

LA PALICHNOFAUNE DES BASSINS PERMIENS PROVENÇAUX

GEORGES DEMATHIEU & GEORGES GAND

Centre des Sciences de la Terre de l'Université de Bourgogne et URA 157 du CNRS, Paléontologie analytique et Géologie sédimentaire, 6 bd Gabriel, F-21100 Dijon.

NADÈGE TOUTIN-MORIN

Université d'Orléans, Département des Sciences de la Terre, Laboratoire de Géologie structurale et URA 1366 du CNRS, BP 6759, F-45067 Orléans cedex 2.

RÉSUMÉ

Les comparaisons morphologiques et statistiques faites entre la palichnofaune de vertébrés du Permien provençal et celle du bassin de Lodève permettent de conclure à l'existence d'associations semblables. L'étude paléontologique montre la présence d'Eosuchiens, de Captorhinomorphes ou de Procolophonoïdés, de Pélycosauriens et, peut-être, de Thérapsidés, vivant dans des environnements de plaine d'inondation, de lacs ou de marécages. Les petits Temnospondyles et les Eryopsidés semblent abondants localement. La palichnofaune d'invertébrés, importante, inclut 17 ichnogènes dont un nouveau et assez abondant : *Dendroidichnites*, et deux nouvelles ichnos espèces. Ces traces suggèrent une faune intéressante d'Arthropodes, d'Annélidés, de Gastropodes, vivant dans des eaux douces ou sur leurs limites. D'après la datation du Val Gardena (Italie) et les échelles palichnostratigraphiques française et allemande il est proposé de dater Kazanien sup. ou Tatarien basal les niveaux fossilifères de la Formation Pélitique du bassin du Luc (Provence). Compte tenu de la première apparition dans le Permien européen de *Hyloidichnus major* et de *Hyloidichnus (Varanopus) microdactylus* et des datations fournies par la Palynologie, la Formation des Pradineaux daterait du Kazanien inférieur ou du Koungourien. Il pourrait en être de même de la base du Permien rouge supraconglomératique des bassins de Lodève et de St Affrique (couches de Rabéjac, de la Boriette et de Briols).

THE PERMIAN PALICHNOFAUNA OF THE PROVENCAL BASINS.

ABSTRACT

Statistical and morphological comparisons between the ichnofauna of the Provençal Permian and the one of the Lodève basin allow the conclusion of the existence, of similar associations. The paleontological study of tetrapod tracks demonstrates the existence of Eosuchians, Captorhinomorphs, Procolophonids and Pelycosaurians and may be of some therapsids living in flood plain environments, lakes or marshes. Small Temnospondyls and Eryopsids appear to be locally abundant. Invertebrate ichnofauna is of consequence and includes 17 ichnogenera, including a new one *Dendroidichnites*, and two new ichnospecies. These trails suggest remarkable fauna of Arthropods, Worms, Gastropods living in shallow (fresh ?) waters and/or at their border. According to the age attributed to the Val Gardena Tetrapod Footprint Association (Italy) by reference to the french and german palichnostratigraphic scales, the age Upper Kazanian or basal Tatarian is proposed for the fossiliferous layers of the Pelitic Formation of the Luc basin (Provence). Considering 1) the first vertical appearance in the european Permian, of *Hyloidichnus major* and *Hyloidichnus (Varanopus) microdactylus*, and 2) the datings yielded by palynology, then, the Pradineaux Formation would be of lower Kazarian age or Koungourian. May be, the red supraconglomeratic Permian basement of the Lodeve and St Affrique basins (Rabejac, Boriette and Briols layers would have the same age.

MOTS-CLÉS : TRACES DE VERTÉBRÉS ET D'INVERTÉBRÉS, PERMIEN, PROVENCE ORIENTALE, FRANCE, PALÉOENVIRONNEMENT, CHRONOSTRATIGRAPHIE.

KEY-WORDS : VERTEBRATE AND INVERTEBRATE TRACES, PERMIAN, PROVENCE ORIENTALE, PALÉOENVIRONNEMENTS, CHRONOSTRATIGRAPHY.

INTRODUCTION

Dans les bassins provençaux, il a été récolté d'assez nombreuses traces de vertébrés et d'invertébrés qui ont été progressivement mentionnées ou décrites (Bordet 1951 ; Ellenberger 1965 ; Heyler & Montenat 1980 ; Gand 1980 et 1988). Peu à peu, la palichnofaune a été ainsi de mieux en mieux connue et il est apparu, après une révision nomenclaturale des empreintes de vertébrés tétrapodes, que tous les ichnogènes et toutes les ichnoespèces sauf deux : *Varanopus rigidus* GAND, 1989 et *Dimetropus latus* HEYLER & MONTENAT, 1980, étaient déjà connues dans les autres bassins français (Gand 1988). Inversement, certaines ichnites de la palichnofaune française manquaient en Provence. Des découvertes faites par les auteurs dans les bassins du Bas-Argens et du Luc, comblent en partie, cette lacune. Il en résulte un bilan palichnologique nouveau qui enrichit notre connaissance des peuplements et des paléoenvironnements sédimentaires des bassins permien provençaux.

Les niveaux à empreintes ont pu être situés avec précision dans l'échelle lithostratigraphique de chaque bassin en se référant aux travaux de Bordet (1951), de Boucarut (1971) et de Toutin (1980). La répartition stratigraphique des ichnoespèces provençales peut ainsi être comparée avec celles des bassins de Lodève, de St Affrique (Gand 1988, 1989b,c) et d'Europe centrale. Des essais de corrélations entre les formations de ces divers bassins sont alors proposées et leur âge est discuté, en se référant aux données de la palynologie, des isotopes radioactifs et du paléomagnétisme.

LOCALISATION DES GISEMENTS À EMPREINTES

Situation géographique (fig. 1).

VERTÉBRÉS

Les premiers gisements fossilifères du Var ont été signalés par Bordet (1951), près de St Raphaël, dans la

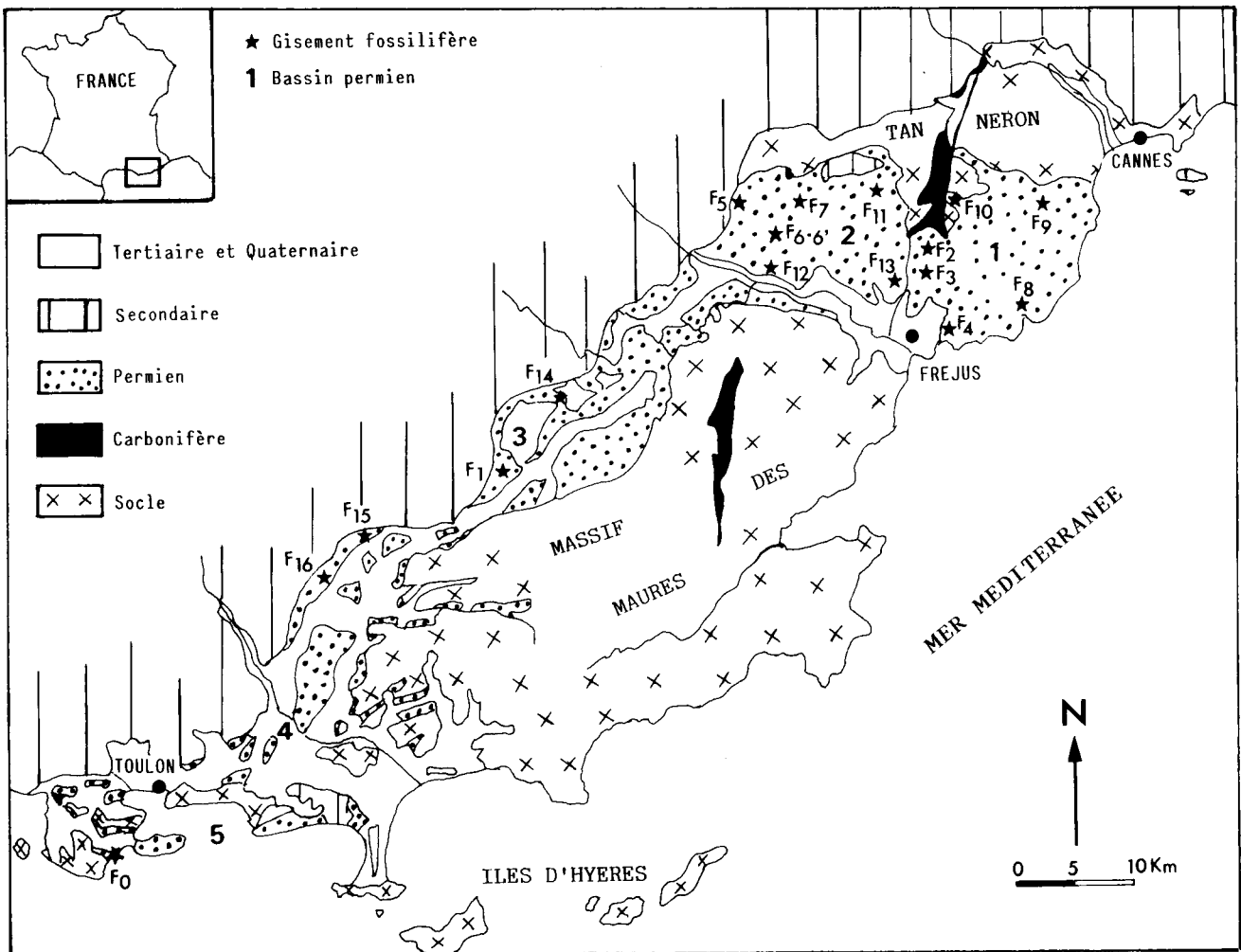


Figure 1 - Localisation des gisements fossilifères en Provence orientale. Location of the fossiliferous sites in Eastern Provence. 1) Bassin de l'Ésterel : F2 : Colle de La Motte ; F3 : Le Gargalon ; F4 : La Roseraie ; F8 : Carrière d'Agay ; F9 : Saint-Jean ; F10 : Lac de l'Avellan. 2) Bassin de Bas-Argens : F5 : La Motte ; F6-F6' : ancienne carrière du Miton ; F7 : Coulet-Redon ; F11 : piste de Cabran ; F12 : ancienne carrière du Muy ; F13 : carrière de l'hôpital Jean-Louis de Fréjus. 3) Bassin du Luc : F1 : Gonfaron ; F14 : Sud du Cannet des Maures. 4) Bassin de Cuers-Sollès Pont : F15 : La Foux ; F16 : Cuers. 5) Bassin de Toulon : F0 Fabrégas.

carrière de la Roseraie (F4 fig. 1) et à la Colle de la Motte (F2 fig. 1), dans l'Estérel et près de Gonfaron (F1, fig. 1), dans le bassin du Luc. Par la suite, Ellenberger (1965) a découvert quelques ichnites près de Toulon mais elles n'ont pas été figurées ni nommées. Puis des empreintes ont été observées ou récoltées dans les bassins :

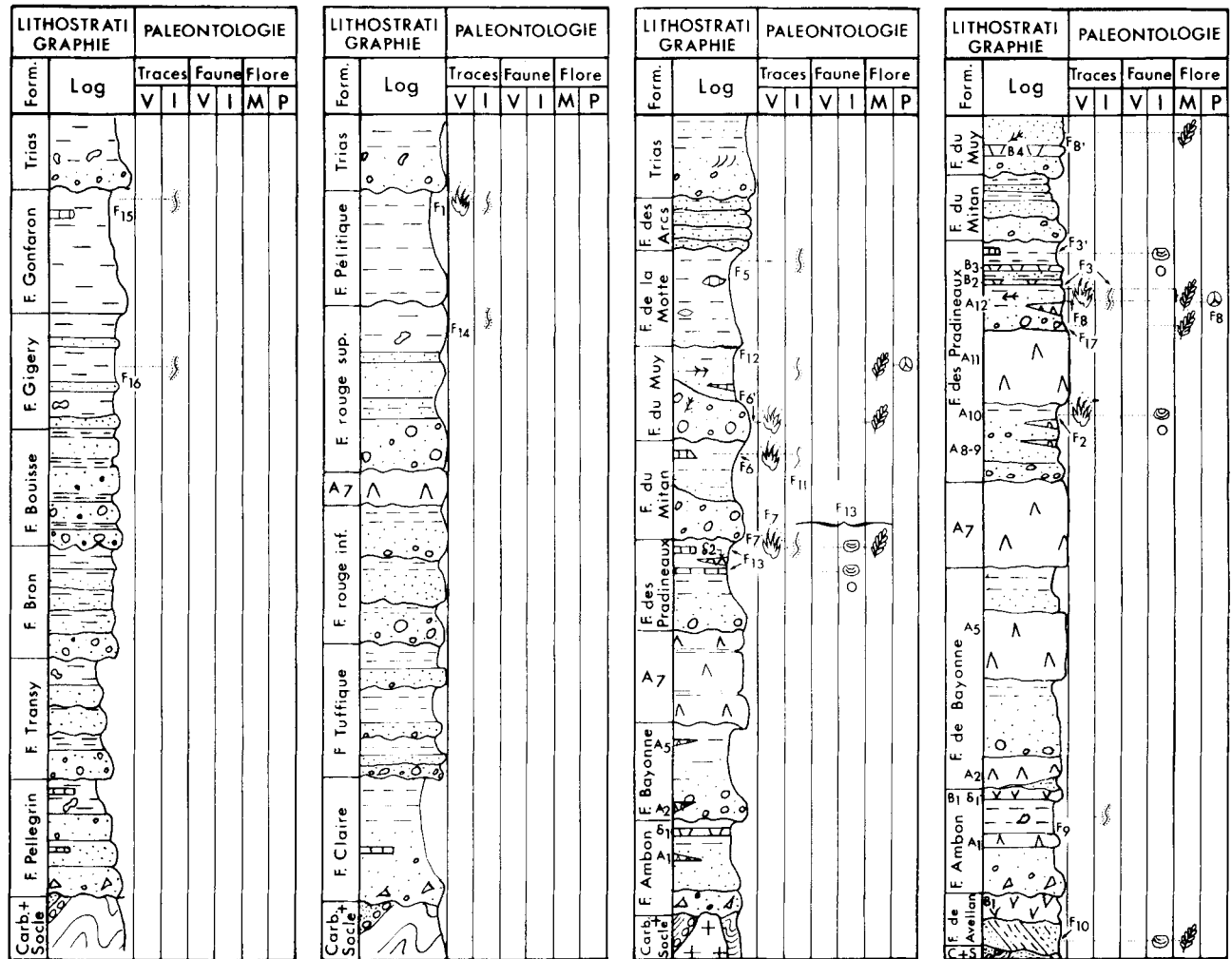
- du Luc, près de Gonfaron (F1, fig. 1) par Demathieu *in* Gand (1988, 1980), Heyler & Montenat (1980) ;
- du Bas-Argens, près de l'Endre dans deux carrières situées près du Mitan (F6, fig. 1) par Arévian *et al.* (1979), Toutin (1980), Gand (1988), dans les carrières du Coulet Redon et du Muy (fig. 1), par Toutin (inédit) ;
- de l'Estérel, dans la carrière d'Agay par Boucarut (1971) et sur la rive gauche du Gargalon (F3, fig. 1) par Ballestra *in* Heyler & Montenat (1980).

Dernièrement, en 1989, dans la carrière du Mitan située au Sud de la D 47 et dans celle du Coulet-Redon (F7,

fig. 1), toutes deux localisées dans le bassin du Bas-Argens, l'un de nous (G. G) a récolté, en place et dans des déblais, diverses traces de vertébrés tétrapodes associées à des végétaux pour certaines d'entre-elles.

INVERTÉBRÉS

Bordet 1951, a mentionné dans la région de Gonfaron "des trous d'Annélides" et des pistes attribuables à des crustacés ; il a également signalé, au Sud de l'Estérel, des niveaux à traces de vers, d'insectes et de crustacés qui n'ont pas été retrouvés. Plusieurs autres gisements ont été découverts par Toutin (1980). Ils sont situés sur les figures 1, 2 et 9 de ce travail. Parallèlement à ces recherches, quelques traces d'invertébrés recueillies près de Gonfaron (F1 fig. 1) ont été décrites (Heyler & Montenat 1980). Ce dernier gisement a fourni aussi à l'un de nous (G D), une palichnofaune abondante et variée qui sera seulement étudiée ici, puisque les autres gisements n'ont pas été échantillonnés.



200
300
0
m
Figure 2 - Répartition stratigraphique des fossiles des bassins provençaux. A : Bassin de Cuers ; B : du Luc ; C : du Bas-Argens ; D : de l'Estérel ; F : formation ; C + S : Carbonifère et socle ; A1 à A12, B1 à B4, delta 1 et delta 2, coulées volcaniques. A acides ; B et delta basiques ; I : invertébrés ; V : vertébrés ; M : macrofore ; P : palynologie ; O : ostracodes ; F1 à F17 : gisements fossilifères.
Stratigraphic range of the fossils of the provençaux basins.

Lithostratigraphie (fig. 2).

Dans les bassins permien provençaux, la série stratigraphique est représentée par une succession de formations organisées en séquences sédimentaires granodécroissantes suivant la trilogie classique conglomérats-grès-argilites.

Les empreintes sont surtout localisées dans les niveaux à grain fin. Elles côtoient de nombreuses figures sédimentaires d'origine climatique (empreintes de gouttes de pluie, fentes de dessiccation. . .). Le plus souvent, elles sont associées à des sédiments lacustres (laminites de la formation du Mitau, carbonates des formations des Pradineaux et du Mitau, argilites de la formation des Pradineaux...), palustres (galettes et nodules calcaires de la formation des Pradineaux) ou de plaine d'inondation (argilites des formations de la Motte, Pélitique et de Gonfaron). Elles sont bien conservées au sommet des séquences positives, lorsque le matériel fin arrive dans les bassins en cours de comblement, tandis qu'elles sont rares, le plus souvent même absentes, dans les conglomérats et les grès qui se déposent lorsque le démantèlement des reliefs est fort, lors de phases tectoniques instables ou en période de crues des cours d'eau. Quelques unes ont été observées à la surface de dalles formées par du matériel volcano-sédimentaire déposé dans l'eau (cinérites de la formation de l'Avellan, tufs de la formation des Pradineaux...).

Les traces proviennent, le plus fréquemment, de niveaux d'argilites de couleur brun-rouge ou verte. La signification de ces teintes n'est pas aisée à expliciter mais il est communément admis que le rouge provient d'une oxydation du fer contenu (hématite) et la couleur verte d'une réduction de ce métal pouvant avoir comme origine une certaine quantité de matière organique dans le sédiment ; la "décoloration" verte se faisant parfois autour d'un débris végétal.

Il faut noter que ces deux couleurs ne caractérisent pas nécessairement des niveaux différents mais se retrouvent, parfois, conjointement dans une même couche.

Les empreintes animales récoltées sont, en majorité, des hyporeliefs convexes, les épireliefs concaves correspondants étant beaucoup moins nets par suite de l'érosion due à l'action des eaux souterraines et également moins aisés à étudier, mais le sédiment qui compose les dalles est le même. Il n'est pas rare, d'ailleurs, de trouver sur une même dalle des épireliefs sur une face et des hyporeliefs sur la face opposée.

Enfin, les empreintes semblent rares dans les niveaux les plus inférieurs de la série (formations de l'Avellan et d'Ambon). En revanche, elles sont nombreuses au cours du Permien supérieur, après la grande phase volcanique A7 qui s'est épanchée dans l'Estérel, le bassin du Bas-

Argens et jusque dans le bassin du Luc, et a profondément marqué la physionomie de la région.

ETUDE PALÉONTOLOGIQUE DE LA PALICHNOFAUNE (G.D. et G.G.)

Les traces de vertébrés tétrapodes.

TRACES ATTRIBUÉES A DES TEMNOSPONDYLES.

ANTHICHNIUM SALAMANDROIDES : fig. 3 (1) et fig. 4.

- nombre : 3 pistes et plusieurs empreintes isolées. Soit 21 P + 21 M.

Les traces d'autopodes.

Ces petites traces de quadrupèdes ont été observées dans les gisements de Gonfaron, du Mitau et du Coulet-Redon (fig. 1). Leur taille ne dépasse pas 15 mm de longueur.

La main, tétradactyle, digitigrade à subdigitigrade est située en avant du pied et plus à l'intérieur de la piste. Elle est également plus convergente étant même, dans quelques cas, orientée perpendiculairement à l'axe. Elle est plus petite que l'autopode postérieur. Les extrémités digitales sont toujours mieux marquées que les parties proximales et les doigts internes ont en général mieux imprimé le substrat. Ils sont bien écartés (l'angle I-IV peut-atteindre 107°), légèrement échelonnés en allant du I au III. D'après les mesures : $I < II < IV < III$. Ces doigts sont relayés par une paume en forme de U au contour postérieur imprécis. Comme chez les traces d'autopodes de Salamandre terrestre, le doigt I de *Anthichnium salamandroides* est relayé par une callosité bien marquée d'origine métacarpienne.

