Cistus* s'affirme dans le milieu (5% à -1.40 m) où *Quercus coccifera* progresse modérément

Sous-zone IIIc (1.15-0 m)

La sous-zone c datée à sa limite inférieure de 550 ± 50 B.P., montre la progression de la chênaie sclérophylle à *Quercus suber* et la secondarisation du milieu avec l'avancée d'un matorral nettement dominé par *Quercus coccifera* qui atteint 20% à -0.50 m. *Erica arborea* régresse par rapport à la période précédente mais reste toujours bien représentée (18% à -1.00 m). *Cistus monspeliensis* est présent avec une fréquence de 6% (à -0.25 m). *Olea europea* atteint 12% au niveau de la limite supérieure du profil. La représentativité du Myrte est de 10%. Enfin, les Sparganiacées colonisent, dans un premier temps, le milieu aquatique, atteignant 38% à -0.95 m.

Zone tourbeuse de Majen Ben H'mida

La zone tourbeuse de 'Majen Ben H'mida' (coordonnées géographiques: 37° 08' N; 9° 05'E) est située à 330 m d'altitude au sein du massif forestier de Djebel Chitane. Il s'agit d'une clairière de 875 m² de superficie, fortement colonisée par des peuplements denses de *Pteridium aquilinum* (Photo 5b - 3). La végétation environnant le site est une forêt à *Quercus suber* dont le sous-bois est surtout formé d'*Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Quercus coccifera*, *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia*.

Le sondage du site a fourni une séquence sédimentaire de 4.50 m. Les 50 cm d'argile grise compacte de la base sont surmontés de 50 cm d'argile tourbeuse gris foncé. Le sédiment argileux évolue ensuite vers un sédiment tourbeux constitué d'abord par une tourbe brun foncé de 3m d'épaisseur qui devient noire vers le haut de la séquence. Cinq datations ¹⁴C ont été réalisées sur les niveaux : - 0.65 m ; -1.00 m ; -2.05 m ; -2.50 m ; -3.50 m (v. Tableau 2).

Description du diagramme pollinique (Fig. 8)

L'analyse pollinique ne concerne que 4 m de la séquence sédimentaire, étant donné que l'argile grise, qui représente les 50 cm de la base du sondage, est très pauvre en pollen. L'évolution des trois principales essences forestière (*Pinus type halepensis*, *Quercus canariensis* et *Quercus suber*) souligne quatre phases de développement forestier représentées par quatre zones polliniques principales I, II, III et IV.

En fonction de la dynamique des principales composantes de la forêt au sein des zones précitées, les deux zones I et III ont été subdivisées chacune en deux sous-zones et la zone IV en trois:

Zone pollinique I (4.00-3.45 m)

Cette zone correspond à une période antérieure à 9480 ± 100 B.P. (GrN-24791). Elle est caractérisée principalement par une association de pollens de *Pinus* (type *halepensis*), *Quercus canariensis* et d'herbacées diverses dont l'important pourcentage atteste l'existence d'un milieu assez ouvert. La chênaie sclérophylle à *Quercus suber* n'est pas représentée à ce niveau.

Sous-zone Ia (-4.00-3.75 m)

L'abondance du pollen de *Pinus* (type *halepensis*) (19% à -3.80 m) caractérise cette période. Les fréquences relatives de la forêt caducifoliée à *Quercus canariensis* ne dépassent pas 8%. *Erica arborea* est l'unique espèce qui représente le matorral, avec des faibles pourcentages de l'ordre de 3% (à -3.95 m). La strate herbacée est bien développée. Elle est principalement représentée par des Graminées (30%) suivies par des Composées. Les Sparganiacées colonisent le milieu aquatique (19% à -4.00 m).

Sous-zone Ib (3.75-3.45 m)

Elle représente le début de la substitution de *Quercus canariensis* à *Pinus*. Ce dernier régresse (5% à -3.40 m) au profit du Chêne zeen qui commence sa progression et atteint 34% au niveau de la limite supérieure de la période. La strate herbacée croît avec une dominance des Graminées atteignant un pic de 57% (à -3.60 m).

Zone pollinique II (-3.45-1.80 m)

Cette phase, datée en son milieu (-2.50 m) de 8190 ± 50 B.P. (GrN-25718) et à sa limite supérieure (-2.05 m) de 4895 ± 40 B.P. (GrA-29724) montre une zénaie nettement dominante avec un pic de *Quercus canariensis* (61%) enregistré au niveau -2.55 m. L'apport pollinique de *Pinus* type *halepensis* régresse. Il est représenté par une courbe discontinue. *Quercus suber* apparaît dans l'assemblage pollinique avec des fréquences relativement faibles ne dépassant pas 7% (-1.95 m). Les autres arbres forestiers (*Alnus*, *Salix*, *Fraxinus*..) sont très faiblement représentés; dépassant rarement chacun 2,5%. *Erica arborea* reste la principale composante du matorral (9% à -1.80 m). *Cistus monspeliensis* et *Arbutus unedo* apparaissent épisodiquement. Les Graminées (27% à -3.00 m) et les Ombellifères (18% à -2.15 m) dominent dans la strate herbacée.

Zone pollinique III (1.80- 0.75 m)

Dans cette zone, on assiste à l'installation d'une chênaie mixte à *Quercus canariensis* et *Quercus suber*, ce dernier prenant le pas sur le premier avant que l'ensemble ne subisse un retrait important favorisant l'expansion des milieux ouverts herbacés qui progressent même au détriment d'*Erica arborea*.

Sous-zone IIIa (1.80-1.40 m)

Cette sous-zone révèle un retrait de la chênaie caducifoliée. Le Chêne zeen régresse de 50% (-1.75 m) à 24% (-1.40 m) au profit de *Quercus suber* et d'*Erica arborea* qui progressent respectivement de 8% (-1.60 m) à 20% (-1.40 m) et de 9% (-1.80 m) à 24% (-1.45 m). *Salix* présente un pic de 9% à -1.70 m. La strate herbacée composée principalement d'Ombellifères et de Graminées, régresse légèrement à ce niveau.

Sous-zone IIIb (1.40-0.75 m)

Datée environ en son milieu (-1.00 m) de 2500 ± 50 B.P. (GrN-25091), cette période se caractérise par un important recul des principales composantes de la forêt: *Quercus canariensis* (10% à -1.10 m), *Quercus suber* (8% à -1.20 m) et *Erica arborea* (4% à -1.20 m), associée au second. Les fréquences relatives des autres arbres forestiers (*Alnus*, *Fraxinus*, *Salix*,...) ne dépassent toujours pas 2,5%. Avec l'éclaircissement du milieu forestier, on assiste à une

importante expansion et à la diversification du milieu ouvert herbacé (Graminées, Ombellifères, Composées, Caryophyllacées, Légumineuses..) dont la fréquence relative totale est de l'ordre de 60% (-1.20 m).

Zone pollinique IV (0.75- 0 m)

Sous-zone IVa (-0.75-0.45 m)

Datée de 985 ± 30 BP. (GrA - 29723) à -0.65 m, cette première phase révèle une expansion de la chênaie mixte. *Quercus canariensis* progresse sensiblement avec des fréquences relatives de l'ordre de 30%. Bien que ce taux de représentativité ne représente que la moitié de celui de la zone pollinique II, le Chêne zeen domine toujours le Chêne liège (17% à -0.60 m) et le matorral, assez diversifié, est représenté principalement par *Erica arborea*, en net progrès (33% à -0.65 m). On note également une légère progression d'*Olea europea* (4% à -0.60 m).

Sous-zone IVb (0.45-0.15 m)

Elle est caractérisée par l'apparition des Céréales (à -0.50 m) alors qu'est enregistré un léger recul de la chênaie mixte.

Sous-zone IVc (0.15-0 m)

A la limite supérieure du profil, *Quercus suber* semble mieux favorisé au niveau de la chênaie. Il progresse de 16% à 21% provoquant un léger retrait de *Quercus canariensis* de 33% (-0.15 m) à 21% (0 m). La courbe des Céréales est continue dans cette sous-zone.

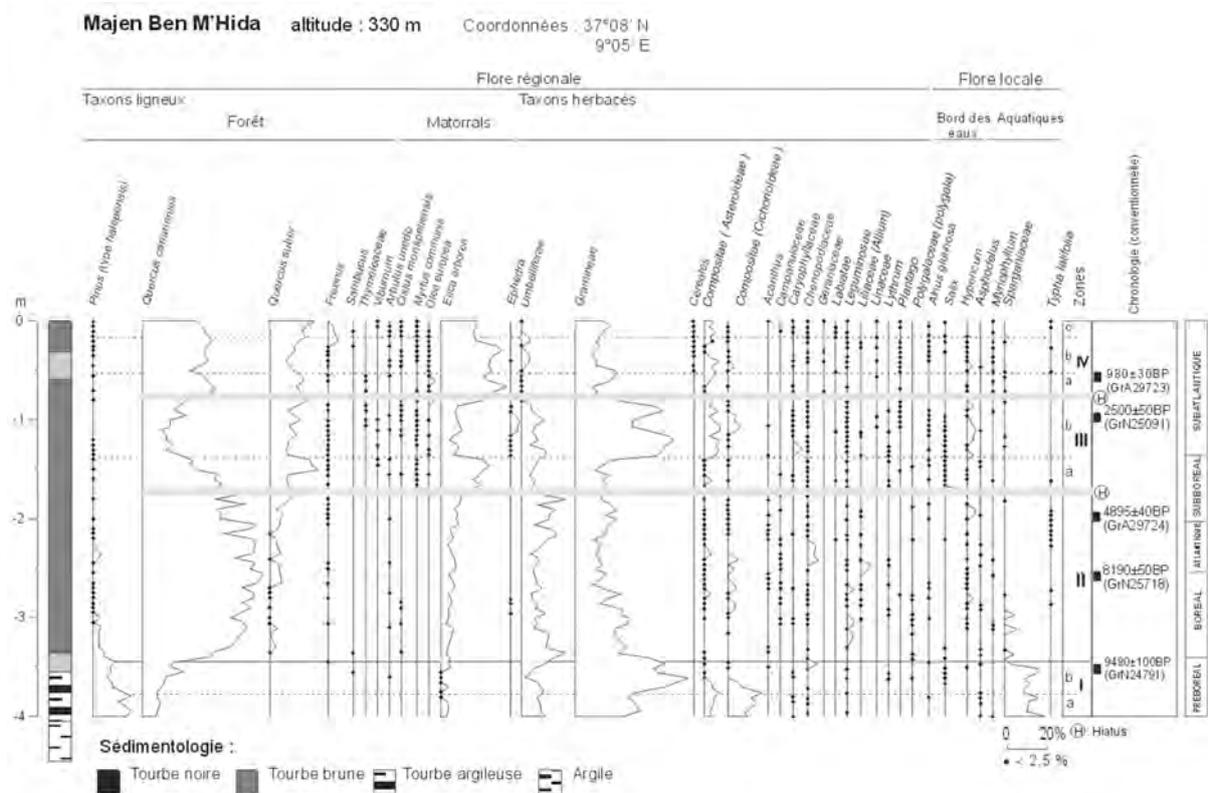


Fig. 8: Diagramme pollinique détaillé de la zone tourbeuse de *Majen Ben H'mida*

Tourbière de « Abiare »

Dominant le littoral de 'Sidi Mechreg', la tourbière de 'Abiare' (coordonnées géographiques: 37° 09' N; 9° 06' E) occupe une faible pente d'orientation nord à 110 m au dessus du niveau de la mer (Photo 5b - 6). D'une superficie d'environ 216 m² elle se situe au sein d'un ensemble végétal constitué d'un matorral dense à *Quercus coccifera*, représentant le stade évolutif final de ce genre de formation, accompagné d'*Erica arborea*, *Myrtus communis* et *Cistus monspeliensis*. Cette zone a été récemment (2004) replantée en Pin pignon par les Services forestiers de Tunisie.

La séquence sédimentaire relevée à Abiare est de 2.25 m. De la base jusqu'au niveau -1.50 m, le dépôt est constitué d'une argile verdâtre assez compacte devenant progressivement jaunâtre. L'argile est surmontée d'une tourbe argileuse gris foncé évoluant vers une tourbe noirâtre dans la partie supérieure du profil. Une datation ¹⁴C a été faite du niveau - 1.30 m.

Description du diagramme pollinique (Fig. 9)

L'analyse pollinique de cette séquence n'intéresse que 1.80 m de sédiment vu la pauvreté en pollen des échantillons de la base qui n'offrent pas des comptages significatifs. Deux zones polliniques principales I et II se distinguent. Ces dernières sont subdivisées chacune en deux sous-zones a et b en fonction d'un pic de *Pinus* et de l'évolution des principales composantes du matorral (*Quercus coccifera* et *Cistus monspeliensis*).

Zone pollinique I (1.80-1.20 m)

Sous-zone Ia (1.80-1.70 m)

On note l'importance de l'apport pollinique en *Pinus* type pinaster (26%) ainsi que des fréquences élevées d'une strate herbacée pauvre en espèces (Graminées, Composées et Ombellifères) de l'ordre de 62% dont 23% sont des Graminées (à -1.80 m). Les pourcentages des taxons du matorral sont faibles (3% à -1.70 m et 7% à -1.80 m) et *Quercus suber* n'est pas représenté dans les spectres polliniques.

Sous-zone Ib (1.70-1.20 m)

Elle correspond à une chute sensible des fréquences relatives de *Pinus* type pinaster qui ne dépassent plus 3%, en même temps qu'une importante ouverture du milieu se manifeste. Les composantes de la strate herbacée (Graminées, Composées et Ombellifères) atteignent des taux de représentativité très élevés variant entre 70 et 80% avec un maximum de 83% à -1.45 m. Des traces de la suberaie commencent à apparaître (1%) avec un matorral toujours pauvre en espèces (*Quercus coccifera*, *Erica arborea* et *Cistus monspeliensis*) et peu développé. Il s'accroît au niveau de la limite supérieure de cette période, de 5% (-1.60 m) à 21% (-1.20 m).

Zone pollinique II (1.20- 0 m)

Le passage à la zone pollinique II (niveau -1.30 m) est daté au ¹⁴C de 1050 ± 130 B.P. (GrN - 25717). Le matorral représente l'association dominante de cette zone. Il s'agit, dans un premier temps, d'un matorral à *Cistus monspeliensis* (sous-zone a) évoluant ensuite vers un stade à Chêne kermès, dominant (sous-zone b).

Sous-zone IIa (1.20-0.80 m)

Elle représente un net accroissement des taxons du matorral spécialement de *Cistus monspeliensis*. Ce dernier devient dominant dans le milieu et provoque un léger recul de la strate herbacée. Il atteint un pic de l'ordre de 60% au niveau -1.15 m. *Erica arborea* progresse légèrement (2% à -1.20 m à 8% à -0.80 m) et le Myrte fait son apparition. *Pinus* et *Quercus suber* présentent des courbes discontinues.

Sous-zone IIb (-0.80-0 m)

Cistus monspeliensis régresse au profit de *Quercus coccifera* qui progresse considérablement de 2% (-0.80 m) à 36% (-0.05 m) pour devenir l'essence la plus importante du matorral. En parallèle avec l'abondance du Chêne Kermès, le matorral devient plus varié avec la progression du Myrte (9% à -0.10 m) et de *Olea europea* qui atteint une fréquence relative de l'ordre de 6% au niveau de la limite supérieure du profil. La forêt sclérophylle à Chêne liège apparaît en courbe continue, bien que son apport pollinique reste faible (de 1 à 3%). Les Graminées restent toujours bien représentées (27% à -0.15 m).

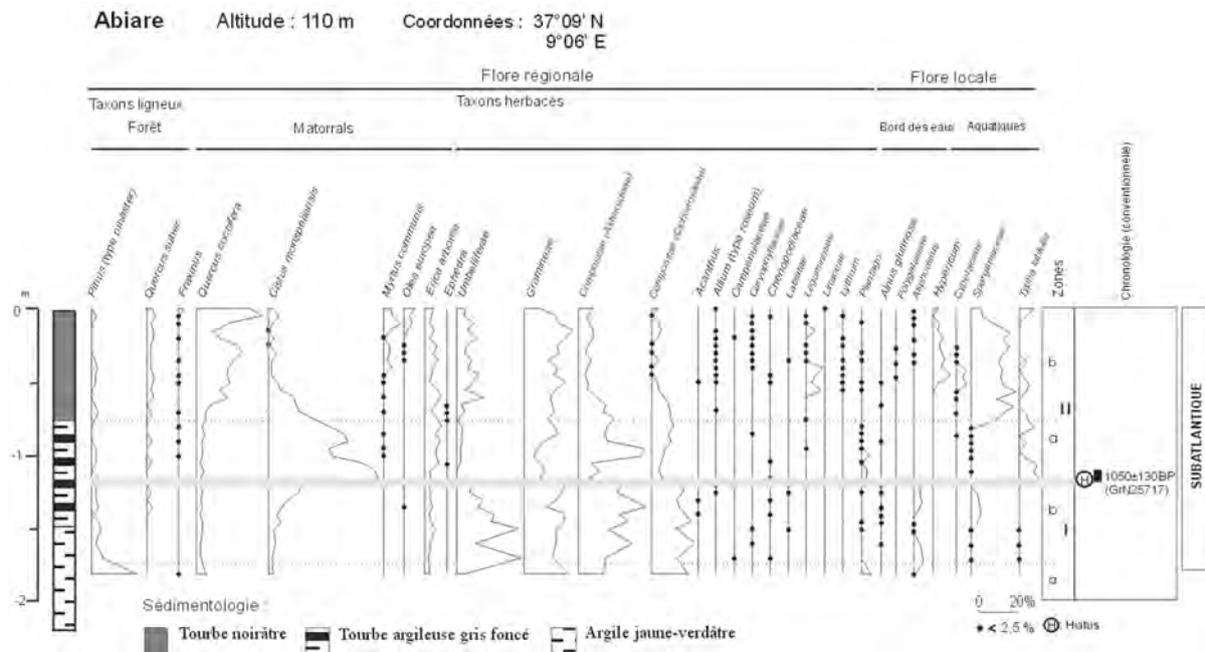


Fig.9: Diagramme pollinique détaillé de la tourbière d'Abiare

Sites de la région d'Aïn Draham

Tourbière de Beni M'Tir

La tourbière de Beni M'tir (coordonnées géographiques: 36° 43' N- 8° 42' E) est située à 663 m d'altitude. C'est une tourbière haute, ombrogène et peu étendue, d'environ 100 m² de superficie (Fig. 5c - 2). Elle est incluse dans une chênaie mixte avec une présence plus marquée de *Quercus suber* dont le sous-bois est généralement très dense; il est composé d'*Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Cistus monspeliensis*, *Myrtus communis*, *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*. La séquence sédimentaire relevée mesure 2.75 m. La partie inférieure du profil est composée d'un dépôt argileux très compact de 1.25 m d'épaisseur de couleurs alternées jaune et grise. Entre -1.50 m et -0.75 m, le dépôt passe à une argile tourbeuse gris foncé alors que la partie supérieure de la séquence (0.75 m) est constituée d'une tourbe brun foncé.

