

MACROFLORES DEVONIENNES DANS LE NORD DU MAROC (Bouttonnière d'Imouzzar-du-Kandar, Sud de Fès) Etude Paléobotanique - Implications stratigraphiques et paléogéographiques

par

Muriel FAIRON-DEMARET² & Serge REGNAULT³

(2 figures et 3 planches)

RESUME.- Divers niveaux de la succession marine dévonienne d'Imouzzar-du-Kandar (Maroc) ont livré des macrorestes végétaux. Leur étude apporte des éléments nouveaux sur la répartition stratigraphique et géographique de plusieurs taxons. Elle permet d'effectuer des comparaisons avec d'autres niveaux à végétaux reconnus au Maroc et en Afrique du Nord. La fréquence des fragments végétaux dans la succession étudiée est liée à la situation paléogéographique de la région d'Imouzzar au cours du Dévonien.

ABSTRACT.- Several horizons of the Imouzzar-du-Kandar (Morocco) marine Devonian succession yielded plant remains. Their study gives new informations on the stratigraphic and palaeogeographic distribution of several taxa. Comparisons are made with other plant remain horizons already described in Morocco and North Africa. The frequency of the plant fragments in the studied succession depends on the palaeogeographic position of the Imouzzar area during the Devonian.

LOCALISATION

A une quarantaine de kilomètres au Sud de Fès, le Paléozoïque apparaît au coeur de formations du Lias en constituant la boutonnière d'Imouzzar-du-Kandar (fig. 1). Au sein de la succession dévonienne, plusieurs unités ont été distinguées (Charrière & Régnault, 1983). Ces différents termes sont datés par les Brachiopodes (Brice *et al.*, 1983) et les Conodontes (Charrière, Cygan & Régnault, 1984).

- partie supérieure de la Formation des poudingues et grès de Chabat Jenanat (gisements K.25 et K.84) à Brachiopodes, rapportée à l'Emsien supérieur.
- lutites à plantes (gisements K.37, K.49 et K.86) à rares Trilobites, d'âge givetien.
- marnes et calcaires (gisements K.28 et K.33) à Brachiopodes du Famennien.

CADRE STRATIGRAPHIQUE DES NIVEAUX A VEGETAUX

Dans la série marine dévonienne, les restes végétaux ont été recueillis dans les unités suivantes (fig. 2) :

- Formation des schistes d'Ain-el-Beïda (gisements K.14 et K.15) à Trilobites, Brachiopodes, Bivalves, Hyolithidae..., d'âge praguien ou post-praguien.

¹ Manuscrit déposé le 14 janvier 1986.

² Paléobotanique et Paléopalynologie, Université de Liège, 7, Place du XX Août, B-4000 Liège, Belgique.

³ Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, B.P. 1796 Atlas, Fès, Maroc et Laboratoire de Paléontologie et Stratigraphie, Institut de Géologie, Université de Rennes, 1, Avenue du Général Leclercq, F-35042 Rennes Cedex (G.R.E.C.O. 130007 du C.N.R.S.), France.

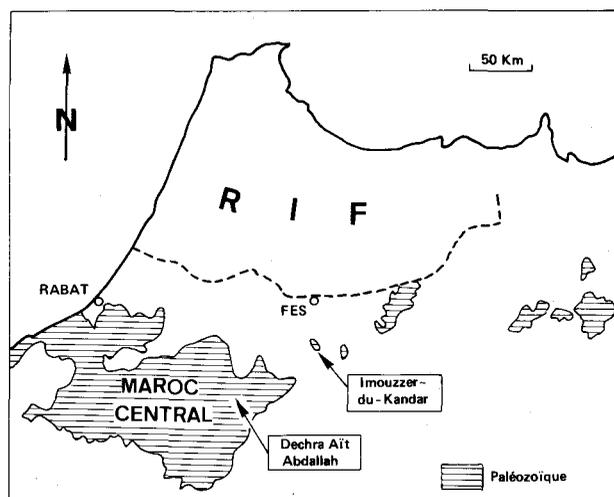


Fig. 1.- Localisation de la boutonnière d'Imouzzér-du-Kandar et gisement de Dechra Ait Abdallah.

ETUDE PALEOBOTANIQUE DES SPECIMENS RECOLTES

Les restes de plantes fossiles récoltés dans les sédiments dévoniens de la boutonnière d'Imouzzér-du-Kandar sont rarement bien conservés. Les compressions sont imprégnées de sels de fer; leur coloration générale est rougeâtre et elles ont subi à des degrés divers des altérations dues aux conditions atmosphériques. Afin d'en tirer un maximum d'informations, des techniques variées leur ont été appliquées :

- «Déferrisation» de certains spécimens à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique et de chlorure de zinc afin d'éliminer les artéfacts résultant de la précipitation des sels de fer.
- Dégagement des compressions sous binoculaire à l'aide d'aiguilles de forme adaptée à la matrice sédimentaire suivant la méthode détaillée par Leclercq (1960).
- Transferts des restes les plus prometteurs suivant la technique de Banks *et al.* (1972); les résultats obtenus de la sorte sont restés médiocres parce que les spécimens marocains comportent trop peu de matière organique conservée.
- Lames minces sériées au travers des structures perminéralisées après consolidation de ces dernières par imprégnation de résine synthétique (Palatal P4). En raison de la nature poreuse du matériau, les inclusions ont dû être effectuées sous vide. Le peu de contraste des éléments conservés (le plus souvent sous forme de moulages des cellules) a nécessité des

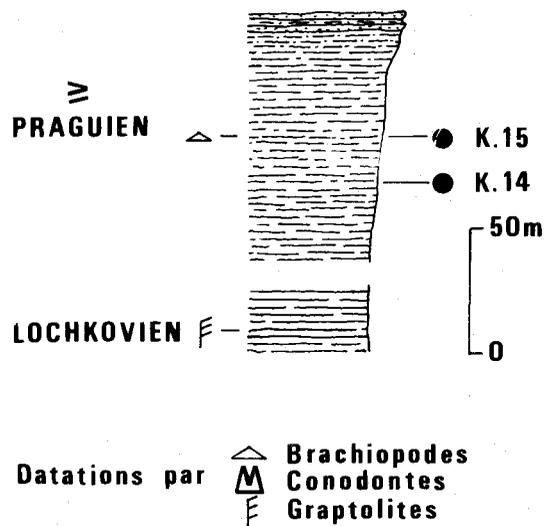
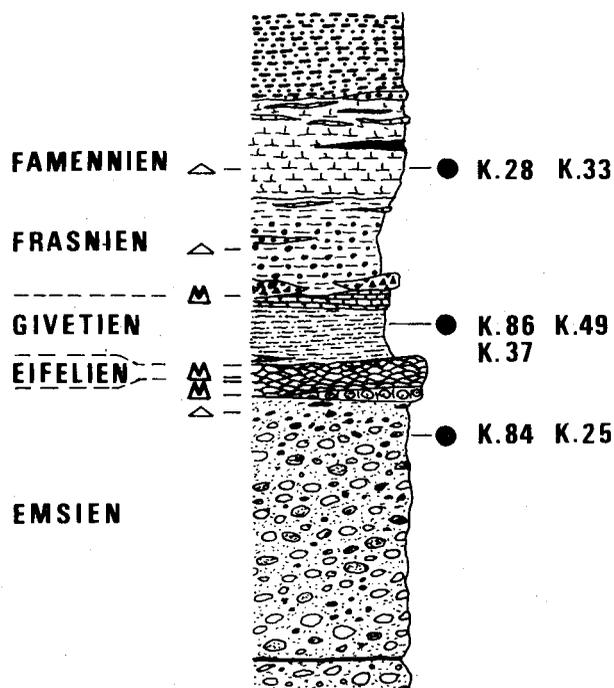


Fig. 2.- Position des niveaux à végétaux dans la succession d'Imouzzér-du-Kandar.

polissages fins et des essais d'oxydation différentielles. L'acide oxalique - solution saturée portée à ébullition - a, dans certains cas, donné de bons résultats; certaines perminéralisations ont mieux réagi à une attaque progressive surveillée à l'acide chlorhydrique à 70 %.