Les coefficients de variation des rapports de longueurs digitales sont assez forts (tableau 1) surtout pour II/I. Ces valeurs s'expliquent, selon toute vraisemblance, par l'hétérogénéité du matériel récolté ainsi que par l'importance de l'erreur relative, d'autant plus grande que les dimensions mesurées sont plus petites (Demathieu 1970 ; Gand 1988). Ceci est particulièrement net pour le rapport II/I.

Le pied, un peu plus long que large, est plus grand que la main d'environ la moitié. C'est une trace subdigitigrade à semiplantigrade aux doigts peu écartés (angle II-IV : $t = 34^\circ$), morphologiquement semblables à ceux de la main. Postérieurement, ils sont relayés par un talon peu imprimé formant un petit éperon dans le prolongement du doigt IV dans l'échantillon CorG3.

La formule suivante $I < V < II < III < IV$ résume les différences de longueurs digitales. Il apparaît aussi que IV est à peine plus grand que III.

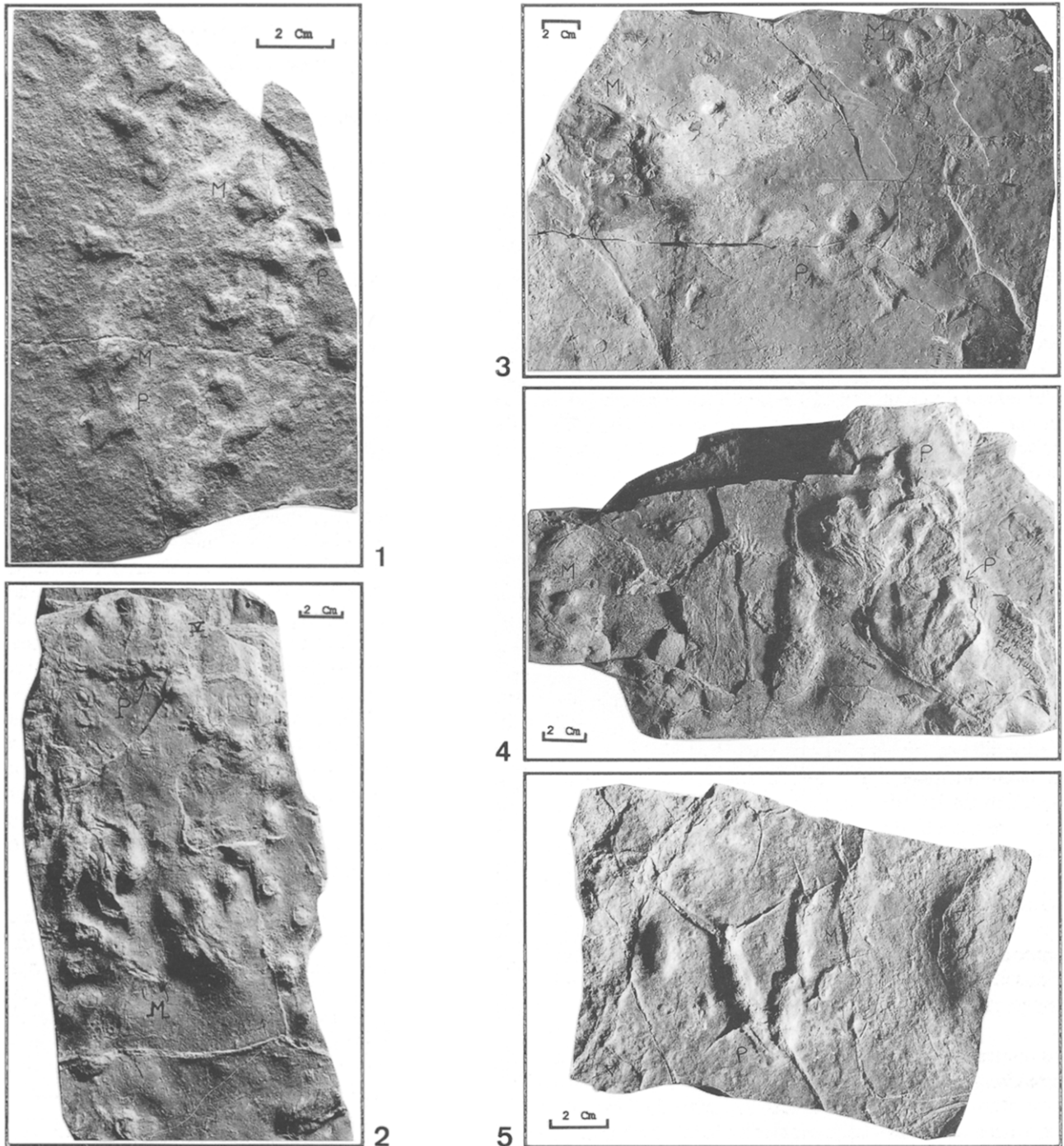


Figure - 3 - 1 - *Antibiotium salamandroides* (GEINITZ, 1861) (CoR 3B) ; cf. fig. 4C. Carrière du Coulet-Redon, Formation des Pradineaux. 2 - *Linnopus zeileri* (DELAGE, 1912) (MitG 18) ; cf. fig. 6C et D. Pied. Carrière du Mitan, Formation du Muy. 3 - *Linnopus zeileri* (MitG 15) ; cf. fig. 6A et 4O. Couple pied-main. Carrière du Mitan, Formation du Muy. 4 - *Linnopus zeileri* (MitG 20) ; cf. fig. 6B et I. Pied et main. Carrière du Mitan, Formation du Muy. 5 - *Dromopus didactylus* (MOODIE, 1930) (CoRG 12) ; cf. fig. 8Q. Couple pied-main. Carrière du Coulet-Redon, Formation des Pradineaux. Abréviations : Main = M ; Pied = P. 1 - Coulet-Redon quarry, Pradineaux Formation. 2 - Pes. Mitan quarry, Muy Formation. 3 - Manus-pes set. Mitan quarry, Muy Formation. 4 - Pes and manus. Mitan Quarry, Muy Formation. 5 - Manus-pes set. Coulet-Redon quarry, Pradineaux Formation. Abbreviations : Manus = M ; Pes = P. Pige : 2 cm. Scale bar : 2 cm.

Éléments statistiques Rapports	Origine	n	mo	Écart-type σ	K %	R	T	T lu	F	F lu
						observé	calculé	(5 %)	calculé	(5 %)
1 L / I	G	40	0,87	0,169	19	0,57				
	P	5	0,92	0,184	20	-0,11	0,62	2,02	1,19	2,61
2 L / III	G	43	1,69	0,315	19	0,70				
	P	8	1,93	0,535	28	0,34	1,76	2,01	2,88	2,24
3 II / I	G	42	1,57	0,250	16	0,83				
	P	10	1,96	0,668	34	0,42	3,06	2,01	7,14	2,18
4 III / II	G	47	1,19	0,147	12	0,88				
	P	11	1,24	0,220	18	0,64	0,92	2,00	2,23	2,04
5 III / IV	G	44	1,53	0,364	24	0,58				
	P	7	1,40	0,233	17	0,65	0,91	2,01	2,44	3,76
6 m / m''	G	44	0,78	0,082	10	0,86				
	P	9	0,78	0,091	12	0,73	0	2,01	1,23	3,03
7 L / I	G	11	1,03	0,126	12	0,28				
	P	5	1,22	0,114	9	0,52	2,87	2,15	1,21	5,96
8 L / III	G	21	1,85	0,242	13	0,25				
	P	6	2,32	0,837	36	0,15	2,35	2,06	11,96	2,71
9 II / I	G	23	1,60	0,253	16	0,63				
	P	5	1,82	0,945	52	0,97	1,02	2,05	13,96	2,82
10 III / II	G	25	1,30	0,158	12	0,76				
	P	6	1,34	0,208	15	0,88	0,53	2,04	1,73	2,62
11 IV / III	G	22	1,07	0,123	12	0,46				
	P	7	1,11	0,195	17	0,89	0,65	2,05	2,52	2,57
12 IV / V	G	12	1,56	0,285	18	0,30				
	P	5	2,07	0,337	16	0,88	3,20	2,15	1,40	3,36
13 m / m''	G	19	0,69	0,085	12	0,81				
	P	5	0,81	0,100	12	0,68	2,71	2,07	1,40	2,93

Tableau 1 - Comparaisons statistiques entre les moyennes (T) et les variances (F) de quelques rapports digitaux d'*Anthichnium salamandroides*; (G : échantillon Gand, 1988 ; P : échantillon provençal ; 1 à 6 : mains ; 7 à 13 : pieds ; m : distance II-IV ; m' : distance I-V ; m'' : distance I-IV); mo : moyenne ; n : effectif. *Statistical comparisons between means (T) and variances (F).*

Les valeurs des coefficients de variation relatifs aux rapports de longueurs digitales sont assez grandes. L'une d'entre elles est élevée pour II/I puisque celle-ci dépasse 50 %.

Comparaison avec l'échantillon français de référence : *Anthichnium salamandroides*.

Les traces de mains - A partir des valeurs de la variable réduite VR, il a été déterminé la probabilité P de dépasser VR. Toute valeur de P supérieure à 5 % indique que le rapport considéré est distribué selon la loi normale et ce, d'autant mieux, que P s'éloigne de ce seuil, surtout quand la variabilité est grande. D'après les données, il apparaît que tous les rapports suivent la loi normale et il n'existe pas de différences significatives entre les variances et les moyennes aux seuils 5 % et 1 %, concernant les divers rapports testés (tableau 1), sauf pour II/I, mais il faut remarquer que le coefficient

de variation du rapport de l'échantillon provençal est élevé (K = 34 %). Cette valeur signifie qu'il existe un grand intervalle de confiance pour la moyenne. Pour cette raison, elle n'est donc pas très fiable. II/I est donc peu représentatif et il semble actuellement difficile d'apporter un crédit à cette différence entre les deux séries d'empreintes.

Un seul résultat concernant la liaison entre les longueurs digitales II et III est significatif d'une non corrélation mais seulement au seuil 1 %. Il pourrait souligner l'influence de l'allométrie de croissance et donc signifier que les auteurs des traces provençales étaient d'âges différents.

Les traces de pied - Toutes les valeurs de P sont nettement supérieures au seuil 5 %, sauf pour II/I. Il peut donc être admis que les autres rapports sont distribués selon la loi normale. Avec P voisin de 6 %, II/I est situé à la limite.

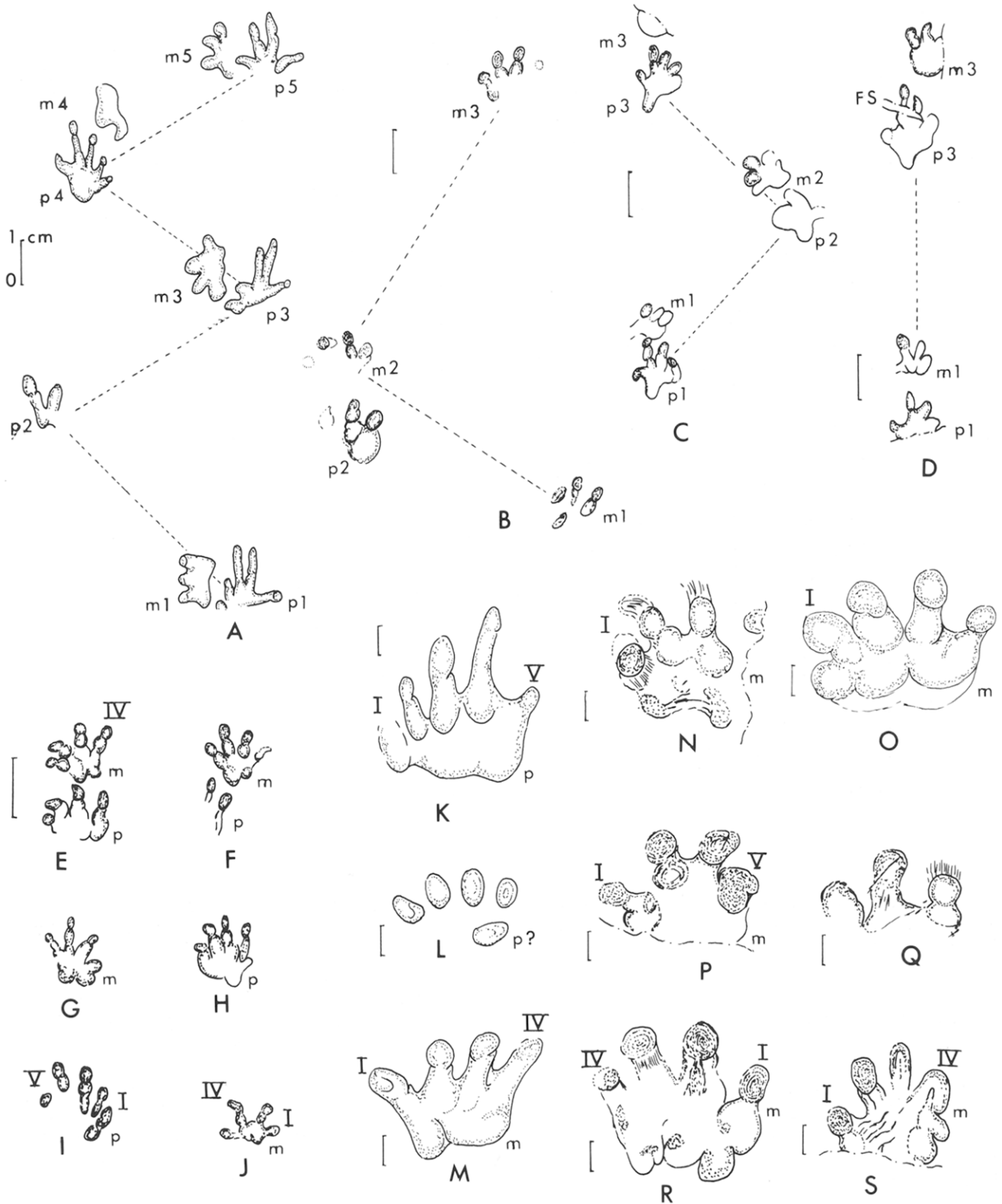


Figure 4 - Traces de Vertébrés tétrapodes. . A à J - *Antibichnium salamandroïdes* GEINITZ, 1861. A,F,G,I,J proviennent du gisement de Gonfaron (F1) ; B, du Mitan (F6) ; C,D,E,H, du Coulet-Redon (F7) ; A (1.6.2. I) ; B (Mitg 11 A) ; C (CoR. G.3 et fig. 3 (1)) ; D (CoR. G.3) ; E (CoR. G.1) ; I + J + F (Gonf. G, 26 A) ; G (Gonf. G 42B) ; H (CoR. G. 2A), K à S - *Limnopus zelleri* (DELAGE, 1912). K.L.M., de Gonfaron ; K (1.6.1. P2) ; L (1.6.1. K) ; M (1.6.1. P1). N à S, du Mitan : N (Mit. G. 17A) ; O (Mit. G15 ; fig. 3 (3)) ; PP (Mit. G.14B) ; Q (Mit. G.17) ; R (Mit. G.19) ; S (Mit. G.20A). p = Pied, pes ; m = main, manus ; Pige : 1 cm. Pige de E valable pour F,G,H,I,J. Scale bar : 1 cm. Scale bar of B valuable for F,G,H,I,J. Tetrapod Vertebrate Tracks

Les valeurs des coefficients de variation de L/III et de II/I sont élevées et diminuent beaucoup la confiance que nous pouvons avoir dans la signification des différences existant entre les variancés et les moyennes des deux échantillons. Par contre, et pour une raison inverse, la différence aux seuils 5 % et 1 %, observée entre les moyennes des rapports IV/V semble plus fiable puisque les variabilités sont plus faibles (tableau 1). Si celle-ci devait être confortée par l'étude d'un échantillon plus grand, elle traduirait l'existence d'orteils V plus petits dans les traces provençales que dans celles constituant actuellement l'échantillon de référence. Mais en raison de la conservation médiocre du matériel provençal, de son hétérogénéité, de son petit effectif, de l'existence possible de sous-traces et de l'importance de la variabilité de certains rapports, il nous a paru raisonnable de rapprocher les petites traces *Anthichnium* des bassins du Sud-Est de la France de l'ichnoespèce *salamandroides* puisque les morphologies entre les deux séries d'empreintes sont très proches.

Essai de position systématique.

Anthichnium salamandroides a été attribué à des Temnospondyles (Haubold 1971 ; Gand 1988). Ils pouvaient avoisiner une vingtaine de centimètres d'après les mensurations des pistes.

Aucun squelette de Temnospondyle n'a été jusqu'ici observé dans le Permien provençal. Ailleurs, en France, des squelettes pouvant s'adapter à ces pistes sont connus dans les bassins d'Autun, de Lodève et de Bourbon l'Archambault (Heyler 1969), mais ils datent de l'Autunien inférieur. Il s'agit de Branchiosauridés également fréquents dans le Rotliegendé inférieur de la Sarre et plus précisément dans le "Glan Gruppe" daté "Autunien" (Boy 1987). Ces petits vertébrés sont connus aussi dans l'Autunien de la Thuringe (Haubold *et al.* 1983). Si cette attribution est correcte, des Branchiosauridés existaient donc encore au Thuringien en Provence. Ils sont, également, signalés dans les "Kupferschiefer" de R.D.A (Haubold & Schaumberg 1985).

LIMNOPUS ZEILLERI (DELAGE, 1912) GAND, 1985 : fig. 3(2)(3)(4), 4 et 6.

- nombre : 2 pistes et plusieurs traces isolées ; soit 12 P + 12 M.

Ces empreintes n'avaient jamais été mentionnées jusqu'ici dans le Permien provençal. Elles ont été récoltées en place dans la carrière du Mitan (formation du Muy) et dans le gisement de Gonfaron par G.D. et G.G.

Les traces d'autopodes.

Ce sont des traces de quadrupèdes, longues de 60 mm, aux doigts courts assez larges quelquefois boudinés, sans

griffe, aux extrémités arrondies souvent prolongées par des éraflures. D'une manière assez générale et surtout pour le pied, les doigts internes sont plus complets. Ils ont donc mieux imprimé le substrat que les autres rayons. Ceux-ci sont relayés en arrière par une paume ou un talon montrant les replis de la peau.

La main, tétradactyle, paraxonienne, subdigitigrade à semi-plantigrade est plus large que longue. Les doigts sont très courts et peu écartés. Ils semblent reliés par une légère palmure. D'après les mesures : $I < IV < III < II$ avec II à peine plus grand que III. La limite postérieure des doigts est rarement nette. Elle est toujours moins marquée que les parties antérieures ovales ou arrondies, en général bien dessinées. I est relayé vers l'arrière, ainsi que IV, mais plus rarement, par une callosité qui rappelle celle qui est observée chez la salamandre terrestre actuelle. Celle-ci correspond pour I, à la trace de la partie postérieure du métacarpien I (Gand 1988).

D'après la position de ce métacarpien, il est vraisemblable que le doigt I était très court et réduit à une unique phalange. Pour les autres doigts, la qualité médiocre des empreintes ne permet pas de connaître avec certitude leur formule phalangienne. Une telle reconstitution est aussi rendue difficile par l'existence de coussinets indistincts chez les Amphibiens (Gand 1988). Néanmoins, en se basant sur la limite antérieure et extrapolée des autres métacarpies, il apparaît que les autres doigts avaient peu de phalanges, peut-être 2 pour III et IV. D'après cet essai de reconstitution, il semble donc que l'acropode était plus court que le métapode dont la limite postérieure est convexe.

Le pied, un peu plus grand que la main, plus large que long, subdigitigrade à semi-plantigrade, est pentadactyle. A partir de deux mesures, nous avons trouvé les inégalités suivantes concernant l'ordre des longueurs digitales : $I < II < V < III < IV$. Sur quelques exemplaires, (MitG15, A fig. 6), par exemple, les doigts sont réduits uniquement à leur extrémité arrondie et bien marquée.

Comparaison avec les autres traces *Limnopus*.

Du Permien français - Le genre *Limnopus* est actuellement connu dans le Permien français par 2 ichnoespèces : *L. zeilleri* et *L. regularis* (GAND, 1988). La première est fréquente surtout dans le Permien alternant et dans la base du Permien rouge des bassins de Lodève, de St Affrique et de Rodez. La seconde provient de l'ensemble du Viala du bassin de Lodève.