Une datation au ¹⁴C de 740 ± 50 B.P. a été obtenue pour un échantillon prélevé à 1 m de profondeur.

Description du diagramme pollinique (Fig.10)

L'analyse pollinique de la séquence intéresse uniquement le sédiment tourbeux (1.50 m d'épaisseur). Deux zones polliniques I et II sont distinguées en fonction des fluctuations des composantes des chênaies sclérophylle (*Quercus suber*) et caducifoliée (*Quercus canariensis*), des taxons du matorral; d'*Erica arborea* et du milieu ouvert herbacé. Elles ont été subdivisée chacune en deux sous-zones.

Zone pollinique I (1.50-0.75 m)

Sous-zone Ia (1.50-1.15 m)

Au niveau de cette sous-zone, *Erica arborea* représente l'élément essentiel des spectres polliniques. Elle domine (40% à -1.40 m) non seulement les taxons du matorral, mais aussi les deux composantes de la chênaie, *Quercus suber* et *Quercus canariensis*, dont l'apport pollinique est modéré : leurs fréquences relatives moyennes sont respectivement de l'ordre de 14% et 18%. *Phillyrea* atteint 7% au niveau de la limite inférieure du profil (-1.50 m) ; le Myrte lui succède (3% à -1.20 m).

Il s'agit du début d'une sorte d'alternance qui va se poursuivre le long du profil entre ces deux essences du matorral.

Les deux *Quercus* constituent l'essentiel de la strate arborée ; la présence de *Pinus* est à signaler, mais son taux de représentativité est faible (3% maximum). Presque la moitié de l'assemblage pollinique est représentée par la strate herbacée (43% à -1.15 m), dont les principales composantes sont les Graminées, les Composées et les Ombellifères. L'Asphodèle représente discrètement le milieu aquatique (3% à -1.30 m).

Sous-zone Ib (1.15-0.75 m)

Datée en son milieu (à -1.00 m) de 740 ± 50 B.P, cette sous-zone montre la régression d'*Erica arborea* (de 25% (-1.10 m) à 10% (-0.75 m), après sa courte période de forte extension, au bénéfice de la chênaie mixte. Cette dernière devient plus dense; *Quercus suber* et *Quercus canariensis* progressent simultanément et atteignent respectivement 34% (-0.80 m) et 21% (-1.00 m). *Myrtus* devient mieux représenté (8% à -1.05 m) que *Phillyrea* (3% à -1.00 m) au niveau du matorral.

Zone pollinique II (0.75-0 m)

Sous-zone IIa (0.75-0.25 m)

Erica arborea poursuit son retrait pour disparaître presque complètement du milieu au niveau de la limite supérieure de cette sous-zone: 12% (-0.55 m) à 1% (-0.30 m). La chênaie est dominée par *Quercus suber* (maximum 32% à -0.60 m) alors que *Quercus canariensis* ne dépasse pas 16%. L'alternance entre *Phillyrea* et le Myrte se poursuit: *Myrtus* disparaît temporairement et ne reprend qu'au niveau de la limite supérieure de la sous-zone (-0.35 m) ; par contre, *Phillyrea* est présent presque tout au long de la période, atteignant 8% à -0.50 m.

La progression des Composées Astéroïdées (20% à -0.70 m), la présence en courbe continue des Caryophyllacées (7% à -0.40 m) ainsi qu'un pic de *Plantago* de 5% (-0.35 m) soulignent une extension du milieu ouvert herbacé malgré deux phases de recul des Graminées; la première à -0.60 m (8%) et la deuxième à -0.35 m (17%).

Avec l'expansion du milieu herbacé se manifeste au niveau -0.45 m, un retrait des taxons de la forêt: *Quercus suber* (10%), *Quercus canariensis* (5%), *Erica arborea* (4%) et le reste des taxons du matorral: *Myrtus*, *Phillyrea*, Cistacées (4%). *Quercus suber* connaît toutefois rapidement un nouveau regain, conjointement à *Hypericum* (12% à -0.35 m). On note aussi une progression des taxons du milieu aquatique: *Typha* (12%), Cypéracées (4%) et *Asphodelus* (2%).

Sous-zone IIb (0.25- 0 m)

La partie supérieure du profil traduit un net accroissement de *Quercus suber* de 18% (-0.25 m) à 40% (-0.05 m) pour devenir l'essence forestière dominante; les taux de *Quercus canariensis* ne variant guère (15% à -0.10 m). Le sous-bois de la suberaie est bien représenté: *Erica arborea* reprend de l'importance et progresse pour atteindre 24% (-0.05 m). *Phillyrea* et *Myrtus* représentent ensemble les deux composantes majeures du matorral suivies par *Cistus monspeliensis* et *Arbutus unedo* dont la présence est ponctuelle. Enfin, on assiste à l'apparition locale de *Salix* (4% à -0.05 m).

Marais tourbeux de Beni M'tir

Le marais tourbeux (coordonnées géographiques : 36° 43' N- 8° 42' E) se trouve à 3 m en contrebas, à 100 m de la tourbière de Beni M'tir. Il occupe une dépression d'environ 2400 m² de superficie. Le marais est entouré d'une chênaie mixte où domine *Quercus canariensis* (Fig. 5c - 1).

Dans le marais, la base de la séquence sédimentaire (2.75 m d'épaisseur) est constituée d'une couche de 0.50 m d'argile jaune et grise. Celle-ci évolue vers une argile tourbeuse entre les niveaux -2.00 m et -1.25 m avec un passage de 0.25 m d'épaisseur de tourbe brun foncé à -2 m. Ce type de tourbe constitue aussi la moitié supérieure du profil (1.25 m). Pour le niveau -1.00 m de profondeur, on a obtenu une date ¹⁴C de 470 ± 50 B.P.

Description du diagramme pollinique (Fig 11)

L'analyse pollinique montre une succession dans le temps de deux groupements principaux: un maquis à *Erica arborea* et *Cistus monspeliensis* et une chênaie mélangée de Chênes à feuillage caduc (*Quercus canariensis*) et persistant (*Quercus suber*). Deux zones polliniques principales I et II sont définies en fonction de cette évolution. Elles ont été découpées chacune en deux sous-zones a et b sur base des fluctuations secondaires des taxons arboréens.

Zone pollinique I (2.70-1.35 m)

Sous-zone Ia (-2.70-1.55 m)

Cette partie de la séquence est marquée essentiellement par une expansion d'un maquis à dominance d'*Erica arborea*, qui atteint une fréquence optimale de 42% (-2.30 m) et de *Cistus monspeliensis* dont les taux polliniques fluctuent entre 25 % et 36 %. L'apport pollinique de *Phillyrea* et *Myrtus* est très réduit dans cet ensemble, ne dépassant pas 3 %. Les pollens des arbres forestiers (*Quercus suber*, *Quercus canariensis*, *Pinus*, *Alnus* et *Salix*) présentent des courbes discontinues ; les fréquences atteintes par les deux Chênes n'excédant jamais 8%. Les taxons de la strate herbacée sont représentés par des taux relativement modestes; ils sont dominés par les Composées Astéroïdées dont la moyenne des fréquences relatives est de l'ordre de 10%. *Asphodelus* et *Typha latifolia* sont les deux principales espèces représentant le milieu aquatique. Ils atteignent respectivement 8% (-2.50 m) et 6% (-2.40 m).

Sous-zone Ib (1.55-1.35 m)

A ce niveau, les taux polliniques de la chênaie et de *Pinus* commencent à prendre de l'importance. Les fréquences de la Bruyère arborescente restent significatives alors que *Cistus* régresse sérieusement. Les Graminées progressent dans la strate herbacée pour atteindre 22% à -1.40 m.

Zone pollinique II (1.35-0 m)

Sous-zone IIa (1.35-0.10 m)

Une substitution s'opère dès la base de la zone II. Il s'agit d'une nette progression du milieu forestier à *Quercus suber* (34% à 0.90 m) et à *Quercus canariensis* (43% à 0.65 m) qui se fait au dépens des taxons du matorral. Ainsi, les taux d'*Erica arborea* montrent une baisse significative de 20% (-1.25 m) à 4% (-1.15 m). Les fréquences de *Cistus* s'effondrent à partir du niveau -1.30 m. Elles ne dépassent plus 2%. *Phillyrea* et *Myrtus* montrent une légère progression. *Salix*, arbre des lieux humides, apparaît dès la base de cette période avec une courbe continue dont le taux maximal est de 14% (-0.55 m). En parallèle avec la régression des espèces du matorral, on assiste au niveau de cette période à une diversification du milieu herbacé (Graminées, Chénopodiacées, *Hypericum*, Labiées, Légumineuses, Liliacées, Ombellifères, *Plantago*).

Sous-zone IIb (0.10- 0 m)

La partie terminale du profil indique une légère régression de la forêt mixte avec progression d'*Erica arborea* et de *Phillyrea*. Une ouverture plus importante du milieu est aussi soulignée par la progression des Graminées, des Composées, des Ombellifères, de *Plantago*.

Marais tourbeux de Dar Fatma

Le site de « Dar Fatma » (Fig. 5c - 3,4) ou « Marjet el Aârouss » (coordonnées géographiques: 36° 49' N; 8° 46' E) est une réserve naturelle nationale de 5 ha de superficie, située à 780 m d'altitude sur une zone de crête. Elle est constituée d'une cuvette abritant un marais tourbeux couvert d'un tapis herbacé en son centre et par une végétation arbustive à sa périphérie. Dans les parties les plus humides de la cuvette, cinq petites tourbières en forme de buttes d'environ dix mètres de diamètre sont encore actives. Elles sont couvertes d'*Anagalis crassifolia*, *Asphodelus* sp., *Bellis repens*, *Isoetes* sp, *Lotus corniculatus*, *Sphagnum* sp. Aux alentours, on trouve *Carex* sp, *Biscutella didyma*, *Daucus setifolius*, *Hypericum* sp, *Juncus funtanesii*, *Juncus conglomeratus*, *Mentha aquatica*, *Silene colorata*, *Vicia sativa*. Une chênaie ouverte entoure le site ; elle est dominée par *Quercus suber*, à sous-bois constitué d'*Erica arborea*, *Agrimonia eupatoria*, *Calycotome villosa*, *Cistus* sp, *Genista aspalathoides*. Ces espèces du sous-bois colonisent les endroits les plus secs de la tourbière. Le Chêne zeen, fréquent dans le secteur, ne se rencontre qu'au niveau des bas-fonds humides et sur les expositions nord, en contrebas.

Le sondage a été réalisé au milieu d'une des buttes actives. La séquence sédimentaire analysée (Dar fatma I) concerne 5.25 m de sédiments tourbeux et argileux alternés: à la base une argile grise de 25 cm d'épaisseur est surmontée d'abord d'un mètre de tourbe noire puis de deux mètres d'argile grise. Cette dernière évolue vers une argile tourbeuse brune puis vers une tourbe brun-foncé au niveau de la partie supérieure du profil.

Sept niveaux tourbeux ont été datés: -0.75, -0.90, -1.20, -1.80, -2.30, -4.05 et -4.95 m.

Les résultats des datations ont donné respectivement:

2220 ± 100 B.P.	(GrN-26378),
4290 ± 110 B.P.	(GrN-26379),
5180 ± 80 B.P.	(GrN-25903),
8170 ± 70 B.P.	(GrA-23194),
24430 ± 640/590 B.P.	(GrN-26380),
28540 ± 480/460 B.P.	(GrN -25904)
41600 ± 2100/1700 B.P.	(GrN-25905).

Description du diagramme pollinique (Fig. 12a)

L'évolution des assemblages polliniques montre une succession de trois groupements producteurs principaux: la chênaie à feuillage caduc à *Quercus canariensis*, la forêt de Conifères à *Cedrus*, *Abies* et *Pinus*, et la chênaie sclérophylle à *Quercus suber*. Six principales zones polliniques I, II, III, IV, V et VI ont été définies. Par la suite, les zones I, II et IV ont été découpées en sous-zones sur base des fluctuations d'ordre secondaire de *Quercus canariensis*, des résineux, de *Quercus suber*, des autres arbres forestiers, des taxons du matorral et des herbacées.

Zone pollinique I (5.25-4.00 m)

Encadrée par les deux datations ¹⁴C de 41600 ± 2100/1700 B.P, à sa limite inférieure et 28540 ± 480/460 B.P. à sa limite supérieure, cette période, située au Pléniglaciaire moyen, est caractérisée par la dominance de la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis* atteignant des fréquences importantes, en parallèle à un développement très marqué d'*Alnus glutinosa* et de *Salix* (végétation locale). *Quercus suber* est faiblement représenté ; ses fréquences relatives

n'excèdent jamais 2,5 %. De même, l'apport pollinique des résineux (*Cedrus*, *Abies* et *Pinus*) est plus ou moins discret.

Cette période représente l'image d'une succession en quatre phases :

Sous-zone Ia (5.25-5.20 m)

La sous-zone Ia montre une représentation moyenne de la chênaie caducifoliée. Les fréquences relatives de *Quercus canariensis* sont de l'ordre de 20%. *Alnus* enregistre des taux de l'ordre de 14% (-5.25 m) à 19% (-5.20 m). *Salix* ne dépasse pas une fréquence relative de l'ordre de 1%. Par contre, le milieu ouvert herbacé, dominé par les Graminées, atteint des fréquences de l'ordre de 40% (-5.25 m) dont 19% de Graminées. Les Conifères (*Pinus*, *Cedrus* et *Abies*) présentent un petit pic pollinique au niveau de cette sous-zone, enregistrant respectivement 6% (-5.25 m), 8% (-5.20 m) et 7% (-5.25 m).

Sous-zone Ib (5.20-4.40 m)

Cette période débute par une très importante extension du Chêne zeen avec des fréquences maximales de l'ordre de 50% à -5.15 m de profondeur correspondant à une chute de moitié des fréquences des Conifères. *Alnus* montre une régression de 19% (-5.20 m) à 6% (-5.15 m) en parallèle à une progression de *Salix* (11% à -5.10 m). Les taxons du milieu ouvert herbacé régressent également par rapport à la période précédente avec 13% de Graminées (-5.15 m). Le développement de *Quercus canariensis*, au niveau de la limite inférieure de cette période, est suivi par une forte progression de l'apport pollinique d'*Alnus*. Ce dernier atteint un maximum de 43% à -4.45 m de profondeur alors que *Salix* est également en progression (24% à -4.75 m). Cette abondance d'*Alnus* et de *Salix* dont l'apport pollinique est d'origine strictement locale et à signification principalement édaphique traduit seulement la permanence de ces arbres aux abords immédiats du site. Dans le graphique, les taux importants atteints par ces deux taxons provoquent la chute progressive des fréquences polliniques du Chêne caducifolié qui passent d'un maximum de 50% (-5.15 m) à un minimum de 27% (-4.60 m). En ne tenant pas compte des apports des ligneux de la flore locale (*Salix* et *Alnus*), les fréquences maximales de *Quercus canariensis* atteignent par contre 72% (-4.75 m).

Sous-zone Ic (4.40-4.25 m)

Après leur forte extension enregistrée au cours de la phase précédente, l'Aulne et le Saule connaissent un considérable retrait avec un minimum total de 12% (-4.30 m) dont 11% d'*Alnus glutinosa*. On note par ailleurs une extension de l'apport pollinique des Conifères principalement de *Cedrus* (14%), et du milieu ouvert herbacé avec 22% de Graminées.

Sous-zone Id (4.25-4.00 m)

La partie terminale de la zone I est caractérisée par la prédominance de l'apport pollinique d'*Alnus* montrant une deuxième phase de progression de ce taxon qui enregistre des fréquences optimales de l'ordre de 70% (-4.05 m). A cet important pic d'*Alnus* correspond une régression générale de l'apport pollinique de tous les taxons. Ainsi, les fréquences relatives de *Quercus canariensis* chutent de 29% (-4.25 m) à 4% (-4.05 m). Mais, abstraction faite de l'apport d'*Alnus*, *Quercus canariensis* se maintient à des pourcentages de l'ordre de 60% tandis que les taux des Conifères sont réduits et que les herbacées régressent (11 à 12%). A la limite supérieure de cette sous-zone (-4.05 m) on enregistre toutefois l'amorce du recul de la chênaie caducifoliée (15%) correspondant au début de la progression des résineux, principalement de *Cedrus* (17%), et des taxons herbacés.