- Utilisation de filtres polarisants pour photographier les spécimens rougeâtres sur roche rouge, afin d'améliorer le contraste.
- Macérations diverses et préparation de lames palynologiques suivant la méthode habituelle.

RESULTATS

1.- LES SPECIMENS DE LA FORMATION D'AIN EL BEIDA

A.- Description

K.14.02

Les plans de clivage du schiste, bleuté lorsqu'il n'est pas altéré, présentent assez souvent des restes de gros axes costulés. Ceux-ci sont localement très nombreux; ils peuvent parfois être plus ou moins superposés et se chevaucher partiellement (Pl. 1 : 1). Leur diamètre moyen est de 0,9 - 1,1 cm, le plus large atteignant 6,5 cm de diamètre. Ce dernier est conservé sur une longueur de 8 cm et ne montre aucune indication de rétrécissement. Ces restes d'axes à marges parallèles sont toujours fragmentaires et il est impossible d'y distinguer la base de l'apex. Tous sont ornés de sillons ou de crêtes régulières et montrent des cicatrices circulaires disposées sans ordre apparent (Pl. 1 : 1), pouvant être parfois très espacées. Ces cicatrices ne dérangent pas le parcours des lignes verticales; elles sont ponctuées et les mieux conservées présentent une couronne de points en relief (Pl. 1 : 2) correspondant aux sommets érodés de mini-côtes orientées vers le centre de la cicatrice. Sur de nombreux échantillons, la netteté des sillons longitudinaux des axes est masquée par un remplissage de limonite (Pl. 1 : 4) qui disparaît après utilisation de la solution «déferrisante».

Commentaires : les restes de ce type évoquent superficiellement des moulages internes de *Calamites*. Ils sont toutefois dépourvus des noeuds transversaux caractéristiques de ces plantes articulées auxquelles rien n'autorise à les rattacher. Des fragments semblables sont connus surtout à partir du Dévonien moyen. Hoeg (1942) a discuté les affinités possibles de ces axes costulés sans parvenir à une conclusion définitive. Les auteurs les laissent généralement en nomenclature ouverte. Stockmans (1968) a toutefois créé le genre *Sulcocladus* pour désigner des empreintes analogues aux spécimens marocains mais néanmoins différentes par les caractères de leurs cicatrices. *Sulcocladus* Stockmans du Givetien de Ronquières (Belgique) possède aussi des cicatrices ponctuées mais elles sont soulignées au sommet, par un croissant en relief qui n'est pas présent sur les spécimens d'Imouzer. Des exemplaires plus nombreux et plus complets permettraient sans doute de caractériser un nouveau genre de forme, les affinités botaniques de ces fossiles restant énigmatiques.

K.15

Sur un échantillon de cette série, on note la présence d'un axe lisse de 4 mm de diamètre et 6 cm de long qui montre un étroit cordon central en relief. Il serait éventuellement à rapprocher du genre *Taenioocrada* White.

B.- Implications stratigraphiques

La présence probable de *Taenioocrada* dans les schistes de la Formation d'Aïn-el-Beïda n'a pas de signification précise au point de vue stratigraphique, ni au point de vue taxonomique (Fairon-Demaret, 1985). Quant aux axes costulés, leurs dimensions relativement importantes indiqueraient plutôt un âge plus récent que le Praguien pour le gisement. En effet, durant le Dévonien, le diamètre des plantes vasculaires augmente suivant une courbe approximativement logarithmique et il ressort de l'examen de la fig.-texte n° 5 de Chaloner & Sheerin (1979, p. 153) basée sur de nombreuses publications de mesures d'axes, que la barre des 5 cm ne soit guère atteinte avant le début de l'Emsien (à l'exception du *Baragwanathia* d'Australie, dont l'âge exact reste controversé; voir Tims & Chambers, 1984). Par ailleurs, de tels axes costulés sont surtout signalés au Dévonien moyen.

L'analyse palynologique de la matrice sédimentaire (lames n° 25.238, 25.254 et 25.255) a montré la présence d'un assemblage d'acritarches et de spores assez mal conservés dans l'ensemble. *Camptozonotriletes caperatus* McGregor y a été identifiée (Ph. Steemans, comm. pers., 1985); la répartition stratigraphique de cette forme s'étend de la base du Praguien au sommet de l'Emsien; toutefois, l'allure générale de l'assemblage palynologique situe plutôt l'ensemble vers le sommet du Dévonien inférieur (M. Streeel, comm. pers., 1985).

2.- LES SPECIMENS DE LA PARTIE SUPERIEURE DE LA FORMATION DE CHABAT JENANAT

A.- Description

K.84.01

Sur ce bloc, parmi de nombreux débris de plantes non identifiables, on remarque immédiatement un rete de tige de Lycophyte conservée sur une longueur de 38 mm. Elle mesure 9 mm de largeur à la base et se rétrécit progressivement vers l'apex où elle n'atteint plus que 6 mm. Elle a gardé un certain relief et apparaît légèrement bombée mais, très peu de matière organique a été

conservée. Sa surface est ornée de plages fusiformes contiguës (dont le relief a été volontairement accentué par un éclairage rasant, Pl. 1 : 3) qui mesurent environ 3 mm de long sur 1,5 mm de largeur maximale. Elles sont disposées suivant une spirale de faible inclinaison. Vers le quart supérieur de ces plages fusiformes, on remarque souvent une ligne en accent circonflexe (Pl. 1 : 6). Il ne s'agit pas simplement d'une fausse cicatrice foliaire indiquant l'attache du limbe de la feuille persistante. En effet, on note à cet endroit, la présence de deux épaisseurs superposées; la couche supérieure qui est la plus mince, s'est brisée le long de la ligne en V renversé qui est ourlée d'un liseré de matière organique conservée. Celle-ci est surtout concentrée à la pointe du V si bien que, en lumière polarisée ou sous immersion, elle apparaît comme un petit amas plus ou moins circulaire (Pl. 1 : 7, 12). Il occupe l'emplacement attendu d'une éventuelle cicatrice vasculaire mais il correspond seulement à un artefact de conservation. Le long des marges de la tige, quelques feuilles vues de profil ont été dégagées. Elles comportent une partie basale large et décurrenente ainsi qu'un limbe mince, dressé et falqué (Pl. 1 : 12). D'autres feuilles ont été exposées sur toute leur largeur vers le sommet du fragment de tige (Pl. 1 : 3, 6 où elles sont repérées par des flèches). A ce niveau, on observe une «leaf laminae cleavage compression» (*sensu* Grierson & Banks, 1983) imparfaite : le plan de fracture a suivi les surfaces des limbes foliaires disposés parallèlement à la tige. Le même phénomène se remarque aussi à proximité des marges de l'axe (Pl. 1 : 7, 12) en raison de la convexité du fragment. Les feuilles possèdent un limbe court, de forme triangulaire lorsqu'il est vu de face. Il mesure 1,5 mm dans sa partie proximale la plus large et se termine en pointe (Pl. 1 : 3, vers le tiers supérieur,; 7, 12, 11 et 13); cette extrémité acuminée est le plus souvent incomplète (Pl. 1 : 11) et la longueur du limbe, située entre 2,5 et 3 mm ne peut être mesurée avec précision. Ses marges sont entières. Il est prolongé vers le bas par une sorte de pétiole trapu et épaissi (Pl. 1 : 7, 12, 13) dont la base se confond avec les plages fusiformes de la tige. Vers le sommet de ces plages fusiformes, lorsque les feuilles ne sont pas visibles, la couche mince supérieure signalée ci-dessus, correspond à la partie distale du pétiole rabattue vers l'axe; la ligne en V renversé indique la brisure du limbe au niveau de sa jonction avec le pétiole.