Limnopus zeilleri est une trace de quadrupède morphologiquement semblable aux empreintes du Sud-Est français avec notamment les replis de la peau souvent visibles. *L. zeilleri* est toutefois plus grande que l'ichnoespèce provençale puisque les mains et les pieds mesurent en moyenne, respectivement 104 et 140 mm pour

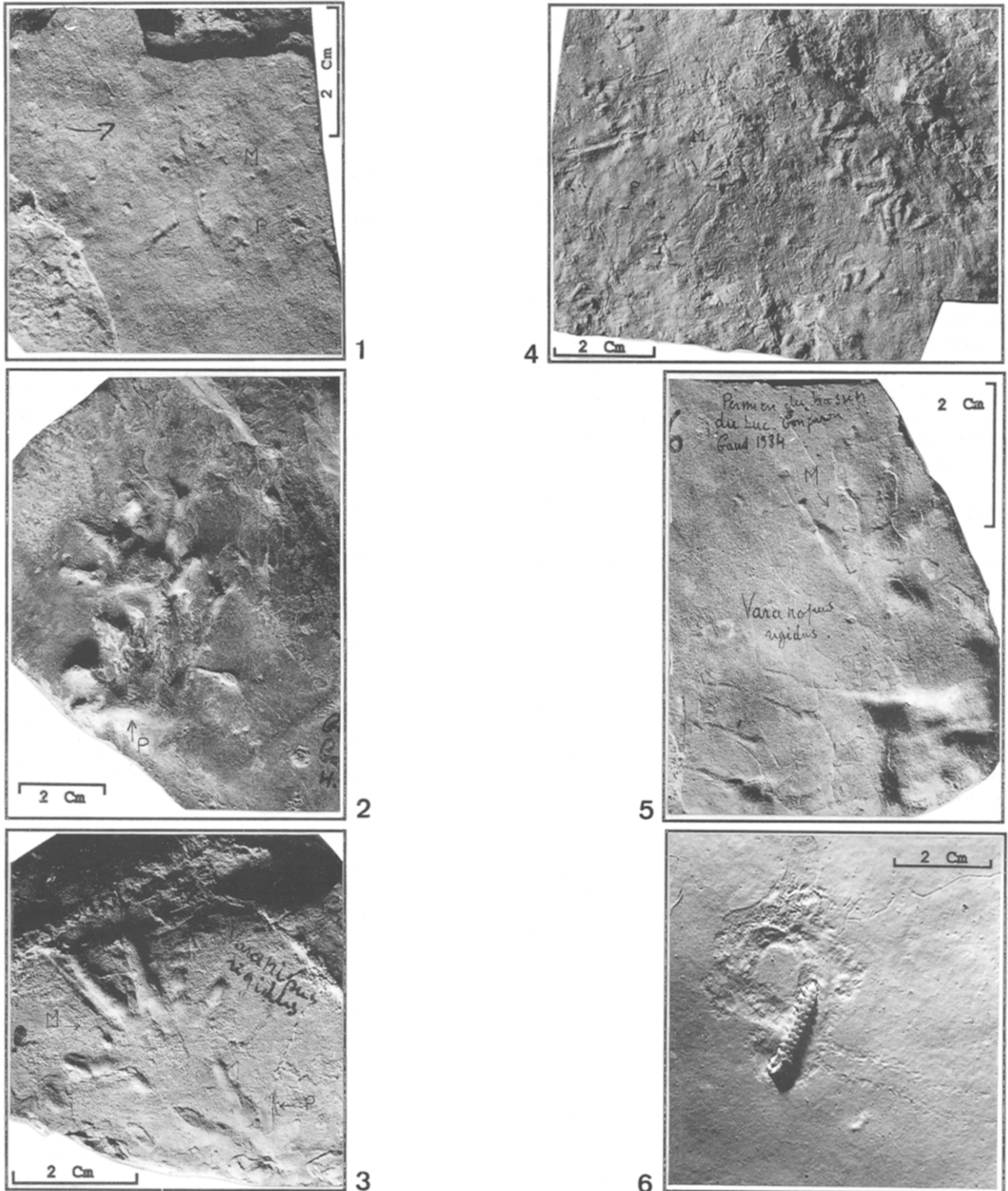


Figure 5 - 1 - *Varanopus curvidactylus* (MOODIE, 1929) (CoR G5) ; cf. fig. 8D. Couple pied-main. Carrière du Coulet-Redon, Formation des Pradineaux. 2 - *Hylodichnus major* (HEYLER & LESSERTISSEUR, 1963) (Gonf G40) cf. fig. 6G. Couple pied-main. Gisement de Gonfaron, Formation Pelitique. 3 - *Varanopus rigidus* (GAND, 1989) (Gonf. G57) cf. fig. 8B. Couple pied-main. Gisement de Gonfaron, Formation Pelitique. 4 - *Varanopus curvidactylus* (CoR G7) ; cf. fig. 8I. Piste. Carrière du Coulet-Redon, Formation des Pradineaux. 5 - *Varanopus rigidus* (Gonf. G56). Main. Gisement de Gonfaron, Formation Pelitique. 6 - *Polydesmus*, (Cou G1). Un Myriapode actuel, mort "en bout de piste" après avoir tourné sur lui-même (période de sécheresse de l'été 1976). Abréviations : Main = M ; Pied = P. Pige : 2 cm. 1 - *Manus-pes set.* Coulet-Redon quarry, Pradineaux Formation. 2 - *Manus-pes set.* Gonfaron site, Pelitic Formation. 3 - *Manus-pes set.* Gonfaron site, Pelitic Formation. 4 - *Trackway.* Coulet-Redon quarry, Pradineaux Formation. 5 - *Manus.* Gonfaron site, Pelitic Formation. 6 - *A present Myriapod, dead at the end of its trail after having rounded on itself (dryness period during summer 1976).* Abbreviations : Manus : M ; Pes = P. Scale bar : 2 cm.

Eléments statistiques Rapports	Origine	n	mo	Ecart-type σ	K %	R observé	T calculé	T lu (5%)	F calculé	F lu (5%)
L / I	G	16	0,86	0,107	12	0,40				
	P	4	0,86	0,107	12	0,59	0	2,10	1,01	3,29
L / III	G	13	2,24	0,563	25	0,16				
	P	4	2,29	0,601	26	0,22	0,153	2,13	1,14	3,49
II / I	G	14	1,28	0,314	25	0,82				
	P	4	1,63	0,258	16	0,72	2,03	2,12	1,48	8,73
III / II	G	15	1,13	0,187	17	0,65				
	P	5	1,01	0,086	8	0,92	1,37	2,10	4,72	5,87
III / IV	G	15	1,21	0,256	21	0,65				
	P	4	1,25	0,169	13	0,66	0,29	2,11	2,29	8,71
m / m''	G	12	0,72	0,066	9	0,74				
	P	5	0,78	0,088	11	0,75	1,55	2,13	1,77	3,36

Tableau 2 - Comparaisons statistiques entre les moyennes (T) et les variances (F) de quelques rapports digitaux concernant les traces de mains de *Limnopus zeilleri* (G : échantillon Gand 1988 ; P : échantillon provençal. Statistical comparisons between means (T) and variances (F) concerning the manus of *Limnopus zeilleri*.

l'échantillon des Coulons pris comme référence (Gand 1985, 1988).

La comparaison des longueurs des doigts de la main indique les mêmes inégalités : $I < IV < II = III$. Cette formule diffère un peu concernant les pieds de chaque échantillon puisqu'il a été noté : $I < II < V < III < IV$ pour l'échantillon de Provence et $I < V < II < III < IV$ pour *L. zeilleri*.

Précisions apportées par l'étude statistique. Comme les valeurs de la variable réduite sont nettement inférieures à 1,960 (seuil 5 %), il en résulte donc que les rapports envisagés sont distribués normalement.

L'examen du tableau 2, concernant les seules traces de main, montre qu'il n'existe aucune différence significative au seuil 5 % entre les variances et les moyennes des divers rapports testés. Et en définitive, comme les deux séries d'empreintes sont morphologiquement et morphométriquement semblables, il paraît logique d'inclure l'échantillon provençal dans l'ichnoespèce *Limnopus zeilleri*, bien que les divers caractères pédieux n'aient pas pu être comparés faute de mesures suffisantes.

Avec *L. regularis* (Gand 1988) uniquement réduit à une piste comportant 13 empreintes d'une vingtaine de millimètres de longueur, la comparaison avec les empreintes provençales est plus malaisée car *L. regularis* n'est pas actuellement définie statistiquement. En utilisant uniquement les caractères morphologiques, il apparaît des différences plus accusées entre les deux ichnoespèces. Celles-ci concernent :

- pour le pied, une plantigradie plus fréquente et plus nette chez *L. regularis* que chez *L. zeilleri* ;
- un rapport longueur du pied/longueur de la main différent ; 1,11 pour *L. regularis* contre 1,21 pour *L. zeilleri* de Provence ;

- des ordres de longueurs des doigts différents aux mains des deux échantillons puisque $I < II = IV < II$ pour *L. regularis* et $I < IV < II = III$ pour *L. zeilleri* du SE français.

Du Permien allemand ; traces de la Sarre - Fichter a décrit, en 1983, l'ichnoespèce *L. palatinus*. Celle ci provient du bassin de la Sarre et a été récoltée dans plusieurs niveaux du Rotliegendes de la base (couches de Wahnwegen) jusqu'au sommet de la série permienne (couches de Standenbühl).

Comme il n'existe aucune donnée concernant les longueurs, les comparaisons statistiques entre *L. palatinus* et l'échantillon provençal sont impossibles. En considérant l'aspect morphologique, on voit qu'il existe des points communs entre les deux échantillons (doigts larges et courts surtout bien marqués aux extrémités ; subdigitigradie à semiplantigradie). Mais comme ces caractères appartiennent aussi aux diverses ichnoespèces de *Limnopus*, il paraît impossible, en dehors de toute étude concernant la variabilité, d'attribuer le matériel provençal à *L. palatinus*.

Essai de position systématique.

Limnopus a été attribué à des Eryopsidés (Haubold 1971 ; Gand 1985). En comparant la taille de *Limnopus zeilleri* de Provence avec celle de l'échantillon de référence *Limnopus zeilleri* (DELAGE, 1912) GAND 1985, il est possible que ces Temnospondyles provençaux aient atteint environ 1 m de longueur.

TRACES ATTRIBUÉES A DES CAPTORHINOMORPHES ET/OU A DES PROCOLOPHONOIDÉS.

HYLOIDICHNUS MAJOR (HEYLER & LESSERTISSEUR, 1963) HAUBOLD, 1971 : fig. 5(2) et 6.

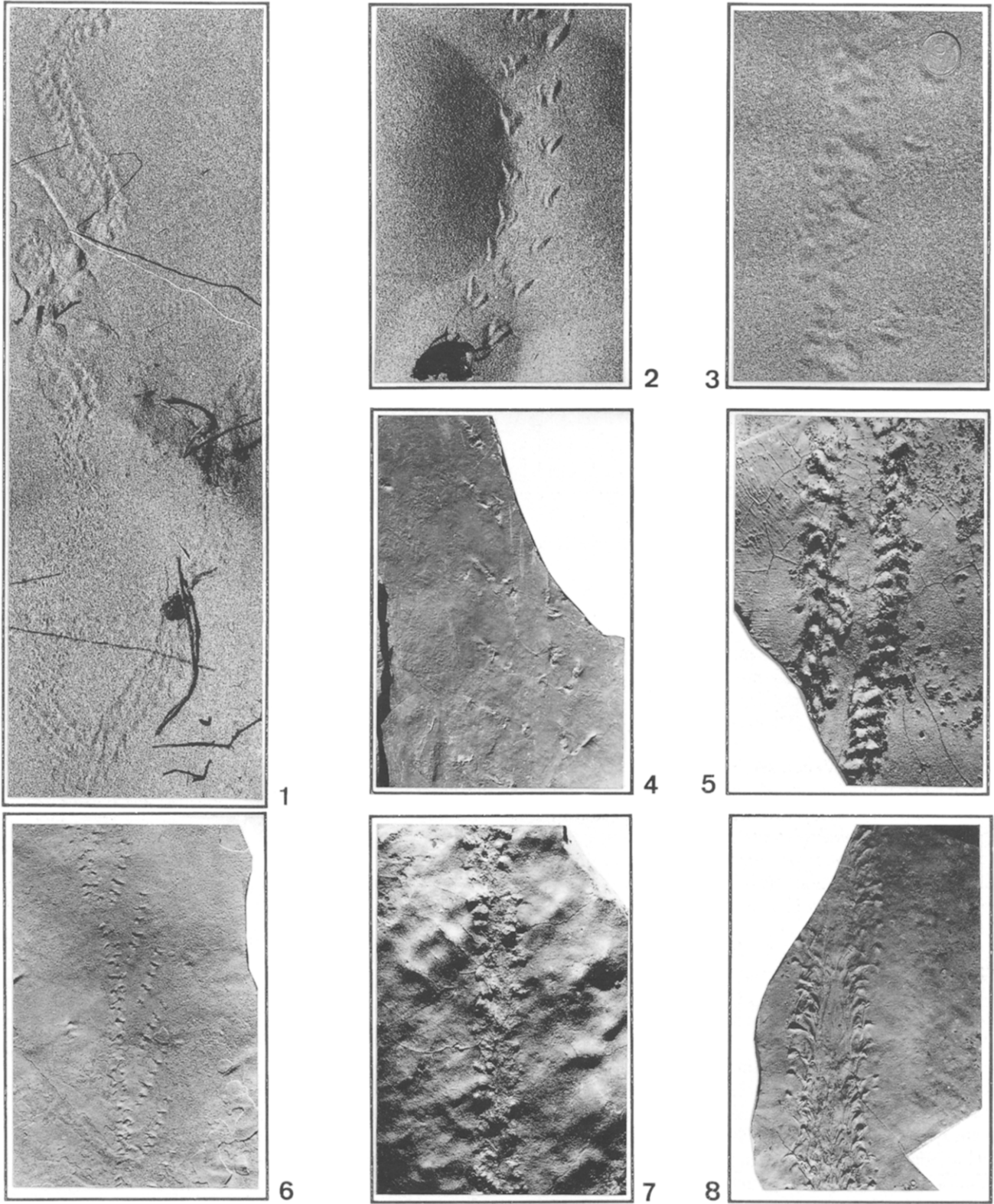


Figure 7 - 1 - Piste actuelle de *Pimelia bipunctata* dans du sable de plage. Noter les différents aspects de cette piste. L'insecte est dans le bas, à droite x 0,3. 2 - Piste actuelle de *Scarabeus punctatus* x 0,5. 3 - Traces laissées par la boule d'excréments poussée par le scarabée x 0,4. 4 - *Lithographus hieroglyphus* HITCHCOCK, 1858 (1.6.1. AAe) x 0,5. 5 - *Bifurculapes* sp. HITCHCOCK, 1858 (1.6.1. XL 36) x 1,9. 6 - *Trachomachmus multipartites* MILLER, 1880 (1.6.1. XL 13) x 0,8. 7 - *Dendroidichnites elegans* nov. ichnogen. nov. ichnosp. (1.6.1. XL 20) x 0,85. 8 - *Dendroidichnites elegans* (1.6.1. XL 21) x 1. Vue partielle d'une piste avec agrandissement. 1 - *Pimelia bipunctata* present trail in beach sandstone. Note the different patterns of this trail. The insect is on the lower right corner. 2 - Present trail. 3 - Imprints left by the ball of excrements pushed by the beetle. Partial view of a trail under enlargement.

Éléments statistiques Rapports	Origine	n	m \circ	Écart-type σ	K %	R observé	T calculé	T lu (5 %)	F calculé	F lu (5 %)																																																																																																																		
L / I	P	5	0,85	0,092	11	0,78	1,24	2,20	5,64	6,09																																																																																																																		
	G	8	0,98	0,219	22	0,66					L / III	P	5	1,38	0,223	16	0,86	2,61	2,20	1,60	6,09	G	8	1,77	0,282	16	0,69	II / I	P	4	1,34	0,114	8	0,95	0,40	2,23	14,70	8,89	G	8	1,43	0,438	30		III / II	P	5	1,21	0,093	8	0,95	1,18	2,18	6,20	6,04	G	9	1,34	0,232	17		IV / III	P	5	1,10	0,045	4	0,99	1,98	2,23	4,25	6,16	G	7	1,19	0,093	8	0,88	IV / V	P	5	1,47	0,262	18	0,84	2,42	2,26	1,44	5,19	G	6	1,82	0,218	12	0,95	m / m'	P	5	0,80	0,112	14	0,55	1,69	2,26	1,73	5,19	G	6	0,79	0,085	11	0,96	m / m''	P	5	0,76	0,084	11	0,34	0,21	2,23	1,06	4,53	G
L / III	P	5	1,38	0,223	16	0,86	2,61	2,20	1,60	6,09																																																																																																																		
	G	8	1,77	0,282	16	0,69					II / I	P	4	1,34	0,114	8	0,95	0,40	2,23	14,70	8,89	G	8	1,43	0,438	30		III / II	P	5	1,21	0,093	8	0,95	1,18	2,18	6,20	6,04	G	9	1,34	0,232	17		IV / III	P	5	1,10	0,045	4	0,99	1,98	2,23	4,25	6,16	G	7	1,19	0,093	8	0,88	IV / V	P	5	1,47	0,262	18	0,84	2,42	2,26	1,44	5,19	G	6	1,82	0,218	12	0,95	m / m'	P	5	0,80	0,112	14	0,55	1,69	2,26	1,73	5,19	G	6	0,79	0,085	11	0,96	m / m''	P	5	0,76	0,084	11	0,34	0,21	2,23	1,06	4,53	G	7	0,77	0,082	11	0,89												
II / I	P	4	1,34	0,114	8	0,95	0,40	2,23	14,70	8,89																																																																																																																		
	G	8	1,43	0,438	30						III / II	P	5	1,21	0,093	8	0,95	1,18	2,18	6,20	6,04	G	9	1,34	0,232	17		IV / III	P	5	1,10	0,045	4	0,99	1,98	2,23	4,25	6,16	G	7	1,19	0,093	8	0,88	IV / V	P	5	1,47	0,262	18	0,84	2,42	2,26	1,44	5,19	G	6	1,82	0,218	12	0,95	m / m'	P	5	0,80	0,112	14	0,55	1,69	2,26	1,73	5,19	G	6	0,79	0,085	11	0,96	m / m''	P	5	0,76	0,084	11	0,34	0,21	2,23	1,06	4,53	G	7	0,77	0,082	11	0,89																													
III / II	P	5	1,21	0,093	8	0,95	1,18	2,18	6,20	6,04																																																																																																																		
	G	9	1,34	0,232	17						IV / III	P	5	1,10	0,045	4	0,99	1,98	2,23	4,25	6,16	G	7	1,19	0,093	8	0,88	IV / V	P	5	1,47	0,262	18	0,84	2,42	2,26	1,44	5,19	G	6	1,82	0,218	12	0,95	m / m'	P	5	0,80	0,112	14	0,55	1,69	2,26	1,73	5,19	G	6	0,79	0,085	11	0,96	m / m''	P	5	0,76	0,084	11	0,34	0,21	2,23	1,06	4,53	G	7	0,77	0,082	11	0,89																																														
IV / III	P	5	1,10	0,045	4	0,99	1,98	2,23	4,25	6,16																																																																																																																		
	G	7	1,19	0,093	8	0,88					IV / V	P	5	1,47	0,262	18	0,84	2,42	2,26	1,44	5,19	G	6	1,82	0,218	12	0,95	m / m'	P	5	0,80	0,112	14	0,55	1,69	2,26	1,73	5,19	G	6	0,79	0,085	11	0,96	m / m''	P	5	0,76	0,084	11	0,34	0,21	2,23	1,06	4,53	G	7	0,77	0,082	11	0,89																																																															
IV / V	P	5	1,47	0,262	18	0,84	2,42	2,26	1,44	5,19																																																																																																																		
	G	6	1,82	0,218	12	0,95					m / m'	P	5	0,80	0,112	14	0,55	1,69	2,26	1,73	5,19	G	6	0,79	0,085	11	0,96	m / m''	P	5	0,76	0,084	11	0,34	0,21	2,23	1,06	4,53	G	7	0,77	0,082	11	0,89																																																																																
m / m'	P	5	0,80	0,112	14	0,55	1,69	2,26	1,73	5,19																																																																																																																		
	G	6	0,79	0,085	11	0,96					m / m''	P	5	0,76	0,084	11	0,34	0,21	2,23	1,06	4,53	G	7	0,77	0,082	11	0,89																																																																																																	
m / m''	P	5	0,76	0,084	11	0,34	0,21	2,23	1,06	4,53																																																																																																																		
	G	7	0,77	0,082	11	0,89																																																																																																																						

Tableau 3 - Comparaisons statistiques entre les moyennes (T) et les variances (F) de quelques rapports digitaux concernant les traces de mains d'*Hylodichnus major* (G : échantillon Gand 1988; P : échantillon provençal). *Statistical comparisons between means (T) and variances (F) concerning the manus of Hylodichnus major.*

- nombre : 1 piste et d'assez nombreuses traces isolées. Soit 34 P + 37 M.

Les traces d'autopodes.

Ces ichnites de quadrupèdes, pentadactyles, ne dépassant pas actuellement 55 mm de longueur, aux extrémités digitales bifides, ont été observées dans les bassins du Luc et de l'Estérel (F3, gisement de Gargalon, fig.1).