Zone pollinique II (-4.00 à -1.85 m)

La datation ¹⁴C de 24 430 ± 640/590 B.P. (GrN-26380) à -2.30 m situe cette phase au Pléniglaciaire supérieur, dont l'image pollinique est celle d'un milieu forestier progressivement colonisé et dominé par la forêt de Conifères (*Pinus*, *Abies* et *Cedrus*) évoluant aux dépens du Chêne zeen, en régression. Cette transformation progressive des

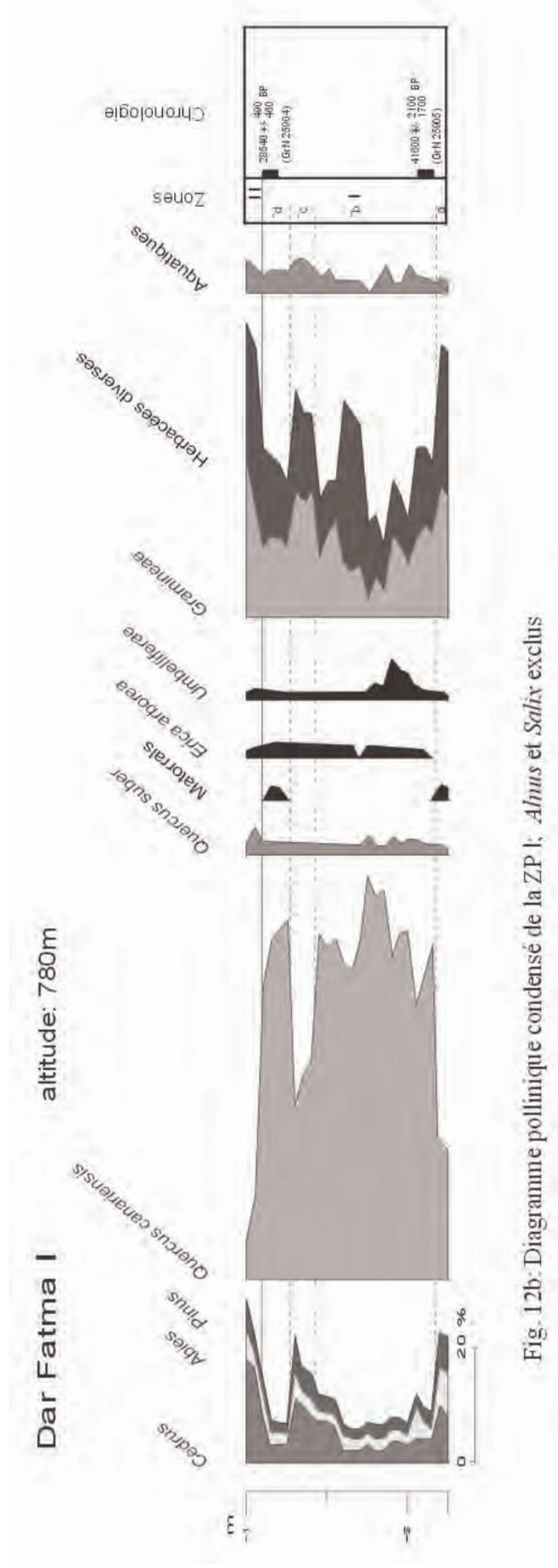


Fig. 12b: Diagramme pollinique condensé de la ZP I; *Alnus* et *Salix* exclus

assemblages polliniques se fait en deux phases :

Sous-zone IIa (4.00-2.90 m)

Durant cette première phase, on assiste à une expansion de l'apport pollinique des résineux. Ainsi, *Cedrus*, *Abies* et *Pinus* progressent, enregistrant respectivement des taux de l'ordre de 29% (-3.75 m), 21% (-3.00 m) et 24% (-3.80 m). Les taux polliniques de *Quercus suber* progressent légèrement. Ses fréquences relatives, n'excédant jamais 1% au niveau de la zone précédente, atteignent au cours de cette période 6% (à -3.50 m). Cette progression importante des Conifères et modeste du Chêne liège, provoque parallèlement une régression significative du Chêne zeen. Les fréquences relatives de *Quercus canariensis* se réduisent de 18% (-3.50 m) à 3% (-2.95 m). *Alnus* régresse considérablement par rapport à la zone précédente (1%). *Salix*, disparaît presque complètement tandis qu'*Erica arborea* est toujours faiblement représentée (fréquences relatives inférieures à 2,5%). Les taxons de la strate herbacée, dominés par les Graminées, progressent pour atteindre des fréquences relatives importantes (28% à -4.00 m pour les Graminées). *Plantago* type *coronopus* montre une extension débutant à partir de la limite inférieure de la sous-zone (16% à -4.00 m) ; suivant en cela la progression de la forêt résineuse.

Sous-zone IIb (2.90-1.85 m)

Cedrus (34% à -2.65 m), *Abies* (25% à 2.75 m) et *Pinus* (27% à -2.70 m) continuent à progresser. Par contre, les fréquences relatives de *Quercus canariensis* s'effondrent jusqu'à s'effacer complètement à partir du niveau -2.25 m, c'est à dire aux environs de la date de 24 430 ± 640/590 B.P. La chênaie sclérophylle à *Quercus suber* présente une courbe pollinique continue et presque constante avec des taux ne variant qu'entre 2% (à -2.60 m) et 7% (à -2.00 m). *Erica arborea* est toujours très faiblement représentée (taux inférieur à 2,5%). *Alnus* progresse légèrement atteignant un maximum de 12% (-2.55 m), tandis que *Fraxinus*, essence des bords d'oueds et des terrains humides apparaît discrètement. Les taxons du milieu ouvert herbacé accusent une régression, surtout les Graminées (7% à -2.10 m). Par contre, *Plantago* type *coronopus* continue à progresser atteignant 20% à -2.75 m.

Au niveau de la limite supérieure de cette période, on assiste à un nouveau pic dans la progression des Conifères; surtout de *Cedrus* et d'*Abies* qui atteignent respectivement des fréquences maximales de l'ordre de 35% et de 25% (à -1.85 m). L'apport pollinique de la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis* est nul alors que *Quercus suber* est en léger progrès (9% à -1.85 m) en parallèle à un début d'extension de la Bruyère arborescente. Tous les taxons herbacés continuent à régresser y compris les Graminées et *Plantago*.

Zone pollinique III (1.85-1.35 m)

Datée à sa limite inférieure de 8170 ± 70 B.P., cette période montre en son début la forte régression d'*Abies*, relayée par la régression des fréquences de *Cedrus* jusqu'à 24% (à -1.60 m). Par contre, la courbe de *Pinus* présente une allure fluctuante : 23% (-1.65 m) ; 36% (-1.60 m) ; 15% (-1.50 m) ; 25% (-1.35 m). *Erica arborea* et *Quercus suber* connaissent une légère progression enregistrant respectivement 7 et 8% à -1.70 m. *Quercus canariensis* fait une réapparition modérée conjointe à une présence discrète de *Quercus ilex*.

La moitié supérieure de la période correspond à un important retrait des Conifères, surtout d'*Abies* et de *Cedrus* dont les taux chutent considérablement (inférieurs à 2,5%), au profit de la progression de la chênaie sclérophylle à *Quercus suber* (22% à -1.35 m) et d'*Erica arborea* qui évolue toujours parallèlement au Chêne liège (20% à -1.35 m). Les herbacées sont également en extension ; les Graminées évoluent de 14% (à -1.55 m) à 25% (à -1.40 m).

Zone pollinique IV (-1.35 à -0.80 m)

Cette zone est encadrée par deux datations ¹⁴C: 5180 ± 110 B.P. à sa base et 4290 ± 110 B.P. à sa limite supérieure. Elle correspond à la disparition définitive d'*Abies* et de *Cedrus* en

parallèle à l'extension du Chêne liège, espèce définitivement dominante dans une forêt où *Quercus canariensis* est modestement représenté. *Pinus* est toujours présent, bien qu'en pleine régression. Les taxons arboréens, arbustifs et herbacés montrent une meilleure diversification. Deux phases évolutives ont été définies :

Sous-zone IVa (1.35-1.05 m)

Datée en son milieu de 5180 ± 80 B.P., cette partie de la séquence se caractérise par la dominance de la suberaie à *Erica arborea*. Ainsi, *Quercus suber* continue sa progression pour atteindre 27% à -1.10 m et *Erica arborea* évolue jusqu'à 26% au niveau -1.30 m. *Abies* a disparu du paysage alors que *Cedrus* se maintient encore très discrètement. *Pinus* régresse de 24% au niveau de la limite inférieure de cette sous-zone pour atteindre des fréquences également réduites. La présence d'*Olea* et de *Pistacia* se précise, tandis que les Graminées continuent leur développement au niveau du milieu herbacé.

Sous-zone IVb (1.05-0.70 m)

Cette période, datée de 4290 ± 110 B.P., révèle une profonde ouverture du milieu forestier. On constate un recul marqué de la suberaie (4% de *Quercus suber* et 3% d'*Erica arborea* à -0.70 m). *Cedrus* et *Abies* sont définitivement absents, mais, *Pinus* est encore présent sporadiquement. En revanche, on note une importante extension ainsi qu'une diversification du milieu ouvert herbacé. Cette période est également marquée par la première apparition des Céréales (-0.85 m). Le milieu humide est en progression : il est représenté surtout par les Cypéracées (17% à -0.85 m) et par *Asphodelus* (5% à -0.90 m)

Zone pollinique V (0.70-0.30 m)

Datée en son milieu de 2220 ± 100 B.P., cette zone montre un léger regain de *Quercus suber* et d'*Erica arborea* qui se maintiennent à des taux moyens. *Pinus* est présent sous forme de traces et les fréquences de *Quercus canariensis* ne dépassent pas 2,5%. Les Graminées atteignent, à ce niveau, des fréquences relatives maximales de l'ordre de 26% (-0.55 m).

Zone pollinique VI (0.30-0 m)

La zone terminale de la séquence annonce la reprise de l'extension du Chêne liège (24% à -0.30 m) ainsi que d'*Erica arborea* (19% à -0.30 m) qui lui est associée. L'apport pollinique de *Quercus canariensis* reste faible, ne dépassant pas 4% à -0.10 m. *Salix* présente un pic de 6% au niveau de la limite supérieure du profil (-0.05 m) et les taxons du matorral, *Olea europea*, *Pistacia*, *Cistus monspeliensis* progressent légèrement. L'extension du milieu herbacé se poursuit avec principalement la progression des Graminées; ces dernières atteignant jusqu'à 38% de représentativité en fin de séquence.

Sites de la région de Jendouba-El Feija

Tourbière de « Ouinet Ennessours »

La tourbière de 'Ouinet Ennessours' (coordonnées géographiques: 36° 36' N, 8° 24' E), petite zone tourbeuse de 40 m² de superficie, est située sur une crête d'altitude (1050 m) au milieu d'une pelouse (Fig. 5c - 6). Le milieu forestier aux environs du site est très dégradé avec présence de quelques pâturages. Le Chêne zeen absent des zones de crêtes, occupe en contrebas les stations les plus fraîches à exposition nord. On retrouve localement quelques pieds de Chêne liège éparpillés associés à *Erica arborea* et *Genista aspalathoides*. Une carotte de 0.75 m de long a été relevée. Le sédiment est constitué à sa base d'une argile gris-noir tourbeuse surmontée par une tourbe noirâtre. Une datation ¹⁴C de 470 ± 40 B.P. (GrN-25338) a été obtenue pour le niveau -0.60 m.

Description du diagramme pollinique (Fig. 13)

L'analyse pollinique de la petite séquence sédimentaire de 0.75 m de long prélevée dans la tourbière de 'Ouinet Ennessours', reflète l'image d'un paysage ouvert herbacé proche d'une chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis*. L'apport pollinique des taxons de matorral est faible. Par contre, les espèces herbacées, principalement les Graminées et les Composées, et les espèces aquatiques, surtout les Cypéracées sont en position dominante dans le diagramme. La végétation paraît plus ou moins constante, sauf en fin de séquence où le milieu forestier marque un léger recul.

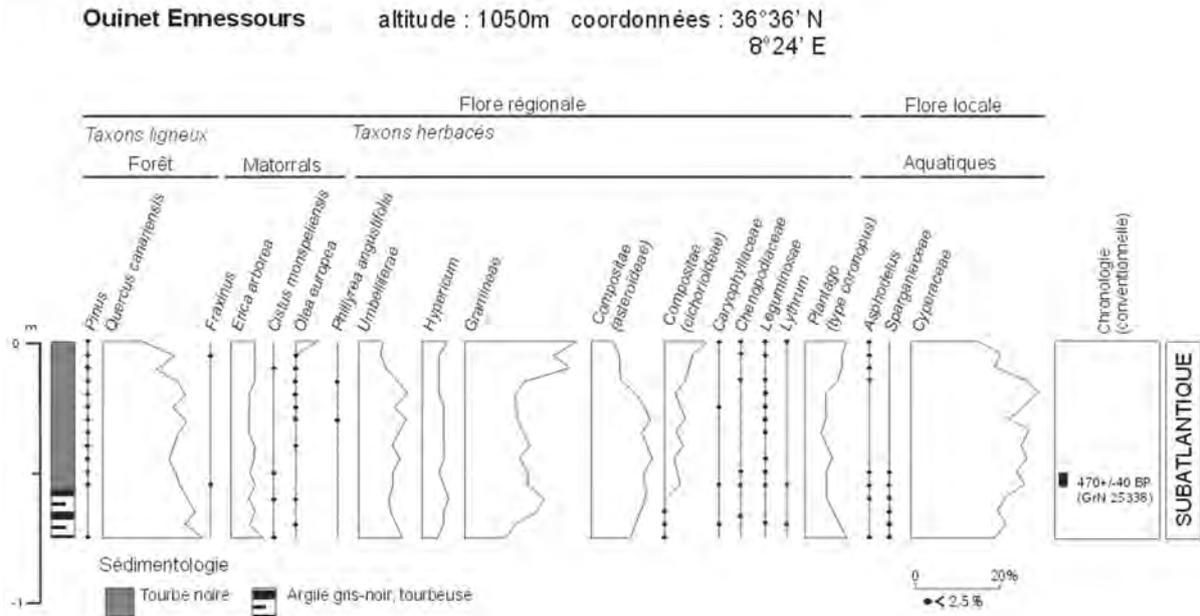


Fig. 13: Diagramme pollinique de la tourbière d'Ouinet Ennessours

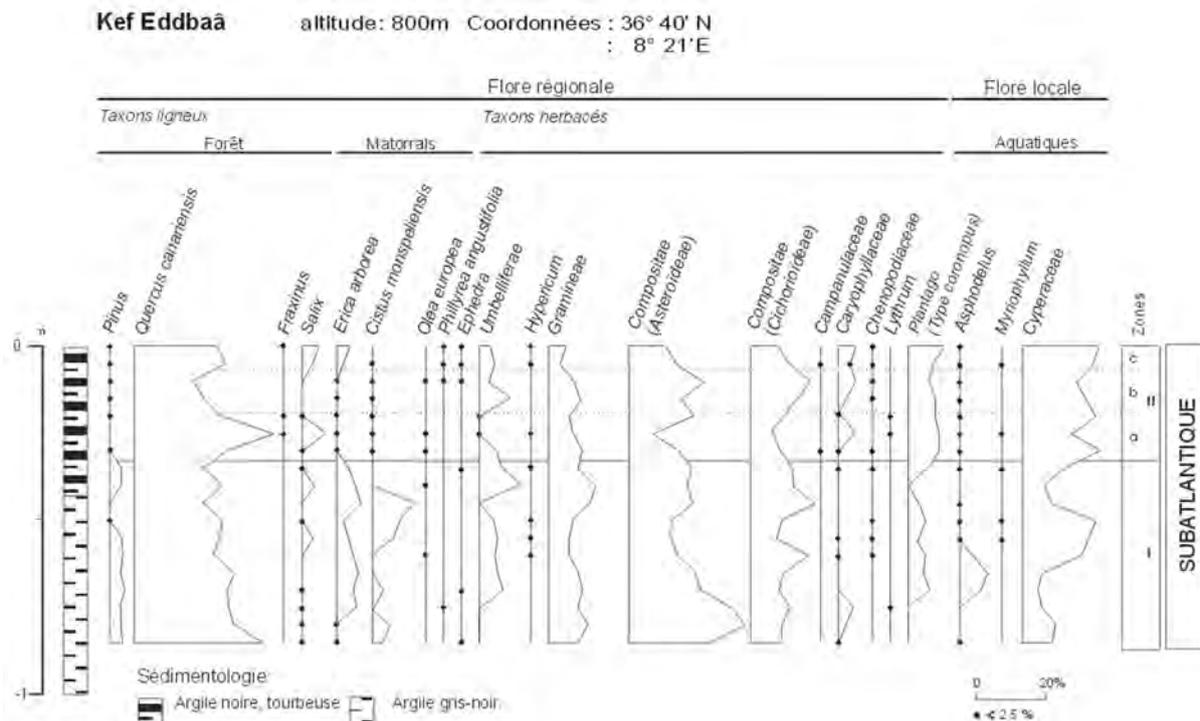


Fig. 14: Diagramme pollinique de la tourbière de Kef Eddbaâ

Quercus canariensis, principale espèce forestière montre une courbe pollinique qui décroît légèrement de la base vers le sommet du diagramme. Il régresse d'une fréquence relative de l'ordre de 25% au niveau de la limite inférieure du profil (à -0.75 m) à 10% au niveau de sa limite supérieure.