Commentaires : un tel fragment peut d'emblée être rapporté à une Lycophyte; en revanche, il est malaisé de lui attribuer un nom de genre. Les plages fusiformes dont le relief peut être aisément exagéré en utilisant un éclairage rasant, retiennent immédiatement l'attention : il est tentant de

les assimiler à première vue à des coussinets foliaires (*sensu* Chaloner & Meyer-Berthaud, 1983) orientant de la sorte les affinités de la plante vers les formes arborescentes. Cette démarche pourrait s'appuyer aussi sur la présence éventuelle de «fausses cicatrices foliaires». Il a été montré lors de la description que la ligne en V renversé, visible sur certaines plages fusiformes, traduit une morphologie moins simple qu'une «fausse cicatrice foliaire». De plus, la forme triangulaire du limbe, ses dimensions et la présence d'un pétiole évoquent les feuilles de *Haskinsia* Grierson & Banks 1983, une Lycophyte herbacée du Givetien et du Frasnien inférieur de l'Etat de New York (U.S.A.). *Haskinsia* est, jusqu'ici, un genre monotypique et son espèce-type *H. colophylla* Grierson & Banks 1983 est décrite d'une manière détaillée. La surface de ses axes est lisse mais, sur les compressions, ou lorsque l'épiderme a disparu, on observe un réseau fusiforme reflétant l'arrangement des cellules corticales épaissies. Les dimensions des plages ainsi dessinées (mesurées sur les fig. 7 et 8 de Grierson & Banks, 1983) sont analogues à celles relevées sur les tiges du Maroc. Elles pourraient aussi traduire sur cette dernière, un état de conservation particulier. L'unique spécimen à ma disposition ne permet pas d'avoir une image nette de la surface externe de la tige. Par ailleurs, l'alignement vertical des plages fusiformes y est moins apparent que sur les spécimens américains et le peu d'observations effectuées ne me permet pas d'évaluer l'importance de cette particularité. Le fragment d'Imouzer ne possède pas de structure conservée. Or, l'anatomie de la tige de *H. colophylla* est bien connue et est un des éléments retenus pour définir la famille des Haskinsiaceae (Grierson & Banks, 1983). En conséquence, malgré les similarités entre les feuilles des spécimens des deux provenances, est-ce avec réserve que la tige du Maroc est rapprochée de *Haskinsia* et déterminée cf. *Haskinsia*.

Série des K.84.02 à K.84.12

Sur ces échantillons, on observe de nombreux fragments d'axes épineux. Divers essais pour isoler des cuticules n'ont pas donné de résultats malgré leur aspect prometteur (Pl. 1 : 10). Certains de ces systèmes d'axes épineux ramifiés ne montrent que des divisions dichotomes (Pl. 1 : 5). Un morphotype particulier, ramifié en K, évoque sans plus, le port de certains *Sawdonia*. D'autres présentent une différenciation entre axe principal (de 3,5 mm de large environ) et axes latéraux nettement plus étroits. Aucun ne peut être rapporté à un genre en raison de l'absence de sporanges en connexion. Un reste de grappe de sporanges fusiformes (Pl. 1 : 8-9) témoigne néanmoins de la présence du genre *Psilophyton*

dans le gisement. Cette grappe attribuable au genre *Dawsonites* Halle est malheureusement détachée.

Série des K.25

Cette série ne renferme que quelques débris d'axes de teinte violette; ils sont inutilisables.

B.- Implications stratigraphiques

La physionomie générale des fragments végétaux de la partie supérieure de la Formation de Chabat Jenanat fait pencher pour un âge au moins Emsien supérieur si pas Eifelien pour l'ensemble. Le genre *Psilophyton* est connu pour être particulièrement abondant aux environs de la limite Dévonien inférieur/Dévonien moyen (Banks *et al.* 1975). *Haskinsia* se rencontre plutôt dans le Dévonien moyen et à la base du Dévonien supérieur (Grierson & Banks, 1983). Ce genre est toutefois de création récente et n'est connu que dans le seul Etat de New York. Il n'est pas impossible que d'autres formes décrites antérieurement sous d'autres noms, ne doivent être revues et finalement rattachées à *Haskinsia*, en particulier certains des spécimens libyens (Klitzsch *et al.*, 1973; Lejal-Nicol, 1980) qui pourraient éventuellement allonger vers le bas l'extension stratigraphique de ce genre.

3.- LES SPECIMENS DES LUTITES A PLANTES

A.- Description

K.86.01

Cet échantillon est le plus volumineux récolté dans cette série. On y remarque de nombreux fragments d'axes raides; le plus long mesure 12,5 cm sur une largeur de 3,3 mm à la base et 2,2 mm au sommet. L'ensemble se prête mal à la photographie en raison de la couleur rouge du sédiment et de la conservation médiocre des organes latéraux. Ceux-ci sont visibles le long des marges des axes mais la présence de cicatrices sur les tiges (Pl. 2 : 1) permet de déduire que leur insertion est spiralée. Ces organes latéraux végétatifs mesurent entre 1,1 et 2 mm de long. Ils sont tridimensionnels, divisés par des dichotomies (le plus souvent trois, parfois quatre) successives orientées dans divers plans. Leurs extrémités sont recourbées (Pl. 2 : 1, 4, 7).

Certains axes ont gardé une épaisseur appréciable de structure perminéralisée par des sels de fer (Pl. 2 : 4, en face de p). Les sections transversales montrent la présence d'une petite stèle ligneuse entourée d'un anneau de cellules corticales (Pl. 2 : 3, 6). Ces dernières sont arrondies, d'aspect uniforme; il n'y a pas de zone à cellules particulièrement épaissies. La protostèle qui

occupe le centre de la tige est en forme de triangle à flancs légèrement concaves. Un pôle est situé à proximité du sommet de chaque bras de la stèle (Pl. 2 : 2); un quatrième pôle est situé au centre de la plage ligneuse (Pl. 2 : 5). Les émissions vers les organes latéraux s'effectuent à partir des bras de la stèle. Suivant le stade de formation des traces vasculaires, ceux-ci sont plus ou moins longs. Au début du processus, le bras qui va émettre s'allonge (Pl. 2, comparer la fig. 3 à la fig. 6 illustrant deux sections successives, distantes de 0,2 mm environ); son pôle de protoxylème s'étire radialement et une petite plage cellulaire s'individualise à la suite du pincement de l'extrémité du bras. Elle comporte un nombre réduit de cellules ligneuses et ne semble posséder qu'un seul protoxylème centrarche. La forme et le trajet de ces émissions au travers de l'écorce ne peuvent être précisés : les cellules ligneuses qui les constituent se distinguent difficilement des petites cellules corticales adjacentes (Pl. 2 : 2, en haut à droite). Ces émissions intéressent successivement chaque bras de la stèle; elles s'effectuent donc bien d'une manière spiralée ainsi que l'examen des compressions avait déjà permis de le signaler.

Commentaires : le type anatomique décrit ci-dessus évoque, malgré l'absence de bois secondaire, la structure interne de certaine progymnospermes. Les dimensions réduites des axes qui représentent probablement les derniers niveaux de ramification de la plante peuvent expliquer l'absence de bois secondaire. Les caractéristiques anatomiques observées sont semblables à celles des axes de dernier ordre de l'*Aneurophyton germanicum* illustrés par Leclercq (1940) et par Schweitzer & Matten (1982). Toutefois, les spécimens du Maroc n'ont permis d'observer que quelques sections transversales au travers d'un seul axe. Aucune indication précise de la forme de la stèle dans les divers ordres de ramification n'a pu être obtenue. Ces quelques observations anatomiques sont insuffisantes pour décider des affinités de la plante (Bonamo, 1977). La morphologie externe des restes fragmentaires n'apporte pas d'arguments décisifs. Si les caractéristiques des organes latéraux dichotomes et tridimensionnels ne s'opposent pas à un rapprochement avec les progymnospermes et plus précisément avec le genre *Aneurophyton*, l'absence de parties fertiles en connexion ne permet pas d'assurer le bien-fondé de cette tentative de détermination. La plus grande prudence s'impose donc. *Aneurophyton* a été signalé précédemment au Maroc, dans l'Eifelien de Dechra Aït Abdallah par Termier & Termier (1950). Leur espèce, *A. maroccanum* est considérée comme douteuse; Schweitzer & Matten (1982) préfèrent même

l'écarter du genre *Aneurophyton*, position qui est également adoptée ici (voir commentaires des spécimens K.37).

