

Geo

# L'Activité hors de France des Palynologues et Paléobotanistes Français du Quaternaire

par M. ROSSIGNOL

(Laboratoire de Palynologie de l'E.P.H.E.)

et J. MALEY

(Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer)

**ETUDES FRANÇAISES  
SUR LE QUATENAIRE**

Présentées à l'occasion  
du VIII<sup>e</sup> Congrès International de l'INQUA

PARIS 1969

**J. R. S. T. O. M.**

**Collection de Référence**

n° 14177-01

10 JUIL. 1970

# L'ACTIVITÉ HORS DE FRANCE DES PALYNOLOGUES ET PALÉOBOTANISTES FRANÇAIS DU QUATERNAIRE

par M. ROSSIGNOL  
(LABORATOIRE DE PALYNOLOGIE DE L'E.P.H.E.)

et J. MALEY  
(OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER)

Plusieurs laboratoires français ont entrepris l'étude de l'histoire végétale et de l'évolution climatique quaternaires hors de France, en général, en liaison avec des géologues, préhistoriens et archéologues. C'est autour du bassin méditerranéen, dans les aires africaine et proche-orientale arides et semi-arides, que se répartissent la majeure partie des recherches (fig. 1).

## L'Afrique

Les flores quaternaires africaines ont d'abord été étudiées par les Paléobotanistes qui examinent les macrorestes (bois, feuilles, etc.) C. ARAMBOURG, J. ARENES et G. DEPAPE (1943) ont les premiers montré l'hétérogénéité de ces flores par leurs travaux sur la végétation villafranchienne du nord de la Tunisie à Ichkeul près de Bizerte qui comprenait 52 % d'espèces méditerranéennes, 26 % d'espèces tropicales et 21 % d'espèces boréales. Parmi toutes ces espèces, 47 % appartiennent à la flore maghrébine actuelle. Il est curieux de noter un mélange de plantes d'affinité boréale et tropicale dans un secteur où les altitudes maximales ne dépassent guère 500 mètres (R. COQUE, 1962). Un gisement plus récent, du Pléistocène moyen et situé dans la région d'Alger, « à Maison-Carrée », a été étudié aussi par ces auteurs (1953). Les caractéristiques de cette flore sont l'absence complète d'éléments tropicaux et la présence d'éléments plus froids et plus secs que ceux de Ichkeul : 10 espèces sur 14 vivent actuellement en Basse-Provence (France méridionale).

Comme le fait remarquer A. PONS (1964) « il s'avère que micro (les pollens) et macrorestes donnent une image quelque peu complémentaire d'une même flore, les plantes fragiles et celles des lieux secs étant moins bien représentées dans les flores foliaires que dans les flores polliniques qui reflètent un plus large éventail de milieux ». Il faut ajouter à cela que les sédiments pollénifères sont très nombreux tandis que les sédiments avec des macrorestes végétaux sont très rares.

### 1) LE SAHARA OCCIDENTAL ET CENTRAL :

La palynologie du Quaternaire saharien inaugurée dans les années 1956-1958 par A. PONS, P. QUÉZEL, C. MARTINEZ et M. VAN CAMPO se développe maintenant principalement au Laboratoire de Palynologie de l'École Pratique des Hautes Etudes, où M. VAN

CAMPO, Ph. GUINET et J. COHEN étudient les montagnes du Sahara austral, et au Laboratoire de Géologie du Quaternaire du C.N.R.S., où Mlle F. BEUCHER étudie, dans le cadre d'une thèse, le Sahara nord-occidental, en particulier la vallée de la Saoura, et où Mlle R. BONNEFILLE a entrepris l'étude du Quaternaire d'Ethiopie.

Quelques remarques préliminaires situeront l'effort accompli, par rapport à des conditions plus classiques d'analyse pollinique en pays tempéré. Il faut souligner la difficulté et la longueur des analyses dues à la pauvreté parfois extrême des échantillons pollénifères. Les techniques de concentration des pollens des sédiments pauvres — liqueurs denses, ultra-sons, vibro-séparateur, moussage, — ont cependant amélioré les résultats et permis d'utiliser des sédiments *a priori* peu prometteurs.

Le climat et la morphologie du Sahara n'ont pas permis l'accumulation sur de longues périodes, au Quaternaire, de sédiments classiquement favorables à la conservation des pollens. Il faut se contenter d'un échantillonnage discontinu et varié : terrasses d'oueds, paléo-sols, diatomites, limons, coprolithes, sables lacustres, travertins, lignite, calcaires, etc.

L'isolement des sédiments pollénifères ne permet pas d'organiser en diagramme les spectres polliniques locaux ; cependant peu à peu les lacunes d'information se combleront, les caractères originaux de l'évolution de la végétation se révèlent et s'affirment, le puzzle se reconstitue. La validité de la méthode repose sur le comptage d'un nombre très élevé de pollens pour chaque échantillon, c'est-à-dire sur la longue patience des chercheurs.

Au-delà de la distinction entre flores et végétations ligneuse et herbacée dont la signification phytogéographique n'est pas toujours déchiffrable, Mme VAN CAMPO a montré (1964 b) que celle-ci apparaît si on regroupe les pollens dans les catégories telles que : éléments subtropicaux et tropicaux, montagnards balkano-caucasiens, méditerranéens, désertiques et halophiles, hygrophiles. Les graminées et cypéracées africaines sont très intéressantes d'un point de vue phytogéographique mais le problème de leur détermination n'est pas encore résolu. Une double hétérogénéité se manifeste à travers cette structure particulière du spectre pollinique : l'hétérogénéité au niveau de la représentation pollinique, qui reflète les conditions de transport et de sédimentation du pollen à partir d'une aire d'origine souvent vaste et diversifiée en altitude : par exemple, la coexistence de l'élément herbacé désertique de plaine et des éléments arborés montagnards évoque un transport ascendant par les vents du premier élément dans le cas d'un sédiment

(1) Travaux de l'Equipe de recherche n° 25 du C.N.R.S.