Les fréquences relatives enregistrées par les autres arbres forestiers (*Pinus*, *Fraxinus*) sont inférieures à 2,5%. Les taxons de matorral (*Olea*, *Phillyrea* et *Cistus*) ne dépassent ce taux qu'occasionnellement (3% à -0.10 et à 0 m). Par contre, *Erica arborea* montre une courbe pollinique plus soutenue, variant d'un maximum de 6% (à -0.75 m) à un minimum de 4% enregistré à plusieurs niveaux.

Les pollens des taxons herbacés (Graminées, herbacées diverses, *Hypericum* et Ombellifères) sont les plus abondants au niveau des échantillons, dominés par les Graminées et les Composées. Leurs courbes polliniques progressent au niveau de la limite supérieure du diagramme. Ils atteignent respectivement un maximum de 26 et de 27% (à 0 m) avec en parallèle une légère régression de l'apport pollinique du Chêne zeen. Les plantes de milieux humides sont bien représentées, principalement par les Cypéracées et par quelques *Asphodelus*. Elles atteignent un taux pollinique maximal de l'ordre de 29% (à -0.20 m).

Tourbière de « Kef Eddbaâ »

Le site de 'Kef Eddbaâ' (coordonnées géographiques: 36° 40' N, 8° 21' E) est une zone tourbeuse de pente, de 30 m² de superficie. Elle est située à 800 m d'altitude, au milieu d'une futaie pure de Chêne zeen. La forte densité de la zenaie, favorisée par la fraîcheur de la station avec des forts brouillards et nébulosités, est responsable de l'absence quasiment totale de strate arbustive.

La séquence sédimentaire relevée est de 1 m d'épaisseur. La moitié inférieure de la séquence est constituée d'une argile brune surmontée par une argile tourbeuse brun foncé. On ne dispose d'aucune datation ¹⁴C pour ce profil.

Description du diagramme pollinique (Fig. 14)

L'analyse pollinique de la tourbière de 'Kef Edhbaâ' ne concerne que 0.85 m de sédiment prélevé à partir d'une séquence de 1 m de long; la pauvreté en pollen des 15 cm de la base, ne permettant pas d'établir un diagramme pour celle-ci. L'évolution des spectres polliniques dominés par *Quercus canariensis* a permis de définir deux zones principales I et II. Cette dernière a été subdivisée en trois sous-zones a, b et c.

Zone pollinique I (0.85-0.30 m)

Cette période est caractérisée par la dominance de la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis* évoluant en dents de scie, avec des taux fluctuant d'un maximum de 36% (à -0.85 m) à un minimum de 20% (à -0.45 et -0.35 m). *Pinus* est présent avec des fréquences n'excédant jamais 4% (à -0.70 m). Les espèces de matorral sont représentées principalement par *Erica arborea* (maximum de 6% à -0.65 m) et les *Cistus* (pic de 12% à -0.45 m). La strate herbacée est par contre bien développée. Elle est dominée par les Composées atteignant 48% à -0.75 m, suivies par les Graminées et les Ombellifères (13% à -0.40 m). *Plantago type coronopus* montre un apport pollinique variant de 3 à 5%.

Zone pollinique II (0.30-0 m)

Elle correspond à une évolution en trois phases de la chênaie caducifoliée:

Sous-zone IIa (0.30-0.15 m)

Cette période présente un pic de *Quercus canariensis* attestant sa progression optimale: il atteint une fréquence relative de l'ordre de 40% à -0.25 m. Cette progression

correspond à un recul des autres arbres forestiers sauf *Salix* qui montre un pic de 7%. Par contre, les taxons de matorral disparaissent presque complètement des spectres polliniques; les taux d'*Erica arborea*, *Cistus* et *Olea europaea* ne dépassant pas 1%. A ce même niveau, la courbe pollinique regroupant l'ensemble des taxons herbacés montre un creux de 25% avec un léger recul des Graminées (5% à -0.20 m).

Sous-zone IIb (0.15-0.05 m)

Cette sous-zone représente une courte phase de retrait de la chênaie (17% à -0.10 m), tandis que les taxons de matorral sont toujours faiblement représentés. Par contre, on assiste à une extension très importante des taxons herbacés. Les Composées atteignent 40%.

Sous-zone IIc (0.05-0 m)

Quercus canariensis montre une légère progression (25% à -0.05 m). *Erica* et *Salix* sont légèrement mieux représentés avec des taux respectifs de 3 et de 4%. Les fréquences relatives des herbacées chutent légèrement (42% à 0 m).

Djebel El Ghorra, site étudié antérieurement (Ben Tiba, 1995)

Prélevée à partir d'une tourbière située à Djebel El Ghorra à 1203 m d'altitude, une séquence sédimentaire de 2.30 m de profondeur a été analysée par BEN TIBA (1995). Le site, colonisé par *Salix*, *Erica arborea* et un tapis herbacé, était entouré par une forêt très ouverte de Chêne zeen. Cinq niveaux tourbeux ont fait l'objet de datations ¹⁴C avec les résultats suivants: 4800 ± 140 B.P. à -2.20 m ; 3900 ± 90 B.P. à -1.90 m ; 3060 ± 90 B.P. à -1.50 m ; 2070 ± 80 B.P. à -1.10 m et 940 ± 40 B.P. à -0.60 m.

En fonction de l'évolution des fréquences relatives de *Quercus canariensis*, des taxons de matorral principalement *Erica arborea* et des taxons du milieu ouvert herbacé, quatre zones polliniques majeures I, II, III et IV ont été définies. Ces deux dernières ont été découpées chacune en trois sous-zones a, b et c afin de mettre en évidence les fluctuations d'ordre secondaire de la chênaie caducifoliée.

Description du diagramme pollinique (Fig. 15)

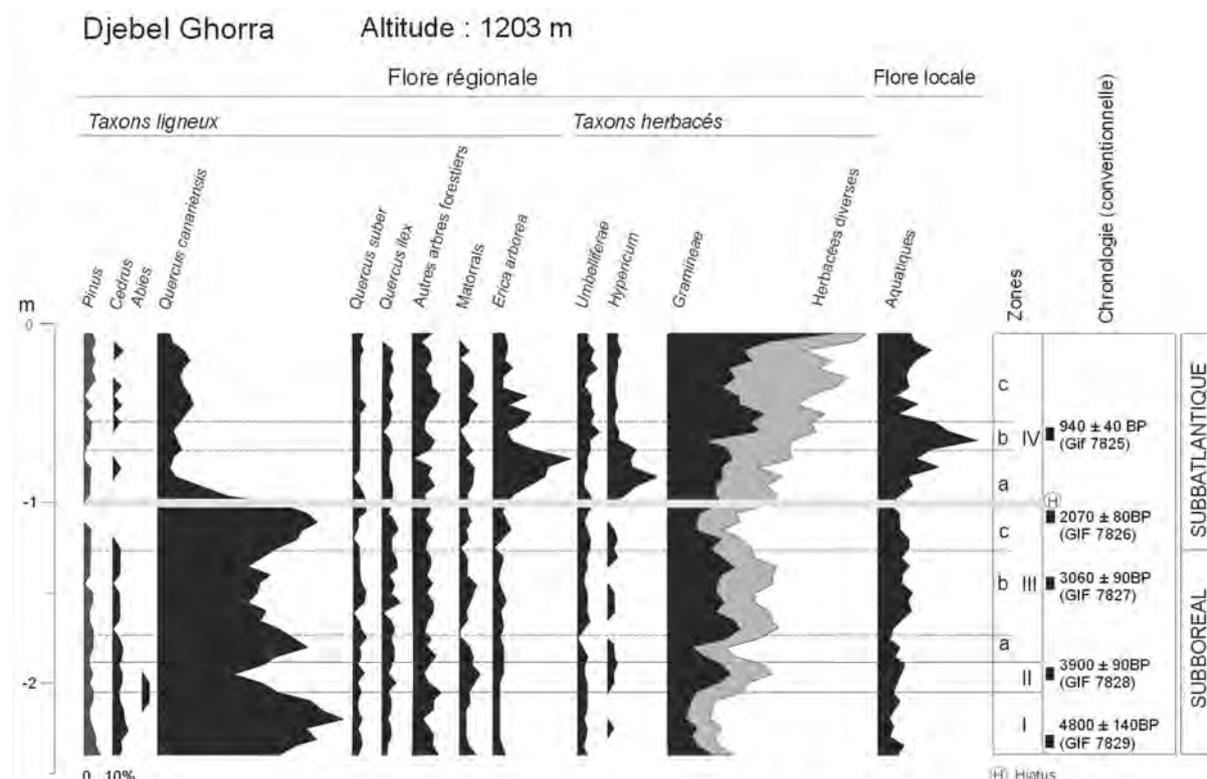


Fig. 15: Diagramme pollinique condensé du lieu - dit: "Djebel Ghorra" (d'après: B. BEN TIBA - 1995)

Zone pollinique I (2.30-2.05 m)

Datée de 4800 ± 140 B.P. (-2.20 m), la partie inférieure de la zone se situerait au niveau de la limite supérieure de l'Atlantique ou, du moins, au passage Atlantique-Subboréal. Cette période traduit un état de boisement optimal de la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis* enregistrant des fréquences relatives dépassant les 70% (à -2.15 m). La représentation pollinique de *Quercus suber* est très faible (5%) traduisant sa relative rareté dans le paysage environnant étant donné que la forte humidité de cet étage montagnard (1203 m) freine son développement. L'apport pollinique de *Quercus ilex*, variant entre 2 et 5% est également faible, pour la même raison. Un petit apport pollinique (4%) d'*Abies* est perçu ; il pourrait s'agir d'un apport lointain du pollen de ce taxon à partir du territoire algérien.

Zone pollinique II (2.05-1.80 m)

Cette zone se situe au Subboréal (datation ^{14}C de 3900 ± 90 B.P. à -1.90 m). Elle correspond à un éclaircissement du milieu forestier qui se traduit par un recul de moitié des fréquences relatives de *Quercus canariensis* enregistrant 30% à -1.90 m. Conjointement, on assiste à une expansion des Graminées et autres taxons herbacés (40% à -1.90 m)

Zone pollinique III (1.80-1.00 m)

Sous-zone IIIa (1.80-1.70 m)

Cette brève période traduit la reprise de la forêt caducifoliée après son recul antérieur: *Quercus canariensis* atteint des fréquences relatives dépassant 50% (à -1.75 m). Les taxons herbacés par contre sont en régression.

Sous-zone IIIb (1.70-1.25 m)

Située également au Subboréal (3060 ± 90 B.P.), cette sous-zone est caractérisée par un deuxième recul de la chênaie caducifoliée dont les taux polliniques chutent à 30% avec progression modérée, d'*Erica arborea* et des taxons herbacés dont *Plantago coronopus*.

Sous-zone IIIc (1.25-1.00 m)

La datation ^{14}C de 2070 ± 80 B.P. situe cette partie de la séquence au Subatlantique. Elle montre la reconquête du terrain par *Quercus canariensis* (60% à -1.10 m) avec régression des taxons herbacés (20%). *Erica arborea* progresse légèrement au niveau des espaces probablement ouverts au sein de la zénaie. En fin de période, on remarque l'amorce d'un retrait de cette dernière.

Zone pollinique IV (1.00-0 m)

Cette zone datée en son milieu de 940 ± 40 B.P. (XI^{ème}- XII^{ème} siècles), révèle dans son ensemble une réduction importante de la zénaie et sa substitution d'abord par des fourrés à *Erica arborea* puis par un milieu ouvert herbacé (subactuel).

Sous-zone IVa (1.00-0.75 m)

Elle correspond à un recul très important et très rapide de *Quercus canariensis* (60% à 5%) en parallèle à une progression optimale d'*Erica arborea* (30% à 0.70 m). Ainsi, vu ce changement assez brusque de l'aspect du milieu forestier, un hiatus sédimentaire pourrait se situer entre les zones polliniques III et IV ; masquant ainsi une période qui correspondrait aux premiers siècles de notre ère.

Sous-zone IVb (0.75-0.55 m)

C'est une période transitoire au cours de laquelle le Chêne zeen est toujours faiblement représenté dans un paysage où la Bruyère arborescente est en recul (10% à -0.60 m). On assiste

par ailleurs à une extension des landes montagnardes comme l'atteste la progression des taxons herbacés dans les spectres polliniques. Cette situation est paradoxale alors qu'un important développement des plantes aquatiques (30%) tend à prouver que des conditions hydriques sont favorables aux alentours du site.

Sous-zone IVc (0.55-0 m)

Elle traduit l'ouverture définitive du milieu avec extension des taxons herbacés (80% au niveau de la limite supérieure du profil).

RECONSTITUTION DE L'ENVIRONNEMENT

Djebel Chitane (Région de Sejnane)

L'histoire du paléoenvironnement Holocène au Djebel Chitane a pu être reconstruite sur base de l'analyse palynologique de quatre sites localisés à des altitudes décroissantes à flanc de montagne: tourbière de Majen Ben H'mida (330 m), tourbière de Majen El Orbi (200 m), marais de Majen El Orbi (148 m) et tourbière de Abiare (110 m).

Le Préboréal (10 000- 9 000 ¹⁴C ans BP.) a été rencontré uniquement au niveau de la séquence de Majen Ben H'mida (Fig. 8- Zone pollinique I), seule tourbière de l'ensemble en activité avant le Subboréal. Attestée par la datation 9480 ± 100 B.P. (GrN-24791), la période est caractérisée par un climat plus froid et plus aride que l'actuel dont témoigne l'avancée vers le nord d'une végétation dominée par *Pinus halepensis* et d'un milieu ouvert herbacé assez développé. L'aire de distribution d'un ensemble floristique semblable est située actuellement en Tunisie sur la Dorsale, en zone bioclimatique semi-aride.

L'époque Boréale (9 000 - 8 000 ¹⁴C ans BP.) n'est également archivée qu'à Majen Ben H'mida. Elle a été mise en évidence en fonction de la datation ¹⁴C de 8190 ± 50 B.P. (GrN-25718) (milieu de la zone pollinique II). L'importante expansion de *Quercus canariensis*, taxon nettement dominant dans cette zone, traduit un réchauffement modéré mais surtout une humidification sensible du climat, conditions nécessaires pour permettre un tel développement de la zénaie. Au niveau de la Tunisie septentrionale, le Chêne zeen devait être à cette époque en voie d'expansion pour atteindre son optimum holocène, même aux altitudes moyennes situées aujourd'hui dans l'étage subhumide.

Concernant la période Atlantique (8 000 - 5000 ¹⁴C ans BP.), les datations relevées à Majen Ben H'mida (ca. 8200 B.P. au milieu de la zone II et ca. 4900 BP. au niveau de la moitié supérieure de la même zone- Fig. 8) et à la tourbière de Majen El Orbi (ca. 4600 B.P. à un mètre au-dessus de la base de la séquence - Fig. 6), montrent que dans le premier cas (Majen Ben H'mida), une grande partie de l'Atlantique a été archivée avec surtout la phase de transition Boréal-Atlantique (au milieu de la zone II) et que dans le second (Tourbière de Majen El Orbi), uniquement la fin de la période Atlantique a été enregistrée ou du moins la phase de transition Atlantique-Subboréal.

Dans la moitié supérieure de la Zone pollinique II de Majen Ben H'mida et au début de la Zone pollinique I de Majen El Orbi (tourbière), on remarque, à côté de taux importants de *Quercus canariensis*, une présence plutôt discrète mais régulière de *Quercus suber*. Cela laisse supposer qu'à la fin de l'Atlantique mais aussi pendant la période, le climat restant humide mais étant plus chaud, les conditions étaient réunies pour que dans des zones d'altitude moyenne (sous 1000 m) le Chêne liège puisse légèrement concurrencer le Chêne zeen dans des chênaies à nette dominance de ce dernier.

Le Subboréal (5 000- 2 500 ¹⁴C ans BP.) a été nettement archivé au niveau de Majen El Orbi; dans la tourbière (Zones polliniques I, II, III et IV- Fig. 6) et au marais (Zone pollinique I- Fig. 7). A Majen Ben H'mida son début a été enregistré, avant le premier hiatus de la séquence. Dans ce dernier site, le Chêne liège s'affirme un peu plus dans un milieu forestier toujours dominé largement par le Chêne zeen.

Le Subboréal, tel qu'il est représenté dans les deux sites de Majen El Orbi, montre une deuxième expansion de la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis* mais celle-ci est de moindre importance que celle enregistrée pendant le Boréal et l'Atlantique au niveau de la tourbière de Majen Ben H'mida. On constate également qu'au niveau du marais, situé à plus basse altitude, le chêne liège est davantage présent dans l'environnement. En cours de période s'intercale, ca. 4000 B.P., une phase sèche de grande intensité provoquant un recul important de tous les taxons ligneux au profit d'une extension maximale du milieu ouvert herbacé. Bien qu'aucun signe de secondarisation particulier ne se marque dans le milieu, comme par exemple l'extension du matorral et d'*Erica*, un impact anthropique aurait pu, toutefois, être cumulatif de l'influence climatique. Selon les datations au ¹⁴C enregistrées dans la tourbière (3960 ± 140 B.P. et 3480 ± 80 B.P.) et dans le marais (3670 ± 80 B.P.), il pourrait s'agir, en partie, d'un déboisement à des fins pastorales qui serait à attribuer à des populations Lybico-Berbères du début de l'Age du Bronze. Dans la séquence de la tourbière, on remarque un retrait forestier antérieur (Zone IIa) avec progression d'*Erica arborea* ce qui laisserait supposer qu'un premier effet anthropique sur le site remonterait au Chalcolithique.