Série des K.49

Les échantillons de cette série rassemblent des fragments d'axes lisses et dépourvus de structure anatomique identifiable; ils sont indéterminables.

K.37.01 et K.37.03

On note sur ces deux échantillons de nombreux restes d'axes minces (1 à 1,5 mm de largeur) très raides, typiquement et régulièrement marqués d'une crête ou d'un sillon longitudinal médian très net (Pl. 2 : 8-10). Ces tiges rigides portent des appendices latéraux courbés en crochet (Pl. 2 : 9 notamment). Ces crochets sont émis par paires; sur la fig. 10, Pl. 2, on voit la base légèrement en relief d'une telle paire. Sur la fig. 8, Pl. 2, un des deux crochets a été conservé sur toute sa longueur tandis que l'autre est brisé non loin de sa base; cette paire d'appendices est fixée sur la face antérieure de l'axe qui plonge dans le sédiment.

Commentaires : la morphologie très particulière de ces restes d'axes permet de les rapprocher, malgré leur nature fragmentaire, du *Protocephalopteris praecox* (Hoeg) Ananiev. Cependant, une fois de plus, l'absence de parties fertiles exclut une identification ferme. Des parties fertiles attribuables au genre *Protocephalopteris* ont probablement été récoltées par Termier & Termier (1950). Leur dessin, fig. 33, Pl. 4 du texte, illustre de petits sporanges portés au sommet d'une paire d'organes latéraux. Cette fructification attribuée par les deux auteurs à leur *Aneurophyton maroccanum*, ne peut appartenir à un *Aneurophyton* mais correspond à ce qui est connu chez *Protocephalopteris*. Par ailleurs, leur dessin 37, même planche, montre le port typique des axes végétatifs de *Protocephalopteris*; de plus, d'après ces deux auteurs, des ahlébies seraient présentes à la base des rameaux latéraux; cette particularité est une caractéristique du genre *Protocephalopteris*. De toute évidence, les matériaux de Dechra Aït Abdallah méritent d'être revus.

K.37.04 et K.37.05

Il s'agit de l'empreinte et de la contre-empreinte d'un même système d'axes ramifiés comportant des zones perminéralisées (Pl. 3 : 3, 7). L'ensemble est conservé sur une longueur de 6 cm environ. L'axe le plus large (2 mm de diamètre), considéré comme une branche d'ordre N, porte des rameaux latéraux d'ordre N+1 disposés d'une manière spiralée. Sur ces derniers, sont attachées, d'une manière spiralée également, des petites ramifications d'ordre ultime divisées par dichotomie. La plupart de ces organes

latéraux sont incomplets; toutefois, leurs divisions s'effectuent dans divers plans; ils sont nettement tridimensionnels (Pl. 2 : 11-13) et leurs extrémités sont gracieusement recourbées. Des fragments de structure perminéralisée ont été prélevés en divers points de la branche d'ordre N (notamment en B, fig. 3 et en C, fig. 7, Pl. 3) ainsi que sur une autre branche (A sur fig. 7, Pl. 3) qui n'est pas en connexion organique avec le système raméal considéré mais présente la même structure interne. Dans chaque cas, les structures prélevées ont un caractère superficiel fibreux. Celui-ci est dû à la nature particulière de l'écorce de type «sparganum»: des cellules à parois épaissies sont régulièrement réparties en bandes longitudinales dans le cortex et dessinent une sorte de réseau plus ou moins régulier. Ces zones corticales épaissies donnent aux sections transversales un aspect particulier (Pl. 2 : 2) qui s'estompe progressivement lors de l'attaque à l'acide chlorhydrique (Pl. 3, comparer fig. 2 et 4 qui illustrent la même section avant et après oxydation). Sur toutes les sections, le xylème central est organisé en une plage de forme triangulaire (Pl. 3 : 1, 2, 4, 6). Les flancs du triangle sont nettement concaves et les trois lobes sont longs et étroits. Le mode de conservation ne permet pas de préciser l'emplacement des pôles de protoxylème.

Lorsque la stèle est au «repos», c'est-à-dire lorsqu'aucune émission de faisceau vasculaire vers un organe latéral n'est en voie de formation, les trois lobes sont à peu près d'égale longueur (Pl. 3 : 6). La préparation d'une émission se marque par l'allongement du bras concerné; simultanément, celui-ci s'élargit tangentiellement au sommet et acquiert une forme en plateau (Pl. 3 : 1); une petite plage triangulaire s'individualise progressivement (Pl. 3 : 4). Les rameaux d'ordre N+1 possèdent un faisceau vasculaire en triangle, analogue à celui des branches d'ordre N, mais de taille plus réduite (Pl. 3 : 5); il présente lui aussi des lobes étroits, inégalement développés en fonction des émissions vers les ramifications ultimes, qui s'effectuent successivement à partir de chacun de ceux-ci. Les divers ordres de ramifications du système raméal sont tous disposés d'une manière spiralée.

Commentaires : le système raméal étudié ci-dessus présente cette fois une association de caractères qui permettent d'orienter ses affinités avec plus de précision. Le mode de ramification spiralée à tous les niveaux du système raméal, la nature tridimensionnelle des organes latéraux ultimes, la forme triangulaire de la stèle de bois primaire et surtout la répétition de cette même forme dans au moins deux ordres de ramification successifs autorisent à rattacher la plante aux *Aneurophytales*, malgré l'absence de parties

fertiles. Un cortex avec des bandes de cellules épaissies est assez souvent remarqué chez des plantes dévoniennes d'affinités diverses. Il est connu chez certaines Aneurophytales et notamment chez le *Rellimia* (Kräusel & Weyland, 1933). De plus, les caractéristiques de la stèle de la plante du Maroc (sa forme, ses dimensions, le mode d'émission avec élargissement tangentiel de l'extrémité du bras concerné) sont analogues à celles de la plage ligneuse des spécimens fertiles de *R. thomsonii* du Givetien de l'Etat de New York (U.S.A.; Bonamo, 1977). Toutefois, les restes d'Imouzzer ne sont pas fertiles et l'anatomie des parties ultimes végétatives de *R. thomsonii* n'a pas encore été décrite; de plus, la stèle d'un autre système raméal fertile de *R. thomsonii* provenant d'Allemagne cette fois, semble différente, plus massive (Schweitzer & Matten, 1982). Il y a un problème au niveau de l'anatomie de *R. thomsonii* que la plante du Maroc ne peut aider à résoudre. La morphologie externe du système raméal végétatif d'Imouzzer, avec la disposition spiralée des branches, le caractère tridimensionnel, l'allure et même les dimensions des organes latéraux est analogue à celle du genre *Rellimia* mais ce type morphologique n'est pas restreint au seul genre *Rellimia* chez les Aneurophytales. Aussi, si la présence de ces dernières peut, pour la première fois, être assurée au Maroc, aucune détermination générique n'est-elle proposée en raison du manque d'arguments décisifs.

B.- Implications stratigraphiques

Les macrorestes récoltés dans les lutites à plantes rassemblent des fragments de progymnospermes probables et d'Aneurophytales, typiques du Dévonien moyen. La présence probable de *Protocephalopteris* permet d'être un peu plus précis; d'après Schweitzer (1968), l'extension stratigraphique de ce genre va de l'Eifelien moyen au Givetien moyen en Norvège. Au Sud de la Sibérie, il est également récolté dans la partie moyenne du Dévonien moyen (Ananiev, 1960). *P. praecox* n'est connu avec certitude que dans ces deux régions. Au Maroc, les lutites à plantes d'Imouzzer qui en contiennent quelques restes typiques, se situent donc au-dessus de la base de l'Eifelien et en-dessous du sommet du Givetien.

4.- LES SPECIMENS DES MARNES ET CALCAIRES DU FAMENNIEN

Série des K.28 et des K.33

Ces deux séries rassemblent de nombreux restes fragmentaires et indéterminables. Les essais de transferts (K.3343 et K.3344) n'ont pas donné de résultats.