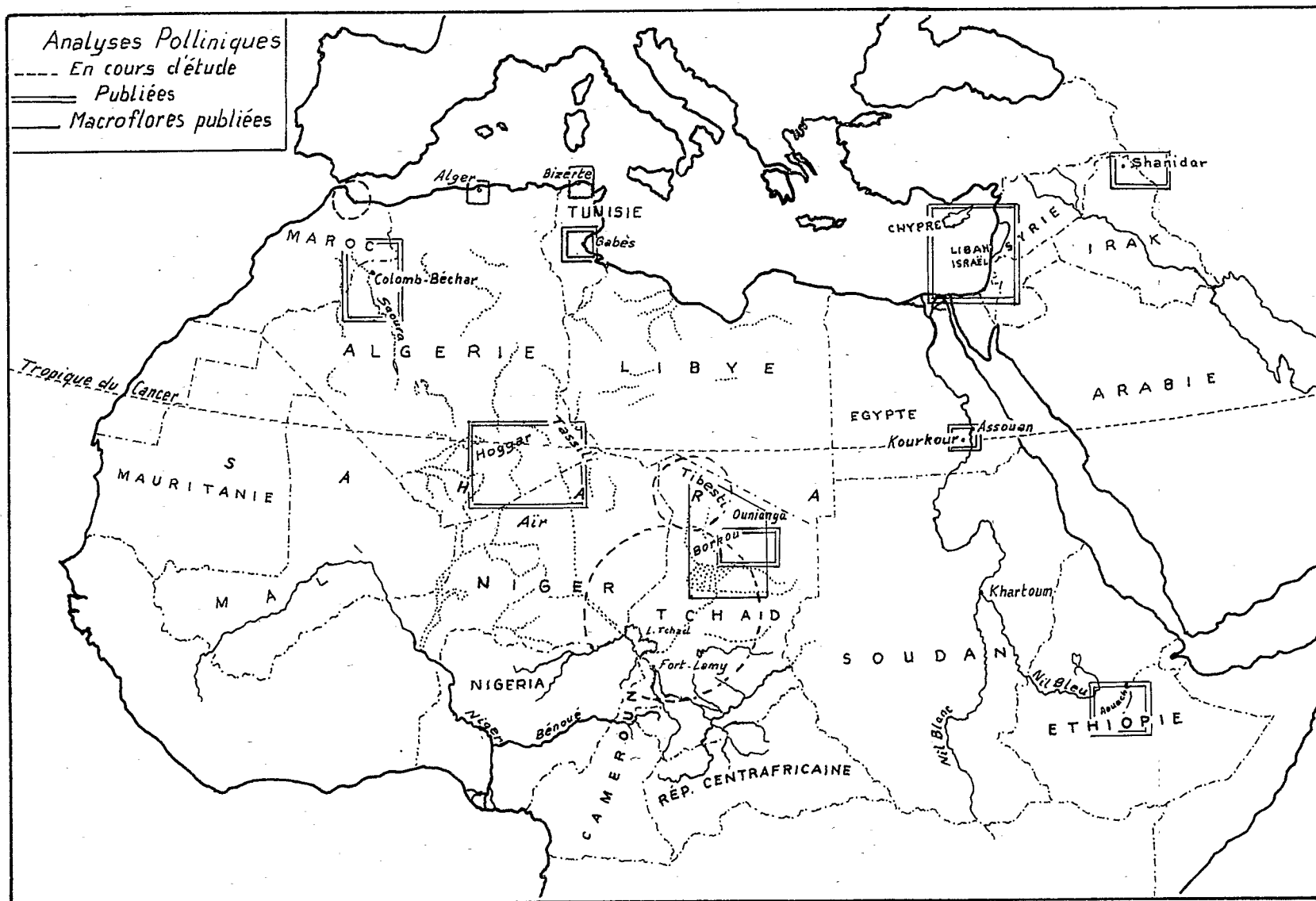


FIG. 1. — Recherches des palynologues et des paléobotanistes français hors de France.

d'altitude, ou encore celle de l'élément désertique et de l'élément hygrophile des bords d'oued ; et l'hétérogénéité fondamentale de la végétation elle-même, d'origine historique, qui juxtapose au Hoggar des plantes actuellement typiques de domaines très divers : tropical, balkano-irano-caucasien, méditerranéen...

a) *Les éléments constitutifs de la flore fossile :*

C'est à l'équipe formée par A. PONS et P. QUÉZEL à laquelle se joignit ensuite C. MARTINEZ que revient le mérite d'avoir montré qu'à la faveur des pluviations du Quaternaire la végétation méditerranéenne s'étendit fort loin vers le sud du Sahara et particulièrement durant le Néolithique où l'Aïr, le Tibesti et le Borkou furent atteints par elle. On peut citer l'étude (1957) d'un guano de Daman (*Procapra rufiper*) venant d'un abri sous roche au Hoggar, situé à environ 2 000 m et daté de  $4680 \pm 300$  ans BP. Les pollens déterminés sont, parmi les Gymnospermes : *Cedrus atlantica*, *Cupressus cf. Dupreziana*, *Ephedra major*, *Pinus halepensis*, et parmi les Angiospermes : *Acer cf. monspeliensis*, *Pistacia lentiscus*, et *P. terebinthus*, *Sambucus sp.*, *Erica arborea*, *Quercus sp.*, *Juglans regia*, *Phillyrea cf. media*, *Fraxinus xanthoxyloides*, *Salix sp.*, *Tilia platyphyllos*. D'autres gisements situés à des altitudes plus basses fournirent des Ombellifères, *Tamarix sp.*, des Oléacées, des Cistacées et *Vitis sp.* ; ce sont pour l'essentiel des formes ligneuses. Cependant l'élément tropical quoique faible n'était pas absent mais il ne fut pas alors étudié. Ce fut M. VAN CAMPO et son équipe qui mirent cet élément en évidence. L'élément tropical est en partie d'origine Est-africaine : c'est le cas d'un *Acacia* (*A. etbaica*), peut-être aussi d'un *Cassia*, d'un *Podocarpus* ; il est aussi représenté par des Euphorbiacées (*Antidesma*, *Hymenocardia cf. acida*, *Phyllanthus*), Mimosacées (*Entada*), Sapotacées, Nyctaginacées (*Commicarpus*), Mélastomacées, Combretacées, Myrtacées.

L'élément balkano-irano-caucasien, ou encore paléotempéré eurasiatique montagnard, se manifeste par des *Pinus*, Taxacées, Ulmacées, Juglandacées, Bétulacées, *Platanus*, *Tilia*.

Il est certain que cette hétérogénéité, pour étonnante qu'elle parût lors de sa découverte voici déjà plus de quatre ans, s'est confirmée de manière convaincante au fur et à mesure des résultats ultérieurs.

b) *Le Villafranchien :*

Daté du Quaternaire ancien (Villafranchien), le gisement de diatomites lacustres de l'Illamane, dans l'Atakor, au Hoggar, à 2 300 m, témoigne par ses conditions de sédimentation d'un climat humide et assez froid. L'analyse pollinique y a fait apparaître « une influence marquée extérieure à celle de la zone tropicale du continent africain » (M. VAN CAMPO, 1964 a) : il s'agit de l'influence irano-caucasienne, manifestée par *Zelkova*, *Ulmus*, *Pterocarya* (cf. *fraxinifolia*), *Platanus* (cf. *orientalis*), *Ostrya*, *Alnus*, *Corylus*, *Picea* (cf. *orientalis*), *Taxus baccata*, *Tilia* (cf. *rubra*). Les espèces ligneuses tropicales sont représentées par une Euphorbiacée (*Antidesma*) et une Sapotacée indéterminée, tandis qu'abondent les méditerranéennes ligneuses. La formation végétale impliquée par le rapport ligneux sur herbacées serait une forêt ouverte, mixte, soumise à une nébulosité nettement

plus forte que celle d'un climat méditerranéen typique, et dont les forêts iraniennes du Mazenderan, sur le flanc nord de l'Elbrouz, exposé à la Mer Caspienne, donneraient une idée assez approchée (L. EMBERGER et H. SABETI [1962]). Dans le Nord de l'Afrique, c'est au Tertiaire — au Miocène ? — qu'a dû se trouver d'abord cet élément montagnard qui est actuellement confiné au Moyen-Orient. Celui-ci, comme le confirme une autre analyse pollinique du Villafranchien ou de la limite Tertiaire-Quaternaire, ne pouvait être en effet qu'une relique tertiaire.

Il s'agit d'un gisement de Mammifères tropicaux très archaïques, de savane, situé à 1 800 m, à Tahag au cœur de l'Atakor (1965), toujours au Hoggar : un coprolithe, attribué sans doute possible à un Crocodile, a fourni, outre des méditerranéennes et des désertiques, des espèces telles que *Ostrya*, *Corylus*, *Alnus*, *Castanea*, *Aesculus* (2 espèces), *Tilia*, *Ulmus*, *Platanus*, *Juglans* et cf. *Pterocarya*.

Cette flore balkano-irano-caucasienne était donc bien en place au Sahara dès la fin du Tertiaire ; son aire s'est progressivement réduite au cours de l'aridification et des oscillations climatiques quaternaires, jusqu'à ne plus subsister, grâce à l'altitude, que sur les sommets jouant le rôle de refuges et à disparaître presque entièrement. La tendance tropicale est attestée par la présence d'Anacardiées — autres que *Rhus* —, de Sapindacées, Myrtacées — autres que *Myrtus* —, celles-ci ont pu atteindre le Hoggar au cours de phases tropicales humides, en remontant du Sud en forêts — galeries de plaine, le long du réseau hydrographique — à moins qu'il ne s'agisse aussi d'un élément relictuel tertiaire. C'est donc à la fin du Tertiaire que remonte la remarquable hétérogénéité floristique du Hoggar. La flore ira ensuite en s'appauvrissant régulièrement en nombre de genres et d'espèces, à travers le quaternaire. Il faut remarquer ici que comme la flore, la faune a dans sa grande majorité (insectes, poissons, etc.) une origine hétérogène : méditerranéenne orientale, boréale, africaine tropicale et saharo-sindienne ; seule la grande faune de mammifères a eu toujours à travers le Quaternaire une origine africaine, à part le chameau et le cheval introduits récemment par l'homme.