Enfin, le Subatlantique (2 500 - 0 ¹⁴C ans BP.) se retrouve à Majen El Orbi au niveau de la Zone pollinique V de la tourbière (Fig. 6) et des Zones polliniques II et III du marais (Fig. 7), tandis qu'à Majen Ben H'mida l'époque se situerait au niveau des Zones polliniques IIIb et IV (Fig. 8) ; la zone IIIa représentant le passage du Subboréal au Subatlantique et l'hiatus la phase sèche de 4000 BP. Par ailleurs, la période couvre la totalité de la séquence sédimentaire de Abiare (Fig. 9).

Le subatlantique est caractérisé par des phases de dégradation du milieu forestier, d'intensités variables, qui correspondent à des époques d'occupation humaine successives exerçant sur le milieu une pression croissante.

Les datations ¹⁴C de 2220 ± 110 B.P. et de 2440 ± 35 B.P. à Majen El Orbi et de 2500 ± 50 B.P. à Majen Ben H'mida permettent de repérer le premier impact anthropique majeur sur le milieu qui correspond à l'expansion phénicienne et aux occupations carthaginoise et romaine. C'est au cours de cette période que s'est enclenché le processus de substitution de *Quercus canariensis* par *Quercus suber* dans les chênaies de Chêne caducifolié issues du Subboréal. Le phénomène qui débute à la base de la Zone pollinique V de la tourbière de Majen El Orbi (Fig. 6) est perçu dans la Zone pollinique II du marais (Fig. 7) où l'installation d'une chênaie mixte s'accompagne du développement d'un important matorral à dominance de *Quercus coccifera*. Dans ce site, la chute brutale de *Quercus canariensis* de la Zone II à la zone III laisse supposer l'existence d'un hiatus entre les deux. A Majen Ben H'mida, dans un premier temps (Zone pollinique III.a), *Quercus canariensis* est concurrencé par *Quercus suber* s'accompagnant d'une progression sensible d'*Erica arborea* en sous-bois. Cet état de végétation est relayé (Zone pollinique III.b) par une extension très importante d'un milieu ouvert herbacé s'accompagnant d'un recul très marqué des arbres traduisant un déboisement agressif. Ce type d'exploitation du milieu se retrouve au site de Abiare (Fig. 9 - Zone pollinique I.b) avec éradication quasi totale du milieu forestier, principalement de peuplements de *Pinus pinaster* qui auraient occupé antérieurement la zone littorale.

A ce premier impact anthropique important attribué aux occupations carthaginoise et romaine succède l'effet d'un deuxième impact, qui s'apparente au premier, celui des invasions Vandale et Byzantine du V^{ème} au VII^{ème} siècle, perceptible au niveau de la zone pollinique Vc de la tourbière de Majen El Orbi (encadrée par deux datations, de 2220 ± 110 B.P. à sa limite inférieure et de 1380 ± 50 B.P. à sa limite supérieure). Cette époque est masquée au marais de Majen El Orbi et à Abiare par un hiatus sédimentaire. La réactivation de cette dernière tourbière se fait à la base de la zone II datée du X^{ème} siècle (1050 ± 130 B.P.).

Les invasions Vandale et Byzantine sont ensuite relayées par l'occupation des Arabo-Musulmans dès le VIII^{ème} siècle. La substitution de la chênaie sclérophylle à la chênaie caducifoliée semble consommée (REILLE et BEN TIBA, 1982). Ce fait bien connu dans le bassin de la Méditerranée occidentale apparaît dans les séquences relevées à Majen El Orbi (Zone V.d de la tourbière ; Zone III.a du marais). Ainsi, l'installation des Arabo-Musulmans et de leurs méthodes d'exploitation de l'environnement se signalent au niveau du site par un recul définitif de la zénaie et la progression de la suberaie associée à un matorral diversifié à *Quercus coccifera*, *Cistus monspeliensis*, *Myrtus communis* et à dominance d'*Erica arborea*.

Des traces d'une exploitation désastreuse du milieu qui, en gros, serait postérieure au X^{ème} siècle et antérieure au XV^{ème} siècle se remarquent par ailleurs dans les spectres polliniques. Les effets de cette dégradation se traduisent par un recul forestier prononcé et le développement de matorrals dégradés à dominance d'*Erica arborea* et de *Cistus monspeliensis*. Le phénomène apparaît nettement à Abiare (Zone pollinique II.a ; base datée au ¹⁴C de 1050 ± 130 B.P.), au marais de Majen El Orbi (Zone pollinique III.b ; sommet daté de 550 ± 50 B.P.) et à Majen Ben H'mida (Zone pollinique IV.a datée de 985 ± 30 B.P.); il serait le résultat du nomadisme destructeur de tribus bédouines, les Beni Hilal et les Beni Solaïm, qui ont occupé la Tunisie du XI^{ème} au XIII^{ème} siècle (BRUN, 1983). Un assèchement climatique qui apparaît au milieu du Subatlantique (REILLE, 1977) a probablement accéléré, dans un premier temps, la substitution de *Quercus suber* à *Quercus canariensis* induite par l'action anthropique et, ensuite, accentué la dégradation du milieu soumis à la pression de tribus nomades.

La partie supérieure du Subatlantique correspond du point de vue climatique au « Petit Age Glaciaire ». Le climat redevenu plus froid et plus humide favorise la reprise d'un milieu forestier à dominance de *Quercus suber* et le développement de matorrals évolués à *Quercus coccifera*, *Myrtus*, *Cistus*, *Olea* (Majen El Orbi tourbière, Zone pollinique V.d; Majen El Orbi marais, Zone pollinique III.c et Abiare, Zone pollinique II.b). A Majen Ben H'mida, occupant une situation plus élevée vraisemblablement plus arrosée que les sites en contrebas, on observe un regain de *Quercus canariensis* qui prend une position légèrement dominante au sein de la chênaie mixte. En ce qui concerne l'effet anthropique, après l'époque troublée des occupations nomades, un retour à une certaine stabilité ainsi qu'une sédentarisation progressive des populations ont sans doute permis la réinstallation d'une exploitation plus traditionnelle du milieu, moins agressive, de pastoralisme en milieu boisé avec développement de cultures de Céréales (tourbière de Majen El Orbi V.d - tourbière de Majen Ben H'mida IV b.c.).

Aïn Draham

La plus grande part de l'histoire du paléoenvironnement résultant de l'étude des sites de la région d'Aïn Draham a été reconstituée à travers l'analyse pollinique de la séquence sédimentaire de 5.25 m de long relevée dans le site de Dar Fatma I. En effet, la base de cette dernière remonte au Pléniglaciaire moyen (ca. 40 000 ans) alors que les sites de Beni M'tir, tourbière et marais, ne retracent d'après les datations ¹⁴C obtenues (respectivement de 740 ± 50 B.P. et 470 ± 50 B.P.) que l'évolution du milieu forestier pour une période ne couvrant que le dernier millénaire, ce qui correspondrait seulement au sommet de la séquence de Dar Fatma I.

Le Pléniglaciaire moyen (avant 30 000 ¹⁴C ans BP.), période encadrée par les datations ¹⁴C de 41 600 ± 2100/1700 B.P. et 28 540 ± 490/460 B.P. est représenté à Dar Fatma I (Zone pollinique I) par le développement naturel quasi exclusif de la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis*, avec présence marquée, dans le milieu proche, d'*Alnus* et de *Salix*. Cette progression s'est réalisée sous un paléoclimat à caractère plutôt tempéré fort humide et relativement frais avec trois pulsations sèches climatiques et édaphiques se signalant au début (Zone pollinique I.a), en cours (Zone pollinique I.c) et en fin de période (sommet de la zone I.d). Les résineux (*Cedrus*, *Abies* et *Pinus*), présentent toutefois, pendant cette époque du Pléniglaciaire, une petite avancée. Leur apport pollinique pourrait être d'origine allochtone,

c'est à dire provenir des reliefs algériens (Aurès et Kabylie), mais rien ne peut exclure une origine autochtone, c'est à dire la possibilité d'un apport plus proche, comme par exemple du Djebel El Ghorra situé sur la frontière tuniso-algérienne, où le climat était probablement plus froid et moins humide qu'il n'est actuellement et aurait été favorable à une intrusion d'espèces résineuses sur le massif.

En effet, la base du diagramme révèle que le passage au Pléniglaciaire moyen s'opère sous un climat plutôt sec et froid, favorisant les milieux ouverts herbacés, qui aurait pu être responsable d'un premier glissement vers l'est des forêts résineuses tandis que les sommets de l'Aurès et de la Kabylie se seraient déjà partiellement dégarnis de leur couverture forestière. Plus vers l'est, sur les reliefs moins accusés de Kroumirie, auraient pu s'étendre des forêts mixtes dans lesquelles le Chêne liège serait resté inféodé au Chêne caducifolié.

Au Pléniglaciaire supérieur (30 000 - 17 000 ¹⁴C ans BP.), représenté par la zone pollinique II de Dar Fatma I, correspondant à un sédiment argilo-sableux succédant au profil tourbeux sous-jacent (zone pollinique I), s'opère le retrait progressif de la chênaie caducifoliée et son remplacement par une forêt de conifères (*Abies*, *Cedrus*, *Pinus*) sous un climat semi-aride froid aboutissant finalement à la disparition du Chêne zeen du paysage régional. Ce phénomène représente le passage graduel de peuplements de *Cedrus* et d'*Abies* en provenance de leur région d'origine, les hauts reliefs algériens, vers des refuges moins élevés, aux conditions climatiques et édaphiques favorables, en territoire tunisien. Le maximum climatique froid, non daté ici mais correspondant à l'extension majeure de la forêt de conifères a été atteint postérieurement à la datation de 24 430 ± 640/590 B.P. (Zone pollinique II.b supérieure), probablement au Maximum glaciaire (20 000 - 18 000 BP). Il s'agit donc, dès le début du Pléniglaciaire supérieur d'un refroidissement et d'une aridification progressifs du climat s'intensifiant jusqu'à atteindre un maximum correspondant à l'optimum des résineux, qui, en Tunisie septentrionale, correspondrait à un climat de type subhumide évoluant vers le semi-aride froid.

Les périodes Tardiglaciaire (15 000 à 10 000 ¹⁴C ans BP.), Préboréale ainsi qu'une partie du Boréal ont été masquées par un premier hiatus sédimentaire dans la séquence de Dar Fatma I. Ainsi, l'amélioration climatique 'Postglaciaire' caractérisée par la disparition d'*Abies* et le début de la régression du Cèdre avec une présence encore marquée du Pin d'Alep, sous climat subhumide, voire encore légèrement sec, paraît avoir commencé à n'être archivée qu'à partir de la fin du Boréal correspondant à la zone pollinique III, datée vers sa base de 8170 ± 90 B.P.

Une partie de l'Atlantique (8 000 - 5000 ¹⁴C ans BP.), semble également non archivée. Au début de la période, on remarque un regain de *Quercus canariensis* et la présence discrète de *Quercus ilex* à proximité du site mais la reprise plus soutenue du Chêne zeen signalée par BEN TIBA et REILLE (1982) et son expansion maximale au cours de l'optimum climatique atlantique (Inès LAÂBIDI, inédit - Dar Fatma II, 2007/2008) n'est pas inventoriée ici ; cette période étant masquée par un deuxième hiatus dans la séquence. La tourbière de Dar Fatma I reprend son fonctionnement à la limite supérieure de l'Atlantique (Zone pollinique IV ; date ¹⁴C : 5180 ± 80 B.P.) alors que *Quercus suber* concurrence à nouveau *Quercus canariensis*.

Le Subboréal (5 000 - 2 500 ¹⁴C ans BP.) aussi, n'a pas été repéré dans sa totalité : il se signale principalement par la période sèche de ca. 4000 ans B.P. (datation ¹⁴C de 4290 ± 110 B.P.- limite supérieure de la Zone pollinique IV.b) caractérisée par la régression de tous les taxons ligneux, de forêt et du matorral avec progression très importante du milieu ouvert herbacé. Quant à sa partie supérieure, elle est masquée par un troisième hiatus sédimentaire de la séquence formant séparation avec le Subatlantique.

La base du Subatlantique (2 500 - 0 ¹⁴C ans BP.), archivée à Dar Fatma I (datation ¹⁴C: 2220 ± 100 B.P.-Zone pollinique V) traduit un important recul forestier, concomitant de l'apparition des Céréales, fait attribué aux périodes carthaginoise et romaine. Un quatrième

hiatus reconnu à la base de la Zone pollinique VI sépare deux périodes d'occupations humaine, à savoir les Romains et les Carthaginois (Zone pollinique V) et les Arabo-Musulmans (Zone pollinique VI). Il masque la période d'occupation par les populations Vandales et Byzantines ainsi que la phase sèche du Haut-Moyen Age. La tourbière reprend son fonctionnement par une phase de recolonisation de l'environnement par la suberaie, au cours des derniers siècles, époque du « Petit Age Glaciaire ». Cette évolution s'oriente vers l'aspect du milieu tel qu'il se présente actuellement: une chênaie mixte à nette dominance du Chêne liège et à sous-bois d'*Erica arborea* occupant la ligne de crête vers Dar Fatma et à Chêne zeen cantonné dans les vallons plus frais.

La partie supérieure du Subatlantique est mieux archivée dans la région de Beni M'tir où les séquences sédimentaires prélevées apportent un complément d'information sur une période couvrant, en gros, la fin du premier et la majeure partie du second millénaire A.D. Les dépôts semblent avoir commencé à se former à la fin de la phase sèche évoluant vers un petit optimum chaud-humide dont le début se situerait vers le X^{ème} siècle. Fort argileuses et pauvres en pollen à leur base, les séquences deviennent progressivement plus organiques, passant à des argiles tourbeuses puis à des tourbes argileuses dans leurs zones supérieures, ce qui correspondrait à un rafraîchissement climatique.

Les zones inférieures des séquences de Beni M'Tir révèlent une dégradation importante du milieu forestier, des chênaies mixtes de Chêne zeen et de Chêne liège, sous l'effet d'une action anthropique agressive provoquant le développement de matorrals à forte dominance de Cistaceae et d'*Erica arborea*. De telles pratiques, attestant de ravages causés par le feu, seraient attribuées aux tribus nomades bedouines, arrivées en Tunisie au XI^{ème} siècle A.D.

Les Zones polliniques II des deux séquences de Beni M'tir s'apparentent à la Zone pollinique VI de la séquence de Dar Fatma I. Elles correspondent à la reprise forestière résultant de l'installation d'un climat plus frais au cours des derniers siècles. Dans les vallées encaissées plus humides du secteur de Beni M'tir, les conditions étaient toutefois plus favorables à une recrudescence de forêts mixtes à dominance de Chêne caducifolié que sur les zones de crête, plus sèches, d'Aïn Draham à Dar Fatma où la suberaie, d'ailleurs favorisée par l'homme, a eu plus d'emprise sur le milieu.

Jendouba/ El Feïja (Djebel El Ghorra)

L'analyse pollinique de deux petites séquences sédimentaires prélevées dans les sites de 'Ouinet Ennessours' et de 'Kef Eddbaâ' et les résultats palynologiques du site de Djebel El Ghorra (BEN TIBA, 1995), soutenus par cinq datations ¹⁴C, permettent de reconstruire le paléoenvironnement et d'établir une chronologie des événements climatiques et anthropiques qui ont façonné le milieu dans la région de Jendouba/El Feïja au cours des cinq derniers millénaires.

L'image générale telle qu'elle se présente à partir de l'analyse pollinique de l'ensemble des séquences sédimentaires montre principalement la présence à cette altitude (1000-1200 m) de peuplements de Chêne zeen de forte densité: il s'agit du domaine de la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis*. Celle-ci passe, au cours du temps, par des phases de dégradation d'intensités variables d'origines climatique et/ou anthropique au profit d'un milieu ouvert herbacé ou d'un milieu arbustif dominé par *Erica arborea*. Il faut noter également, qu'à Djebel El Ghorra, contrairement à ce que nous avons rencontré au niveau des séquences sédimentaires déjà étudiées, la substitution entre Chêne zeen et Chêne liège ne se remarque pas, car le climat plus froid et les importantes précipitations dus à l'altitude ne permettent pas au Chêne liège de concurrencer le Chêne zeen au-dessus de 800 m.

Globalement, l'histoire de la végétation à Djebel El Ghorra peut être reconstruite à partir du passage Atlantique-Subboréal, période encore antérieure à toute activité humaine

importante (BEN TIBA, 1995 - base de la Zone pollinique I - datation ^{14}C : 4800 ± 140 B.P.) ; on remarque ici l'existence d'un milieu boisé originel dominant à *Quercus canariensis*. Il s'agit probablement de la fin de la phase d'expansion de la chênaie caducifoliée dont l'optimum se situe à l'Atlantique entre 8000 et 6000 B.P. (REILLE et al., 1996) mais qui, à plus basse altitude, a déjà débuté au Boréal (séquence sédimentaire de Majen Ben H'mida- région de Sejnane).