Une petite pinnule étalée dans un plan peut seulement être considérée comme indicatrice

d'un niveau d'évolution supérieur à celui des spécimens des autres séries, d'ailleurs plus anciennes.

CONFRONTATION DES DONNEES DE LA PALEOBOTANIQUE ET DE LA PALEOZOOLOGIE

La comparaison des données paléobotaniques et de celles fournies par la macrofaune (Brachiopodes, Trilobites, Crinoïdes...) et/ou par les Conodontes, fait apparaître des différences, voire des divergences quant à l'âge de certains niveaux. Pour le gisement K.14, les données de la macroflore et de la palynologie favorisent plutôt un âge emsien, alors que les niveaux «sus-jacents» ont livré :

- a) des Trilobites (*Odontochile*) dont la répartition dans le Massif hercynien central va du Siegenien (Praguien) à la partie inférieure de l'Emsien (Zlichovien).
- b) des Crinoïdes (*Asperocrinus*) décrits dans le massif armoricain du Siegenien à l'Emsien supérieur.

Toutefois, le contexte structural de ce gisement n'est pas clairement défini et il se peut que sa position stratigraphique soit plus élevée qu'il n'y paraît. Dans l'état actuel des travaux, on considèrera que K.14 a peut-être un âge emsien.

L'étude paléobotanique indique un âge emsien ou eifelien pour le gisement K.84. Cependant, à quelques mètres latéralement, un niveau équivalent à K.84 contient des Brachiopodes d'âge emsien supérieur; de plus, des Conodontes provenant de calcaires sus-jacents (*Icriodus bilatericrescens*, *Icriodus beckmani beckmani*; Cygan, Charrière & Régnault, en préparation) sont signalés dans l'Emsien supérieur de l'Anti-Atlas (Bultynck & Hollard, 1980) et dans l'Emsien inférieur/base de l'Emsien supérieur du Massif hercynien central (Lazreq-Jarir, 1983). On doit donc en déduire que K.84 est probablement de l'Emsien supérieur.

Pour les autres gisements (K.37, K.86, K.28 et K. 33) les données paléobotaniques, celles des macrofaunes et celles des Conodontes concordent.

COMPARAISON DES ASSEMBLAGES DE PLANTES FOSSILES D'IMOUZZER-DU-KANDAR AVEC D'AUTRES ASSEMBLAGES FLORISTIQUES DEVONIENS D'AFRIQUE DU NORD : MAROC, ALGERIE, LIBYE

Au Maroc, dans plusieurs régions, des assemblages de plantes dévoniennes ont été signalés mais rarement décrits.

Il en est ainsi du Dévonien inférieur (Gedinien) du Haut Atlas occidental (Talmakent) (Schaer, 1977) et des Rehamna (Mechra-ben-Abbou, Sidi Nefaa Leffaïd) (Gigout, 1951, 1955; Hollard *et al.*, 1982). Dans le Haut Atlas central (Aït-Tamlil), des Psilophytales existaient dans des dépôts d'âge emsien ou plus récent (Jenny & Le Marrec, 1980). Dans la partie orientale du Massif hercynien central (Maroc central), des *Taenioocrada* sont signalés dans les schistes et grès calcareux à *Anetoceras cf. advolvens* (Emsien inférieur) de l'extrémité nord du Jbel Bou Khémis (Bensaid, 1979). De même des débris végétaux existent entre El Hajeb et Azrou dans une série flysch probablement du Dévonien inférieur (observations inédites).

Des végétaux du Dévonien moyen sont connus dans le Maroc nord-oriental (Tazzeke) (Hoepffner, 1977). Mais, des débris végétaux ont surtout été récoltés dans le Massif hercynien central. Dans l'anticlinorium de Kouribga-Oulmès, ils ont été rencontrés dans les schistes et grès de Kouchada-Oued bou Taïla (Eifelien) et de Tsili (Givetien) (Termier, 1936). De même pour la partie orientale du Massif hercynien central avec les schistes et grès eiféliens à végétaux de la Gara de Mrirt-Bou Nebedou (Hollard, 1967) et surtout le secteur de Dechra-Aït-Abdallah (=Agarad-n-Azdaït). Dans cette dernière localité, une importante macroflore associée à une faune marine (Eifelien) a été étudiée par Termier & Termier (1950). Il s'agit de la seule macroflore du Dévonien marocain ayant fait l'objet d'une étude détaillée. Une révision de cette flore permettrait peut-être de préciser ses caractères par rapport à celle d'Imouzzer (cf. commentaires de l'étude paléobotanique).

Dans le Dévonien supérieur (Famennien), *Archeocalamites* est cité par Lecointe (1926) dans la Meseta côtière (Oued Cherrat).

En Algérie occidentale, des débris végétaux (*Protolpidodendron scharianum*, cf. *Hicklingia* et cf. *Taenioocrada*) ont été cités dans les Traras (Guardia, 1975). De même près de Saïda (Oran) où des *Taenioocrada (Halyserytes)* ont été signalés (Lucas, 1950). Dans ces deux régions, les dépôts fossilifères sont des flyschs à conglomérats rapportés au Dévonien moyen; ces séries présentent par ailleurs des analogies avec celles de Ghar-Rouban (frontière algéro-marocaine) et du Maroc nord-oriental (Tazzeke).

En Libye, *Cooksonia* est présent dans les sédiments du Silurien supérieur (Pridoli) du Nord du bassin de Rhadamès (Daber, 1971). Un reste mal conservé et peu convaincant rapporté à *Cooksonia* sp. est également signalé dans la Formation Acacus du Dor el Goussa sur le bord nord-oriental du Bassin de Mourzouk (Lejal-Nicol, 1980); toutefois, l'âge Silurien terminal/Dévonien

basal attribué à cette Formation au faciès continental à limnique (Klitzsch *et al.*, 1973) est remis en question par plusieurs auteurs (cf. Edwards *et al.*, 1983, p. 34) en raison de la présence, à côté de restes de Rhyniophytina et de Trimerophytina très fragmentaires et dépourvus des caractères permettant de les rattacher à un genre particulier (suivant l'opinion de Fairon-Demaret), de Lycophytes (Klitzsch *et al.*, 1973; Lejal-Nicol, 1980) dont le niveau d'organisation, indépendamment des noms qui leur ont été attribués, est beaucoup plus complexe. De telles Lycophytes ne sont connues ailleurs qu'à partir du Dévonien moyen où elle coexistent d'ailleurs avec les dernières psilophytes.

Des restes de Lycophytes ont été récoltés également dans les autres Formations du Bassin de Mourzouk (Tadrart, Ouan Kassa, Aouinet Ouenine, identifiées sur le bord oriental et Aouinet Ouenine, sur le bord occidental; consulter Lejal-Nicol et Moreau-Benoît, 1979 pour un résumé des nombreuses publications antérieures) dont l'âge s'échelonne du Siegenien moyen/supérieur au Dévonien supérieur inclus.

En définitive, on remarquera que par rapport à la plupart des différents gisements à végétaux précédemment cités, l'ensemble des macrorestes d'Imouzzer est remarquablement complet puisque les niveaux à débris végétaux sont répartis du Dévonien inférieur au Dévonien supérieur; ils rassemblent des plantes aux affinités diverses dont le niveau d'évolution n'est pas en complet désaccord avec l'âge des sédiments qui les renferment.

PALEOENVIRONNEMENT DES DEPOTS A VEGETAUX D'IMOUZZER-DU-KANDAR

A l'Emsien, la région d'Imouzzer-du-Kandar a été le siège d'une sédimentation détritique fine (argilites micacées) à faune benthique correspondant à un milieu de vasière. Par la suite (Emsien supérieur), se sont mis en place des dépôts détritiques terrigènes grossiers (conglomérats et grès) à Brachiopodes de type deltaïque ((Charrière & Régnault, 1983).

Au Givetien et au Famennien, cette région a connu une sédimentation de plateforme interne avec des lutites à rare faune benthique, puis de marnes et calcaires à Brachiopodes ((Charrière, Cygan & Régnault, 1983).