Dans le Sahara Nord-occidental, le Pliocène de la hamma du Guir, près de Beni-Abbès, a été analysé par F. BEUCHER (1967) ; pour la plupart très pauvres ; ou même stériles, ces échantillons ont cependant livré une flore pollinique fondamentalement désertique, et en partie halophile, à laquelle s'ajoute cependant comme au Hoggar, un élément à affinités méditerranéennes : *Pinus*, *Cedrus*, Cupressacées, *Quercus*, Oléacées, et un autre à affinités tropicales : Anacardiées, Capparidacées, Mimosacées, Papilionacées, Nictaginacées, des Euphorbiacées (*Chaetocarpus*, *Hymenocardia*), Myrtacées (*Syzygium*), Pittosporacées (*Pittosporum*), une Hippocratéacée, quelques Sapotacées, Combretacées et Mélastomacées. Enfin, apparaît ici aussi un élément tempéré mais peu abondant : *Taxus*, *Alnus*, *Castanea*, des « bétuloïdes ».

Une flore pollinique du Villafranchien inférieur, (Aïdien) dans la vallée de la Saoura, à Mazzer (506 m), non loin de la hamma du Guir, F. BEUCHER (1965), a livré elle aussi un élément désertique essentiel, auquel se juxtapose un élément montagnard impor-

tant ; celui-ci est en partie tempéré, balkano-caucasien : *Pterocarya*, *Juglans*, *Ostrya*, *Platanus orientalis*, *Aesculus*, *Carpinus betulus*, *C. cf. orientalis*, *Zelkova*, *Ulmus*, *Fagus*, *Corylus*, *Alnus*, *Tilia*, *Taxus*, mais aussi méditerranéen : *Pinus*, *Olea*, *Fraxinus*, *Celtis*, *Quercus ilex*, Cupressacées, *Rhus*. Cependant ici les tropicales sont absentes, ce qui est d'autant plus surprenant que la faible altitude et les conditions aquatiques de sédimentation laisseraient présager une végétation tropicale riparienne. Par contre, l'importance, à cette faible altitude, de l'élément montagnard balkano-caucasien, juxtaposé à la flore désertique, ne saurait s'expliquer, selon M. VAN CAMPO, sans faire appel à un transport à longue distance pour certains de ces pollens. Notons à ce propos que le contenu pollinique de l'atmosphère à Beni-Abbès est en cours d'études (P. COUR).

#### c) Le Pléistocène moyen :

Les flores du Pléistocène moyen au Sahara sont attestées dans les deux aires étudiées, Hoggar et région nord-occidentale.

Au Hoggar, des dépôts de terrasse alluviale de l'Oued Outoul, à 1430 m et à 20 km de Tamanrasset, de date imprécise, ont confirmé la juxtaposition des éléments tropicaux et sub-tropicaux de plaine (VAN CAMPO et al., 1967) : une Mimosacée (*Acacia etbaica*), des *Cassia*, Euphorbiacées (*Hymenocardia*, *Antidesma*, *Phyllanthus*), Combretacées, Mélastomacées, Nyctaginacées (*Commicarpus*), Myrtacées (*Myrtus Nivellei*), des éléments montagnards dont certains tropicaux : *Podocarpus*, et la plupart eurasiatiques tempérés : *Taxus*, *Ulmus*, *Alnus*, *Juglans*, *Aesculus*, *Platanus*, *Tilia*, des « coryloïdes ». Les uns persistant encore en Afrique du Nord, d'autres ayant disparu — et d'une majorité d'éléments — méditerranéens — *Pinus*, *Quercus*, Cupressacées (*Tetraclinis*), Oléacées, *Pistacia*, et surtout subméditerranéens et désertiques : essentiellement des Chénopodiacées, mais aussi *Tamarix*, des Ombellifères, Boraginacées, Zygophyllacées. Papiionacées.

Dans toutes ces analyses, l'importance de l'élément herbacé du fond banal saharien permet d'avancer l'hypothèse de la permanence des éléments floristiques qui peuplent le Sahara sous les conditions climatiques actuelles dans les plaines sahariennes au Quaternaire, barrière isolant les zones montagneuses, mais interrompue par le réseau hydrographique lorsqu'il fonctionnait ; celui-ci était alimenté par la pluviosité sur les sommets, où survivait, relique tertiaire, la forêt tempérée, condamnée à la longue par l'aridification et par le nouveau venu, l'homme.

Au Quaternaire moyen — Ougartien —, au Sahara Nord-occidental F. BEUCHER (1967) a pu discerner dans les monts d'Ougarta, à environ 500 m d'altitude, plusieurs oscillations climatiques sèches — humides ; là encore, se retrouvent, juxtaposés en proportions variables, divers éléments : arborés mais peu abondants : subtropical — *Acacia*, Sapindacées, Combretacées — et montagnard eurasien — *Ulmus*, *Taxus*, *Alnus*, *Carpinus betulus*, *Salicacées* ; arborés dominant, méditerranéen — *Pinus*, *Cedrus*, *Juniperus*, *Quercus*, Oléacées, Anacardiées, *Vitis*, *Argania* ; enfin, la flore herbacée steppique et désertique est très largement représen-

tée. Il faut souligner que l'élément tropical apparaît ici pour la première fois au Sahara Nord-occidental où il existe d'ailleurs encore à l'état relictuel ; il reste à préciser le type de climat qui, à cette faible altitude, autorisait simultanément l'épanouissement de ces divers éléments.

#### d) Le Pléistocène Supérieur :

Le Quaternaire récent — Dernier Pluvial, Würm, Saourien — est connu par plusieurs analyses dans les deux régions étudiées.

Au Hoggar, à Tarhenanet, à 2 000 m (M. VAN CAMPO 1964 b) des limons de marécage ont livré, outre une riche flore de Fougères croissant sur place, une flore nettement appauvrie en nombre d'espèces, mais dont la composition révèle cependant encore la variété déjà signalée : tropicale, balkano-caucasienne, méditerranéenne, et surtout désertique, halophile et steppique.

Au Sahara Nord-occidental, (F. BEUCHER et G. CONRAD, 1963) la sédimentation saourienne, datée de plus de 40 000 ans à 14 500 ans BP., présente trois phases successives, dont la plus ancienne, représentée par un lignite à Bou-Hadid, est relativement humide et steppique, la phase moyenne, plus sèche (PINUS), désertique (*Ephedra*), et la phase récente, débutant vers 32 700 ans BP, s'achevant vers 16 300 ans BP, un peu plus humide, à flore plus diversifiée (*Taxus*, Cupressacée, *Quercus*, Oléacées, *Alnus*, *Platanus*, *Salix*).

Plus au Nord-Est, en Tunisie, des argiles tourbeuses venant de 3 sites entre Gafsa et Gabès ont été étudiées par M. VAN CAMPO (1958 et 1960). Les sédiments de deux de ces sites, El Guettar et El Akarit, contenaient des industries moustériennes. R. COQUE (1960 et 1962) date ces sédiments du Würmien. L'analyse pollinique « révèle une étroite parenté des paléoflores avec la flore actuelle, ils manifestent aussi l'existence dans chacune d'elles d'éléments aujourd'hui disparus des lieux », comme *Chamaerops humilis*, palmier cantonné de nos jours dans des zones mieux arrosées et plus fraîches, et *Erica scoparia* qui vit maintenant sur le littoral Nord de l'Algérie. « Les résultats obtenus confirment les conclusions géomorphologiques à savoir que les « Pluviaux » semblent correspondre, dans le Sud tunisien à des types de climats semi-arides à hivers frais et les « Inter-pluviaux » à des nuances plus arides et plus chaudes » (2).