Le Subboréal (5 000 - 2 500 ^{14}C ans BP.), également représenté au site de Djebel El Ghorra (BEN TIBA, 1995 - limite supérieure de la Zone pollinique I, Zones polliniques II, IIIa et IIIb), se caractérise notamment par un important et bref recul du milieu forestier (Zone pollinique II) daté de 3900 ± 90 B.P. Ce recul peut être reconnu comme étant le fait d'un épisode aride certain mais de faible durée, situé au Maghreb entre 4500 et 3000 B.P. (ROUBET, 1979 ; MUZZOLINI, 1982). Le Subboréal englobe, après la phase sèche, une reprise de la chênaie caducifoliée (Zone pollinique III.a). Cette dernière régresse par la suite (Zone pollinique III.b), traduisant des premiers signes d'anthropisation ouvrant des espaces dans la zéenaie et qui seraient à attribuer à d'anciens Berbères (datation ^{14}C de 3060 ± 90 B.P.).

Le Subatlantique (2 500 - 0 ^{14}C ans BP.), en fonction des datations ^{14}C obtenues, se retrouve au niveau des zones polliniques III.c et IV de Djebel El Ghorra. C'est dans ce site que la période est la mieux représentée. Les petites séquences argilo-tourbeuses de Kef Eddbaâ et de Ouinet Ennessours qui ne représentent que les derniers siècles de notre ère attestent un démarrage assez récent coïncidant avec le « Petit Age Glaciaire ».

La partie du graphique de Djebel El Ghorra relevant du Subatlantique reflète les résultats d'effets anthropiques qui deviennent de plus en plus agressifs sur le milieu naturel. Les populations du temps de Carthage ne paraissent pas avoir marqué de leur empreinte les hauts sommets du Ghorra car, dans un premier temps, la forêt récupère les espaces perdus antérieurement. C'est plutôt à l'époque romaine (datation ^{14}C de 2070 ± 80 B.P.) que la zéenaie amorce un léger recul qui ira en s'amplifiant par la suite.

Ce premier recul de la zéenaie au Subatlantique est relayé par un important déboisement concomitant d'une extension sensible d'*Erica arborea* et des espaces ouverts herbacés (Zone IVa) indiquant une secondarisation sévère du milieu dû à une action anthropique intense qui pourrait être attribuée, vu son aspect, à l'invasion hilalienne. Il en ressort ainsi, que l'action des populations humaines ayant défilé entre les occupations romaine et hilalienne ne paraît pas avoir été archivée à Djebel El Ghorra à cause d'un hiatus sédimentaire.

Enfin, la datation ^{14}C de 470 ± 40 B.P. à « Ouinet Ennessours », séquence équivalente à celle de « Kef Eddbaâ », permet de corréliser la totalité de ces séquences avec la sous-zone IVc de Djebel El Ghorra. Celle-ci correspond à une période couvrant les derniers siècles. Le paysage révélé par les assemblages polliniques correspond globalement à la situation actuelle: des replats occupés par des pelouses destinées au pacage et des reliefs plus accusés couverts par des chênaies; sclérophylles aux endroits secs, sous 1000 m d'altitude, caducifoliées aux creux des vallons et sur les reliefs plus élevés et plus arrosés.

CORRELATIONS ETABLIES ENTRE LES SEQUENCES SEDIMENTAIRES ETUDIEES

Sur base des datations ^{14}C et de l'évolution du paléoenvironnement observée dans les différents sites étudiés, des corrélations ont pu être établies entre les séquences analysées (Fig. 16). Au Pléistocène supérieur et à l'Holocène, la dynamique forestière régionale permet, en effet, de dégager une succession d'événements à caractère climatique et/ou anthropique pouvant servir de repères chronologiques et biostratigraphiques.

Le Pléistocène n'a été rencontré qu'au site de Dar Fatma, dans la région d'Aïn Draham. Les périodes reconnues concernent les Pléniglaciaires moyen et supérieur.

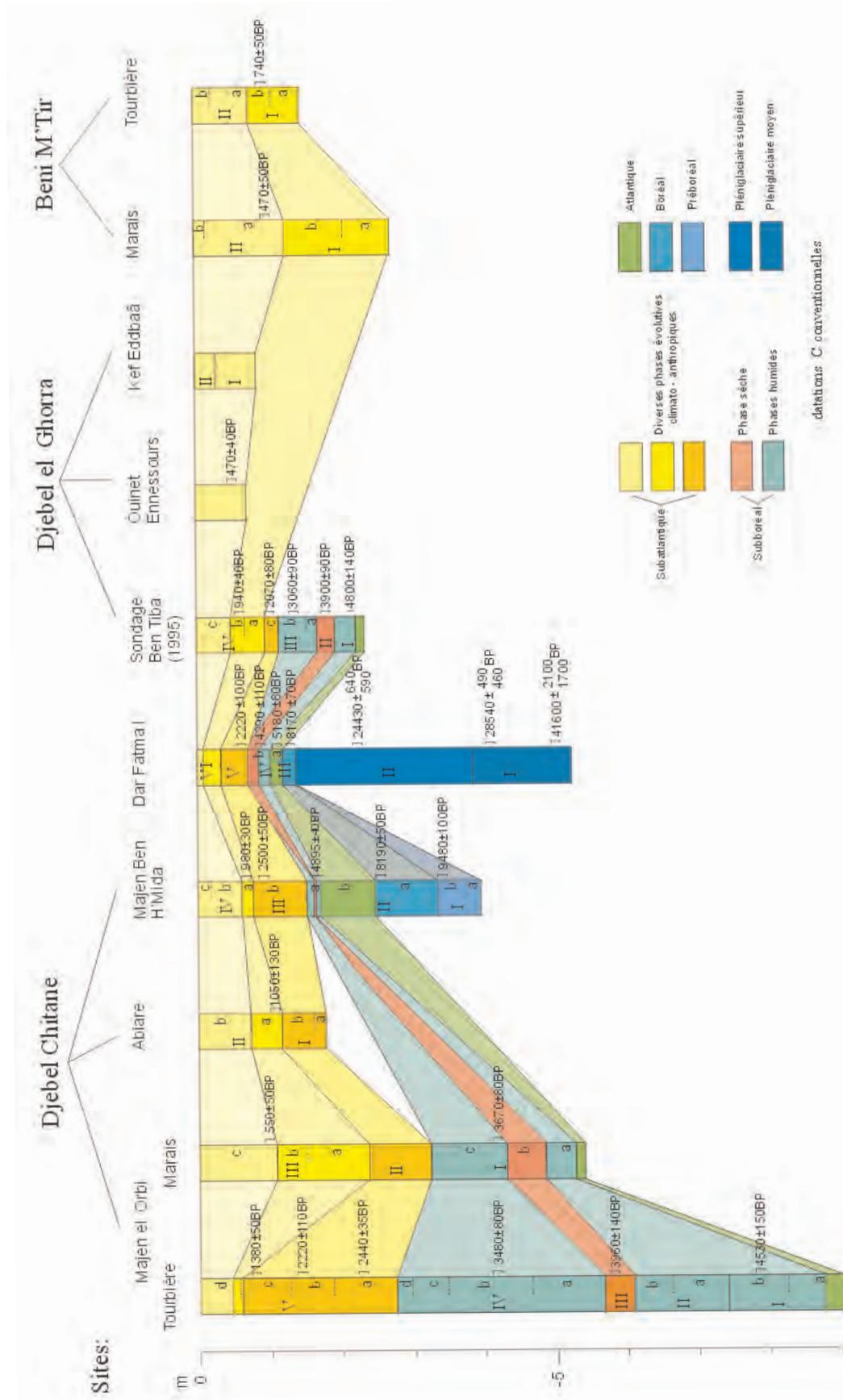


Fig. 16: corrélations entre les différentes séquences sédimentaires

L'Holocène a été enregistré dans l'ensemble des séquences étudiées; toutefois, il n'a pu être archivé partout en continu, étant donné l'existence d'hiatus sédimentaires s'insérant dans la plupart des séquences et du démarrage asynchrone de la sédimentation tourbeuse dans les différents endroits prospectés.

Ainsi, le Préboréal n'a été archivé qu'à Majen Ben M'Hida tandis que le Boréal présent dans ce dernier site l'est aussi à Dar Fatma. L'Atlantique, observé à Majen Ben M'Hida est représenté dans sa partie supérieure à Dar Fatma et à la base du dépôt de Djebel El Ghorra étudié par BEN TIBA (1995).

La transition Atlantique-Subboréal se situe vraisemblablement à la base de la séquence de la Tourbière de Majen El Orbi dans laquelle le Subboréal est entièrement représenté. Cette période se retrouve par ailleurs dans le profil du marais de Majen El Orbi, à Dar fatma et au Djebel El Ghorra.

Le Subatlantique s'étalant de 2500 B.P. à l'époque actuelle, se retrouve au niveau de tous les sites étudiés. Cependant, les limites supérieures des séquences, représentées comme se terminant au même niveau, n'impliquent pas qu'il y ait synchronisme entre elles, certaines tourbières étant toujours en activité alors que d'autres ont cessé de fonctionner.

Au cours de cette dernière période, des influences anthropiques croissantes interfèrent dans les phénomènes climatiques, permettant d'établir des coupures intermédiaires sur base des méthodes d'exploitation du milieu propres aux différentes civilisations qui se sont succédées en Afrique du Nord au cours des deux derniers millénaires.

SYNTHESE ET DISCUSSION

Dans le cadre du présent travail, une histoire globale du paléoenvironnement du nord-ouest de la Tunisie a pu être reconstituée pour les 40 derniers millénaires par l'analyse pollinique de séquences sédimentaires provenant de sites tourbeux des régions de Sejnane, d'Aïn Draham et de Jendouba-El Feïja.

Les périodes de référence choisies pour situer l'évolution environnementale au Pléistocène supérieur et à l'Holocène sont celles communément employées en Europe. Elles correspondent à la dynamique de la végétation, liée aux variations climatiques, et servent de repères biostratigraphiques. Dans la chronologie des événements, les limites des périodes sont indiquées par des dates ^{14}C conventionnelles selon l'échelle établie par REILLE (1990).

Enfin, les faits marquants établis en Tunisie peuvent être intégrés dans le cadre plus vaste de l'évolution environnementale du Maghreb pour les périodes considérées.

Le Pléistocène supérieur

Dans le nord-ouest de la Tunisie, la fin du Pléniglaciaire inférieur (ca. 42 000 ans B.P.) se distingue par une extension des milieux ouverts herbacés ; cette situation traduit l'existence d'une phase climatique sèche à cette époque. Vient ensuite l'installation d'un climat humide frais favorisant une large expansion de la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis* au Pléniglaciaire moyen (40 000 - 28 000 B.P.). En cours de période, on relève une pulsation sèche indiquée par un retrait temporaire de la zéenaie. Une autre phase sèche, plus marquée que la précédente, se situe ca. 28 000 ans B.P.; déjà signalée antérieurement par BEN TIBA et REILLE (1982), elle annonce le Pléniglaciaire supérieur. La fin du Pléniglaciaire moyen se traduit également par la présence plus marquée dans le paysage d'une forêt résineuse à *Cedrus*, *Abies* et *Pinus*.

Au Pléniglaciaire supérieur, la chênaie caducifoliée connaît, dans un premier temps, un regain temporaire mais elle est progressivement concurrencée par la forêt résineuse qui, dès 24 000 ans B.P. constitue l'essentiel du paysage du nord-ouest. Cette forêt résineuse continue alors son expansion au cours du Maximum glaciaire.

Toujours en Tunisie, les carottes marines relevées dans le Golfe de Gabès révèlent deux phases évolutives distinctes : ca 27 000 ans B.P., une concentration de pollens arboréens à dominance de *Pinus* et *Quercus* souligne l'existence d'un climat plutôt humide à l'époque, ce qui correspond à la reprise de *Quercus canariensis* dans le nord, post 27 000 BP. De ca 24 000 à ca 20 000 B.P, l'extension d'une steppe à Armoise indique qu'un climat sec s'installe, annonciateur du Pléniglaciaire final (BRUN, 1985).

Au Pléniglaciaire final, nettement marqué par une grande xéridité, toutes les montagnes du monde méditerranéen occidental ont été asylvatiques (à l'Etat Zéro) au-dessus de 800-1000 m au nord de la Méditerranée et de 1500 m au sud de celle-ci, du fait d'avoir été trop froides ou englacées au nord et trop sèches au sud (REILLE et *al.* 1996). Sous ce climat froid et aride (REILLE, 1990), les paysages du Portugal, d'Espagne, d'Italie, de Corse sont essentiellement constitués de steppes d'Armoise, de Chénopodiacées et de Graminées ; les massifs forestiers restant confinés à basse altitude (PONS et REILLE, 1988; VANDER KNAAP et VAN LEEUWEN, 1995; CARRION et DUPRE 1996; CARRION et MUNUERA, 1997; REILLE et *al.*, 1997; WATTS et *al.*, 2000).

Au Maghreb, une petite pulsation humide se manifeste ca. 22 000 ans B.P. mais, entre 20 000 et 16 000 B.P., la pluviosité connaît une diminution drastique. C'est ainsi qu'on ne dispose que de peu d'informations relatives à l'évolution de la végétation au Maroc et en Algérie au Pléniglaciaire final, l'ensemble des reliefs étant à l'Etat zéro (REILLE et *al.*, 1996). Des niveaux à *Cedrus atlantica* ont cependant été signalés dans des sédiments marins datés de 20 000 ans B.P. au large des côtes marocaines (AGWU et BEUG, 1982). A la fin du dernier glaciaire les forêts du Maghreb ont dû subsister dans des refuges de basse et moyenne altitudes, guère éloignés de leur région d'origine, car coincés entre la Méditerranée et le Sahara où régnait un climat particulièrement aride entre ca. 20 000 et ca. 14 000 ans B.P. (MUZZOLINI, 1982).

A cet égard, la Tunisie, où les reliefs sont moins accusés (sous les 1500 m limitant l'Etat asylvatique), aurait pu servir de refuge aux taxons montagnards, tels notamment *Abies* et *Cedrus* dont les aires de distribution se situent actuellement plus à l'ouest et plus en altitude, sur les massifs de l'Aurès et de Kabylie.

On pourrait supposer que le recul de la chênaie caducifoliée observé au site de Dar fatma où est enregistré l'essentiel de la progression de la forêt résineuse à *Cedrus*, *Abies* et *Pinus* aurait créé suffisamment d'espaces libres pour permettre la concentration, dans la tourbière, de pollen d'*Abies* et de *Cedrus* d'apport lointain. Mais, l'important pourcentage de pollen de conifères relevé dans les sédiments ainsi que l'altitude de la tourbière (+/- 800 m) de même que celle des Djebels plus élevés (+/- 1200 m) situés à l'ouest qui n'entrent pas dans les zones asylvatiques du Pléniglaciaire supérieur, permettent d'avancer l'hypothèse que le Cèdre et le Sapin auraient pu y migrer à cette époque. En atteste notamment la progression concomitante de *Plantago coronopus*, espèce inféodée au Cèdre, toujours présente en Tunisie. Par ailleurs, l'existence de plantes caractéristiques des étages montagnards de l'est algérien sur le Djebel Ghorra (région de Jendouba-El Feïja), au-dessus de 900 m d'altitude, tels : *Quercus afares*, *Ilex aquifolium*, *Potentilla micrantha*, *Saxifraga veronicifolia*, indique la possibilité d'une occupation antérieure du massif par le Cèdre (Direction des forêts, Ministère de l'Agriculture, 1986). Il est exclu que son expansion ait eu lieu à l'Holocène, le réchauffement climatique intervenu à cette période lui étant défavorable aux altitudes moyennes. Dès lors, l'installation du Cèdre en Tunisie n'a pu avoir lieu qu'au moment où les hauts reliefs du Maghreb étaient asylvatiques, à la fin du Pléistocène. Un condensé suggérant l'évolution climatique et forestière régionale aux Pléniglaciaires moyen et supérieur, comparée à la situation actuelle, est proposé à la figure 17.

Les fluctuations climatiques holocènes se rapportant principalement à des variations de température et d'humidité qui n'auraient pu affecter la chênaie caducifoliée en dehors de

toute activité humaine, on peut estimer que l'aspect des paysages naturels, au cours des deux derniers millénaires, aurait été proche de ceux de la Tunisie forestière actuelle de l'étage humide. Il a donc paru plus intéressant de proposer une reconstitution des paléoenvironnements pour le Pléistocène supérieur.