Les dépôts de végétaux se sont produits dans ces environnements successifs. Les restes de plantes sont d'abord peu abondants et disséminés; le niveau gréseux de l'Emsien supérieur semble davantage correspondre à une accumulation de menus fragments. Les débris végétaux se rencontrent sur plusieurs mètres d'épaisseur dans

les lutites du Givetien avec cependant des niveaux plus riches en fragments. Les marnes du Famennien semblent de nouveau correspondre à un (? ou plusieurs) niveau(x) d'accumulation d'axes végétaux.

L'état de fragmentation des végétaux semble indiquer une allochtonie du matériel par rapport au biotope. L'ampleur du transport est toutefois difficile à préciser. Seule une étude détaillée de chaque niveau apporterait peut-être des précisions sur les caractères de ces milieux.

La succession d'Imouzzer montre plusieurs niveaux à végétaux superposés. Cette particularité tient au fait que ce secteur correspondait probablement à une zone bordière durant une grande partie du Dévonien. Cette région a subi des influences continentales plus ou moins marquées, à plusieurs reprises (Charrière, Cygan & Régnauld, 1984). Ceci est particulièrement net au Givetien et au Famennien, avec un appauvrissement des faunes marines.

A l'échelle du Maroc, dans les schémas paléogéographiques proposés par Piqué (1979), on note la quasi-permanence de deux zones émergées ou de hauts-fonds : - d'une part, au Nord d'une ligne Rabat-Meknès («Bloc des Séhoul»), - d'autre part, dans la partie sud-est du Massif hercynien central et la région de Midelt. Ce dernier domaine pourrait, par ailleurs, représenter en partie la bordure nord de l'«Ile de l'Atlas» figurée par Erben (1962, 1964).

Il est à remarquer enfin que Termier & Termier (1950) ont suggéré l'existence d'une zone émergée dans la région d'Azrou (40 km au SW d'Imouzzer) à l'Eifelien.

Dans le cadre de ces reconstitutions, en grande partie hypothétiques, la région d'Imouzzer pouvait correspondre, soit à la bordure nord de l'«Ile de l'Atlas», soit au prolongement de la bordure sud du «Bloc des Séhoul». La direction et le sens des apports continentaux demeurent inconnus.

Les macroflores dévoniennes du Maroc ont été peu étudiées. Cependant, un certain nombre de coupes, en particulier dans le Massif hercynien central, contiennent des niveaux à végétaux. Un échantillonnage précis et une étude détaillée de ces niveaux, menés conjointement avec la révision des flores antérieurement décrites, permettraient de préciser les caractères et la répartition des différents taxons. Ainsi, une importante contribution serait apportée à la connaissance des peuplements floristiques et des paléogéographies qui se sont succédées au cours du Dévonien en Afrique du Nord.

BIBLIOGRAPHIE

- ANANIEV, A.R., 1960.- Study of the Middle Devonian flora of the Sayan-Altaï mountain region. *Bot. Journ.*, 45 (5) : 649-666.
- BANKS, H.P., BONAMO, P.M. & GRIERSON, J.D., 1972.- *Leclercqia complexa* gen. et sp. nov., a new Lycopod from the Late Devonian of Eastern New York. *Rev. Palaeobot. Palyn.*, 14 : 19-40.
- BANKS, H.P., LECLERCQ, S. & HUEBER, F.M., 1975.- Anatomy and morphology of *Psilophyton dawsonii*, sp. n. from the Late Lower Devonian of Québec (Gaspé), and Ontario, Canada. *Palaeontographica Americana*, 8 (48) : 77-127.
- BENSAID, M., 1970.- L'Ordovicien supérieur, le Silurien et le Dévonien dans l'Est du Maroc central. *Mines, Géol. & Energie*, Rabat, 46 : 83-86.
- BONAMO, P.M., 1977.- *Rellimia thomsonii* (Progymnospermopsida) from the Middle Devonian of New York State. *Am. J. Bot.*, 64 : 1272-1285.
- BRICE, D., CHARRIERE, A., DROT, J. & REGNAULD, S., 1983.- Mise en évidence, par des faunes de Brachiopodes, de l'extension des formations dévoniennes dans la boutonnière d'Imouzzer-du-Kandar (Sud de Fès, Maroc). *Ann. Soc. Géol. Nord*, CIII : 445-458.
- BULTYNCK, P. & HOLLARD, H., 1980.- Distribution comparée de Conodontes et Goniatites dévoniens des plaines du Dra, du Ma'der et du Tafilalt (Maroc). *Aardk. Med.*, 1, Leuven University Press.
- CHARRIERE, A., CYGAN, C. & REGNAULD, S., 1984.- Un exemple d'évolution de faciès carbonaté dans le Dévonien marocain. 10è Réunion. *Ann. Sci. Terre, Bordeaux, Soc. Géol. France* edit. : 133.
- CHARRIERE, A. & REGNAULD, S., 1983.- Stratigraphie du Dévonien de la boutonnière d'Imouzzer-du-Kandar (Sud de Fès) : conséquences paléogéographiques. *Symposium P.I.G.C.* 27, Rabat.
- CHALONER, W.G. & MEYER-BERTHAUD, B., 1983.- Leaf and stem growth in the Lepidodendrales. *Bot. J. Linn. Soc.*, 86 (1/2) : 135-148.
- CHALONER, W.G. & SHEERIN, A., 1979.- Devonian Macrofloras. *Special Papers in Palaeontology*, 23 : 145-161.
- DABER, R., 1971.- *Cooksonia*, one of the most ancient Psilophytes-widely distributed but rare. *Botanique*, 2 : 35-39.
- EDWARDS, D., FEEHAN, J. & SMITH, D.G., 1983.- A late Wenlock flora from Co. Tipperary, Ireland. *Bot. J. Linn. soc.*, 86 : 19-36.
- ERBEN, H.K., 1962.- Zur Analyse und Interpretation der Rheinischen und Hercynischen Magnafacies des Devons. *Symposiums - Band 2. Internat. Arbeitstag. Bonn-Bruxelles*. 1960 : 42-61.
- ERBEN, H.K., 1964.- Facies developments in the Marine Devonian of the Old World. *Proceed. Ussher Soc.*, 1, prt. 3, 6.1 : 92-118.
- FAIRON-DEMARET, M., 1985.- Les plantes fossiles de l'Emsien du Sart Tilman, Belgique. I. *Stockmansia langii* (Stockmans) comb. nov. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 44 : 243-260.
- GIGOUT, M., 1951.- Etudes géologiques sur la Meseta marocaine occidentale (arrière-pays de Casablanca, Mazagan et Safi). *Notes & M. Serv. géol. Maroc*, n° 86.
- GIGOUT, M., 1955.- Recherches géologiques à Mechrâ Benâbhou. *Trav. Inst. Sci. Chérif., Rabat, sér. Géol. & Géogr. phys.*, 3 : 67 p.
- GRIERSON, J.D. BANKS, H.P., 1983.- A new genus of Lycopods from the Devonian of New York State. *Bot. J. Linn. Soc.*, 86 : 81-101.
- GUARDIA, P., 1975.- Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. Relations structurales et paléogéographiques entre le Rif externe, le Tell et l'avant-pays atlasique. *Thèse Doct. Sci. nature Univ. Nice*.
- HOEG, O.A., 1942.- Downtonian and Devonian flora of Spitsbergen. *Norges Svalband-Øg Ishavs- Undersøkelse*, Skr. 83 : 1-228.
- HOEPFFNER, Ch., 1977.- Données nouvelles sur le Paléozoïque de la bordure occidentale du massif du Tazekka (Maroc oriental). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 284 (D) 17 : 1635-1637.
- HOLLARD, H., 1967.- Le Dévonien du Maroc et du Sahara nord-occidental. *Int. Sympos. Devonian Syst.*, Calgary, vol. I, publ. *Alberta Soc. Pétr. Geol.* : 203-244.
- HOLLARD, H., MICHARD, A., JENNY, P., HOEPFFNER, Ch. & WILLEFERT, S., 1982.- Stratigraphie du Primaire de Mechrâ ben Abbou, Rehamna Maroc. In : le massif paléozoïque des Rehamna, Maroc. *Notes & M. Serv. géol. Maroc*, 303 : 13-24.