#### e) L'Holocène :

Durant le Postglaciaire ou Holocène, à partir de 12 000 ans BP, des études stratigraphiques détaillées ont mis en évidence au Sahara plusieurs cycles « Humide-Aride ». En particulier dans le bassin du Tchad H. FAURE (1966) et M. SERVANT (1967) ont montré qu'il y eut au moins trois cycles « Humide-Aride ».

(2) M. REILLES qui fait partie du laboratoire de A. PONS à Marseille entreprend l'étude des tourbières altitudinales du Rif marocain.

*Schéma climatique provisoire de l'Holocène du Tchad d'après M. Servant (1967).*

|                        |                                 |
|------------------------|---------------------------------|
| Aride                  |                                 |
| 3 <sup>e</sup> Humide  | .. 2 400 ans BP                 |
|                        | .. 3 200 ans BP                 |
| Aride                  |                                 |
| 2 <sup>e</sup> Humide  | .. 4 400 ans BP                 |
|                        | .. 7 000 ans BP                 |
| Aride                  |                                 |
| 1 <sup>re</sup> Humide | .. vers 8 000 ans BP            |
|                        | .. vers 10 000 ou 12 000 ans BP |
| Aride                  |                                 |

L'amplitude des phénomènes est difficile à établir ; il semble que les 2 premiers soient les plus importants. Une récurrence humide se situe au début de l'ère chrétienne comme cela est attesté dans tout le Sahara par de nombreux faits historiques. Une poussée aride se manifeste fortement depuis un siècle environ. Cette nouvelle désertification est bien souvent favorisée par l'action de l'homme. C'est au cours des arides de l'Holocène que la flore tropicale sèche sahélienne à *Acacia* et *Cappariaceae* principalement envahit tout le Sahara jusqu'au pied de l'Atlas. En plaine, il semble bien que même durant les phases humides ce soit cette flore tropicale qui domine. Durant les phases arides la végétation de caractère méditerranéen et particulièrement les Gymnospermes, devait se réfugier dans les montagnes sahariennes (Hoggar, Tassili, Tibesti).

Au sud du Tassili-n-Ajjer, dans les Monts Gautier, vers 800 m d'altitude, non loin de la plaine du grand oued Tafassasset, le remplissage d'un abri sous-roche, une couche d'excréments fossilisés d'herbivores, chèvres et moutons surtout, datés soit du « 3<sup>e</sup> Humide », soit de la récurrence humide la plus récente, a donné à P. QUEZEL et C. MARTINEZ (1962) une flore où l'élément tropical sahélien domine nettement : *Salvadora persica*, *Acacia seyal*, *Ziziphus saharæ*, *Gymnosporia senegalensis*, *Ficus sp.* et des noyaux de *Balanites aegyptiaca*. L'élément méditerranéen est présent en très faible quantité (1 %) par des pollens de *Cupressacées*, *Cupressus Dupreziana*, mais ce cyprès vit encore à l'état relicté au Tassili entre 1 200 et 1 700 m.

Venant d'un abri sous-roche du Tibesti oriental, au lieu dit Mossei, à 800 m d'altitude, un sédiment d'un des « Humides » de l'Holocène analysé par P. QUÉZEL et C. MARTINEZ (1958) a donné une flore semblable à celle des Monts Gautier où l'élément sahélien actuel domine : *Acacia seyal* 35 %, Graminées 60 %, autres 5 %. Ce dépôt contient de nombreux débris de bois de *Conifères* (Pins et Génévriers). « Cela suggère l'existence de vestiges de forêts de *Conifères* à l'agonie ou totalement détruites comme d'ailleurs les Cyprès du Tassili et du Hoggar nous en fournissent encore un exemple. Les troncs morts servaient de préférence aux besoins domestiques et de chauffage, alors que la forêt-steppe à *Acacia* remplaçait progressivement la forêt à *Conifères* méditerranéens ».

Au Borkou deux analyses polliniques réalisées par P. QUÉZEL et C. MARTINEZ (1958) sur deux diatomites, l'une située au pied de l'Emi Koussi (3 415 m), à Kaort-

chi (265 m), l'autre à Yogoum (265 m) à 120 km au SE de Kaortchi. Ces diatomites, de par leur position semblent correspondre à un des « Humides » de l'Holocène. Les spectres polliniques comportent un fort pourcentage de plantes méditerranéennes mélangées à un nombre apparemment plus faible de tropicales. Les méditerranéennes comprennent :

Gymnospermes : *Juniperus oxycedrus*, *Gallitris sp.*, *Cupressus sp.*, *Cedrus atlantica*, *Pinus halepensis*, *Pinus sp.*, *Ephedra Tilhoana*, ce dernier actuellement domine dans les steppes culminales du Tibesti au-dessus de 2 500 m.

Angiospermes : *Quercus cf. ilex* ou *coccifera*, *Erica arborea* qui vit actuellement vers 2 900 m d'altitude sur l'Emi Koussi, *Olea europea*, *Artemisia Tilhoana* qui vit actuellement au Tibesti au-dessus de 2 800 m et *Myrtus Nivellei* vivant au Tibesti vers 1 800-2 000 m.

Les tropicales comprennent *Acacia raddiana*, *Acacia seyal* et *Ficus sp.* Il est probable que dans les pollens indéterminés et dans l'élément herbacé se trouvent d'autres plantes tropicales.

L'élément steppique méditerranéen (*Artemisia*, *Ephedra*) et l'élément sahélien tropical prennent beaucoup d'importance à Yogoum, tandis qu'à Kaortchi ce sont les éléments méditerranéens d'altitude qui dominent, l'élément tropical est peu important. Les auteurs en concluent que « la végétation devait donc grossièrement présenter une zonation très analogue à celle qui se rencontre actuellement sur les montagnes de l'Afrique du Nord et tout spécialement sur les revers méridionaux des Atlas : ceinture externe steppique à *Juniperus*, zone moyenne à *Pinus halepensis* et à *Quercus*, Cèdraie culminale ».

Au Tassili-n-Ajjer situé au Nord-Ouest du bassin du Tchad H. ALIMEN, F. BEUCHER, H. LHOÏE et G. DELIBRIAS (1968) ont étudié les dépôts de deux abris sous-roche situés environ vers 1 600 m. L'abri de Tan-Tartaït situé à environ 24 km ENE de Djanet, approximativement entre Tamrit et Séfar, a donné à F. BEUCHER un spectre pollinique qui lui a permis de mettre en évidence deux phases humides séparées par une période plus sèche. Ces deux phases sont caractérisées par des *Conifères* : *Pinus*, *Juniperus*, par *Quercus cf. Ilex* et par des arbres à feuilles caduques : *Corylus*, *Alnus*, *Castanea*, *Juglans*, *Ulmus* ; quelques espèces : *Ostrya*, *Pistacia*, *Helianthemum*, *Lavandula*, *Artemisia*, *Myrtus* témoignent pour cet auteur du caractère méditerranéen de cette flore. L'élément tropical n'apparaît pas ici ; cette absence peut être due à l'altitude.

La première phase humide étudiée à Tan-Tartaït a été datée de 4 470 ans BP. Elle correspond donc au « 2<sup>e</sup> Humide » de M. SERVANT (1967), et on peut penser que la seconde phase corresponde au « 3<sup>e</sup> Humide ». Ces faits sont très importants car ils montrent bien que les alternances de couches lacustres et éoliennes du Tchad correspondent à des phénomènes climatiques qui ont régné au moins sur tout ce vaste bassin endoréique.

La flore du « 1<sup>er</sup> Humide », le plus ancien, a été analysée par P. QUÉZEL et C. MARTINEZ (1962), à partir des diatomites de l'Adrar Bous datées de 10 000 à 12 000 ans BP. Ce site est situé à environ 820 m d'alti-

tude et au Nord-Est de l'Aïr. Les trois échantillons analysés ont fait surtout ressortir les éléments d'origine méditerranéenne, cependant sur 302 pollens comptés, 51 n'ont pas été déterminés ; on peut donc penser que parmi ces derniers se trouvent un certain nombre de pollens de plantes tropicales d'autant plus qu'actuellement l'Aïr comporte une flore presque uniquement tropicale. L'élément méditerranéen est caractérisé d'abord par les Gymnospermes qui sont très importantes puisqu'elles représentent environ le quart des pollens comptés : *Pinus sp.* (ayant des affinités avec les pins du groupe *Haploxylon*), *Cupressus Dupreziana*, *Juniperus phoenica* et *Callitris quadrivalvis*. Parmi les Angiospermes, *Phillyrea sp.*, *Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus*, *Alnus glutinosa* et *Tilia sp.* sont les éléments significatifs mais en petit nombre par rapport aux herbacées qui prédominent. La conclusion donnée pour les analyses du Borkou (cf. supra) peut s'appliquer ici.