Le Tardiglaciaire n'est pas identifié formellement dans les dépôts palustres du nord-ouest tunisien où se maintiendrait la forêt résineuse. Il correspond plutôt à un hiatus dans la sédimentation tourbeuse. Par contre, il est bien repéré dans les carottes marines du

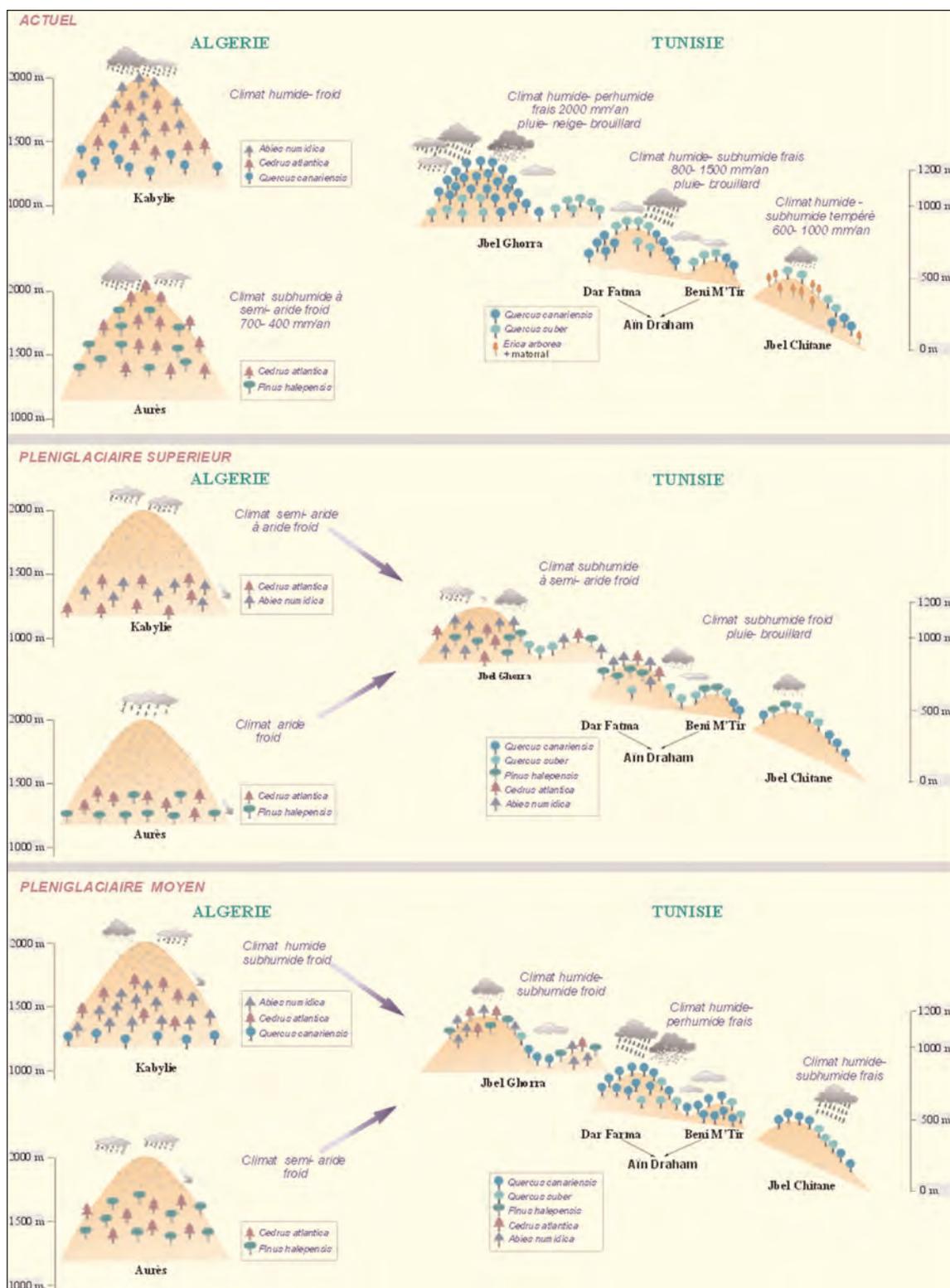


Fig. 17: Evolution de la végétation et du climat dans l'Est de l'Algérie et le Nord Ouest de la Tunisie au cours du Pléniglaciaire moyen et supérieur comparée à la situation actuelle

Golfe de Gabès où l'époque est soulignée par la présence d'une steppe à Chénopodiacées et Armoise qui attesterait, selon BRUN (1985; 1991), une légère humidification du climat. Dès le début du Tardiglaciaire, vers 15 000 ans B.P., on remarque, en Méditerranée occidentale, la première amélioration climatique permettant la sortie de l'Etat zéro en montagne (ANDRIEU et al., 1993). En Espagne, on assiste à une reconquête du milieu par des chênaies sclérophylles (PONS et REILLE, 1988) et, en Italie, des îlots boisés commencent à émerger des formations steppiques antérieures (WATTS et al., 2000). Par contre, en Corse, les montagnes demeurent asylvatiques avec prolifération de génistaies (REILLE et al., 1997).

Malgré les informations disparates dont on dispose, on peut admettre que le climat du Maghreb au Tardiglaciaire était de tendance plutôt aride. Au Moyen Atlas, LAMB et al. (1989) ont identifié une prédominance de groupements steppiques à Graminées, Chénopodiacées et Armoise sous climat aride-froid. Les auteurs constatent cependant une extension modérée de *Quercus rotundifolia* favorisée par une pulsation climatique moins rigoureuse entre ca 14 000 et ca 12 000 ans B.P.

En Algérie, à 1225 m d'altitude, dans le massif de l'Akfadou en Grande Kabylie, la fin du Tardiglaciaire se caractérise par une dominance du Cèdre (SALAMANI, 1993); cette situation pourrait correspondre à une remontée en altitude de *Cedrus atlantica* à partir des refuges pléni-glaciaires orientaux de Tunisie.

Sur base des observations effectuées au Maghreb, il semblerait que, contrairement à ce que suggéraient REILLE et al. (1996), les moyennes montagnes d'Afrique du nord ne seraient pas encore réoccupées par des chênaies au Tardiglaciaire, la dynamique pionnière se limitant à une reconquête du milieu montagnard par des forêts à dominance de résineux.

L'Holocène

Au début de l'Holocène s'amorce un réchauffement définitif du climat occasionnant un renouveau de la dynamique forestière (REILLE et al., 1996). Globalement, en Tunisie septentrionale, l'amélioration climatique holocène favorise l'expansion des chênaies à nette dominance de l'espèce décidue *Quercus canariensis*. Au cours du temps interviennent des phases évolutives du milieu forestier dues aux fluctuations climatiques dans lesquelles interfèrent progressivement des effets anthropiques dont la conséquence la plus marquante est la progression de la chênaie sclérophylle à *Quercus suber*, au détriment de la chênaie caducifoliée à *Quercus canariensis*.

Préboréal (10 000 - 9 000 B.P.)

Le Préboréal a été reconnu au Djebel Chitane (région de Sejnane). Il s'y caractérise par la présence marquée du Pin d'Alep et d'une association herbacée à dominance de Graminées, mais la concurrence du Chêne zeen commence à s'affirmer. Ailleurs, à plus haute altitude, notamment à Dar Fatma, la forêt résineuse occupait toujours le terrain mais *Abies* était en voie de disparition. Le climat favorisant de tels environnements devait osciller entre le semi-aride et le subhumide frais. En bordure du Golfe de Gabès, une couverture steppique persiste au début de l'Holocène ; la steppe s'appauvrit toutefois en Armoise à cause de l'instabilité du régime pluviométrique (BRUN, 1985).

Dans l'ensemble de l'Afrique du nord, l'humidification climatique déjà amorcée au Tardiglaciaire semble se concrétiser dès 10 000 ans B.P. (MUZZOLINI, 1982) ; toutefois, le climat du Préboréal était probablement plus sec que l'actuel (REILLE et al., 1996). Au Maroc, dans le Haut Atlas, vers 2000 m d'altitude, le Chêne vert impose sa suprématie au sein d'un ensemble forestier où sont présents le Pin d'Alep et le Chêne zeen ; par ailleurs, au-dessus de 2500 m, la montagne, couverte de steppes à Armoise et Chénopodiacées, est encore asylvatique. Dans le Moyen Atlas, *Quercus rotundifolia* entame son expansion dans un milieu encore ouvert à dominance de Graminées (LAMB et al., 1995). En Algérie, vers 1200 m, en

Grande Kabylie, la forêt de Cèdre qui commence à subir la concurrence de la chênaie caducifoliée, est en régression (SALAMANI, 1993).

Boréal (9 000 - 8 000 B.P.)

Au Boréal, s'intensifie l'humidification du climat, ce qui entraîne, dans le nord-ouest de la Tunisie, l'expansion maximale de *Quercus canariensis* à basse et moyenne altitude. Etant donné la prédominance de l'espèce dans le milieu forestier, on peut estimer qu'à l'époque se développaient des zéenaies quasi pures, ce qui correspondrait à un climat humide à fortes précipitations et à températures modérées. Sur les hauts reliefs persistait, en milieu plus froid, une forêt résineuse à *Pinus* et *Cedrus* dont *Abies* avait quasiment disparu. Mais elle était concurrencée par des chênaies mixtes où le Chêne vert, en expansion, dominait le Chêne zeen et où le Chêne liège connaissait une légère avancée (Ines LAÂBIDI, inédit - Dar Fatma II, 2007/2008). Pour la même période a été repérée, autour du Golfe de Gabès, la mise en place de l'*Oleo-Lentisquetum*. Cette association ne supportant ni les climats trop arides, ni trop humides, il devait régner dans la région des conditions climatiques moins drastiques, donc moins sèches, qu'au Préboréal (BRUN, 1983).

Au Boréal, l'humidification du climat favorise également, dans la partie européenne du bassin occidental de la Méditerranée, la progression de Chênaies, surtout caducifoliées (PONS et REILLE, 1988 ; VANDER KNAAP et VAN LEEUWEN, 1995 ; REILLE et al., 1996 ; CARRION et DUPRE, 1996 ; CARRION et MUNUERA, 1997) tandis que, pour l'ensemble du Maghreb, le schéma évolutif de la végétation s'apparente à celui de la Tunisie.

Au Maroc, 8 500 B.P. semble marquer la principale extension des arbres au niveau régional (DAMBLON, 1989). Dans le Rif, la cédraie règne en maître au Boréal mais la fin de la période voit le début de l'expansion de la chênaie caducifoliée (REILLE, 1977). Dans le Moyen Atlas, la forêt mixte à *Quercus rotundifolia* et *Quercus canariensis* est en pleine expansion; le second étant à son apogée (LAMB et al., 1989). Dans le Haut Atlas, vers 2000 m d'altitude, le Boréal se caractérise par une végétation forestière à Pin d'Alep, Chêne vert et Chêne caducifolié (BERNARD et REILLE, 1987) et à la Moulouya, à la base du piedmont nord du Haut Atlas oriental, la cédraie cède la place à une forêt à *Quercus rotundifolia* (BALLOUCHE, 1986).

En Algérie, à 1200 m d'altitude, en Grande Kabylie, la cédraie disparaît entièrement à la fin du Boréal, cédant la place à la zéenaie, conséquence d'un réchauffement climatique (SALAMANI, 1993) à forte pluviométrie; celle-ci aurait été de 300 mm/an plus importante que l'actuelle (COUVERT, 1972).

Atlantique (8000 - 5000 B.P.)

A l'Atlantique, se situe l'optimum climatique postglaciaire. Au Maghreb, la phase humide entamée au Boréal se poursuit alors en parallèle avec un réchauffement du climat (COUVERT, 1972, 1976 ; ROUBET, 1979 ; BALLAIS, 1981 ; MUZZOLINI, 1982).

Dans la partie nord-ouest de la Tunisie, la Chêne caducifoliée à *Quercus canariensis* atteint son expansion maximale, occupant en formations quasi pures les reliefs fortement arrosés de la région. Localement toutefois, la suberaie dont l'intrusion dans le paysage est encore discrète, s'installe sur certains sommets de moyenne altitude, favorisée vraisemblablement par un « effet de crête » sec, repoussant le Chêne zeen dans les vallons frais, plus abrités. Dans le sud-est, autour du Golfe de Gabès, l'amélioration climatique de l'Atlantique favorise le développement d'une végétation diversifiée: steppes à Graminées et Armoise, maquis à Oléastre et Lentisque, forêts de Pins et de Chênes (BRUN, 1983).

Au Maroc, le climat chaud et humide provoque un réaménagement forestier: dans le Rif, progression de la chênaie caducifoliée, en concurrence avec les cédraies (REILLE, 1977) ; au Moyen Atlas, progression du Chêne vert au détriment du Chêne zeen (LAMB et al., 1989 ; LAMB et al., 1991 ; LAMB et al., 1995) ; dans le Haut Atlas, expansion de la zéenaie dans son stade le plus accompli et recul du Pin d'Alep et du Chêne vert (BERNARD et REILLE, 1987) ;

développement des suberaies dans le Maroc atlantique (BALLOUCHE, 1986).

Enfin, en Algérie, vers la fin de l'Atlantique, les Hauts plateaux se couvrent d'une association forestière à *Quercus rotundifolia* et *Pinus halepensis* sous un climat estimé plus humide que l'actuel (RITCHIE, 1984).

Subboréal (5 000 - 2 500 B.P.)

En Tunisie, au passage Atlantique-Subboréal, le climat encore humide favorise l'expansion de la chênaie caducifoliée, notamment au Djebel Chitane (STAMBOULI, 1999) et sur le Djebel El Ghorra (BEN TIBA, 1995). Vers 4 000 ans B.P., une phase climatique sèche apparaît, se signalant par un important recul forestier et une progression des herbacées. Cette situation est très marquée au Djebel El Ghorra, à Dar Fatma et au Djebel Chitane où l'effet cumulatif d'une activité anthropique de l'Age du Bronze ne serait pas à exclure. Aux environs de 4 000 B.P., l'aridité semble gagner l'ensemble de la Tunisie ; le phénomène a été observé également au Golfe de Gabès où se remarque une nouvelle progression de la steppe à *Artemisia* (BRUN, 1991).

On constate, qu'après la phase sèche, des conditions plus humides se réinstallent avec, comme conséquence, un regain forestier qui, en Tunisie septentrionale, se traduit par une réoccupation du terrain par la chênaie à *Quercus canariensis* (BEN TIBA, 1995 ; STAMBOULI, 1999). Cette nouvelle expansion de la chênaie est cependant moins marquée que celle enregistrée au Boréal et à l'Atlantique, attestant un caractère encore humide mais moins prononcé du climat.

La phase sèche observée en Tunisie ca. 4000 B.P. se serait enclenchée au Maghreb vers 4500 B.P., des conditions climatiques semi-arides résultant d'une chute brutale de la pluviométrie (COUVERT, 1972; MUZZOLINI, 1982). Au Maroc, dans le Rif, par suite de l'installation d'un climat plus froid, on constate une nouvelle extension du Cèdre au détriment du Chêne zeen (REILLE, 1977) tandis que dans le Moyen Atlas règne une sécheresse prononcée ca. 4000 B.P. (LAMB et al., 1995; CHEDDADI et al., 1998). Dans l'Atlas de Marrakech, la sécheresse et le froid permettent à *Quercus rotundifolia* de se substituer à *Quercus canariensis* (BERNARD et REILLE, 1987).

Subatlantique (2 500 - 0 B.P.)

Au début du Subatlantique, le climat redevient plus frais et pluvieux, donc favorable en Afrique du nord au développement des chênaies à *Quercus canariensis* mais les effets de l'activité humaine se précisent, apparaissant comme le principal vecteur de remplacement des chênaies caducifoliées par les chênaies sclérophylles (REILLE, 1977). A partir du Subatlantique, la chronologie des événements environnementaux résulte ainsi d'une interférence entre les effets climatiques et anthropiques.

Dans le nord tunisien, le début du Subatlantique correspond au premier impact anthropique sérieux attribué à l'expansion phénicienne et aux occupations carthaginoise et romaine. On assiste d'abord à un recul du Chêne zeen, concurrencé par une suberaie à sous-bois très développé à *Erica arborea*, suivi par une régression de la suberaie elle-même par suite de déboisements intensifs qui affectent également les pinèdes à *Pinus pinaster* en zone côtière. Parallèlement à cette exploitation agressive du milieu, due vraisemblablement à la recherche de bois d'œuvre, on observe une importante progression des milieux ouverts herbacés. *Quercus canariensis* se maintient toutefois dans les sites qui lui sont les plus favorables, aux altitudes élevées et dans les vallons humides encaissés où il domine encore le Chêne liège.

Dans les séries du Golfe de Gabès, les influences phénicienne et carthaginoise ne sont pas perçues ; les activités humaines restent concentrées autour de Carthage. A l'époque romaine, on remarque par contre une légère progression de l'Olivier, surtout dans les premiers siècles de notre ère (BRUN, 1983).

Au Maroc, la déforestation anthropique s'amorce au cours du 3^{ème} siècle avant J.C. et, à

partir de 2 000 B.P., le développement du pastoralisme conduit à l'extension des milieux ouverts à Graminées, Chénopodiacées et Armoise (REILLE, 1976; LAMB et al., 1989; LAMB et al., 1991).

En Algérie, c'est à l'époque romaine que l'action humaine se signale par l'extension d'*Olea* (RITCHIE, 1984).

Au milieu du Subatlantique, un assèchement et un réchauffement du climat sur le pourtour de la méditerranée occidentale aurait favorisé, en Afrique du nord, la progression de chênes à feuillage persistant (REILLE, 1976). Cependant, quand l'activité humaine était réduite, les chênaies à feuillage caduc gagnaient du terrain. Ce fut notamment le cas entre l'époque romaine et la période arabe (REILLE, 1977). Ceci indique que, sans intervention humaine, *Quercus suber* reste inféodé à *Quercus canariensis*. Avec l'arrivée des Arabes, vers le VIII^{ème} siècle A.D., l'influence anthropique conditionne prioritairement l'aspect du milieu au Maroc, rendant illusoire le repérage précis des effets climatiques (REILLE, 1976).