Leur relative abondance sur les niveaux de Gonfaron a permis une comparaison statistique avec l'échantillon du Lodévois (Gand 1988). Au terme de cette analyse, il est apparu que les morphologies étant par ailleurs semblables que les empreintes provençales appartenaient à la même ichnopopulation *Hylodichnus major* y compris *Garganolipes ballestrai* HEYLER & MONTENAT, 1980.

Comme dans les bassins de Lodève et de St Affrique, dans celui du Luc en Provence, il existe aussi des traces *H. major* aux doigts minces et fins (fig. 6L) qui ressemblent à l'ichnoespèce américaine *H. whitei* GILMORE, 1928 et à laquelle Heyler & Montenat (1980) ont rapporté quelques empreintes de Gonfaron. Mais l'observation de la totalité de l'ichnopopulation *H. major* indique que la largeur des doigts varie beaucoup, à tel point que sur la même piste, il est possible d'observer, à la fois, des traces aux doigts larges et d'autres minces (Gand 1988 p. 141). Le caractère largeur digitale n'est donc pas à lui seul suffisant pour distinguer des ichnoespèces car il dépend beaucoup trop de la démarche de l'animal ainsi que de la consistance du substrat.

Comparaisons statistiques entre l'échantillon provençal (traces de mains) et celui des bassins de Lodève et de St Affrique (tabl. 3).

L'échantillon *H. major* récolté de manière indépendante par G.D a été comparé avec celui de Gonfaron. L'absence de différence significative entre les divers rapports testés aux seuils 5 % et 1 % conforte l'appartenance de ces deux échantillons à la même ichnoespèce *H. major*. La comparaison entre l'échantillon de G.D. et celui de référence (Gand 1988), a été également faite. Une seule différence significative au seuil 1 % concernant les moyennes du rapport IV/V (t calculé = 2,99 ; t lu 1 % = 2,77) a été notée. Elle s'explique aisément par la pose du doigt V très irrégulière qui est à l'origine d'une grande variabilité. Cette différence ne pèse donc pas sur l'attribution de ce nouvel échantillon à l'ichnopopulation *H. major*.

Essai de position systématique.

L'interprétation paléontologique de *H. major* a déjà été faite. Cette ichnoespèce a été attribuée à des Diadectidés (Haubold 1971) puis à des Captorhinomorphes (Gand 1988).

D'après les mensurations des pistes observées dans la formation de Gonfaron (Gonf. G 21, F fig. 6), les plus grands de ces Amniotes devaient atteindre une cinquantaine de centimètres.

VARANOPUS CURVIDACTYLUS (MOODIE, 1929) SARJEANT, 1971 : fig. 5(1)(4) et 8.

- nombre : 2 pistes incomplètes et des traces isolées ; soit 12 P + 11 M.

Ces empreintes n'avaient pas été mentionnées jusqu'ici en Provence. Elles ont toutes été récoltées dans la grande carrière du Coulet-Redon ouverte dans le bassin

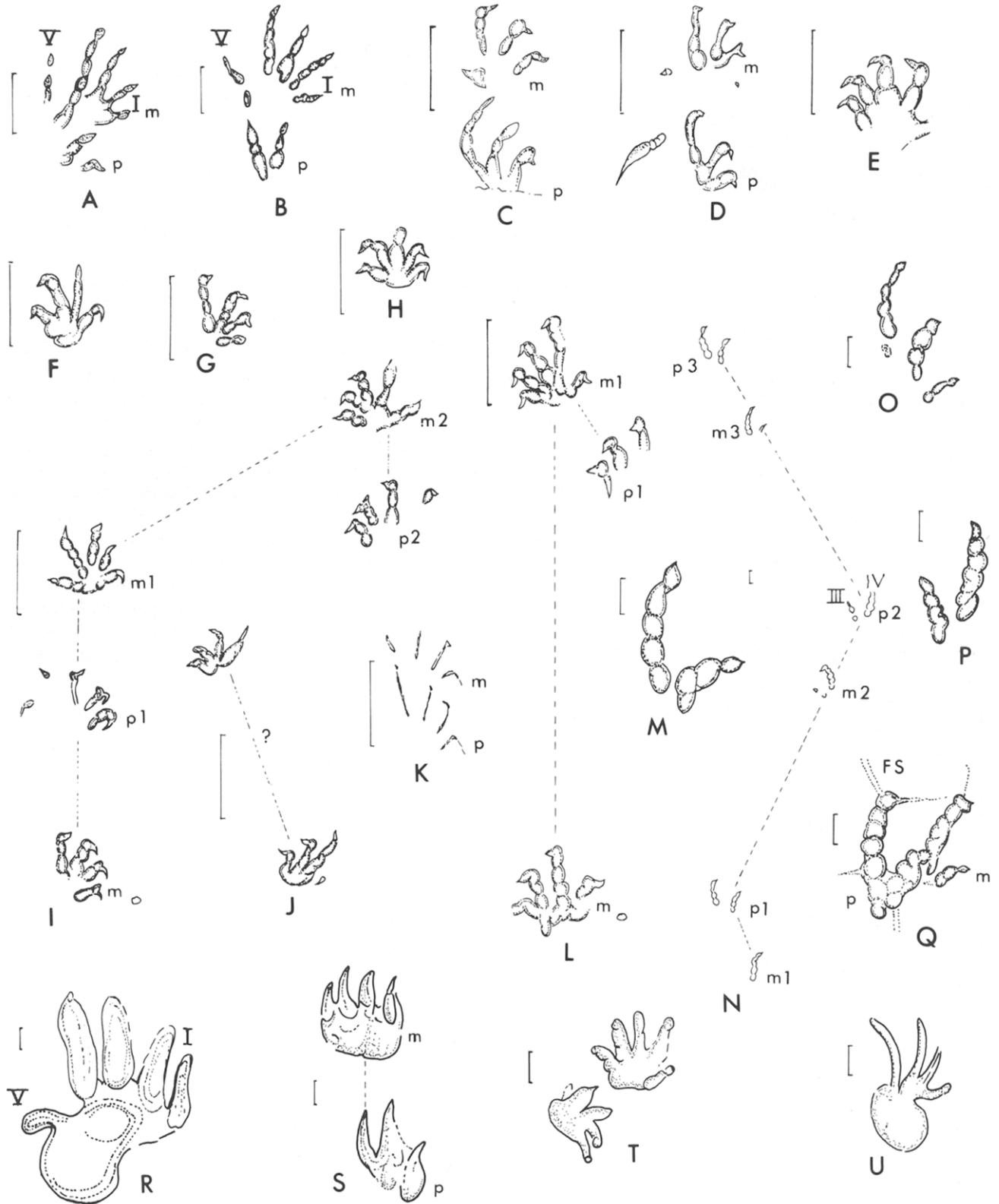


Figure 8 - Traces de Vertébrés tétrapodes. . A et B - *Varanopus rigidus* GAND 1988, de Gonfaron A (Gonf. G.54) ; B (Gonf. G.57 ; fig. 5 (3)) ; C à L - *Varanopus curvidactylus* MOODIE, 1929, du Coulet-Redon C (CoR. G.6) ; D (CoR. G.5 ; fig. 5 (1)) ; E et J (CoR. G.9) ; H,I,K,L. (CoR. G.7) ; G (CoR. G.8) ; F (CoR. G.11 ; piste I fig. 5 (4)). M à Q - *Dromopus didactylus* MOODIE, 1930. M et N, du Mitan ; O,P,Q, du Coulet-Redon ; M (Mit. G.22) ; N (sur place) ; O (CoR. G.15) ; P (CoR. G.13) Q (CoR. G.12) R à U, de Gonfaron ; R - *Dimetropus* sp. (1.6.1. Ce) S - *Laoporus* sp. (1.6.1. S) T et U - Incertae sedis. T (1.6.1. Q) ; U (Gonf. G.27). Pige : 1 cm. Tetrapod Vertebrate Tracks Scale bar : 1 cm.

de Bas-Argens, sauf, peut-être l'une d'entre-elles trouvée dans le gisement de Gonfaron (Gonf G37).

Les traces d'autopodes.

Ce sont de petites traces pentadactyles ne dépassant pas le centimètre. Elles sont très bien conservées en général.

La main, un peu plus grande que le pied, également plus complète apparaît surtout digitigrade. L'angle I-V est fort, égal à 129° en moyenne. Les doigts I à IV sont typiquement recourbés vers l'intérieur de la piste, le V étant fréquemment rétroversé. Ils sont prolongés par de courtes et délicates griffes quelquefois orientées perpendiculairement à l'axe digital. Les doigts I à IV sont échelonnés avec $I < V < II < III < IV$. Plusieurs empreintes montrent (CorG7, CorG9) les coussinets bien dessinés. En les considérant articulaires, il semble que la formule phalangienne ait été, du I au V : 2, 3, 4, 5, 2 ou 3?

Le pied plus large que long a la même morphologie que la main, mais il est souvent représenté uniquement par les 4 premiers doigts avec IV fréquemment réduit à l'empreinte de la griffe. L'appui de cet autopode était donc plus interne que celui de la main.

Les doigts I à IV sont échelonnés et la valeur des coefficients de variation croît du I au IV mais avec 26 %, celle relative à IV est assez élevée. Elle s'explique

vraisemblablement par la pose plus ou moins complète de ce rayon durant la locomotion.

Comparaison statistique entre l'échantillon *Varanopus curvidactylus* de Provence et celui des bassins de Lodève et de St Affrique.

Tous les rapports relatifs au pied et à la main sont distribués selon la loi normale puisque VR est inférieure à 1,960. En raison du petit nombre de mesures, seulement deux rapports pédieux IV/III et IV/V ont pu être comparés avec ceux de l'échantillon de référence. Le tableau 4 montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les variances et les moyennes respectives. Par contre pour la main, pour les rapports L/III et IV/III, il en existe une entre les moyennes aux seuils 5 % et 1 %. Faut-il alors en conclure pour autant que les deux échantillons testés appartiennent à deux ichnospécies ? Il ne le semble pas, car en observant la totalité des empreintes de l'échantillon de référence *Varanopus curvidactylus* (Gand 1988, p. 158), on remarque que ces différences semblent surtout trouver leur origine dans l'influence des facteurs externes. Ainsi la consistance du sédiment dans lequel l'autopode s'imprime plus ou moins complètement explique facilement la forte variabilité du rapport L/III, ce qui se traduit, souvent sur la même piste, par l'existence de traces subdigitigrades à semiplantigrades. Enfin, la courbure digitale typique de cette ichnospèce, souvent

Éléments statistiques Rapports	Origine	n	mo	Écart-type σ	K %	R	T	T lu	F	F lu
						observé	calculé	(% %)	calculé	(5 %)
1 L / I	G	11	0,77	0,173	22	-0,33	1,77	2,15	2,55	5,96
	P	5	0,92	0,108	12	0,35				
2 L / III	G	12	1,40	0,190	14	0,48	4,48	2,10	1,85	3,01
	P	8	1,85	0,260	14	0,34				
3 II / I	G	13	1,47	0,274	19	0,58	0,99	2,10	1,12	3,00
	P	7	1,34	0,291	22	0,10				
4 III / II	G	16	1,37	0,181	13	0,72	0,90	2,06	2,42	3,35
	P	11	1,45	0,281	20	0,41				
5 IV / III	G	15	1,10	0,111	10	0,80	3,15	2,06	1,40	2,60
	P	11	1,25	0,131	11	0,41				
6 IV / V	G	11	1,99	0,361	18	0,69	0,58	2,11	1,18	3,14
	P	8	1,89	0,392	21	0,36				
7 m / m'	G	9	0,70	0,120	17	0,56	1,02	2,18	3,20	6,04
	P	5	0,76	0,067	9	0,95				
8 m / m''	G	12	0,73	0,082	11	0,93	1,73	2,10	1,56	3,60
	P	8	0,79	0,066	8	0,84				
9 m' / m''	G	9	1,04	0,145	14	0,62	0,28	2,16	3,67	6,04
	P	5	1,02	0,076	7	0,90				
10 III / II	G	14	1,29	0,152	12	0,81	2,32	2,11	1,31	3,18
	P	5	1,48	0,174	12	0,65				
11 IV / III	G	15	1,28	0,150	12	0,77	1,07	2,11	2,33	3,34
	P	4	1,27	0,229	18	0,75				

Tableau 4 - Comparaisons statistiques entre les moyennes et les variances de quelques rapports digitaux de *Varanopus curvidactylus* (G : échant. Gand 1988; P : échantillon provençal ; 1 à 9 : mains ; 10 et 11 : pieds). *Statistical comparisons between means (T) and variances (F) concerning Varanopus curvidactylus.*

accentuée et surtout marquée pour les doigts les plus longs, donc III et IV, rend aisément compte de la variation importante du rapport IV/III puisque nous mesurons la corde. Et en définitive, plutôt que de créer une nouvelle ichnoespèce à partir de quelques caractères qui n'aient pas une signification anatomique clairement établie, il nous a paru préférable, en raison de grandes ressemblances morphologiques, d'attribuer les empreintes provençales à *Varanopus curvidactylus*, empreinte bien typée, notamment par l'existence de petites griffes orientées souvent perpendiculairement à l'axe digital.

Essai de position systématique.

Les essais de reconstitutions ostéologiques faits à partir des traces d'autopodes et l'analyse des divers caractères de la piste conduisent à attribuer *Varanopus curvidactylus* à des Captorhinomorphes (Haubold 1984, Gand 1988), d'une douzaine de cm de longueur.

VARANOPUS RIGIDUS GAND, 1989 : fig. 5(3)(5), 6 et 8.

- nombre : 2 pistes déjà décrites (Gand 1988) ainsi que des traces isolées ; soit 10 P + 15 M.

Depuis la description de cette nouvelle ichnoespèce, aucune découverte n'est venue enrichir l'ichnopolypulation de manière significative. Il est donc impossible d'apporter de plus amples précisions à la première description de ces empreintes. Mentionnons que *V. rigidus* diffère de *V. curvidactylus* par l'existence :

- de traces en moyenne plus grandes,
- d'empreintes de mains souvent réduites aux 4 premiers doigts (IV étant assez peu marqué) en raison d'un appui interne plus accentué de l'autopode antérieur durant la locomotion,
- de doigts beaucoup plus rectilignes prolongés aussi par des griffes plus fortes.

V. rigidus a été attribué à des Captorhinomorphes ou à des Procolophonoidés (Gand 1989a).

TRACES ATTRIBUÉES A DES PÉLYCOSAURIENS, A DES THÉRAPSIDÉS OU A DES THÉROSAURIENS (figure 8).

DIMETROPUS (GONFARONIPES) LATUS (HEYLER & MONTENAT, 1980) GAND, 1988 : non figuré.

- nombre : 2P+2M décrits par Heyler & Montenat (1980) et 2P (collection G. Gand).

En 1980, Heyler & Montenat ont décrit des empreintes de quadrupèdes plantigrades longues de 75 à 80 mm avec le binome *Gonfaronipes latus*. Comme les caractères de ces ichnites sont également ceux de l'ichnogenre *Dimetropus* ROMER & PRICE, 1940 connu

par l'ichnoespèce *D. leisnerianus* dans le Rotliegendes de la Thuringe en R.D.A (Pabst 1908, Haubold 1971, 1984), dans celui de la Sarre (Fichter 1983) et dans le Permien du bassin de Lodève (Gand 1985), il a été proposé de les regrouper dans cet ichnogenre (Gand 1988). La médiocre conservation de *D. latus* ne permet pas actuellement de comparer statistiquement au niveau spécifique ces deux échantillons mais comme les ressemblances morphologiques sont grandes entre *D. leisnerianus* et *D. latus*, Boy & Fichter 1988 ont proposé d'établir la synonymie entre ces deux ichnoespèces au profit de la première.

Dans le gisement de Gonfaron (F1, fig. 1), quelques autres échantillons *D. latus* ont été récoltés depuis 1980 (Gonf G35). Il apparaît que la trace du métapode et du basipode est nettement marquée pour le pied. Les doigts sont, par contre peu imprimés. Ils apparaissent souples et flexueux.

La comparaison de *D. latus* avec divers squelettes d'autopodes d'animaux ayant vécu au Permien (Romer 1956 ; Carroll 1988) suggère que les auteurs de ces ichnites ont pu être des Caséomorphes, des Thérapsidés ou des Thérosauriens (Gand 1988).

Signalons, pour terminer, la découverte par G.D de quelques empreintes *Dimetropus* sp. et *Laoporus* sp. dans les niveaux de Gonfaron (fig. 8R et S).

TRACES ATTRIBUÉES A DES LÉPIDOSAURIENS EOSUCHIENS OU A DES ARAÉOSCÉLIDIENS.

DROMOPUS DICTACTYLUS (MOODIE, 1930) GAND & HAUBOLD, 1984 : fig. 8 M à Q ; fig. 3(5).

- nombre : plusieurs pistes déjà décrites (Gand 1988) et quelques traces isolées. Soit une soixantaine d'empreintes.

Ces traces lacertoïdes pentadactyles, mais généralement réduites aux doigts III et IV, sont fréquentes en Provence et tout particulièrement dans la carrière du Miton où elles ont été signalées pour la première fois par Arévian *et al.* 1979. Depuis, elles ont été trouvées aussi dans les déblais de la carrière du Coulet-Redon par G.G. Les niveaux de Gonfaron ont livré également quelques formes qui pourraient s'apparenter à cette ichnoespèce (Heyler & Montenat 1980, Gand 1988).

Dans la carrière du Miton, des pistes, aujourd'hui détruites avaient été observées en place. Elles étaient assez denses et imprimées sur des siltites verdâtres en association avec de rares empreintes d'arthropodes. A une cinquantaine de mètres de ce gisement, plusieurs niveaux à *D. didactylus* ont été trouvés. La grande densité des ichnites ne permet pas de débrouiller les pistes ni de distinguer, bien souvent, les pieds, des

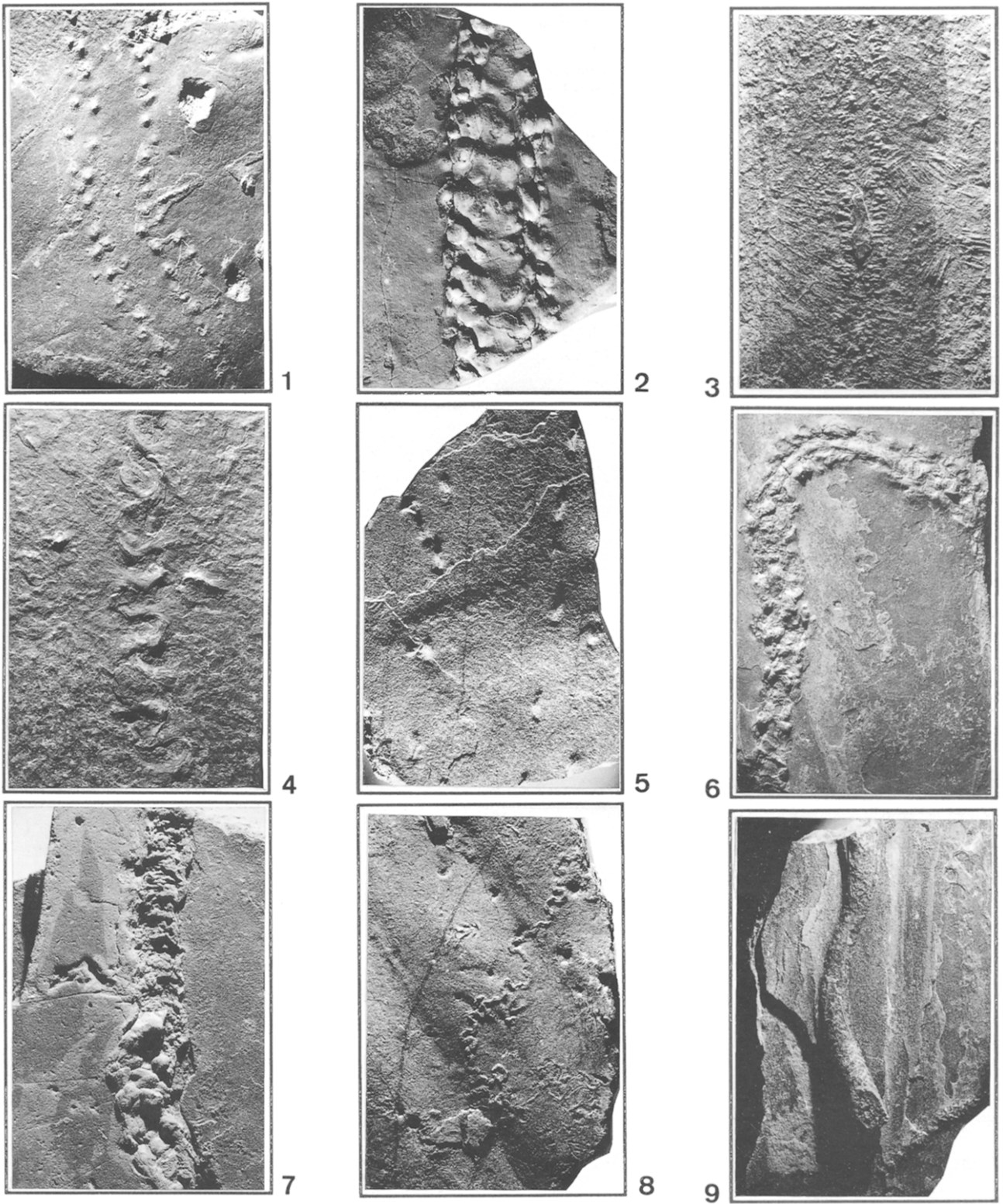


Figure 9 - 1 - *Beaconichnus giganteum* GEVERS, 1973 (1.6.1. XL 5) x 0,6. 2 - Piste non déterminée d'arthropode (1.6.1. XL 24) x 1,55. 3 - *Tasmanadia twelvetreesi* CHAPMAN, 1929 (1.6.1. XL 34) x 0,85. 4 - *Cochlea* sp. HITCHCOCK, 1858 (1.6.1. XC 11) x 0,7. 5 - *Ichthyoidichnites latus* nov. ichnosp. (1.6.1. XL 44) x 0,7. 6 - *Paleobullia* sp. GÖTZINGER & BECKER, 1932 (1.6.1. XC 16) x 0,55. 7 - *Scoyenia* sp. WHITE, 1929 (1.6.1. XC 14) x 1. 8 - *Gordia* sp. EMMONS, 1844 (1.6.1. XC 10) x 1. 9 - *Planolites* sp. NICHOLSON, 1873 (1.6.1. XC 12) x 1.