Au-dessus des diatomites de l'Adrar Bous se trouve un paléosol plus récent daté de 7 100 ans BP, correspondant à peu près au « 2<sup>e</sup> Humide » et à l'intérieur duquel se trouvent de nombreux outils néolithiques (Ténérien). Le spectre pollinique est caractérisé par le grand nombre de pollens de *Salsolacée* et par la disparition presque complète des éléments méditerranéens dont seuls persistent les plus xérophiles ; *Cupressus sp.*, *Juniperus sp.* et *Myrtus Nivellei*.

#### f) Les études en cours :

##### — Le Tibesti.

Poursuivant l'étude des flores fossiles des montagnes sahariennes M. VAN CAMPO, Ph. GUINET et J. COHEN entreprennent actuellement l'étude de sédiments lacustres du Tibesti Occidental rapportés par P. ROGNON. Leur altitude se situe vers 1 200 m (Ouano-fou) et entre 1 300 et 1 400 m (Enneri Moussa). L'âge de ces sédiments n'est pas connu avec exactitude ; il s'agit soit du Tertiaire supérieur, soit du Quaternaire ancien. Il est prévu de réaliser bientôt des datations absolues sur des roches volcaniques interstratifiées avec ces sédiments lacustres. Les pollens qui ont été déterminés (inédit) parmi lesquels on peut citer le Platane et le Marronnier, permettent à ces chercheurs de dire que la flore de cette région et de cette époque est comparable à celle qui avait été découverte au Hoggar dans des sédiments du Villafranchien inférieur datés par la faune qui a été déterminée par C. ARAMBOURG (in : P. ROGNON — 1967). Deux bois fossiles trouvés dans des couches un peu plus anciennes du même bassin, ont été déterminés par J. C. KOENIGUER comme appartenant à la flore tropicale ; il s'agit de *Sapindoxylon* (J.C.K. 1967 a) et *Myristicoxylon vincenti* (J.C.K. 1967 b). Il est intéressant de remarquer que la flore fossile à Platane et à Marronnier du Tibesti possède des éléments communs avec celle du Miocène Supérieur du Massif Central en France (P. GRANGEON — 1958) qui réunit des éléments tropicaux (15 %) méditerranéens (76 %) et tempérés (9 %). Les sédiments venant de ce bassin lacustre du Tibesti contiennent des diatomées qui ont fait l'objet d'une étude par A. AMOSSE (1935) ; un certain nombre existaient aussi durant le Miocène supérieur dans le Massif Central français. Cette double convergence indique seulement que les conditions écologiques

étaient comparables, sans pour autant présager de l'âge véritable de la flore fossile du Tibesti. L'équipe de M. VAN CAMPO continue actuellement l'étude d'autres sédiments du Tibesti Occidental rapportés par K. KAISER (Mission Allemande à Bardai-Tibesti) et J. MALEY (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer). Des diatomites du « Trou au Natron » datées d'environ 15 000 ans BP sont en cours d'étude. A ce propos on peut remarquer (P. QUEZEL — 1958, H. SCHOLZ — 1966) que la végétation actuelle du « Trou au Natron » est composée à 40 % par des plantes d'origine méditerranéenne. Le plateau autour du « Trou au Natron » à 2 200 m d'altitude environ reçoit approximativement 150 mm de pluie par an. Cela autorise la persistance (P. QUEZEL — 1967) d'une Flore méditerranéenne relictive qui représente plus de 10 % de la Flore de l'ensemble du Massif et aussi de taxa montagnards représentant plus de 3 % du total de la Flore dont *Erica arborea* des sommets de l'Emi Koussi est l'exemple le plus frappant. « Le flanc Sud du Massif, entre 600 et 800 m d'altitude reçoit de 50 à 80 mm de pluie par an et bénéficie des crues des oueds tibestains permettant l'installation à plus de 1 000 km au nord de sa limite septentrionale, d'une enclave de végétation sahélienne où figurent plus de 250 espèces, localisées en Afrique dans les zones recevant de 200 à 400 mm de pluies annuelles. Cette enclave qui est aussi valable pour les animaux représente certainement les vestiges d'une pulsation vers le Nord du climat et de la flore sahélienne, à une période qui ne saurait excéder quelques millénaires ».

Les mares du Borkou sont les restes, avec le lac Tchad actuel, de l'immense lac Paléo-Tchadien du Plio-Quaternaire. En effet, (P. QUEZEL — 1965) « l'endémisme très accusé que présente la Flore hygrophile, aussi bien que la faune aquatique (poissons) ou ripicole (Carabiques en particulier), permet de dire qu'on se trouve en présence des derniers survivants de la Flore et de la Faune individualisés autour des lacs Pliocènes et Quaternaires ». P. QUEZEL (1967) y a relevé 4 associations végétales où l'élément tropical varie de 20 % à 75 % de l'ensemble. Certaines plantes présentent d'indiscutables affinités avec des plantes vivant actuellement près des grands lacs africains et dans la vallée du Nil : *Torenia parviflora*, *Commelina nudiflora*, *Ocystelma bornouense*, *Hydrocotyle bonariensis* et *Glycine javanica*. Il existe des espèces endémiques appartenant à des taxa typiquement africains tels que *Kosteletzkia borkouana* affine de *K. adonensis* (Malvacée). Une de ces quatre associations, celle caractérisée par *Tamarix brachystylis* et *Desmostachya bipinnata* comporte 20 % d'éléments d'origine méditerranéenne.

##### — Le bassin du Tchad.

Plus au Sud s'étend une immense plaine désertique du Ténérien au Djourab et allant jusqu'au Lac Tchad actuel. Cette étendue correspond au bassin lacustre endoréique plio-quaternaire du Tchad, dont le lac n'est qu'un des derniers résidus. Ce bassin contient par endroits jusqu'à 600 m d'épaisseur de sédiments. J. MALEY, chercheur à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) entreprend une étude palynologique de longue haleine sur les dépôts de ce bassin et actuellement sur ceux situés

en République du Tchad. Cette étude est faite en collaboration avec le laboratoire de Palynologie du CNRS et de l'EPHE, avec le Professeur H. FAURE (Dakar), ainsi qu'avec des chercheurs de l'ORSTOM, particulièrement M. SERVANT et B. DUPONT pour la partie géologique et pour l'étude des diatomées (S. SERVANT (1967)). Ce chercheur a montré que « les variations de la fréquence des associations de Diatomées dans la colonne sédimentaire présentent une évolution qui se fait de la même manière en des points très éloignés et traduisent les fluctuations de l'extension lacustre ». Afin de mieux comprendre les spectres polliniques de ces anciens dépôts lacustres, J. MALLEY étudie la sédimentation pollinique actuelle dans le lac Tchad et commence un Atlas des pollens actuels du Bassin du Tchad. J. C. KOENIGUER entreprend depuis quelques années l'étude des flores ligneuses plio-quaternaires du bassin du Tchad. Il a publié (1967 b) une première liste de bois. Le Quaternaire (ancien ?) de l'Angamma et de Koro-Toro (Nord du Tchad) a donné : *Myrianthoxylon* (Moracée) proche de *Myrianthus arborens*, petit arbre des forêts galeries, *Rubioxylon* proche de certains *Nauclea*, *Caesalpinioxylon* (Caesalpiniacée) proche de *Crytosepalum* qui est un petit arbre de savanes et des forêts denses de l'Afrique occidentale, *Sapindoxylon* (Sapindacée), famille se rencontrant surtout dans les forêts denses semi-décidues, *Leguminoxylon* (Papilionacée lianescente), *Tamarix articulata* (Tamarinacée). On peut remarquer que cette dernière espèce est la seule d'origine méditerranéenne (J. C. KOENIGUER, 1968, in litt.), *Phragmites* étant ubiquiste, tous les autres ont une origine tropicale. L'appartenance géologique des bois fossiles est parfois difficile à préciser sur le terrain, car les échantillons sont souvent trouvés en surface, dégagés par l'érosion, et il n'est pas toujours facile de savoir à quelle couche les rattacher.