- JENNY, J. & LE MARREC, A., 1980.- Mise en évidence d'une nappe à la limite méridionale du domaine hercynien dans la boutonnière d'Aït-Tamlil - Haut-Atlas, Maroc. *Ecol. géol. Helv.*, 73/3 : 681-696.
- KLITZSCH, E., LEJAL-NICOL, A. & MASSA, D., 1973.- Le Siluro-Dévonien à Psilophytes et Lycophytes du bassin de Mourzouk (Libye). *C.R. Acad. Sci.*, 277 (D) : 2465-2467.
- KRAUSEL, R. & WEYLAND, H., 1933.- Die Flora des böhmischen Mitteldevons (Stufe Hh 1 Barrande = h Kettner-Kodym). *Palaeontographica B*, 78 (1-2) : 1-56.
- LAZREQ-JARIR, N., 1983.- Contribution à l'étude micropaléontologique (principalement Conodontes) du Dévonien de la région d'Oulmès (Maroc central). *Thèse 3^e cycle Univ. Paris IV* : 1-96.
- LECLERCO, S., 1940.- Contribution à l'étude de la flore du Dévonien de Belgique. *Acad. Roy. Belg., Cl. Sc., Mém.*, in 4^e, 2^e ser., 12 (3) : 1-65.
- LECLERCO, S., 1960.- Refendage d'une roche fossilifère et dégagement de ses fossiles sous binoculaire. *Senckenb. Lethaea*, 41 (1) : 483-487.
- LECOINTRE, G., 1926.- Recherches géologiques dans la Meseta marocaine. *M. Soc. Sci. natur. Maroc.*, Rabat, 14 : 158 p.
- LEJAL-NICOL, A., 1980.- Sur la paléoflore de la Formation Acacus (Silurien) du Dor el Gussa (Libye). *C.R. 105^e Congr. nat. Soc. savantes, Caen 1980*, Sciences, fasc. 1 : 25-47.
- LEJAL-NICOL, A. & MOREAU-BENOIT, A., 1979.- Sur les plantes vasculaires dans le Dévonien de Libye. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 27 (2) : 193-210.
- LUCAS, G., 1950.- Présence de Psilophytales dans les schistes et microbrèches de la région de Saïda (Oran). *R. R. somm. Soc. géol. France*, p. 94.
- PIQUE, A., 1979.- Evolution structurale d'un segment de la chaîne hercynienne : la Meseta marocaine nord-occidentale. *Thèse Sci. Strasbourg et Sci. Géol. Mém.*, 56 : 243 p.
- SCHAER, J.P., 1977.- Guide de l'excursion géologique dans la Meseta marocaine et le Haut-Atlas de Marrakech. Tournée dans le Bloc ancien du Haut-Atlas, septembre 1977, inédit.
- SCHWEITZER, H.J., 1968.- Pflanzenreste aus dem Devon Nord-Westspitzbergens. *Palaeontographica B*, 123 (1-6) : 43-75.
- SCHWEITZER, H.J. & MATTEN, L.C., 1982.- *Aneurophyton germanicum* and *Protopteridium thomsonii* from the Middle Devonian of Germany. *Palaeontographica B*, 184 (4-6) : 65-106.
- STOCKMANS, F., 1968.- Végétaux mésodévonien récoltés aux confins du Massif du Brabant (Belgique). *Mém. Inst. Roy. Sc. Nat. Belg.*, n° 159.
- TERMIER, H., 1936.- Etudes géologiques sur le Maroc central et le Moyen-Atlas septentrional. *Notes & M. Serv. Mines & Cartes géol. Maroc*, 33 : 1566 p.
- TERMIER, H. & TERMIER, G., 1950.- La flore eifélienne de Dechra Ait Abdallah (Maroc central). *Bull. Soc. Géol. France*, 20 : 197-224.
- TIMS, J.D. & CHAMBERS, T.C., 1984.- *Rhyniophytina* and *Trimerophytina* from the early land flora of Victoria, Australia. *Palaeontology*, 27 (2) : 265-279.

Note

En cours d'impression de ce travail, nous avons pris connaissance de la description d'une seconde espèce du genre *Haskinsia*, *H. sagittata* récoltée au Vénézuéla dans des sédiments d'âge dévonien (? Givetien-Frasnien; Edwards & Benedetto, 1985). Des feuilles complètes de cette nouvelle espèce ont été observées : leur limbe, de forme triangulaire caractéristique, possède, à la base, deux projections aigües orientées vers le bas. Cfr *Haskinsia* du Maroc ne montre pas

une seule feuille complète et ne peut être rapporté à une espèce.

L'espèce vénézuélienne accroît l'extension géographique du genre; sa répartition stratigraphique (de l'Eifélien au Frasnien inclus) n'est pas modifiée.

EDWARDS, D. & BENEDETTO, J.L., 1985.- Two new species of herbaceous Lycopods from the Devonian of Venezuela with comments on their taphonomy. *Palaeontology*, 28 (3) : 599-618.

PLANCHE 1

Gisement K. 14

1. Vue générale partielle des axes costulés superposés, montrant des cicatrices circulaires disposées sans ordre net. K.14.02 x1.
2. Détail d'une cicatrice du spécimen précédent x10.
4. Détail de la costulation empâtée par des sels de fer. K.14.02 x10.

Gisement K. 84

3. cf. *Haskinsia*; vue générale à sec sous lumière rasante afin d'accentuer le relief. K.84.01 x 2.
5. Fragments d'axes épineux dichotomes. K.84.03 x2.
6. Détail des plages losangiques avec cicatrice en V renversé de cf. *Haskinsia*. K.84.01 x5.
7. Détail du bord du fragment de cf. *Haskinsia*; la flèche repère une feuille dont le limbe est visible. K.84.01. x5, lumière polarisée.
8. et 9. Reste de grappe de sporanges fusiformes de type *Dawsonites*. K.84.05, respectivement, x3,2, à sec et x4 sous immersion.
10. Détail de la surface d'un rameau latéral épineux. K.84.02 x10, à sec.
11. Limbe foliaire incomplet observé près de la marge de cf. *Haskinsia*. K.84.01. x10, sous immersion.
12. Détail du bord du fragment de cf. *Haskinsia* (comparer à la fig. 7); les flèches indiquent deux limbes foliaires, le supérieur étant figuré à plus fort grossissement fig. 11. x5, sous immersion.
13. Sommet du fragment de cf. *Haskinsia*. x2, à sec.

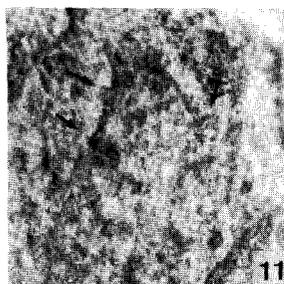
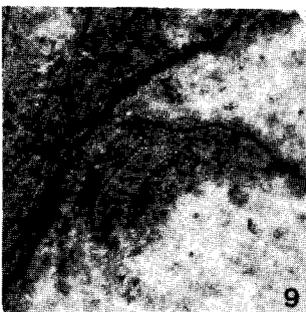
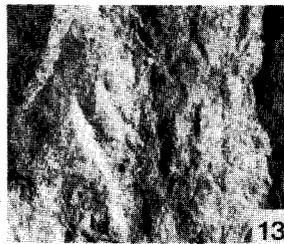
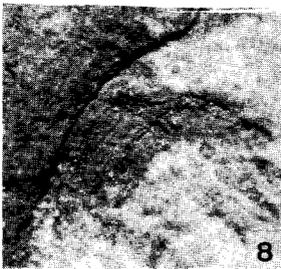
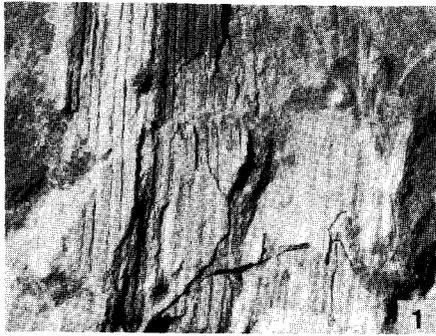