Figure 10 - A - *Lithographus* HITCHCOCK, 1858 (1.6.1. AAe). fig. 7 (4). B,C,D - *Bifurculapes* HITCHCOCK, 1858 (1.6.1. XL 15, 36 ; Gonf. G.58) fig. 7 (5). E,F,G - *Dansiairia* SMITH, 1909 (1.6.1. XL 32, 35 : 1.6.2. E4 ; H,I,J,K - *Dendroidichnites* nov. ichnogen, (1.6.1. XL 20,21,23) fig. 7 (7,8) ; L,M - *Trachomatichnus* MILLER, 1880. (1.6.1. XL 12,17), fig. 7 (6). Pige : 5 cm. Scale bar : 5 cm.

mains. Ces traces sont associées à des ridules, à des nodules dolomitiques, à des racines, à des traces de gouttes de pluie et à des fentes de dessiccation.

Ces empreintes, sauf celles de la carrière du Coulet - Redon, ont déjà été décrites (Gand 1988). Le nouveau matériel ne modifie pas l'interprétation paléontologique de ces empreintes qui auraient été faites par des Araéoscéolidiens (Haubold 1971) ou par des Eosuchiens (Haubold 1984). La comparaison de *D. didactylus* avec les squelettes d'autopodes d'*Araeoscelis* du Permien inférieur du Texas (Romer 1956, Reisz *et al.* 1984) et avec ceux de *Protorosaurus* du Thuringien de R.D.A (Haubold & Schaumberg 1985) conduit à attribuer cette ichnoespèce à des Araéoscéolidiens (Gand 1988). Mais l'âge thuringien des gisements fossilifères (Visscher 1968; Toutin 1980) plaide en faveur des Eosuchiens comme auteurs possibles de ces empreintes.

L'analyse des pistes permet d'évoquer des animaux à silhouette élancée comme celle des lézards actuels et très agiles puisque ces Amniotes quadrupèdes devenaient parfois bipèdes au cours de leur locomotion. A partir des mensurations des pistes observées sur de grandes surfaces dans la carrière du Mitan (Gand 1988), aujourd'hui détruite, il a été calculé que la taille des animaux les plus grands pouvait-être estimée à une soixantaine de centimètres de longueur.

Les traces d'invertébrés.

Des traces attribuables à ces animaux ont été observées un peu partout dans les niveaux fins du sommet du Permien de la région (N. T-M.).

Ce sont surtout des traces de locomotion (Repichnia) dues à des arthropodes -les plus nombreuses-, des gastropodes ou, pour quelques unes, des vers. Les pistes terriers de surface ou les terriers verticaux sont plus rares. Celles qui sont décrites ici proviennent, dans leur grande majorité, du gisement de Gonfaron (cataloguées 1.6.1. dans la collection Demathieu et Gonf. G. dans la collection Gand) ou, pour quelques unes, du gisement de la Colle de la Motte (catal. 1.6.2. coll. Demathieu). Ces références sont utilisées par la suite pour désigner les échantillons étudiés.

Les traces d'invertébrés présentent, quelle que soit leur nature, une très forte variabilité -parfois dans une même piste- ce qui signifie que les ressemblances entre des traces observées et d'autres, déjà connues et nommées, ne sont pas toujours des similitudes géométriques. Aussi, cette forte variabilité peut-elle conduire, parfois, à considérer à tort comme spécifiques des caractères qui lui sont imputables, de sorte que, ne pas prendre en compte cette variabilité risquerait d'entraîner une inflation des taxons.

PISTES ATTRIBUABLES A DES ARTHROPODES.

ICHNOGENRE *LITHOGRAPHUS* HITCHCOCK, 1858

Lithographus hieroglyphus HITCHCOCK, 1858 (1.6.1. AAe) : fig. 7,9,10A. Deux spécimens.

Nous avons rattaché les traces de la figure 10A à cette ichnoespèce assez polymorphe en raison de leur structure qui apparaît très voisine. Cependant, il faut noter que l'ichnoespèce permienne de Gonfaron montre des espaces plus importants entre les éléments que l'espèce type de Hitchcock. Cette différence ne semble pas suffisante pour justifier la création d'un nouveau taxon. Les échantillons d'Hitchcock proviennent du Lias inférieur du Bassin de Newark et celles décrites par Schmitgen (1928), sous le nom de *Ichnium niersteinense* du Rotliegende de Nierstein. Ces dernières semblent plus proches de l'holotype que celles de Gonfaron.

ICHNOGENRE *BIFURCULAPES* HITCHCOCK, 1858 (1.6.1, XL 15, 36 et Gonf.G. 58) : fig. 7(5),10B,C,D. Cinq exemplaires.

Cette ichnite consiste en deux rangées, à peu près parallèles, d'impressions bifides, assez serrées, parfois se réduisant à des points, les deux branches de la petite fourche se rejoignant ou non.

Les traces que nous avons attribuées à cette ichnoespèce présentent quelques différences avec le type qui sont l'absence de régularité de la disposition des éléments et la jonction presque constante des deux bras de la fourche de chaque élément. Les tailles par contre sont voisines.

ICHNOGENRE *DANSTAIRIA* SMITH, 1909.

Danstairia congesta SMITH, 1909 (1.6.2. E4 ; 1.6.1. XL 32 et XL 35) : fig. 9(2), fig. 10E,F,G. Quatre exemplaires.

La piste consiste en deux rangées d'impressions ponctuelles bien séparées, groupées par trois quelquefois (1.6.2. E4), ou ne formant aucun groupe décelable (1.6.1. XL 32 et 35).

Aucune rainure n'est ici visible entre les deux rangées. Les deux séries présentées diffèrent sensiblement par la densité des ponctuations dans chaque rangée. Cette différence peut être due au degré d'humidité contenue dans le sol (cf. Pollard 1985a).

ICHNOGENRE *DENDROIDICHNITES* NOV. GEN.

Derivatio nominis - De dendron, l'arbre.

Ichnoespèce type - *Dendroidichnites elegans*.

Diagnose - Deux rangées d'impressions de la forme de grosses virgules, se jouxtant les unes les autres, séparées

par un espace, soit comportant une ou plusieurs stries soit vide.

Dendroidichnites elegans nov. sp. (1.6.1. XL 20, 21, 23 ; Gonf. G.58) : fig. 7 (7,8), fig. 10H,I,J,K. Six exemplaires.

Derivatio nominis - *elegans*, à cause de sa forme qui nous a paru "distinguée".

Diagnose - Une piste relativement étroite, de 6 à 14 mm de large, assez symétrique, dont les éléments opposés forment un angle qui varie entre 50 et 70° ; l'espace entre les deux rangées est occupé par des rainures discontinues très fines.

Remarque - Cette ichnite aurait pu être rapportée à l'ichnogenre *Kerkalia* SMITH, 1909 si l'auteur de la diagnose n'avait pas précisé que l'espace compris entre les deux rangées d'impressions comportait quatre rainures (Pollard 1985b).

ICHNOGENRE *TRACHOMATICHNUS* MILLER, 1880

Trachomatichnus multipartitus MILLER, 1880 (1.6.1. XL 10,12,13,14,16,17, G.60) : fig. 7 (6), fig. 10L,M et 11A,B, C, D.

Pistes asymétriques consistant en impressions allongées transversales se réduisant parfois à des points formant deux lignes, l'une continue, l'autre aux éléments groupés en segments de position oblique par rapport à la première ligne. Chaque segment comprend de 5 à 9 éléments légèrement courbes, plus épais à l'extrémité interne. La largeur de la piste varie de 11 à 15 mm.

La dissymétrie de la piste témoigne d'un animal marchant de côté ou obliquement par rapport à l'axe de la piste.

Nous avons attribué ces traces typiques par leur asymétrie au genre *Trachomatichnus* MILLER, 1880 dont la diagnose correspond à leurs caractères. Walter (1983), puis Pollard (1985a) ont suggéré de rattacher ce type d'ichnites au genre *Acripes* MATTHEW, 1910. Nous ne sommes pas d'accord avec ces auteurs car 1) dans la diagnose de l'ichnogenre créé par Matthew, l'asymétrie des pistes examinées n'est pas mentionnée et 2) ce caractère n'est noté que pour une seule ichnoespèce (*A. incertipes*). Or il nous semble que cette asymétrie est bien un caractère ichnogénérique puisque traduisant un autre mode de locomotion que celui révélé par les pistes symétriques.

ICHNOGENRE *TASMANADIA* CHAPMAN, 1929.

Tasmanadia twelvetreesi CHAPMAN, 1929 (1.6.1. XL 34) : fig. 9(3), fig. 11E. Un exemplaire.

Cette ichnoespèce se présente sous la forme d'une double rangée d'impressions fines, en forme de petits segments transversaux par rapport à la direction suivie, de longueurs inégales et légèrement courbée.

ICHNOGENRE *ICHTHYOIDICHNITES* AMI, 1903

Ichthyoidichnites latus nov. sp. (1.6.1. XL 44) : fig. 9(5), fig. 11G. Deux exemplaires.

Diagnose - Deux rangées parallèles d'éléments bien formés situés dans un intervalle de 10 à 15 mm les uns des autres. Chaque élément est légèrement courbé, terminé à une extrémité par une forme en pointe de flèche ou se situe le relief le plus profond et à l'autre, ou il est le plus effilé, par une petite bosse de base arrondie comme s'il s'était produit un phénomène de succion.

Chaque élément a une longueur d'environ 8 mm quand il est complètement imprimé. La distance entre les deux rangées est grande relativement à la taille des éléments, de 25 à 28 mm. L'attribution de cette piste à l'ichnogenre *Ichthyoidichnites* est justifiée non seulement par l'aspect global de la piste (deux rangées d'éléments simples) mais aussi par la présence de petits monticules à l'une des extrémités de chaque élément. Malgré le nom générique, cette piste semble devoir être attribuée plutôt à un arthropode.

ICHNOGENRE *ACRIPES* MATTHEW, 1910.

Acripes sp (1.6.1. XL 22) : fig. 11H. Un exemplaire.

Piste formée de deux rangées parallèles de petits éléments bacilloïdes orientés irrégulièrement par rapport à l'axe de la piste, ce qui distingue surtout cette ichnite de *Tasmanadia*.

ICHNOGENRE *ACANTHICNUS* HITCHCOCK, 1858

Acanthichnus angustus nov. sp. (1.6.2. E5), fig. 11J. Un exemplaire.

Diagnose - Traces bifides formant une suite linéaire d'impressions jumelles formant un angle aigu entre elles mais ne se rejoignant pas. Presque disposées en ligne droite, elles sont très rapprochées les unes des autres, de une à deux fois la longueur d'une impression.

Cette ichnite se distingue de *Bifurculapes* par l'aspect de ses éléments nettement fourchus et pratiquement alignés sur un rang.

Remarque - La piste que nous possédons est assez longue et ne montre aucune indication d'une autre rangée qui serait parallèle à celle décrite. On pourrait aussi suggérer que cette ichnite peut se décomposer en



Figure 11 - A,B,C,D - *Trachomatichnus* MILLER, 1880 (1.6.1. XL 10,13,14,16) fig. 7 (6) ; E - *Tasmanadia* CHAPMAN, 1929 (1.6.1. XL 34). fig. 9 (3) ; F - *Cochlea* HITCHCOCK, 1858 (1.6.1. XC 11). fig. 9 (4). G - *Ichthyoidichnites* AMI 1903 (1.6.1. XL 44). fig. 9 (5). H - *Acripes* MATTHEW, 1910 (1.6.1. XL 22) ; I - Trace non nommée (Gonf. G.36) J - *Acanthichnus* HITCHCOCK, 1858 (1.6.2. E5) ; K - Trace d'arthropode ? (1.6.2. E6).
 Page : 5 cm. Scale bar : 5 cm

deux rangées presque imbriquées mais l'arrangement irrégulier des impressions ne plaide pas en faveur de cette interprétation.

ICHNOGENRE *OCTOPODICHNUS* GILMORE, 1927.

Octopodichnus sp. (1.6.1. XL 8). Deux exemplaires.

C'est par la forme des éléments et leur taille que nous rattachons ce piétinement à cet ichnogenre. Le grand nombre de ces petites traces ne permet pas de déterminer valablement une piste. Cependant, en considérant la petite dalle, on peut remarquer dans un angle un arrangement de quatre traces de même facture que celle du type. Chaque élément est trifurqué avec quelquefois la digitation médiane un peu plus longue que ses voisines ce qui correspond à la description de Gilmore. Il faut noter encore que toutes ces petites traces ont à peu près la même direction.

ICHNOGENRE *BEACONICHNUS* GEVERS, 1973.

Beaconichnus giganteum GEVERS, 1973 (1.6.1. XL 5) : fig. 9(1). Un exemplaire.

Deux rangées parallèles de traces circulaires en forme de petits "boutons" avec un pointement central qui est souvent cassé ce qui donne à l'élément la forme d'un volcan. Chaque rangée est double mais la distance entre les impressions dans chaque rangée est variable au point qu'elles puissent être jointives et peut-être même confondues. La distance intérieure entre les doubles rangées est assez peu variable, de 8 à 12 mm, alors que la largeur hors tout l'est davantage, de 20 à 30 mm. La forme des impressions indique que l'extrémité du membre avait la forme d'un cône renversé terminé par une griffe unique de petite taille, caractère qui ne s'observe que chez certains crustacés. La dalle a été trouvée dans la partie supérieure du Permien de Gonfaron, sous la Chapelle Saint-Quinis.

TRACES NON NOMMÉES

1) Fig. 11, I. (Gonf. G.36). Un exemplaire.

Piste formée de deux rangées d'impressions linéaires obliques par rapport à sa direction. Elles sont limitées extérieurement chacune par une rainure rectiligne suivant l'axe du mouvement et, intérieurement, par une rainure semblable délimitant ainsi deux parties bien distinctes séparées par un espace étroit comportant en son milieu une autre rainure discontinue. Se rapproche assez de *Protichnites* OWEN, 1852, mais en diffère par la forme de ses éléments en bâtonnets et les trois rainures médianes,

2) (1.6.2. E 6) Fig. 11K. Un exemplaire.

Voie au tracé légèrement sinueux, formée de deux lignes parallèles constituées, l'une d'impressions bacilliformes

assez courtes, 2 à 3 mm, et l'autre, de ponctuations. La largeur est de l'ordre de 10 mm et l'espacement entre les "tirets" est assez régulier, de une à deux fois la longueur de ces derniers ; celui entre les points est plus irrégulier.

3) (1.6.2. XL 33) Fig. 12A. Un exemplaire.

Piste de largeur relativement variable de 10 à 15 mm, constituée uniquement de ponctuations fines avec parfois, près de l'axe, de petits tirets où aucune périodicité véritable ne peut être établie. On peut remarquer sur la bordure gauche, des groupements par trois comme sur *Danstairia*.

4) (Gonf. G. 62) Fig. 12B. Un exemplaire.

Trace à peu près rectiligne, caractérisée par une rainure axiale bien marquée, flanquée de petites digitations rectilignes, courtes et à peine visibles, disposées transversalement, ou obliquement, par rapport à la rainure médiane mais séparées d'elle.

Se rapproche de l'ichnogenre *Stiaria* (SMITH, 1909) par la disposition générale des éléments mais qui sont simples, ici, au lieu d'être complexes dans *Stiaria*.

TRACES ATTRIBUABLES A DES ANNÉLIDES.

ICHNOGENRE *GORDIA* EMMOMS, 1844.

Gordia sp. (1.6.1. XC 10) : fig. 9(8), fig. 12C. Un exemplaire.

Piste formée de petites courbes plus ou moins serrées, de 0,5 mm de large dont la forme générale est également courbée irrégulièrement.

Trace non nommée (Gonf. G. 31) Fig. 12D. Un exemplaire.

Piste non rectiligne qui comprend une rainure étroite de 0,5 mm de large, bien nette et flanquée de petites digitations à peine perceptibles, de l'ordre de 1 mm de longueur, et séparées de la rainure centrale.

PISTES ATTRIBUABLES A DES GASTROPODES.

ICHNOGENRE *PALEOBULLIA* GÖTZINGER & BECKER, 1932.

Paleobullia sp. (Gonf. G.23, 1.6.1. XL 15,16) : fig. 9(6), fig.12 E,F,G. Trois exemplaires.

Ce sont des pistes assez larges, de 10 à 18 mm, composées de deux ou trois rangées d'éléments aux formes arrondies ou quadrangulaires, de tailles assez variées, de 1 à 5 mm de diamètre. Ces caractères sont

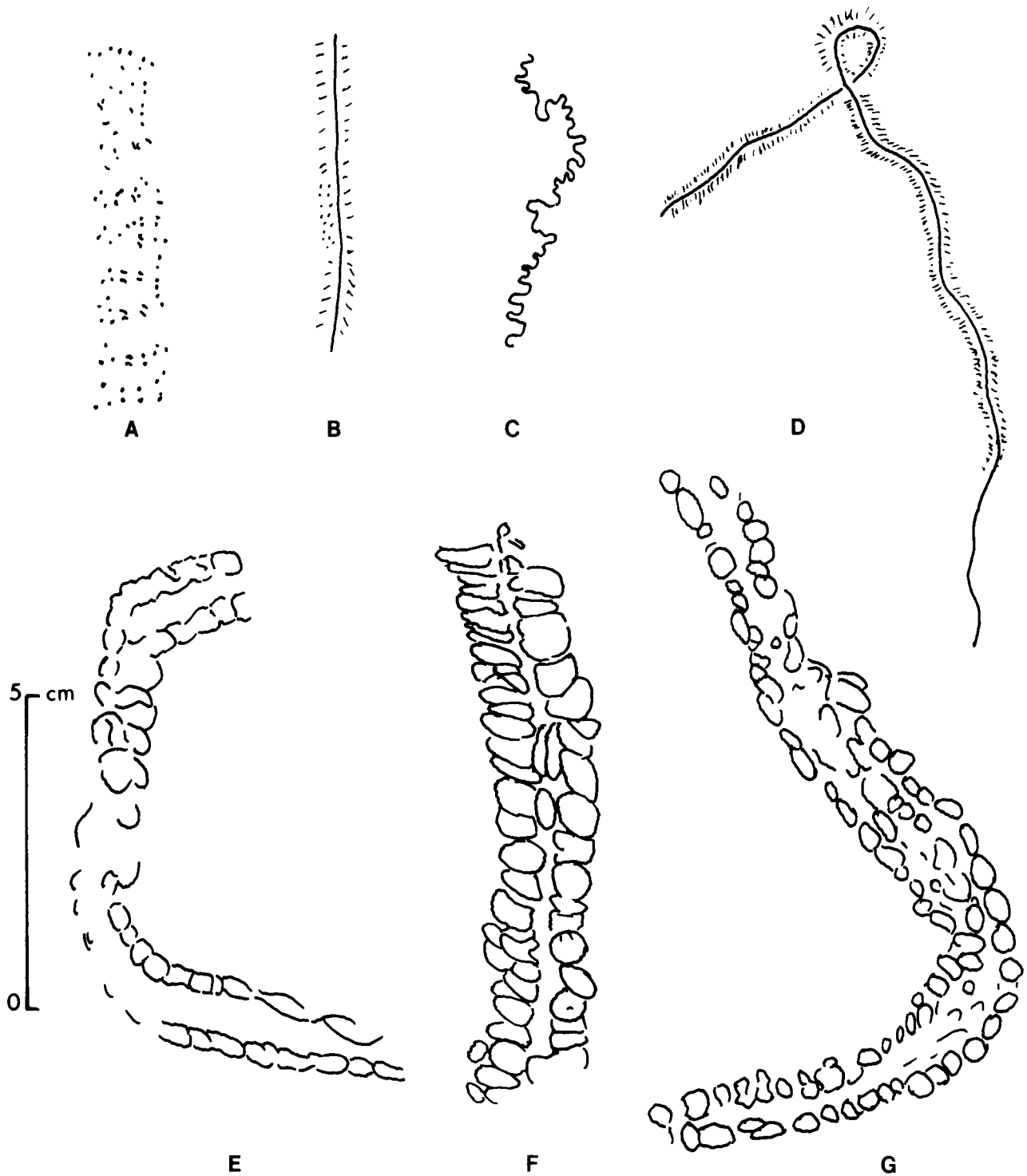


Figure 12 - A - Trace de Myriapode ? (1.6.1. XL 33). B - Trace non déterminée (Gonf. G. 62) ; C - *Gordia* EMMONS, 1844 (1.6.1. XL 10), fig. 9 (8) ; D - Trace non nommée (Gonf. G.31) ; E,F,G - *Paleobullia* GÖTZINGER & BECKER, 1932 (1.6.1. XG 15,16 ; Gonf. G.23). fig. 9 (6). Page : 5 cm. *Myriapod track ?* Scale bar : 5 cm

bien ceux des pistes de gastropodes dont les éléments sont dus à l'agglutination du sédiment par le mucus sécrété par leur pied.