## 2) LE SAHARA ORIENTAL :

Le mélange où le contact d'éléments tropicaux et méditerranéens est donc bien un des traits les plus caractéristiques du Sahara passé et présent. Cela se retrouve encore en Nubie égyptienne comme le montre l'étude récente (1968) faite par M. VAN CAMPO et son équipe sur des Tufts dulçaquicoles de l'oasis de Kourkour situé environ à 60 km à l'Ouest du Nil. K. W. BUTZER et C. L. HANSEN (1968) ont étudié le site et d'après eux l'âge du tuf le plus ancien serait soit Pliocène, soit Villafranchien. Le spectre pollinique est très particulier :

— 16 % des pollens correspondent à des éléments boréaux du Tertiaire et des montagnes de la région Méditerranéenne orientale, dont le Platane et le Maronnier.

— 7,5 % à des éléments xérophytes et mésohygrophytes sub-tropicaux et tropicaux parmi lesquels environ 20 % vivent actuellement sur les hauts Plateaux éthiopiens et dans la zone tropicale de l'Afrique de l'Est : *Podocarpus cf. montagna*, une *Ericacée non méditerranéenne*, une *Sapindacée* : *cf. Aphania*.

— 22,5 % à des éléments méditerranéens s, st.

— 18 % à des éléments xérophiles et halophiles sahariens.

— 34 % sont des graminées à affinités non déterminées présentement

— 2 % à des éléments hygrophiles.

La présence de : *Podocarpus cf. montana*, *Ericaceae non méditerranéenne* et *Sapindaceae* : *cf. Aphania*, pourraient s'expliquer par un apport du Nil comme l'a montré M. ROSSIGNOL (voir plus loin) (1961-1962), cependant pour K. W. BUTZER et C. L. HANSEN (1968) ces dépôts de tufts ne correspondent pas à un dépôt du Nil, mais à des dépôts fluviaux et de sources qui étaient soit drainés par le golfe marin Pliocène dont les couches sont situées 200 m plus bas, soit drainés alors par le Proto-Nil villafranchien coulant aussi environ 200 m plus bas. Ceci pose donc un sérieux problème que des études géologiques et géomorphologiques du désert occidental de l'Égypte et du Soudan pourront peut-être résoudre.

Un autre échantillon de tuf légèrement plus récent a fourni un spectre pollinique où les éléments tropicaux exotiques ne sont plus représentés que par un pollen d'*Ericaceae* non méditerranéenne. Ce spectre suggère aussi une élimination assez importante des arbres d'origine boréale et méditerranéenne, avec un accroissement correspondant des éléments xérophiles passant de 18 % à 42, 5 %.

Le tuf le plus récent étudié, daté d'un Pluvial du début du Pléistocène Moyen, a un spectre suggérant que la végétation locale comprenait encore plus d'éléments xérophiles, 53 %, et que l'élimination de la flore relicte du Tertiaire se continuait. Cela implique aussi que les Pluviaux du Pléistocène étaient plus modestes que ceux de la fin du Tertiaire (si l'on adopte un âge Pliocène pour le Tuf le plus ancien). Pour l'Holocène, K. W. BUTZER et C. L. HANSEN décrivent dans la vallée du Nil 3 cycles d' « Alluvionnement-Erosion ». Cependant les dates ne correspondent pas avec celles de M. SERVANT (1967) pour le Tchad. Plus au Sud dans les hauts plateaux tropicaux éthiopiens, R. BONNEFILLE (1968) a commencé l'étude de sédiments quaternaires de la haute vallée de l'Aouache.

## 3) L'ETHIOPIE :

Un remplissage d'os, daté du Villafranchien supérieur, prélevé à 2 000 m à Melka Kontouré, a livré une flore pollinique assez diversifiée, où dominent les Graminées et les espèces typiques de fourrés et de forêts tropicaux secs — montagnards : *Podocarpus*, Oléacées, Myrtacées (*Syzygium*), Sapindacées (*Dodonea*), Anacardiées, Vitacées — ou de basse altitude : *Encephalartos*. C'est en Éthiopie que se poursuivent les travaux de R. BONNEFILLE.

## Le Moyen-Orient

En se rapprochant de la Méditerranée orientale, on atteint le Proche-Orient où M. ROSSIGNOL a pu étudier pendant sept ans le Quaternaire marin d'Israël, sur un matériel abondant en liaison avec le Service Géologique de ce pays (1961-1962). Les résultats complets ayant fait l'objet d'une thèse (1966) sont en cours de publication.



Il a été possible de disposer de sondages profonds — près de 200 m échantillonnés de manière continue, dans le substrat quaternaire de la plaine côtière palestinienne. Une partie seulement de ces niveaux, les couches inférieures argileuses, s'est prêtée à l'analyse pollinique. Marines, ces argiles ont livré une flore pollinique hétérogène et de nombreuses hystrichosphères.

Pour démêler cette hétérogénéité, il fallait comprendre les processus de sédimentation pollinique en milieu marin dans des circonstances actuelles, mais semblables à celles du Pléistocène. La sédimentation et l'étude des Foraminifères actuels sur le plateau continental au large d'Israël, ont révélé leur similitude avec ceux du Pléistocène; les pollens de ces sédiments marins récents du plateau continental fournissent donc le moyen d'interpréter les spectres polliniques quaternaires hétérogènes. En effet, s'y juxtaposent un élément méditerranéen — *Pinus halepensis*, *Quercus calliprinos*, *Pistacia*, *Poterium spinosum*, *Asphodelus*, des *Dipsacées*, etc., — une grande variété de spores de Fougères, et des pollens rares mais significatifs, surtout tropicaux, d'espèces absentes de la Palestine méditerranéenne : des Acanthacées, *Podocarpus*, Combretacées, *Hyphaene thebaica*. L'exemple des spectres polliniques du Hoggar incite à la prudence pour analyser ces apparentes incompatibilités. En Palestine cependant, le milieu de sédimentation marin, particulièrement ouvert à des apports divers, est le facteur primordial dont on doit tenir compte. L'examen de quelques échantillons du substrat du Delta du Nil a confirmé la variété d'origine géographique des pollens récents du plateau continental, et des pollens pléistocènes du substrat de la plaine côtière : les pollens allochtones tropicaux ont été transportés là par le Nil, sur plus de 6 000 km, et proviennent soit de la végétation actuelle des montagnes d'Afrique équatoriale orientale, — source du Nil Blanc —, soit du substrat sédimentaire mésozoïque du plateau d'Éthiopie, sous la couverture basaltique entaillée par les vallées. Dans la région palestinienne, le reste du spectre pollinique — les pollens autochtones — est palestinien; les uns, associations à Graminées — Cypéracées, à Composées — *Asphodelus* - *Artemisia*, à Chénopodiacées - *Ephedra*, plus ou moins exclusives, sont attribués au moins en partie, à la végétation littorale qui occupe un territoire dont l'extension et l'écologie varient suivant les oscillations glacio-eustatiques du niveau marin; les autres, moins abondants mais plus intéressants climatiquement, ont été transportés des collines de l'arrière-pays palestinien par les cours d'eau et les vents : Pin d'Alep, *Pistacia*, *Quercus calliprinos*, *Dipsacées*, *Olea*, Ombellifères, *Poterium spinosum*, *Rhamnacées*, etc. A cause de ce transport, les oscillations climatiques ne se sont enregistrées que d'une manière atténuée dans le spectre pollinique des sédiments marins et littoraux. On peut cependant mettre en évidence certains caractères climatiques du Quaternaire : d'abord, la nette permanence d'un climat méditerranéen bi-saisonnier, à l'exclusion d'un climat tempéré à pluviosité répartie sur toute l'année, et d'un climat tropical plus chaud et plus humide. Au sein de ce climat méditerranéen, se manifestent des oscillations plus humides — prédominance de *Quercus* et *Pistacia* — ou plus sèches à Pin d'Alep. Un certain parallélisme

existe entre les variations glacio-eustatiques du niveau marin et les oscillations climatiques : aux hauts niveaux marins, correspondent les phases plus sèches à Pin d'Alep, aux bas niveaux marins, les phases plus humides à chêne, lentisque et nombreux pollens divers.