PLANCHE 2

Gisement K. 86. Aneurophytales probables

1. Détail d'un axe avec cicatrice montrant l'insertion spiralée des organes latéraux végétatifs. Ceux-ci ne sont visibles que le long des marges de l'axe; ils sont divisés par des dichotomies. K.86.01. x4.
4. Axe ayant conservé une certaine épaisseur (p) de structure perminéralisée par des sels de fer. K.86.01. x4.
- 2,3. Vue générale, x50 et détail, x100, d'une section transversale de la structure visible sur la fig. 2; la petite protostèle triangulaire est entourée d'un anneau de cellules corticales d'aspect uniforme. px: protoxylème.
- 5,6. Vue générale. x50 et détail, x100, d'une autre section transversale, distante de 0,1 mm environ de celle illustrée fig. 3 et 4. Un des bras de la protostèle s'est allongé, préparant une émission vers un organe latéral.
7. Extrémités recourbées d'un organe latéral tridimensionnel montrant trois dichotomies successives. K.86.01. x4.

Gisement K. 37. Cf. *Protocephalopteris praecox*

8. Détail d'une paire d'appendices fixés sur la face antérieure d'un axe (qui plonge dans le sédiment); un des crochets est conservé sur toute sa longueur; seule la base du second est conservée. K.37.03.01. x5.
9. Détail d'un appendice latéral courbé en crochet. K.37.03.01. x5.
10. Détail de la base en relief d'une paire d'appendices latéraux. K.37.03.02. x5.

Aneurophytale

11. Organe latéral végétatif qui, bien que incomplet, montre trois niveaux de division K.37.04. x5.
12. Vue d'ensemble et schéma correspondant après dégagement, d'un organe latéral végétatif tridimensionnel. K.87.04. x3,2.

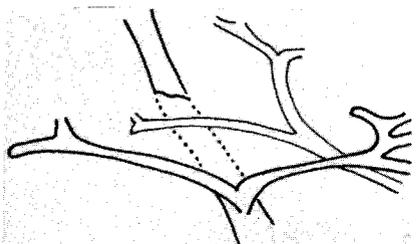
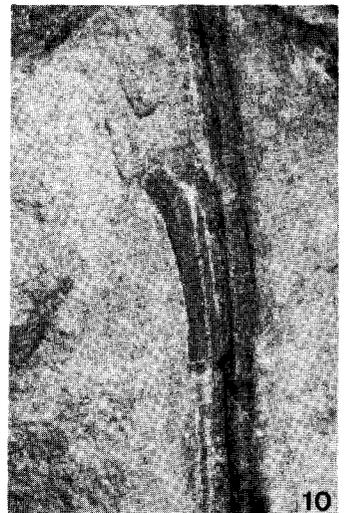
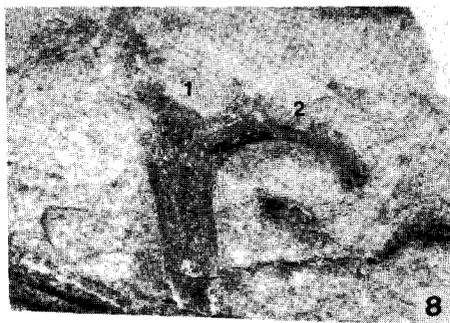
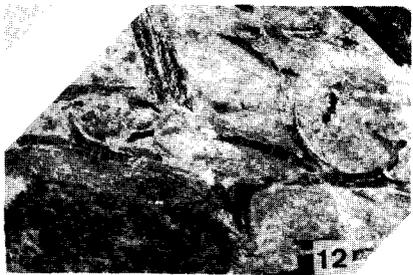
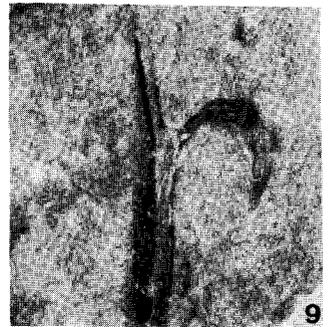
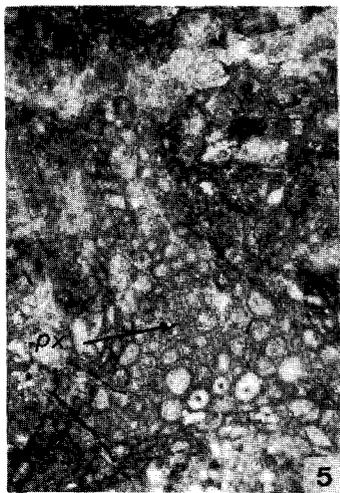
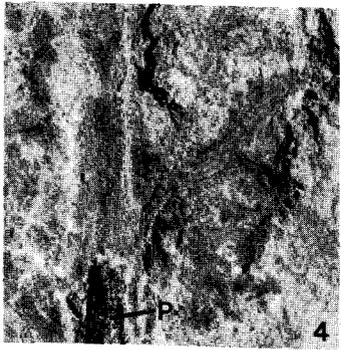
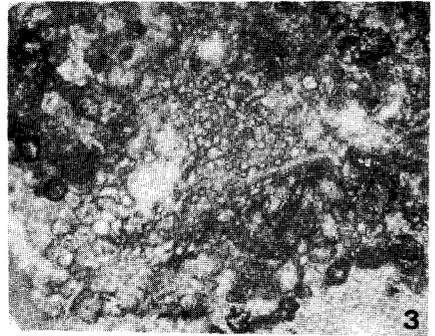
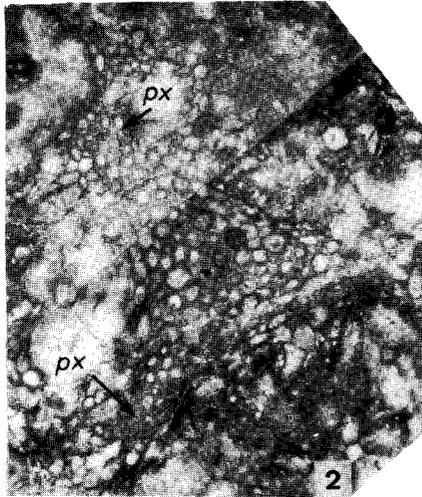
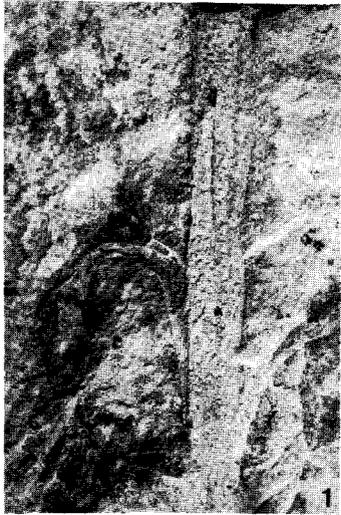


PLANCHE 3
Gisement K.37. Aneurophytale

1. Section transversale d'un axe d'ordre N (niveau C sur fig. 7) montrant le début de l'élargissement tangentiel du bras de la stèle triangulaire préparant une émission. K.37.04. x100.
2. Vue générale de la section transversale (niveau B sur fig. 3) de la protostèle triangulaire et de l'anneau de cellules corticales avec zones épaissies. K.37.05. x45.
3. Vue générale du système d'axes ramifiés avec des parties de structure perminéralisée. K.37.05. x2,5.
4. Détail de la même section que fig. 2, après oxydation. x100.
5. Section transversale d'un rameau d'ordre N + 1 (niveau D sur fig. 7). K.37.04. x50.
6. Protostèle triangulaire «au repos» montrant trois lobes équivalents (niveau A sur fig. 7). K.37.04. x100.
7. Contre-empreinte du spécimen illustré fig. 3; on remarque l'aspect superficiel fibreux du cortex. K.37.04. x2,5.