ICHTNOGENRE *COCHLEA* HITCHCOCK, 1858.

Cochlea (1.6.1. XC11) : fig.9 (4), fig. 11F. Un exemplaire

Il semble bien difficile d'attribuer cette trace à un organisme connu. Il s'agit de traces de largeur moyenne (environ 10 mm), formées de deux pistes sinusoidales qui s'interpénètrent et se chevauchent plus ou moins avec, sur une partie du parcours, une perte de ces caractères. La piste pendant un court instant devient linéaire, rappelant les aleas des pistes de gastropodes.

PISTES GALERIES ET TERRIERS VERTICAUX.

Ils sont rares par rapport à tous les nombreux autres vestiges d'invertébrés que nous venons de passer en revue. Nous avons pu distinguer :

ICHTNOGENRE *PLANOLITES* NICHOLSON, 1873 (1.6.1. XC 12) : fig. 9 (9). Un exemplaire.

C'est un terrier horizontal légèrement sinueux, entièrement rempli, se détachant à une extrémité de la surface de la dalle. C'est une trace semi-endogène sans ornementation à la partie externe du mur de la galerie.

Pistes bilobées.

Trois exemplaires de la collection Toutin-Morin, provenant de Fréjus, formation des Pradineaux, et du Muy témoignent de la présence de ces formes de traces dans le Permien provençal. Elles ont une morphologie voisine de *Cruziana* ORBIGNY, 1842 mais l'ornementation de stries fines et obliques manque pour les rattacher à cet ichnogenre. Elles sont trop grandes pour être assimilées à *Isopodichnus* BORNEMANN, 1889 et il manque les traces de repos, en forme de grains de café, typiques de cet ichnogenre.

ICHTNOGENRE *SCOYENIA* WHITE, 1929 (1.6.1. XC2, XC 14) : fig. 9.7. Trois exemplaires.

Ces spécimens, plus un troisième de la collection Toutin-Morin, montrent bien les ménisques remplissant entièrement la galerie. La distinction entre *Scoyenia* et *Ancorichnus* a été étudiée par Frey *et al.* 1984.

ICHTNOGENRE *SKOLITHOS* HALDEMAN, 1840 (1.6.1. XC1, XC3). Trois exemplaires.

Cet ichnogenre est représenté par trois éléments cylindriques, de 1 cm environ de diamètre, représentant le remplissage de terriers verticaux. Leur singularité est de présenter, par endroits, de petits reliefs rectangulaires

très fins et peu épais (≈ 1 mm), perpendiculaires à la surface du moulage.

Conclusion à l'étude des traces d'invertébrés

La majorité de ces traces se présentent en hyporeliefs convexes dont l'observation et l'étude sont plus aisées que celles des épireliefs concaves. Les dalles qui portent ces derniers ont les mêmes caractères sédimentaires que celles qui leur correspondent. Si l'on considère que l'échantillon observé est représentatif, on ne peut que remarquer la grande variété des pistes attribuables à des arthropodes, les gastropodes et les vers ne paraissant que faiblement présents. De plus, on a constaté la rareté des pistes-galeries et des terriers verticaux.

Parmi toutes les traces de locomotion d'arthropodes, relativement peu peuvent être attribuées à des insectes dans l'état actuel de nos connaissances. Il faut reconnaître que ces dernières peuvent se présenter sous des formes variées. La figure 7 (1) montre une piste de *Pimelia bipunctata* sur le sable d'une plage du Languedoc oriental. La figure 7 (2) représente la piste de *Scarabeus punctatus*. Bien que leurs auteurs soient tous deux des coléoptères, on peut remarquer la grande différence des factures de ces deux voies. Quant aux traces de *Scarabeus punctatus* de la figure 7 (3) ce sont celles de la boule d'excréments qu'il transporte vers son terrier. Ces trois vues nous montrent combien il faut être prudent dans les attributions que l'on propose.

Tenant compte de ces remarques, il n'y a guère que *Danstairia*, connu dès le Dévonien, *Bifurculapes* dont l'holotype est du Trias, *Lithographus* du Trias également et *Acripes*, du Dévonien, qui peuvent être attribuées, avec prudence, à des insectes.

Beaconichnus, qui peut être une trace de crustacé, est signalé dans le Dévonien.

Trachomatichnus, dont l'espèce type date de l'Ordovicien, est peut-être, d'après Häntzschel 1975, l'oeuvre d'un trilobite, mais quel serait l'auteur de ces traces du Permien supérieur continental ? un crustacé se déplaçant obliquement ou transversalement sur sa voie ? Mais les cancriformes qui se déplacent ainsi n'apparaissent qu'au Crétacé !

Des traces comme *Tasmanadia* (Cambrien - Permien), *Cochlea* (Trias) *Ichthyoidichnites* (Dévonien), *Acanthichnus* (Trias) sont, semble-t-il inidentifiables ainsi que *Dendroidichnites* (nov. ichnogen.).

Gordia (Trias) est rapportée à un annélide, surtout à cause de sa forme, mais s'il s'agit d'un ver il faut le voir petit (≈ 1 cm) et non pas de la taille d'un gordien ! La locomotion d'un grand ver ne laisse pas de trace avec d'aussi petites ondulations.

C'est pour *Paleobullia* (Carbonifère) que la détermination comme piste de gastropode serait la plus probable.

Quant aux auteurs des pistes galeries *Planolites* et *Scoyenia*, Frey et al. 1984 suggèrent un arthropode. En ce qui concerne *Skolithos*, il a été supposé plusieurs auteurs possibles depuis les annélidés et les brachiopodes jusqu'aux crustacés. L'absence de caractères particuliers très fins rend cette attribution difficile.

Les âges des différents ichnogènes et ichnoespèces utilisés ici sont comme on le constate fort variés et s'étalent du Cambrien au Quaternaire avec très peu de taxons du Permien. Il est certain que ce ne sont pas les mêmes genres ou espèces animales qui en sont les auteurs. Leur seule parenté peut être de descendance ou d'une simple analogie de forme ou même de mode de vie.

Cette ichnofaune d'invertébrés du Permien est curieuse et caractéristique parce qu'elle suggère un nombre important de formes animales ayant conservé des traits biologiques généraux assez primitifs et en même temps quelques formes plus nouvelles que l'on retrouve au Trias.

D'autres découvertes de traces d'invertébrés dans le Permien de cette région ont été relatées par Heyler et Montenat 1980. Y sont mentionnées des pistes d'arthropodes proches de *Kouphichnium* NOPCSA, 1923, *Olivellites* FENTON & FENTON, 1937, *Bifurculapes* HITCHCOCK, 1858 et enfin des traces peu claires que les auteurs rapprochent de *Psammichnites* TORELL, 1870.

Cet ensemble, qui ne recoupe pas les descriptions et attributions faites plus haut, ajoute encore à la diversité de l'ichnofaune d'invertébrés de ces couches, en particulier celles de Gonfaron.

CONSÉQUENCES PALÉOBIOLOGIQUES ET PALÉOENVIRONNEMENTALES (N.T.-M.)

Apport des empreintes et des restes organiques à l'étude du paléoenvironnement.

SIGNIFICATION DES DIVERSES ICHNITES OBSERVÉES

Les traces d'organismes animaux (vertébrés et invertébrés) sont associées, à de rares exceptions près, aux faciès fins (argilites, laminites, grès à grain fin, cinérites, carbonates) de terminaison de séquence sédimentaire positive. L'environnement est alors aquatique peu profond et fréquemment exondé (Toutin 1980). Aucune trace n'a, jusqu'à présent, été observée à proximité immédiate des reliefs permien : en effet, les faciès grossiers, conglomératiques, qui caractérisent les bords des bassins sont peu favorables à leur conservation.

Les traces de nage correspondent à un milieu aquatique très peu profond tandis que les traces de locomotion (pistes) de vertébrés et d'invertébrés se font dans un milieu exondé, tantôt gorgé d'eau, tantôt en voie d'assèchement (présence fréquente de fentes de dessiccation), mais soumis à des averses brusques (empreintes de gouttes de pluie) en rapport avec un climat chaud, à périodes humides et sèches alternées.

Parmi les empreintes de vertébrés, deux catégories cohabitent : les plus petites (*Anthichnium salamandroides*) sont laissées par des Temnospondyles de la taille d'une salamandre, sur le bord des lacs ou des plans d'eau permanents dans lesquels ils évoluent ; les plus grosses (*Limnopus zeilleri*, *Dimetropus latus* et *Dimetropus* sp.) sont dues à des Eryopsidés et à des Pélycosauriens ou à des Thérapsidés ? plus grands, pouvant approcher 2 mètres, qui vivent sur les bords de zones aquatiques, sans doute plus vastes, bien développées au centre des bassins à certaines époques du Permien supérieur, comme pendant les formations des Pradineaux ou du Muy.

Les reptiles, dominants chez les vertébrés, sont souvent de petite taille : ce sont des Cotylosauriens et des Lépidosauriens (ou Eosuchiens). Ils habitent la terre ferme où se situent leurs aires de ponte mais fréquentent les bords des lacs et des rivières pour trouver leur nourriture, qu'ils soient insectivores ou carnivores.

Les pistes-galeries et les terriers sont creusés, par les invertébrés, dans un sédiment encore mou et humide, mais exondé. Certains terriers *Scoyenia* recourent des traces de vertébrés (Gonfaron) et s'enfoncent dans les niveaux sous-jacents sur plusieurs centimètres, montrant que la période hors de l'eau a duré un certain temps qui reste cependant difficile à évaluer.

Les restes de végétaux sont nombreux à certains niveaux (formations des Pradineaux et du Muy) : pollens et spores transportés au loin par le vent, débris de troncs et de feuillages arrachés lors des crues des cours d'eau (Endre) ou par des coulées boueuses (Rocher de Roquebrune) et accumulés dans les vallées, au pied des reliefs (bord sud du bassin du Bas-Argens), végétaux flottés et sols de végétation (carrière de Fréjus), encroûtements carbonatés autour des tiges de roseaux et plantes de marécages (Agay, carrière de Fréjus).

PLACE DANS LES SÉQUENCES DE COMPLEMENT DES BASSINS.

La période aquatique - Elle se caractérise par plusieurs types de traces :

- le fouissage : les sédiments sont bioturbés, sous une faible tranche d'eau, par des animaux invertébrés qui fouissent dans le fond mou (*Scoyenia*). Les rides de courant asymétriques, les rides d'oscillation et les figures de ruissellement sont nombreuses pendant cette période

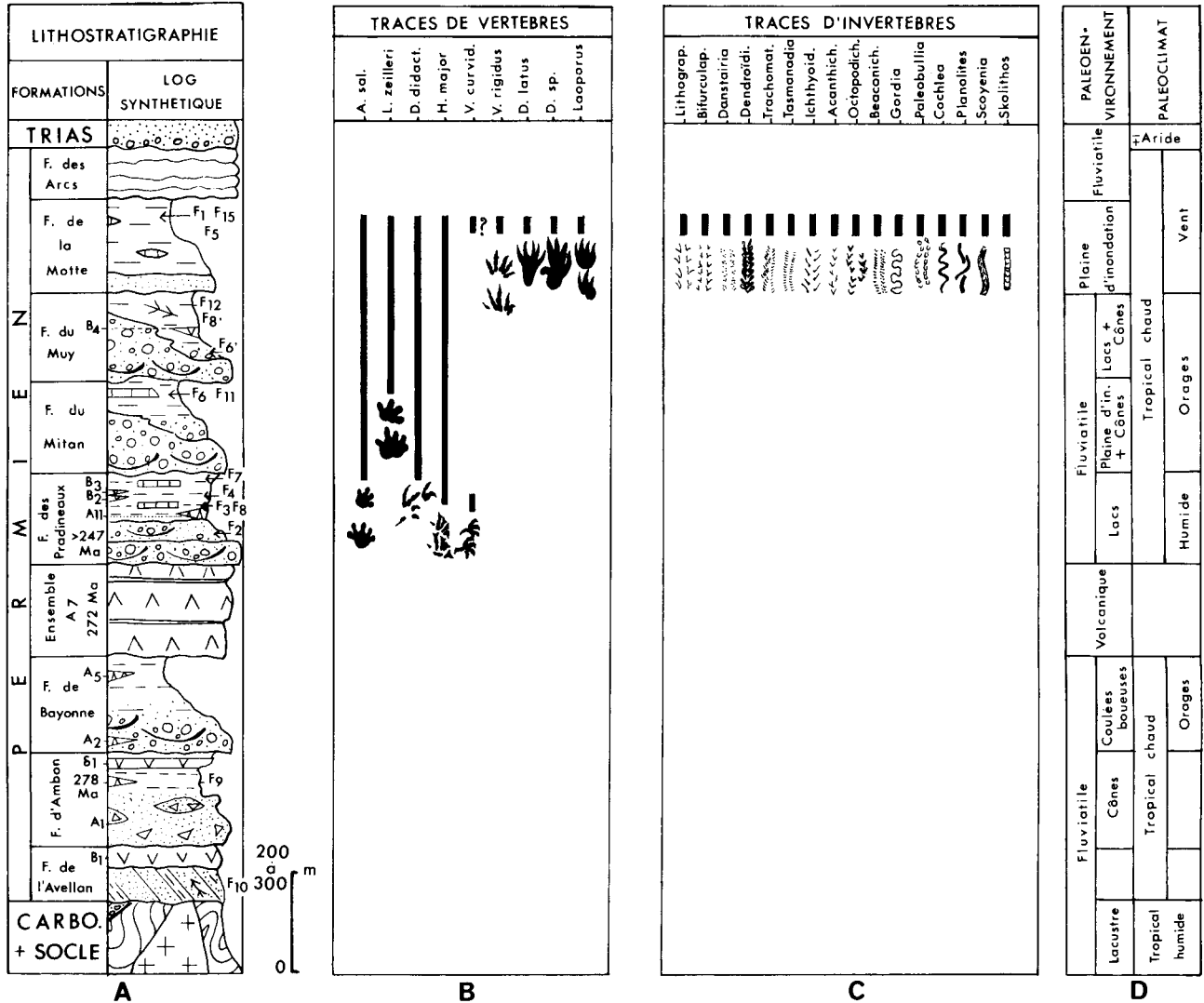


Figure 13 - A : Série permienne provençale type. B,C : Répartition verticale des traces de vertébrés et d'invertébrés. D - Modifications paléoenvironnementales et climatiques au cours du Permien, d'après Toutin-Morin, 1980, complété, B,C : Vertical distribution of vertebrate and invertebrate tracks. D : Paleoenvironmental and climatic changes during Permian, after Toutin-Morin, 1980, completed.

(Gonfaron) ; elles se font sous faible tranche d'eau et témoignent d'une certaine oxygénation du milieu ;

- les traces de nage laissées par des animaux vertébrés divers mais ayant besoin d'un milieu aquatique permanent pour subsister : ce sont les amphibiens inféodés à l'eau (*Anthichnium salamandroides*, *Limnopus*), en particulier pour leur reproduction (La Roseaie, carrière du Muy) ;

- les restes de végétaux flottés, les spores et les pollens qui se déposent dans les lacs et les plans d'eau par lente décantation sur le fond (formations des Pradineaux et du Muy au centre du bassin du Bas-Argens).

La période d'exondation - Lorsque le milieu est exondé, après une période d'inondation ou par suite du développement d'un climat plus sec, la faune variée, de vertébrés et d'invertébrés, laisse des traces d'activité sur le sédiment encore gorgé d'eau.

Les animaux fouisseurs (traces *Scoyenia*, *Planolites*) perturbent le sol sur lequel la végétation s'installe et les horizons pédogénétiques apparaissent (carrières du Coulet-Redon et de Fréjus, La Motte).

Le milieu palustre, consécutif à l'assèchement des lacs sous un climat plus sec, se développe (galettes calcaires) ; sur les rivages des plans d'eau qui subsistent encore, les vertébrés circulent à la recherche de nourriture et laissent des marques de leur passage (pistes et piétinement dus à des reptiles agiles, comme les traces *Dromopus didactylus*, ou à des animaux plus lourds, comme *Limnopus* ou *Hylodichnus major*) tandis que la végétation sub-aquatique prospère.

La phase d'assèchement - Avec l'installation de la sécheresse, des fentes de dessiccation, parfois de plusieurs dimensions, se développent. Ces périodes moins

humides, liées aux variations climatiques, n'ont jamais dû être très longues car les amphibiens, tributaires de l'eau, existent à toutes les époques du Permien, depuis la Formation des Pradineaux jusqu'au sommet des formations de la Motte et de Gonfaron. En même temps, certaines espèces végétales qui ont besoin d'un apport d'eau régulier pour croître s'installent dans la région : ainsi *Gingkophytoxylon permienne* se développe pendant le dépôt de la Formation du Muy dans le bassin du Bas-Argens (Vozenin-Serra *et al.* 1991).

Répartition stratigraphique des traces et succession des paléoenvironnements.

Actuellement, les traces les plus anciennes observées se situent dans l'Estérel ; les plus jeunes s'observent dans les bassins occidentaux (figures 2 et 13).

NIVEAUX SOUS-JACENTS A LA RHYOLITE A7.

Seul, le bassin de l'Estérel a livré de rares traces de vie (invertébrés et végétaux) dans les niveaux les plus inférieurs de la série permienne provençale (Toutin 1980).

Formation de l'Avellan - Dans le graben de l'Avellan (F10 fig.1 et 2), des empreintes de végétaux flottés sont conservées à la surface de dalles de cinérites très fines, vert pâle, déposées dans un milieu vaseux.

Des passées silicifiées, intercalées dans des conglomérats, renferment des reliquats calcaires, des échardes de verre d'origine volcanique et des débris de microfaune aquatique indéterminable.

Formation d'Ambon - Au Nord du massif de l'Estérel (fig.1 et 2), dans le secteur de Saint Jean (F9), des bancs de grès gris-beige présentent des fentes de dessiccation associées à des pistes d'invertébrés non identifiables. Des phases humides et sèches alternaient dès cette époque tandis qu'un réseau fluvial s'installait déjà dans certains secteurs du Nord de l'Estérel (Toutin 1980).

FORMATION DES PRADINEAUX

C'est la formation du Permien supérieur qui a livré le plus d'empreintes de vertébrés, échelonnées dans l'ensemble de la formation mais, seuls les bassins orientaux sont fossilifères, en l'état actuel des connaissances. Les niveaux équivalents des bassins du Luc, de Cuers et de Toulon sont, pour l'instant, restés azoïques.

Les traces les plus anciennes se situent au Sud du bassin carbonifère du Reyran (F2 Colle de la Motte fig. 1) : invertébrés Arthropodes (*Tasmanadia*?) et vertébrés non identifiables ; elles se trouvent un peu au-dessus de la rhyolite A7, dans des niveaux d'argile verte, et sont associées à des empreintes de gouttes de pluie.

Les traces (pistes d'amphibiens ? et *Scoyenia* ?) de l'ancienne carrière d'Agay (F8 fig.1 et 2), de la Roseraie (traces de nage F4, fig.1) et du Gargalon (*Hyloïdichnus major* F3), dans l'Estérel, apparaissent après la rhyolite fluidale A11, dans des niveaux de tufs volcaniques ou d'argilites indurées. Celles du Coulet Redon (F7 fig.1 et 2), à Temnospondyles, petits Captorhinomorphes et Eosuchiens, sont les plus élevées observées jusqu'alors dans cette formation ; ce sont aussi les seules trouvées dans la formation des Pradineaux dans le bassin du Bas-Argens. Les dépôts s'effectuent dans des plaines d'inondation (argiles brun-rouge), périodiquement asséchées lorsque les pluies cessent (fentes de dessiccation au Gargalon).