Au cours du Pléistocène inférieur et moyen, la palynostratigraphie distingue ainsi trois cycles qui coïncident plus ou moins avec les cycles sédimentaires calabrien, sicilien et tyrrhénien I (ou milazzien); chacun débute par une phase régressive à Chénopodiacées ou Composées, littorales, accompagnées d'un climat méditerranéen humide, et se poursuit par une phase transgressive à marécages littoraux et Graminées-Cypéracées, et climat un peu plus sec à Pin d'Alep, en même temps que se déposent en mer de nombreux pollens allochtones africains.

Les Hystrichosphères, rencontrés là pour la première fois dans des sédiments quaternaires, composent une belle population abondante et bien conservée, où plusieurs espèces nouvelles furent décrites, et retrouvées ensuite en des points du globe parfois très éloignés. Ces espèces s'associent en deux ensembles dominants, qui se succèdent à plusieurs reprises au cours du Quaternaire et dont l'un se dépose actuellement encore sur le plateau continental. Une stratigraphie a pu être élaborée avec ces fossiles; elle présente, dans ses subdivisions, un net parallélisme avec celle qui est basée sur les pollens; toutefois, ce parallélisme n'est pas simple, et il faudra attendre de mieux connaître les exigences écologiques des diverses espèces présentes, pour saisir les causes exactes des relations entre les deux stratigraphies, et leur signification.

La sédimentation pollinique récente dans la Mer Morte a fait aussi l'objet d'une étude; les relations entre le spectre pollinique des boues du fond de la mer, et la végétation environnante, sont ainsi analysées, en prélude à une étude de sédiments lacustres quaternaires dans la même région.

Dans le substrat quaternaire marin de la plaine de Haïfa, furent aussi réalisées des analyses polliniques interprétées en fonction des conditions particulières de sédimentation et du climat; un âge récent, flandrien, a été attribué à cette séquence.

A Chypre, sera entreprise l'analyse pollinique d'une tourbière d'altitude, tandis qu'au Liban, M. HADDAD a analysé plusieurs échantillons provenant de niveaux néolithiques et chalcolithiques de Byblos (3).

En Irak, Mme A. LEROI-GOURHAN (1968), du Musée de l'Homme, poursuit l'étude de la séquence palynologique de la grotte préhistorique de Shanidar, dans le Zagros, fouillée par M. R. SOLECKI.

(3) A cette activité dans le bassin oriental de la Méditerranée, M. ROSSIGNOL ajoutera probablement, en collaboration avec les géologues de Californie, l'étude de niveaux quaternaires de cette autre région de climat méditerranéen.

## Les Iles Kerguelen

## L'Extrême-Orient

A la suite de l'analyse pollinique ( inédite ) par Mme VAN CAMPO de quelques échantillons provenant d'Angkor au Cambodge, l'Ecole Française d'Extrême-Orient a décidé la création d'un laboratoire de palynologie à l'Institut Français de Pondichéry, en Inde du Sud. La mise en train en fut réalisée à partir de 1960 par Ph. GUINET (1962). Une importante collection de références de pollens de la flore actuelle, avec un double fichier y est déjà constituée, et sera l'outil indispensable aux analyses polliniques quaternaires dans cette région. Des prélèvements ont été effectués en Inde du Sud et au Cambodge.

## BIBLIOGRAPHIE

- BIBLIOGRAPHIE ART. 22 (Feuillet 21 à 25).
- AMOSSE A. (1934). — Diatomées du Tibesti et du Djourab. in: DALLONI M. Mission au Tibesti. *Mém. Acad. Sc. Paris*, t. 61, p. 143-153, 8 fig.
- ALIMEN H., BEUCHER F. et CONRAD G. (1966). — Chronologie du dernier cycle Pluvial-Aride au Sahara nord-occidental. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 263, p. 5-8, (4 juillet).
- ALIMEN H., BEUCHER F., LHOTE H. et DELIBRIAS G. (1968). — Les gisements néolithiques de Tan-Tartaït et d'In-n-Itinen, Tassili-n-Ajjer (Sahara Central). *Bull. Soc. Préh. Fr.*, t. 65, fasc. 1, p. 421-457, 13 fig., 2 tabl.
- ARAMBOURG C., ARENES J. et DEPAPE G. (1953). — Contribution à l'étude des flores fossiles quaternaires de l'Afrique du Nord. *Arch. Muséum Hist. Nat.*, Paris, 7<sup>e</sup> sér., t. II, XXXVII-85 p., 5 fig., 6 pl. phot. h.t.
- BELLAIR N. et DELIBRIAS G. (1967). — Variations climatiques durant le dernier millénaire aux îles Kerguelen. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 264, p. 2085-2088 (24 avril).
- BEUCHER F. (1963). — Flores quaternaires au Sahara nord-occidental, d'après l'analyse pollinique de sédiments prélevés à Hassi-Zguilma (Saoura). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 256, p. 2205-2208 (4 mars).
- BEUCHER F. (1965). — Analyse pollinique de sédiments d'âge villafranchien inférieur au Sahara nord-occidental. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 260, p. 2559-2562 (1<sup>er</sup> mars).
- BEUCHER F. (1967 a). — Une flore d'âge Ougartien (seconde partie du Quaternaire moyen) dans les monts d'Ougarta (Sahara nord-occidental). *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, Amsterdam (Nederl) 2, n° 1-4, p. 291-300, 1 fig., 2 tabl.
- BEUCHER F. (1967 b). — Quelques éléments de flore pliocène au Sahara nord-occidental. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 265, p. 1117-1120 (16 oct.).
- BEUCHER F. et CONRAD G. (1963). — L'âge du dernier Pluvial saharien. Essai sur la flore d'un épisode lacustre. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 256, p. 4465-4468 (20 mai).
- BONNEFILLE R. (1968). — Contribution à l'étude de la flore d'un niveau pléistocène de la haute vallée de l'Aouache (Ethiopie). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 266, sér. D, p. 1229-1232 (18 mars).
- BUTZER K. W. (1964). — Pleistocene Palaeoclimates of the Kurkur Oasis. *Egypt. Can. Geogr.*, t. 8, p. 125-140.
- BUTZER K. W. et HANSEN C. L. (1968). — *Desert and River in Nubia: Geomorphology and Prehistoric Environments at the Aswan reservoir*. Univ. Wisconsin Press, U.S.A., 553 p.
- COPPENS Y. et KOENIGUER J. C. (1967). — Sur les flores ligneuses disparues Plio-Quaternaires du Tchad et du Niger. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 265, p. 1282-1285 (30 oct.).
- COQUE R. (1962). — *La Tunisie présaharienne: Etude géomorphologique*. Thèse, Fac. Let., Univ. Paris, 476 p., nb. fig., 4 cartes h.t.
- DUTIL P., MARTINEZ C. et QUÉZEL P. (1959). — Etude pédologique et palynologique d'un profil de formations quaternaires de la daïa de M'Rara (ouest de l'oued Rhir). *Bull. Soc. Hist. Nat. Af. N.*, t. 50, n° 5-6, p. 196-203.
- EMBERGER L. et SABETI H. (1962). — Forêts denses intertropicales et forêts caspiennes humides. *Nat. Monsp. S. Bot.*, fasc. 14, p. 55-61, 1 tabl.
- FAURE H. (1966). — Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post-paléozoïques du Niger oriental. *Mém. B.R.G.M.*, n° 47.
- GRANGEON P. (1958). — Contribution à l'étude de la paléontologie végétale du Massif du Coiron (Ardèche, Sud-Est du Massif Central Français). *Mém. Soc. Hist. Nat. Auverg.*, Clermont-Ferrand, n° 6, 227 p., 7 pl. h.t.
- GUINET Ph. (1962). — Pollens d'Asie tropicale: fascicule I. *Inst. Fr. Pondichéry, Tr. Sect. S. et Tech.*, t. 5, 52 pl.
- KOENIGUER J. C. (1967). — Sur la présence de Sapindoxylon sp. dans le Tertiaire du Nord du Tibesti. in: *Etude paléoxylologique de la Lybie*, 91<sup>e</sup> Cong. Soc. Sav., Rennes 1966, t. 3, p. 169-172.
- LEROI-GOURHAN A. (1958). — Résultats de l'analyse pollinique du gisement d'El Guettar (Tunisie). *Bull. Soc. Préh. Fr.*, t. 55, n° 9, p. 546.
- LEROI-GOURHAN A. (1968). — Le Néanderthalien IV de Shanidar (Irak). *C.R. somm. Séances Soc. Préh. Fr.*, n° 3, mars, p. 79-83.
- MAIRE R. et MONOD Th. (1950). — Etudes sur la flore et la végétation du Tibesti. *Mém. Inst. Fr. Afr. noire*, t. 8, 140 p., 6 pl.
- PONS A. (1964). — Contribution palynologique à l'étude de la flore et de la végétation pliocènes de la région rhodanienne. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, Paris, 12<sup>e</sup> sér., t. 5, p. 499-722, 23 fig., 7 tabl., 3 pl., 11 dpl.
- PONS A. et QUÉZEL P. (1956). — Premiers résultats de l'analyse palynologique de quelques paléosols sahariens. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 243, p. 1656-1658 (19 nov.).
- PONS A. et QUÉZEL P. (1957). — Premières remarques sur l'étude palynologique d'un guano fossile du Hoggar. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 244, p. 2290-2292 (14 avril).