En Tunisie, la période chaude du Moyen-Age, dans sa phase sèche, ne semble pas avoir laissé des traces marquantes dans les séquences tourbeuses de Kroumirie, l'évolution des tourbières ayant probablement été arrêtée par la sécheresse. Au Djebel Chitane cependant, où aucun hiatus ne semble enregistré dans la tourbière de Majen El Orbi, la période correspond à une progression modérée de la suberaie. Au Golfe de Gabès, cette époque est également peu archivée (BRUN, 1983). Au cours de la phase chaude et humide dite du « Petit Optimum » du Moyen-Age, certaines tourbières du nord ont été réactivées tandis que d'autres ont commencé leur formation. Elles ont alors enregistré les méthodes d'exploitation du milieu des Arabo-Musulmans, favorisant les suberaies, ainsi que les déprédations commises aux XI^{ème} et XII^{ème} siècles par les Hilaliens, tribus nomades venues d'Egypte qui ont envahi le Maghreb au XI^{ème} siècle. Ces tribus bédouines ont fortement réduit les forêts par le feu, entraînant la formation de matorrals dégradés à Cistacées et *Erica arborea*. A Gabès, les invasions nomades se traduisent par une extension de l'Olivier, qui semble avoir été maintenu en culture, ainsi que par une progression de l'Armoise attestant le développement d'espaces pour le pâturage (BRUN, 1983).

Après l'Optimum du Moyen-Age, le climat, redevenu plus frais en Afrique du nord au cours du deuxième millénaire A.D. serait favorable à un regain forestier. Au Maroc, ce dernier n'apparaît pas car, depuis l'invasion arabe, les paysages sont fortement anthropisés. Dès le X^{ème} siècle, on assiste à une puissante déforestation: dans le Rif, les chênaies sont remplacées par des matorrals à *Erica* et des cultures d'olivier tandis que les cédraies sont fortement réduites. Au Moyen Atlas, l'extension des pâturages se manifeste ainsi que la progression des cultures (*Olea*, Céréales). Dans l'Atlas de Marrakech, l'effet anthropique se traduit par une dégradation de l'Iliçaie. Dans le Maroc atlantique enfin, les suberaies, soumises au feu se transforment en matorrals à *Erica* et Cistacées (REILLE, 1977; BERNARD et REILLE, 1987; DAMBLON, 1991). A partir du XVII^{ème} siècle, l'intensification des activités humaines produit même une véritable désertification de certains massifs (REILLE, 1977).

En Tunisie, à partir du XV^{ème} siècle, on semble revenir aux pratiques « arabo-musulmanes » d'exploitation du milieu du premier millénaire A.D., moins destructrices pour l'environnement que celle des pasteurs nomades. Au Golfe de Gabès, on enregistre une extension des steppes vouées au pastoralisme mais on remarque une intensification de l'arboriculture, principalement de l'oléiculture (BRUN, 1983). Dans la région septentrionale, la reconquête du milieu par la forêt paraît s'être opérée assez rapidement, favorisée par le retour d'un climat plus frais et plus humide durant le « Petit Age glaciaire » mais aussi, semblerait-il par une certaine sédentarisation des populations. Celles-ci auraient occupé de préférence les crêtes et les replats bien exposés pour se livrer à la céréaliculture et à un pastoralisme plus limité, abandonnant les vallées et leurs versants à la réinstallation d'espaces boisés, principalement des chênaies mixtes à dominance de *Quercus canariensis* ou de *Quercus suber* selon l'orientation des pentes.

CONCLUSIONS

Une histoire globale de l'évolution du paléoenvironnement de la Tunisie nord-occidentale a pu être reconstituée, depuis la base du Pléniglaciaire moyen, à partir des analyses polliniques de séquences sédimentaires provenant des régions de Sejnane, d'Ain Draham et de Jendouba-El Feïja.

La chronologie des événements a été établie sur base de datations ^{14}C et de corrélations reconnues entre les différentes séquences étudiées. On a pu ainsi, malgré quelques problèmes liés à des hiatus sédimentaires repérés au sein de certaines séquences, préciser les événements climatiques et anthropiques qui ont façonné le paléoenvironnement du nord-ouest tunisien au cours des 40 derniers millénaires.

Le premier événement climatique majeur se situe au Pléniglaciaire moyen par la mise en évidence d'une importante expansion de la chênaie caducifoliée favorisée par un climat humide frais. Ce fait avait déjà été constaté antérieurement au nord de la Tunisie (BEN TIBA et REILLE, 1982).

Un fait nouveau par rapport aux études précédentes est le repérage au Pléniglaciaire supérieur d'une forêt résineuse à *Cedrus*, *Abies* et *Pinus* se substituant à la chênaie caducifoliée, sous un climat semi-aride froid. Celui-ci est à son optimum au maximum glaciaire (20 000-18 000 B.P.) correspondant à ce que REILLE et al. (1996) définissent comme l'« Etat Zéro » ou « asylvatique » des montagnes du Maghreb. La Tunisie septentrionale dont les sommets les plus élevés se situent sous 1500 m a pu à cette époque servir de zone refuge à des groupements végétaux ayant migré à partir de l'Algérie.

Autre fait non encore signalé auparavant est l'expansion du Chêne zeen au Boréal sous un climat humide frais permettant encore le maintien localement du Cèdre et du Pin d'Alep, surtout en altitude. Cette progression du Chêne zeen qui s'inscrit dans le cadre de l'expansion optimale de la chênaie caducifoliée en Afrique du nord se poursuit à l'Atlantique sous un climat humide devenu plus chaud. Durant cette période, le Chêne zeen domine largement les autres espèces ligneuses en Kroumirie sauf à Dar Fatma où des conditions locales favorisent la concurrence du Chêne liège.

La prédominance de *Quercus canariensis* se maintient pendant le Subboréal. Toutefois, une phase sèche, généralisée au Maghreb, s'intercale ca. 4 000 B.P. Elle se signale par une forte extension des herbacées et un retrait maximal de toutes les espèces ligneuses.

Au Subatlantique, des effets anthropiques d'intensités variables masquent le plus souvent les effets climatiques. Mais, contrairement à ce qu'on observe au Maroc, en Tunisie septentrionale, où la dégradation du milieu était moins prononcée, certains signaux climatiques se perçoivent encore en marge de l'action de l'homme. Ainsi, au climat humide du début du Subatlantique a succédé un climat plus sec au cours du 1er millénaire AD favorisant l'extension du Chêne liège et des matorrals induite par l'action humaine tandis que la régénérescence des forêts mixtes Chêne zeen - Chêne liège au cours du deuxième millénaire AD attesterait l'influence du « Petit Age Glaciaire ».

Du point de vue des actions anthropiques, les premiers faits marquants sur les milieux forestiers se manifestent au Chalcolithique et au début de l'Age du Bronze par des éclaircissements et une progression d'*Erica arborea*, ce qui peut avoir accentué l'effet de la sécheresse de 4 000 B.P. Aux époques carthaginoise et romaine, le recul des milieux boisés traduit des abattages massifs. Suite aux occupations Byzantine et Vandale, l'exploitation des Arabo-Musulmans se signale surtout par la substitution du Chêne liège au Chêne zeen et par un pastoralisme en forêt souligné par l'extension d'*Erica arborea*. Les invasions nomades des XI^{ème} et XII^{ème} siècles se marquent par une progression très importante de la Bruyère arborescente et des matorrals à Cistacées, dont l'apparition est à mettre en relation avec des incendies provoqués. Enfin, dans les derniers siècles, une certaine sédentarisation et un abandon du nomadisme associés à un climat frais provoquent un regain des chênaies. Toutefois, de nos jours, la croissance démographique entraînant une recrudescence des activités pastorales, une dégradation forestière préoccupante se manifeste, surtout dans le domaine de la suberaie soumise aux parcours du bétail.

REMERCIEMENTS

Le premier auteur remercie le Service de Paléontologie végétale et Palynologie de l'Université de Liège ainsi que le Service de Préhistoire et Palynologie du Musée de l'Afrique centrale à Tervuren pour l'aide matérielle et l'encadrement scientifique apportés pour mener à son terme le travail de thèse dont est issu cet article.

Les remerciements s'adressent également à la Faculté des Sciences de Tunis et à l'INRGREF (Institut national de Recherche en Génie rural, Eaux et Forêts) pour avoir mis à disposition les moyens nécessaires à la réalisation des travaux de terrain, au Laboratoire du Centrum voor Isotopen Onderzoek de Groeningen (NL) pour avoir accepté de faire les datations ¹⁴C ainsi qu'au personnel de l'Ambassade de Belgique à Tunis pour avoir facilité l'envoi ainsi que la réception des courriers pendant toute la durée du travail.

RÉFÉRENCES

- AGWU, C.O.C. & BEUG, H.T., 1982. Palynological studies of marine sediments of the west African coast. *Meteor. Forsch Ergebrisse*, 32 : 1-30.
- ANDRIEU, V., EICHER, U. & REILLE, M., 1993. La fin du dernier Pléniglaciaire dans les Pyrénées (France) : données polliniques, isotopiques et radiométriques. *Acad. Sci. Paris*, 316 (II) : 245-250.
- BALLAIS, J.L., 1981. Recherches géomorphologiques dans l'Aurès (Algérie). Thèse sciences, Paris : 566 p.
- BALLOUCHE, A., 1986. Paléoenvironnements de l'homme fossile holocène au Maroc. Apport de la palynologie. Thèse Univ. Bordeaux I : 134 p.
- BALLOUCHE, A. & DAMBLON, F., 1988. Nouvelles données palynologiques sur la végétation holocène du Maroc. *Inst.fr. Pondichéry, trav. Sec.sci.tech*, XXV: 39-67.
- Barbero, M., Quezel, P., 1975. Les forêts de Sapin sur le pourtour méditerranéen. *Ann. Inst. Bot. Cavanilles*, 32 (2): 1245-1289.
- BELKHOUDJA, K. & BORTOLI, L., 1973. Sols de Tunisie. Les sols de la Tunisie septentrionale. *Bulletin de la division des sols*, V: 186 p.
- BEN TIBA, B. & REILLE, M., 1982. Recherches pollenanalytiques dans les montagnes de Kroumirie : premiers résultats. *Ecologia Mediterranea*, VIII, 4 : 75-86.
- BEN TIBA, B., 1995. Cinq millénaires d'histoire de la végétation à Djebel El Ghorra, Tunisie septentrionale CIFEG, Publ. Occas., Orléans, 31 : 49-55.
- BERNARD, J.C. & REILLE, M., 1987. Nouvelles analyses polliniques dans l'Atlas de Marrakech, Maroc *Pollen et Spores*, XXIX, 2-3 : 115-240.
- BOUDY, P., 1955. Economie forestière Nord-africaine. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie, IV : 482 p.
- BRUN, A., 1979. Recherches palynologiques sur les sédiments marins du Golfe de Gabès : résultats préliminaires. *Rev. Géol. Méditer. La Mer Pélagienne*, 6 (1) : 247-264.
- BRUN, A., 1983. Etude palynologique des sédiments marins holocènes de 5000 B.P. à l'actuel dans le Golfe de Gabès (Mer Pélagienne), *Pollen et Spores*, XXV, 3-4 : 437-460.
- BRUN, A., 1985. La couverture steppique en Tunisie au Quaternaire supérieur. *C. R. Acad. Sc. Paris*, II, 301/14 : 1085-1090.
- BRUN, A., 1991. Réflexions sur les pluviaux et arides au Pléistocène supérieur et à l'Holocène en Tunisie. *Paleoecology of Africa and the surrounding islands*, 22 : 157-170.
- CARRION, J.S. & DUPRE, M., 1996. Late Quaternary vegetational history at Navarrés, Eastern Spain. A two core approach. *New Phytol.*, 134: 177-191.
- CARRION, J.S. & MUNUERA, M., 1997. Upper Pleistocene palaeoenvironmental change in Eastern Spain : new pollen analytical from Cova Beneito (Alicante). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 128: 287-299.
- CHEDDADDI, R., LAMB, H.F., GUIOT, J. & VANDER KAARS, S., 1998. Holocene climatic change in Morocco: a quantitative reconstruction from pollen data. *Climate Dynamics*, 14 : 883-890.
- COUVERT, M., 1972. Variations paléoclimatiques en Algérie. *Lybica*, 20 : 45-48.
- DAMBLON, F., 1989. Premier Symposium de Palynologie Africaine, Rabat 15-21 Mai 1989, Maroc.
- DAMBLON, F., 1991. Contribution pollenanalytique à l'histoire des forêts de Chêne liège au Maroc: la suberaie de Krimda. *Paleoecology of Africa and the surrounding islands*, 22 : 171-182.
- Direction des forêts, Ministère de l'Agriculture, 1986. Forêt d'El Feija- Section Zeen -Zone I. Projet de Procès Verbal d'Aménagement. Période 1966-1986 : 3-13.

- EMBERGER, L., 1955. Une classification biogéographique des climats. *Revue Travaux Laboratoire de Botanique Géologie et Zoologie. Faculté des Sciences, Montpellier, série Botanique*, 7 : 3-43.
- ERDTMAN, G., 1960. The acetolysis method. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 54, 4 : 561-565.
- GOUNOT, M. & SCHOENENBERGER, A., 1965. Carte phytosociologique de la Tunisie septentrionale. Feuille Tabarka. *Ann. Inst. nat. Rech. agron. Tunisie*, 40, 1.
- HOENISCH, U., MESTROVIC, S., SCHOENENBERGER, A. & SHRÖDER, P., 1970. Le Chêne zeen (*Quercus faginea*) en Kroumirie (Tunisie du Nord). *Edition de l'Institut National de Recherches Forestières, Tunisie. Variété Scientifique*, 6 : 31 p.
- LAÂBIDI, I., 2008. Analyse palynologique de la séquence sédimentaire Dar Fatma II. Masrère en Biologie. Faculté des Sciences, Tunis.
- LAMB, H.F., EICHER, U. & SWITSUR, V.R., 1989. An 18 000 year record of vegetation, lake-level and climatic change from Tigalmamine, Middle Atlas, Morocco. *J. Biogeogr.*, 16: 65-74.
- LAMB, H.F., DAMBLON, F. & MAXTED, R.W., 1991. Human impact on the vegetation of the Middle Atlas, Morocco, during the last 5000 years. *Journal of Biogeography*, 18 : 519-532.
- LAMB, H.F., GASS, F., BENKADDOUR, A., EL HAMOUTI, N., VANDER KAARS, S., PERKINS, W.T., PEARS, N.J. & ROBERTS, C.N., 1995. Relation between century-scale Holocene arid intervals in tropical and temperate zones. *Nature*, Vol. 373: 134-137.
- MUZZOLINI, A., 1982. Les climats sahariens durant l'holocène et la fin du Pléistocène. *Travaux du Laboratoire d'Anthropologie, de Préhistoire et d'Ethnologie des Pays de la Méditerranée occidentale, Aix-en-Provence, France*, 2 : 1-38.
- PONS, A. & REILLE, M., 1988. The Holocene and Upper Pleistocene record from Padul (Granada, Spain) : a new study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 66: 243-263.
- REILLE, M., 1976. Analyse pollinique de sédiments postglaciaires dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas marocain : premiers résultats. *Ecologia Mediterranea*, 2, 153-170.
- REILLE, M., 1977. Contribution pollenanalytique à l'histoire holocène des montagnes du Rif (Maroc Septentrional). *Recherches françaises sur le Quaternaire. I.N.Q.U.A. Supplément au bulletin AFEQ.*, 1, 50 : 53-76.
- REILLE, M., 1990. *Leçons de palynologie et d'analyse pollinique*. Edition du CNRS, Paris : 206 p.
- REILLE, M., ANDRIEU, V. & de BEAULIEU, J.L., 1996. Les grands traits de l'histoire de la végétation des montagnes méditerranéennes occidentales. *Ecologie*, 27, 3: 153-169.
- REILLE, M., GAMISANS, J. & de BEAULIEU, J.L., 1997. The late glacial at lac de Creno (Corsica, France) : a key site in the western Mediterranean basin. *New phytol.*, 135: 547-559.
- RITCHIE, J.C., 1984. Analyse pollinique de sédiments holocènes supérieurs des hauts plateaux du Maghreb oriental. *Pollen et Spores*, XXVI, 3-4 : 489-496.
- ROUBET, C., 1979. *Economie pastorale préagricole en Algérie orientale. Le Néolithique de tradition Capsienne*. Ed. du CNRS, Paris: 595 p.
- SALAMANI, M., 1993. Premières données phytogéographiques du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) dans la région de grande Kabylie (Algérie). *Palynosciences*, 2: 147-155.
- SALZMANN, U. et SCHULZ, E., 1995. Modern pollen rain and late holocène végétation history of Southern Tunisia. *CIFEG, Orléans. Publ. Occas.*31: 183-192.
- SCHOENENBERGER, A. & DIMANCHE, P., 1970. Description des milieux des Mogods et de Kroumirie. *Edition de l'Institut National de Recherches Forestières, Tunisie. Variété Scientifique*, 4: 23p.
- Service Géologique National, 1987. Carte géologique de la Tunisie - Texte explicatif.
- Service de la Météorologie Nationale, 1967. Climatologie de la Tunisie. Normes et statistiques diverses.
- STAMBOULI, S., 1999. Etude palynologique de la séquence sédimentaire holocène de Majen El Orbi (Tunisie septentrionale). Evolution du paléoenvironnement au cours des sept derniers millénaires. *Geo-Eco-Trop*, 22 : 55-70.
- VAN CAMPO, M. & COQUE, R., 1960. Palynologie et géomorphologie dans le sud tunisien. *Pollen et spores*, II, 2 : 275-284.
- van der KNAAP, W.O. & van LEEUWEN, J.F.N., 1995. Holocene vegetation succession and degradation as responses to climatic change and human activity in the Serra de Estrela, Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89: 153-211.
- WATTS, W.A. & ALLEN, J.R.M., Huntley, B., 2000. Paleocology of three interstadial events during oxygen isotop stages 3 and 4: a lacustrine record from Lago Grande di Monticchio, South Italy. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 155: 83-93.
- WHITE, F., 1986. La végétation de l'Afrique. UNESCO/AETFAT/UNSO: 384p.