A Agay (F8 fig.1), les niveaux de grès fins, gris-beige, à débit en plaquettes, se sont déposés en milieu réducteur ; ils renferment des empreintes de bulles de gaz, de la pyrite et de nombreuses ferruginisations, ainsi que des débris de plantes (*Ullmannia bronni*, *U. frumentaria*, *Sphenopteris kukukiana*, *Quadrocladus orobiformis*, cf *Q. solmsi*, *Pseudovoltzia* sp., etc.) et quelques grains de pollens comme *Lueckisporites virkkiae* et *Nuskoisporites dulhuntyi* (Visscher 1968).

Localement, des lentilles ou des petits bancs carbonatés s'individualisent vers le haut de la formation, lorsque le matériel s'affine et que le confinement du milieu se développe ; ils renferment des débris de coquilles de Mollusques (piste de Cabran) et surtout d'Ostracodes (fig.1 : F13 carrière de Fréjus, Sud de la Colle de La Motte F2 et près du Gargalon F3) et se sont déposés en milieu lacustre peu profond (Toutin 1980). Cette formation renferme également des pistes d'invertébrés (F8 vers Agay, F13 carrière de Fréjus) ; certaines sont bilobées (? *Cruziana*) et de grandes dimensions (carrière de Fréjus). Enfin, la végétation se développe, en particulier près des plans d'eau où prospèrent les plantes dulçaquicoles (Agay, carrière de Fréjus).

A cette époque, de grands lacs occupent le centre des bassins, très subsidents, dominés par des reliefs encore vigoureux et constamment rajeunis par les phénomènes tectoniques (Toutin-Morin 1987). Les rives sont vaseuses, parfois marécageuses (Agay, carrière de Fréjus), une ambiance réductrice, avec dégagement d'hydrogène sulfuré, s'installe alors et le domaine palustre, lié à un climat plus sec, s'installe localement, permettant le développement de galettes calcaires à analcime autour des tiges de végétaux (Toutin-Morin 1985). La vie animale et végétale est prospère autour de ces points d'eau, malgré l'activité volcanique importante qui règne encore dans l'Estérel (Boucarut 1971). Parmi les vertébrés terrestres, des Diapsidés insectivores (Lépidosauriens ou Eosuchiens au Coulet Redon), d'une soixantaine de centimètres pour les plus longs, à allure de lézards très agiles, se déplacent rapidement à la recherche de nourriture et cotoient d'autres Amniotes

(reptiles), des Captorhinomorphes (traces *Hyoïdichnus major*) assez grands (jusqu'à 50 cm environ). Ils cohabitent avec de petits pentadactyles carnivores, d'une dizaine de centimètres de long (traces *Varanopus curvidactylus* au Coulet Redon). *Anthichnium salamandroïdes* indique la présence de petits Temnospondyles, de la taille d'une salamandre actuelle, inféodés à l'eau et vivant dans des mares ou de petits lacs (traces de nage). Sur les rivages, la végétation, prospère (horizons pédogénétiques au Coulet Redon, nombreux débris végétaux à Agay), abrite des invertébrés (présence de *Scoyenia*, pistes d'Arthropodes et d'Annélides) qui constituent une partie de la nourriture des carnivores.

FORMATION DU MITAN

Les seules empreintes de vertébrés (*Dromopus didactylus*) connues jusqu'alors à ce niveau proviennent des anciennes carrières du Mitan (F6 fig.1 et 2), dans le bassin du Bas-Argens ; elles sont situées dans les laminites du sommet de la formation et sont associées à des gouttes de pluie. Les fentes de dessiccation et les rides de courant, les pistes et les terriers d'invertébrés non identifiables (fig.1 et 2 : F11 piste de Cabran, F6 carrière du Mitan), sont fréquents dans ces niveaux de fin de séquence sédimentaire positive.

De grands lacs existent encore dans le centre des bassins, alimentés par des cours d'eau qui descendent des reliefs. Les pluies, violentes sur les reliefs, déclenchent des coulées boueuses qui commencent à édifier de grands cônes au pied du massif des Maures, en particulier sur le bord sud du bassin du Bas-Argens (Toutin 1980). Vers le haut de la formation et vers le centre du bassin apparaissent des dépôts de plaine d'inondation (argiles brunes) ou de décantation (laminites) sous faible tranche d'eau (lacs peu profonds) dans lesquels les phases humides et d'assèchement se succèdent (Toutin 1980).

Les traces *Dromopus didactylus*, attribuées à des Diapsidés à allure de lézard, sont nombreuses et ces animaux semblent dominer les biotopes de cette époque : ils sillonnent rapidement les rivages, en quête de nourriture. Les petits Temnospondyles existent toujours dans les milieux aquatiques tandis que des invertébrés (Mollusques) fouissent le sol .

FORMATION DU MUY

La découverte de traces de vertébrés dans cette formation est très récente (1989). Les empreintes *Anthichnium salamandroïdes* et *Limnopus zeileri* (F6', fig.1 et 2), situées dans les grès gris-vert de la base de la formation, au-dessus des laminites du sommet de la formation du Mitan, sont accompagnées de débris végétaux mal conservés.

Les restes de végétaux, troncs entiers silicifiés ou petits débris carbonisés, sont fréquents dans les grès gris-vert ou roses et dans les argiles gris-vert de la formation du Muy dans le bassin du Bas-Argens (ancienne carrière du Muy, Rocher de Roquebrune, Endre), plus rares au Sud Ouest de l'Estérel. Parmi les principales espèces qui caractérisent ce Permien supérieur, on peut citer, pour les plantes, *Calamites* sp., *Cordaïtes* sp., *Ullmannia bronni*, *Ullmannia* cf *lycopodioides*, *Annularia* sp. (Germain 1968, Visscher 1968) et, parmi les bois, *Ginkgoophytoxylon permienense* (Vozenin-Serra et al. 1991); l'association pollinique est surtout représentée par *Nuskoisporites dulhuntyi*, *Jugasporites delasaucei*, *Klausipollenites schaubergeri*, *Strotersporites richteri*, *Lueckisporites virkikiae*, etc. (Visscher 1968).

Les pistes d'invertébrés, parfois bilobées (*Cruziana* ?) sont moins fréquentes (fig. 2 : F12 carrière du Muy, Endre) mais elles ont été observées dans tous les bassins à des niveaux équivalents (fig.1 et 2 : F14 dans la formation Rouge Supérieure, F16 dans la formation de Gigery).

A cette époque, les coulées boueuses se multiplient, détruisant la végétation installée sur les reliefs et entraînant des arbres entiers dans les vallées. Dans le centre des bassins, les cours d'eau sont divagants et méandriformes, les lacs se sont réduits et s'assèchent de plus en plus (Toutin 1980) ; le domaine palustre, avec encroûtements carbonatés autour des tiges des végétaux, se développe et le milieu réducteur favorable au développement des Equisétales qui prospèrent dans les marécages (*Calamites*, *Cordaïtes*, etc.) domine. Les empreintes de vertébrés Temnospondyles sont plus nombreuses que précédemment : on peut les attribuer à de petits Branchiosauridés (traces *Anthichnium salamandroïdes* dans la carrière du Mitan) et à des Eryopsidés, animaux robustes et lourds, pouvant atteindre 1m de long et peut être même 2 m ; ces animaux cohabitent avec des Diapsidés (traces *Dromopus didactylus*) qui existent toujours à proximité des lacs.

FORMATION DE LA MOTTE, PÉLITIQUE, DE GONFARON ET DE FABRÉGAS.

Les traces de vertébrés trouvées au sommet du Permien provençal sont nombreuses, en particulier dans la région de Gonfaron (bassin du Luc) où elles ont été signalées depuis longtemps (Bordet 1951).

Elles se situent toutes assez haut dans la série, dans des niveaux d'argilites rouge-brique, indurées, à passées carbonatées et souvent riches en fentes de dessiccation, pistes et terriers d'invertébrés (vers, Arthropodes, Gastéropodes, Crustacés, etc.) et horizons pédogénétiques (Toutin 1980).

Les gisements de La Motte (F5) et du secteur compris entre La Motte et Pennafort dans le bassin du Bas-Argens, de Gonfaron (F1) dans le bassin du Luc, de la Foux (F15) dans le bassin de Cuers et de Fabrégas (F0) dans le bassin de Toulon, sont en positions stratigraphiques voisines (fig. 1 et 2).

En Provence orientale, à la fin du Permien, les bassins sont en fin de comblement. Le paysage est très aplani et les dépôts d'argiles rouges de plaines d'inondation, fréquemment asséchées et balayées par le vent (présence de quartz éolisés), dominant. Quelques flaques d'eau, très peu profondes, subsistent sans doute encore,

regroupant ce qui reste de la végétation et de la vie animale.

Les vertébrés semblent dominés par les Captorhinomorphes, nombreux et variés. Il est possible qu'il y ait eu également quelques petits Procolophonoidés (traces *Varanopus rigidus*). Il existe également des Diapsidés. Il s'agit donc d'une faune essentiellement reptilienne qui s'enrichit, vers le haut de la série, de Pélycosauriens (traces *Dimetropus latus*) et de Caséidés (trace *Laoporus*) d'un mètre de long. Les amphibiens existent encore avec les petites traces *Anthichnium salamandroides* et *Limnopus*, mais ils sont rares ; ces Temnos-

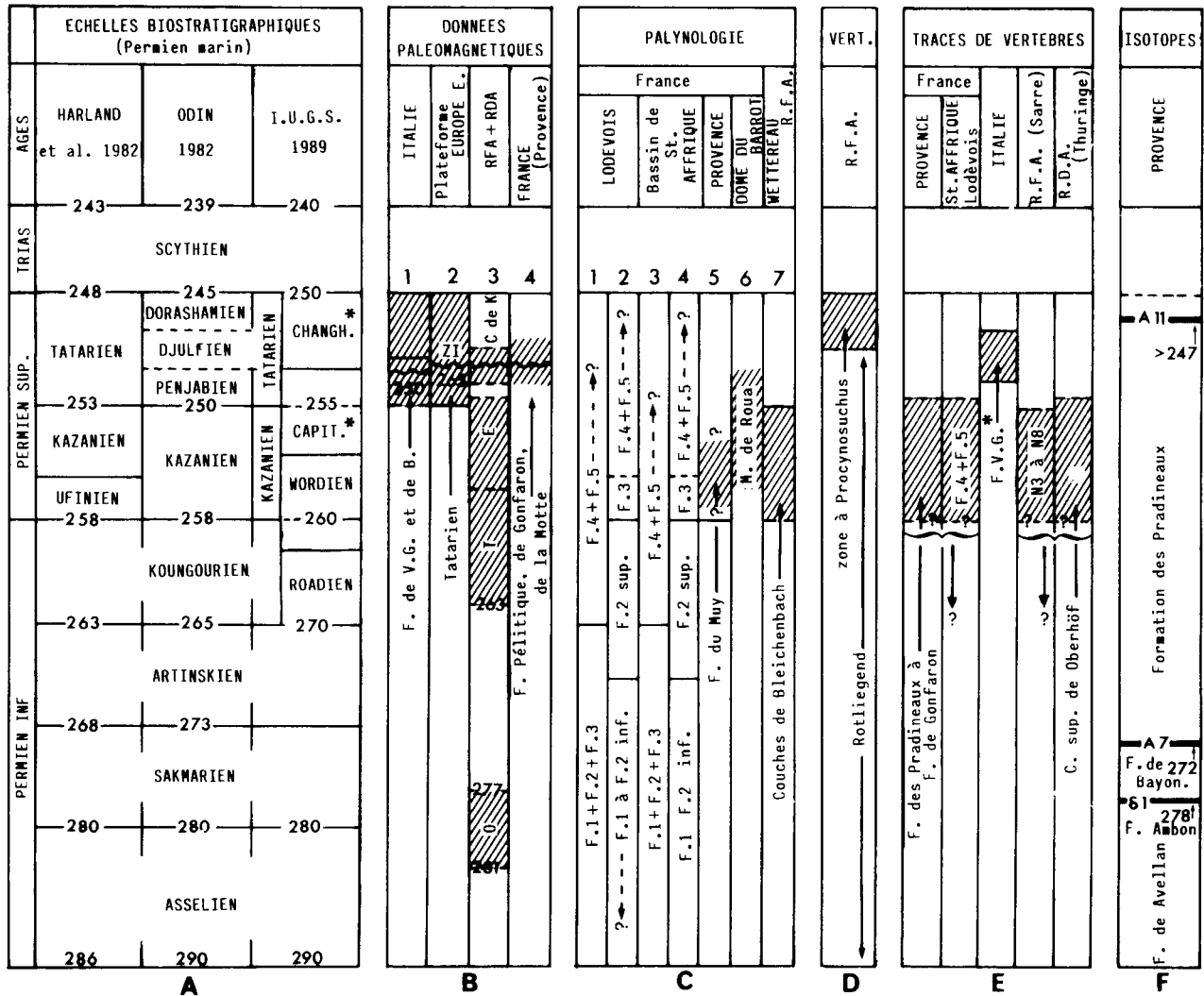


Figure 14 - Essais de corrélations entre quelques formations continentales et les étages du Permien marin à partir de diverses échelles. A - Echelles marines ; * Changh = Changhsingien ; * Capit. = Capitanien ; âges isotopiques en millions d'années. B - Formations du Val Gardena (VG) et Bellerophon (B) ; O : couches d'Oberhof ; T et E : couches de Tambach et d'Einsnach (R.D.A.). D'après : 1 Conti et al. 1986 ; 2 et 3 Menning 1987 ; 4 Henry 1989. ZI : zone d'Illawara. C - Lodévois : Formations F1, d'Uclas-St Privat ; F2, des Tuilières ; F3, du Viala ; F4, de Rabéjac ; F5, du Salagou ; - Bassin de St Affrique : F1, conglomérat de Gorp ; F2, pélites de St Rome ; F3, grès du Dourdou ; F4, conglomérat de Belmont ; F5, pélites de Saint-pierre. D'après : 1 et 3 Chateaufneuf et al. 1980 ; 2 Doubinger et al. 1987 ; 4 Rolando et al. 1988 ; 5 Visscher 1968 ; 6 Visscher 1974 ; 7 Schaarschmidt 1980. D - d'après Boy et al. 1988. E - * in Conti et al. 1986. F - D'après Gondolo et Toutin-Morin 1989, Zheng et al. (à paraître) ; limites placées par référence à l'échelle de Odin 1982. Attempts to correlate some continental formations with marine permian stages, using varied scales.

pondyles étaient sans doute cantonnés dans les quelques mares permanentes de ces vastes plaines d'inondation.

Les invertébrés sont nombreux et très variés dans ces milieux bien oxygénés, à proximité des points d'eau. Ce sont surtout des Arthropodes parmi lesquels sans doute des Insectes (*Bifurculapes*, *Danstairia*, *Acripes*), des Crustacés (*Beaconichnus*) et des Myriapodes. Quelques pistes de petits vers (*Gordia*) et de Gastéropodes (*Paleabullia*, *Cochlea*) et des terriers divers ont été aussi observés.

Conclusions

Dans l'ensemble, les traces animales sont localisées au centre des bassins permien. Dues à des formes préférant la chaleur au froid, elles sont nombreuses et variées et démontrent qu'au Permien - contrairement à ce qui a été pensé pendant si longtemps - la vie était active et prospère.

L'étude sédimentologique détaillée (Toutin 1980) a montré que ces régions étaient occupées par des lacs au cours des formations des Pradineaux (secteur d'Agay, carrière de Fréjus) et du Muy (carrières du Mitan et du Muy) tandis que des cônes de déjection et des coulées boueuses jalonnaient les bords des bassins pendant une grande partie du Permien (fig. 2 et 13). La présence des traces d'amphibiens dans toute la série, au-dessus de la rhyolite A7, démontre la permanence de ces lacs qui tendent cependant à se réduire au sommet du Permien supérieur (formations de la Motte, Pélitique et de Gonfaron), avant la phase aride du début du Trias au cours de laquelle des regs à dreikanter vont s'installer.

Vers la fin du Permien, la prédominance des Reptiles est en relation avec un climat de plus en plus chaud qui annonce la courte phase aride du début du Trias continental, période néfaste aux amphibiens en raison de la réduction du domaine aquatique.

INTÉRÊT STRATIGRAPHIQUE DES EMPREINTES DE VERTÉBRÉS TÉTRAPODES

Répartition verticale des traces au sein de la série permienne provençale (fig. 2 et 13)

La lithostratigraphie des bassins provençaux étant connue (Toutin 1980 ; Toutin-Morin & Vinchon 1989), il a été possible de situer les niveaux à traces dans chaque formation. Comme aucune empreinte de vertébrés tétrapodes n'a été trouvée, jusqu'ici, dans les formations sous-jacentes à la coulée rhyolitique A7, l'échelle palichnostratigraphique obtenue ne concerne qu'une partie de la série permienne.

Hormis *Varanopus curvidactylus* dont la présence n'est pas certaine dans la formation de Gonfaron, la plupart

des autres ichnoespèces ont été observées de la base (Formation des Pradineaux) au sommet (Formation de Gonfaron) du Permien sus-jacent à la coulée A7 (fig. 13). Deux autres ichnites *Dimetropus latus*) et *Laoporus* sp. sont, par contre, localisées actuellement dans la partie supérieure du Permien provençal.

Essai de corrélation entre diverses formations continentales (fig. 14E).

COMPARAISONS ENTRE LES FORMATIONS DES BASSINS PROVENÇAUX ET CELLES DES BASSINS DE LODÈVE ET DE ST AFFRIQUE.

Dans le bassin de Lodève, en se basant sur la première apparition et la fréquence des ichnogenres et des ichnoespèces, il a été possible de distinguer 4 associations qui se relaient et se complètent dans le temps. Celles-ci ont été également mises en évidence dans les bassins de Rodez et de St Affrique. (Gand 1988, 1989 b, c ; Gand & Haubold 1988).

En comparant les associations à empreintes du Permien provençal et du bassin de Lodève, il apparaît que les ichnogenres *Laoporus* et *Dimetropus* et les ichnoespèces: *A. salamandroïdes*, *D. didactylus*, *V. curvidactylus* et *H. major* des associations n° 3 et n° 4 du Lodévois sont communes aux deux régions. Un tel résultat permet de proposer des corrélations entre des parties des formations des bassins concernés en supposant que ces dernières empreintes n'existent pas dans les formations sous-jacentes à la coulée A7. Ainsi, d'après la première apparition de *V. curvidactylus*, de *D. didactylus* et de *H. major* dans le bassin de Lodève, il semble que la partie supérieure de la formation des Pradineaux dans laquelle apparaissent ces 3 ichnoespèces puisse être corrélée avec les couches de Rabéjac et de Cambouras constituant la base de la formation de Rabéjac (Odin 1986) et avec celles de Briols et de la Boriette du bassin de St Affrique notées F4 sur la figure 14E.

Avec la présence des ichnogenres *Laoporus* et *Dimetropus*, l'association des empreintes de vertébrés tétrapodes observée dans la Formation Pélitique du bassin du Luc (gisement de Gonfaron) peut-être rapprochée de l'association n° 4 du Lodévois (niveaux de la Lieude). Celle-ci est localisée dans le sommet du Permien rouge supraconglomératique (Gand 1988, 1989b,c) et, plus précisément, dans la formation du Salagou (F5, fig. 14E) sus-jacente à celle de Rabéjac (Odin 1986).

COMPARAISONS ENTRE LES BASSINS PROVENÇAUX ET LES BASSINS ALLEMANDS.

Bassins de la République Fédérale Allemande : Sarre, Wetterau et Grès du Cornberg.

A partir des traces observées dans le Permien de la Sarre, de la région de Wetterau et dans les Grès du

Cornberg, Boy & Fichter (1982) ont établi une zonation palichnologique provisoire en proposant des corrélations entre les diverses formations des bassins de la Sarre et de la Thuringe. Après les découvertes survenues dans le Permien des Grès du Val Gardena, dans le Nord de l'Italie (Conti *et al.* 1977) et dans celui des bassins français (Gand & Haubold 1984 ; Gand 1985), Boy & Fichter (1988) ont rédigé une nouvelle synthèse en proposant une zonation palichnologique quelque peu différente de celle établie dans leur travail de 1982.

En se référant à cette nouvelle échelle (Boy & Fichter 1988) concernant le Rotliegende d'Europe centrale, on voit que l'association à traces de vertébrés tétrapodes mise en évidence dans les bassins provençaux, recouvre la zone à *Varanopus microdactylus* (= *Hyloidichnus microdactylus* GAND, 1988) très proche de *Hyloidichnus major* et celle à *Anhomöichnium*. Dans cette zone est observé "*Chelichnus*" = *Laoporus* et disparaissent *Dime-tropus*, *Limnopus*, *Varanopus*, *Hyloidichnus*, *Anthichnium salamandroides*, toutes ichnites présentes encore dans le sommet du Permien provençal (fig. 13). Un tel rapprochement pourrait impliquer une correspondance plus ou moins étroite entre les niveaux à empreintes de la Formation Pélitique du bassin du Luc et la couche N8 du bassin de la Sarre (fig. 14E).