- QUÉZEL P. (1960). — Flore et Palynologie sahariennes : *Rech. Sahar., Univ. Alger, Mém.* n° 4, 357 p.
- QUÉZEL P. (1960). — Flore et Palynologie sahariennes : quelques aspects et leur signification biogéographique et paléoclimatique. *Bull. Inst. Fr. Afr. noire*, t. 22, sér. A., n° 2, p. 353-360.
- QUÉZEL P. (1963). — De l'application de techniques palynologiques à un territoire désertique : paléoclimatologie du Quaternaire récent au Sahara. in : «Changes of climate», *Actes Coll. Rome, UNESCO, Rech. Zon. Arid.*, p. 243-249.
- QUÉZEL P. (1965). — *La végétation du Sahara, du Tchad à la Mauritanie*. G. Fischer Edit. Stuttgart et Masson Edit. Paris, 333 p., 72 fig., 15 cartes, 93 tabl.
- QUÉZEL P. (1967). — Signification biogéographique et paléoclimatique de quelques représentants de la flore saharienne. in : «*Palaeoecology of Africa*», vol. 2, p. 62-67, E. M. Van Zinderen Bakker Edit., A. A. Balkema Imp., Cape Town et Amsterdam.
- QUÉZEL P. et MARTINEZ C. (1958). — Etude palynologique de deux diatomites du Borkou (Territoire du Tchad, A.E.F.). *Bull. Soc. Hist. Nat., Afr. noire*, t. 49, p. 230-244.
- QUÉZEL P. et MARTINEZ C. (1961). — Le dernier interpluvial au Sahara central : essai de chronologie palynologique et paléo-climatique. *Lybica*, n° 6-7, p. 211-227, 1 dpl.
- QUÉZEL P. et MARTINEZ C. (1962). — Premiers résultats de l'analyse palynologique de sédiments recueillis au Sahara méridional à l'occasion de la Mission Berliet-Tchad. in : *Missions Berliet Ténéré-Tchad*, 1 vol., Arts et Métiers Graphiques Edit., Paris.
- QUÉZEL P. et THEBAULT J. Y. (1959). — Palynologie et datation du volcanisme récent de l'Ahaggar. *Bull. Sc. Ec. B.R.M.A.*, n° 6, Alger, p. 59-64.
- ROGNON P. (1967). — *Le massif de l'Atakor et ses bordures (Sahara central). Etude géomorphologique*. C.N.R.S. Edit. Paris, 1 vol., 559 p., nb. fig. et pl. h.t.
- ROSSIGNOL M. (1961-1962). — Analyse pollinique de sédiments marins quaternaires en Israël. I. Sédiments récents. *Pollen et Spores*, vol. 3, n° 2, p. 303-324. II. Sédiments pléistocènes. *Pollen et Spores*, vol. 4, n° 1, p. 121-148.
- ROSSIGNOL M. (1966). — *Les formations marines quaternaires de Palestine et le Paléo-environnement*. Thèse, Fac. Sc. Univ. Paris, 1 vol., 334 p., nb. fig. et pl. h.t.
- SERVANT M. (1967). — Nouvelles données stratigraphiques sur le Quaternaire supérieur et récent au Nord-Est du Lac Tchad. *Actes VI<sup>e</sup> Cong. Panafr. Préhist. Etud. Quat.*, 20 p., 2 cartes, 9 pl. h.t. (sous presse).
- SERVANT S. (1967). — Répartition des diatomées dans les séquences lacustres holocènes au Nord-Est du Lac Tchad. *Actes VI<sup>e</sup> Cong. Panafr. Préhist. Etud. Quat.*, 16 p., 2 tabl., 2 pl. h.t. (sous presse).
- VAN CAMPO M. (1958). — Analyse pollinique des dépôts würmiens d'El Guettar (Tunisie). *Veröff. Geob. Inst. Rübel, Zürich*, H. 34, p. 133.
- VAN CAMPO M. (1964 a). — Quelques pollens pléistocènes nouveaux pour le Hoggar. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 258, p. 1297-1299 (27 janv.).
- VAN CAMPO M. (1964 b). — Représentation graphique de spectres polliniques des régions sahariennes. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 258, p. 1873-1876 (10 fév.).
- VAN CAMPO M., AYMONTIN G., GUINET Ph. et ROGNON P. (1964). — Contribution à l'étude du peuplement végétal quaternaire des montagnes sahariennes. I. L'Atakor. *Pollen et Spores*, vol. 6, n° 1, p. 169-194.
- VAN CAMPO M., COHEN J., GUINET Ph. et ROGNON P. (1965). — Contribution à l'étude du peuplement végétal quaternaire des montagnes sahariennes. II. Flore contemporaine d'un gisement de Mammifères tropicaux dans l'Atakor. *Pollen et Spores*, vol. 7, n° 2, p. 361-372.
- VAN CAMPO M. et COQUE R. (1960). — Palynologie et géomorphologie dans le Sud tunisien. *Pollen et Spores*, vol. 2, n° 2, p. 275-284.
- VAN CAMPO M., GUINET Ph., COHEN J. et DUTIL P. (1966). — Nouvelle flore pollinique des alluvions pléistocènes d'un bassin versant Sud du Hoggar. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 263, sér. D, p. 487-490 (1<sup>er</sup> août).
- VAN CAMPO M., GUINET Ph., COHEN J. et DUTIL P. (1967). — Contribution à l'étude du peuplement végétal quaternaire des montagnes sahariennes. III. Flore de l'oued Outoul (Hoggar). *Pollen et Spores*, vol. 9, n° 1, p. 107-120.
- VAN CAMPO M., GUINET Ph. et COHEN J. (1968). — Fossil pollen from late Tertiary and middle Pleistocene deposits of the Kurkur oasis. in : «*Desert and River in Nubia*», par Butzer K. W. et Hansen C. L., Univ. of Wisconsin Press, U.S.A., p. 515-520, 1 pl.