Avec la première apparition de *V. microdactylus*, les couches à *Hyloidichnus major* de la formation des Pradineaux semblent pouvoir être rapprochées de la couche N3 du "Nahe-Gruppe" de la Sarre (fig. 13E), ceci en admettant que *H. major* n'existe pas dans les formations sous-jacentes à la coulée A7 (cf supra).

Bassins de la République Démocratique Allemande (La Thuringe).

En se référant à l'échelle palichnostratigraphique établie par Haubold (1984) pour la Thuringe, d'après la première apparition de *Varanopus microdactylus* (= *Hyloidichnus microdactylus* GAND, 1988) très proche de l'ichnoespèce française *H. major*, il paraît possible de corréliser la partie supérieure de la formation des Pradineaux avec les couches supérieures de Oberhöf (fig. 14E).

Dans la région de Mansfeld, dans les couches supérieures de Hornburg (Walter 1982) et dans celles de Eisleben, sous-jacentes au Zechstein (Martens 1983), il a été trouvé cf. *Laoporus* et plusieurs ichnoespèces de *Phalangichnus*. Mais l'absence de cet ichnogenre dans la palichnofaune française et de celle de *Laoporus* dans le Permien de R.D.A. ne permettent pas d'établir, actuellement, des rapprochements entre les couches fossilifères.

Essai de datation avec les étages marins (fig. 14).

COMPARAISON ENTRE LES ASSOCIATIONS D'EMPREINTES EN SE RÉFÉRANT AUX DATATIONS PALÉONTOLOGIQUES.

Pour les niveaux à traces de vertébrés des formations du Permien provençal.

D'après les comparaisons faites entre l'association n° 4 du bassin de Lodève et celle des Grès du Val Gardena du Nord de l'Italie (Gand 1988) datée Abadélien supérieur à Dzhulfien supérieur (ou à Dorashamien) à partir de Foraminifères et de données palynologiques (Conti *et al.* 1986), les couches à empreintes de Gonfaron pourraient avoir sensiblement le même âge que celles de la Lieude, soit dater de la base du Tatarien inférieur ou du Kazanien supérieur d'après la position de l'association n° 4 au sein de l'échelle palichnostratigraphique proposée par l'un de nous (Gand 1988). A partir de la macroflore et de la microflore, les formations des Pradineaux et du Muy ont été attribuées au Thuringien et plus précisément, mais avec "hésitation" au Thuringien précoce concernant la seconde formation (Visscher 1968), (fig. 14C). D'après l'équivalence Thuringien = Tatarien + Kazanien, *sensu* Cowie & Basset 1989, les niveaux à traces de vertébrés de la formation des Pradineaux dateraient donc du Kazanien inférieur ou du Koungourien (GD et GG), peut-être seulement du Kazanien inférieur (NTM).

Pour les niveaux à traces de vertébrés des bassins de Lodève et de St Affrique.

D'après les corrélations proposées (cf. supra et fig. 14 E), les couches à traces de Rabéjac et de Cambouras du bassin de Lodève, celles de Briols et de la Boriette du bassin de St Affrique (Formation F4, fig. 14 E), seraient kazaniennes ou koungouriennes. Un âge thuringien a été proposé pour ces couches à partir des données palynologiques (Doubinger *et al.* 1987 ; Rolando *et al.* 1988). Pour Châteauneuf *et al.* (1980), par contre, la formation F4 serait postautunienne, donc vraisemblablement, au moins koungourienne si on retient l'équivalence Autunien = Assélien + Sakmarien. (C, 1 et 3 de la fig. 14)

Pour les niveaux à traces de vertébrés du bassin de la Sarre.

D'après les corrélations établies à partir des associations d'empreintes et l'âge que nous proposons pour les niveaux fossilifères des formations provençales, l'ensemble des couches N3 à N8 du Permien de la Sarre aurait un âge compris entre le Kazanien (*sensu* Odin & Gale 1982), ou le Koungourien, et le Tatarien basal. Une telle datation pour la partie supérieure du Rotliegende allemand attribué longtemps au Saxonien (Falk 1974) conforte :

- les conclusions de Sues & Boy 1988 qui suggèrent un âge tatarien inférieur pour le sommet du Rotliegende de R.F.A, d'après la découverte dans le Zechstein inférieur de *Procynosuchus*, Thérapsidé du Tatarien supérieur (fig. 14D) ;
- les âges "Ufimien à Kazanien" attribués par Schaaerschmidt in Doubinger *et al.* (1987) aux couches de Bleichenbach du bassin de Wetterau situées entre 100 à 200 m sous le Zechstein (C7, fig. 14).

COMPARAISONS AVEC LES ÂGES FOURNIS PAR LES DONNÉES PALÉOMAGNÉTIQUES ET RADIOISOTOPIQUES.

En se référant aux âges des coulées volcaniques interstratifiées dans la formation des Pradineaux, (Arévian *et al.* 1979, Toutin 1980, Gondolo & Toutin-Morin 1989, Zheng *et al.* en cours), il peut-être proposé pour les couches à empreintes de la partie supérieure de la formation des Pradineaux un âge compris entre 247 (au moins) et 241 millions d'années (fig. 13 et fig. 14F). D'après les échelles géochronologiques établies par Harland *et al.* (1982), Odin & Gale (1982) et par Cowie & Basset (1989) (fig. 10 A), ceci date du Tatarien supérieur à Trias inférieur la partie supérieure de cette formation, alors qu'il existe encore au-dessus, plusieurs centaines de mètres de Permien recouvert par le Trias. Il y a donc en Provence un grand décalage entre les âges fournis par les fossiles (empreintes de vertébrés et flore) et les coulées volcaniques. Ceci ne permet pas, à l'heure actuelle, d'utiliser l'échelle radioisotopique provençale pour l'établissement de corrélations entre les formations de Provence et les étages du Permien marin.

Le décalage est moins grand entre la datation (Kazanien supérieur ou Tatarien basal) proposée à partir des associations à empreintes de vertébrés observées dans la Formation Pélimitique (gisement de Gonfaron) et celle basée sur les données paléomagnétiques (fig. 14B). En effet, d'après Mélabet (*in* Henry 1989), la zone de polarité mixte (= zone de transition des inversions polaires dite d'Illawara : ZI) daterait du Permien terminal les formations de Gonfaron et de la Motte. Celle-ci a été également mise en évidence dans le Tatarien d'autres pays européens (fig. 14B).

CONCLUSIONS

Dans la plupart des formations du Permien provençal, il a été trouvé plusieurs niveaux inédits à empreintes d'organismes.

- Les traces de vertébrés tétrapodes sont actuellement localisées au-dessus de la coulée A7. Elles correspondent à des ichnogenres et des ichnoespèces déjà connus dans les autres bassins français et pour la plupart d'entre eux dans les bassins européens. Le rapprochement fait entre les associations à traces du Permien provençal et celles de référence du Lodévois,

montre que *Varanopus curvidactylus*, *Dromopus didactylus*, *Anthichnium salamandroïdes* seulement présentes dans l'association n° 3 du bassin de Lodève ont, en fait, une répartition verticale vers le haut plus grande. En effet, elles existent au sommet du Permien dans l'association à *Laoporus* de la Formation Pélimitique de Provence (gisement de Gonfaron), corréléable avec les couches fossilifères de la Lieude du bassin de Lodève. Il en est de même de l'ichnogenre *Limnopus* observé dans le Permien sommital provençal.

- L'interprétation paléontologique des traces de vertébrés tétrapodes indique l'existence au-dessus de la coulée A7, d'Eosuchiens, de Captorhinomorphes et/ou de Procolophonoidés évoluant dans des biotopes à environnements fluviaux et de plaines d'inondation. Les petits Temnospondyles sont minoritaires au regard des Amniotes précédents. Contrairement à ce qui a été noté dans le Permien supraconglomératique des bassins de Lodève et de St Affrique à environnement de playa, dans le Thuringien provençal, les Eryopsidés sont encore présents. Ils semblent avoir été abondants dans la formation lacustre du Muy riche en végétaux.

Dans la partie sommitale du Permien provençal existent les traces *Dimetropus* et *Laoporus* attribuables à des Pélycosauriens et/ou des Thérapsidés. Cette palichnofaune rappelle celle de la Lieude mais elle est plus riche en traces de Captorhinomorphes et/ou de Procolophonoidés que la précédente.

Par le nombre des ichnogenres représentés, l'ichnofaune d'invertébrés du Permien de Provence se place parmi les plus importantes décrites, avec celle du Rotliegende germanique (Haubold *et al.* 1983 ; Walter 1983). La comparaison entre les ensembles des deux séries de sites est délicate en raison, de la subjectivité de l'importance accordée à la priorité des caractères dans l'élaboration des diagnoses, de l'absence de possibilité de quantifier la variabilité des caractères qui permettrait d'affirmer ou d'infirmer que deux pistes se ressemblant ont -ou non- une grande probabilité d'appartenir à la même ichnoespèce.

Nonobstant, il existe, entre les deux ichnofaunes, des affinités réelles :

- au niveau des ichnoespèces : six, au moins, sont communes aux deux groupes ;
- à un niveau plus général : elles se traduisent par, la prédominance numérique des pistes d'Arthropodes et la rareté des pistes d'annélidés ou des terriers.

Par contre, on doit noter une différence qui tient peut-être aux milieux : le Rotliegende, à notre connaissance, n'a fourni aucune piste attribuable à des Gastropodes.

L'affinité entre les deux groupes de sites reste néanmoins assez importante dans ses grandes lignes. Si

l'ichnofaune d'invertébrés du Rotliegende provient de sites variés et de positions stratigraphiques différentes, celle du Permien de Provence provient pratiquement d'un même gisement, assez bien situé stratigraphiquement.

Ce qui implique qu'elle pourrait avoir, le cas échéant, le rôle d'une ichnofaune d'invertébrés de référence, par son importance numérique et la variété de ses composants.

La comparaison de l'association provençale à traces de vertébrés tétrapodes, bien calée dans la partie supérieure de la série permienne, avec les zonations établies en France, a permis de corrélérer les niveaux à empreintes du Permien provençal sus-jacent à la coulée A7 avec des parties de formations des bassins de Lodève et de St Affrique ainsi qu'avec les couches N3 et N8 de la Sarre et avec celles de Oberhöf de la Thuringe.

En se référant aux échelles palichnostratigraphiques européennes, d'après l'âge Abadéhien supérieur à Dzulfien supérieur (ou à Dorashamien) de l'association à empreintes du Val Gardena du Nord de l'Italie, nous proposons de dater Kazanien supérieur ou Tatarien basal, les couches à *Laoponus* de la Formation Pélitique supérieure du bassin du Luc. Celles de la partie supérieure de la Formation des Pradi-neaux, par référence aux datations paléobotaniques pourraient être attribuées au Kazanien inférieur ou au Koungourien

Remerciements - Nous tenons à remercier Louis Courel, Professeur à l'Université de Dijon, pour ses commentaires et ses suggestions toujours précieux. Notre reconnaissance va, tout spécialement, à M. Jean Chaline, Directeur de l'U.R.A. n° 157 du C.N.R.S. ainsi qu'aux membres du Centre des Sciences de la Terre de Dijon, qui nous ont fourni un appui logistique non négligeable : Annie Bussière, sans laquelle nos inscriptions ne seraient pas ce qu'elles sont, et Alain Godon, dont l'aide nous a été précieuse pour réaliser les planches à partir d'un matériel "ton sur ton" rarement photogénique.

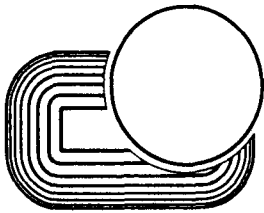
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMI H.M. 1903 - Description of tracks from the fine-grained siliceous mudstones of the Knoydart formation (Eo-vonian) of Antigonish County. *Nova Scotia Inst. Sci. Proc. Trans.*, 10 : 330-332.
- AREVIAN A., TOUTIN N., ROUSSEAU M., CAMPREDON R. & DARS R. 1979 - Les séries continentales du Permien du Var. *Bull. B.R.G.M.*, (2), 1, 1 : 31-43.
- BORDET P. 1951 - Etude géologique et pétrographique de Estérel. *Mém. Carte géol. détaillée France*, Paris : 207 p.
- BORNEMANN J.G. 1889 - Uber den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias. *Beiträge Geologie, Paläontologie*, 1 : 61 p.
- BOUCARUT M. 1971 - Etude volcanologique et géologique de l'Estérel (Var, France). Thèse Doctorat-ès-Sciences Nice, 2 tomes : 487 p. (inédit).
- BOY J.A. 1987 - Die tetrapoden-Lokalitäten des Saarpfälzischen Rotliegenden (? Ober-Karbon-Unter-Perm) und die Biostratigraphie du Rotliegend-Tetrapoden. *Mainzer Geowiss. Mitt.*, 16 : 31-65.
- BOY J.A. & FICHTER J. 1982 - Zur Stratigraphie des saarpfälzischen Rotliegenden (?Ober-Karbon, Unter-Perm : SW Deutschland). *Z. Dtsch. Geol. Ges.*, 133 : 607-642.
- BOY J.A. & FICHTER J. 1988 - Zur Stratigraphie des höheren Rotliegend im Saar-Nahe-Becken (Unter-Perm : SW Deutschland) und seiner Korrelation mit anderen Gebieten. *N. Jb. Geol. Pal., Abh.*, 176, 3 : 331-394.
- CARROLL R.L. 1988 - *Vertebrate Paleontology and Evolution*. W.H. Freeman and company ed., New York : 698 p.
- CHAPMAN F. 1929 - On some remarkable annelid remains from Arthur River, N.W. Tasmania. *Royal Soc. Tasmania, Papers and Proc.* 1928 : 1-5.
- CHATEAUNEUF J.-J., FEYS R., FUCHS Y., GREBER C., HERY B. & LEFORT J.-J. 1980 - Synthèse géologique des principaux bassins permien du centre de la France. Caractérisation des métallotectes associés par la Géochimie et l'étude de la matière organique. *Rapport B.R.G.M.Orléans*, 80, SGN 436 GEO.
- CONTI M.A., LEONARDI G., MARIOTTI N. & NICOSIA U. 1977 - Tetrapod footprints of the "Valgardena Sandstone" (North Italy). Their paleontological stratigraphic and paleoenvironmental meaning. *Paleontographia italica*, 70 : 91p.
- CONTI M.A., FONTANA D., MARIOTTI N., MASSARI F., NERI C., NICOSIA U., PASINI M. & PITTAUD D. 1986 - The Bletterbach-Butterloch section (Val Gardena Sandstone and Bellerophon formation). In Guidebook on Permian and Permian-Triassic Boundary in South-alpine segment of the Western Thetys. *Societa Geologica italiana* : 91-99.
- COWIE J.W. & BASSET M.G. 1989 - Global stratigraphic chart. *Episodes*, 12, 2.
- DELAGE A. 1912 - Empreintes de grands pieds de quadrupèdes de l'Hérault. *Mém. Acad. Sci. et Lettres de Montpellier* : 49 p.
- DEMATHEU G. 1970 - Les empreintes de pas de Vertébrés du Trias de la bordure N.E. du Massif Central. *Cah. Paléont.*, éd. C.N.R.S. Paris : 291 p.
- DOUBINGER J., ODIN B. & CONRAD G. 1987 - Les associations sporopolliniques du Permien continental du bassin de Lodève (Hérault ; France) : caractérisation de l'Autunien supérieur, du "Saxonien" et du Thuringien. *Ann. Soc. géol. Nord*, 106 : 103-109.
- ELLENBERGER P. 1965 - Découverte de pistes de vertébrés dans le Permien, le Trias et le Lias inférieur aux abords de Toulon (Var) et d'Anduze (Gard). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 260 : 5856-5859.
- EMMONS E. 1844 - The Taconic system : based on observations in New York, Massachusetts, Maine,

- Vermont and Rhode Island. Caroll & Cock, printers, Albany.
- FALK H. 1974 - Die Unterschiede in den Sedimentationsvorgängen zwischen dem Autunien und saxonien von Mittel und Westeuropa, Stuttgart. *Geol. Rundschau*, 63, 3 : 819-849.
- FENTON C.L. & FENTON M.A. 1937 - *Olivellites* a Pennsylvanian snail burrow. *Amer. Midland Naturalist*, 18 : 452-453.
- FICHTER J. 1983 - Tetrapodenfährten aus dem Saarpfälzischen Rotliegenden (? Ober, Karbon-Unter-Perm ; Südwest-Deutschland). 1 - Fährten der Gattungen *Saurchnites*, *Limnopus*, *Amphisauroides Protritochnites*, *Gilmoreichnus*, *Hyloïdichnus* und *Jacobii-chnus*. *Mainzer geowiss Mitt.*, 12 : 9-121.
- FREY R.W., PEMBERTON G.S. & FAGERSTROM J.A. 1984 - Morphological, ethological and environmental significance of the ichnogenera *Scoyenia* and *Ancorichnus*. *Journ. Paleontology*, 58, 2 : 511-528.
- GAND G. 1980 - Description d'une piste de Vertébré dans le Permien de l'Estérel (Var, France). *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris*, (4), 2, 4 : 436-440.
- GAND G. 1985 - Significations paléobiologique et stratigraphique de *Limnopus zeilleri* dans la partie nord du bassin de St Affrique. *Geobios*, 18, 2 : 215-227.
- GAND G. 1988 - *Les traces de Vertébrés tétrapodes du Permien français (Paléontologie, Stratigraphie, Paléoenvironnements)*. Thèse Doctorat ès-Sciences Univ. de Bourgogne. Centre des Sciences de la Terre éd., Dijon : 341 p.
- GAND G. 1989a - *Varanopus rigidus* : nouvelle espèce de vertébré tétrapode du Permien français attribuable à des Captorhinomorphes ou à des Procolophonoidés. *Geobios*, 22, 3 : 277-291.
- GAND G. 1989b - Intérêt biostratigraphique des traces de vertébrés tétrapodes. Essai de corrélations entre des formations de quelques bassins français et européens. In Les éléments de corrélations et leurs implications stratigraphiques au sein du Permien continental. *Association des Géologues du Permien*, Univ. d'Amiens éd., 1 : 29-34.
- GAND G. 1989c - Stratigraphie. 2-4 : Les apports de la paléoichnologie des vertébrés tétrapodes à la connaissance du Permien français : 159-175. In J.J. CHATEAUNEUF & G. FARJANEL : Synthèse géologique des bassins permien français. *Mém. B.R.G.M.*, 128.
- GAND G. & HAUBOLD H. 1984 - Traces de Vertébrés du Permien du bassin de St Affrique (Description, datation, comparaison avec celles du bassin de Lodève). *Rev. Géol. Méditerranéenne Marseille*, 11, 4 : 321-348.
- GAND G. & HAUBOLD H. 1988 - Permian tetrapod footprints in Central Europe. Stratigraphical and Paleontological aspects. *Z. Geol. Wiss. Berlin*, 16, 9 : 885-894.
- GERMAIN D. 1968 - Au sujet des bois silicifiés du Permien supérieur du Muy (massif de l'Estérel, Var, France). *Bull. Soc. belge de Géol., Paléontol., Hydrologie*, 78, 2-3 : 203-215.
- GEVERS T.W. 1973 - A new name for the ichnogenera *Arthropodichnus* GEVERS, 1971. *Journ. Paleontology*, 47, 5 : 1002.
- GILMORE C.W. 1927 - Fossil footprints from the Grand Canyon, 2nd contribution. *Smithson. Misc. Collection*, 80, 3 : 78 p.
- GILMORE C.W. 1928 - Fossil footprints from the Grand Canyon, Third contribution. *Smithson. Misc. Collection*, 80, 8 : 19 p.
- GONDOLO A. & TOUTIN-MORIN N. 1989 - Relations entre les données de la géochronologie et les coupures stratigraphiques en Provence orientale et en Corse. *Association des Géologues du Permien*, Univ. d'Amiens éd., 1 : 73-77.
- GOTZINGER G. & BECKER H. 1932 - Zur geologischen gliederung des Wienerwaldflysches (Neue Fossilfunde). *Geol. Bundesanst., Wien, Jahrbuch*, 82 : 343-396.
- HALDEMAN S.S. 1840 - Supplement to number one of "A Monograph of the Limniades and other freshwater univalve shells of North America", containing descriptions of apparently new animals in different classes, and the names and characters of the subgenera *In Paludina* and *Anculosa*, Philadelphia : 3 p.
- HANTZCHEL W. 1975 - Trace fossils and Problematica : part W, supp. 1, I, Treatise on Invertebrate Paleontology. *Geol. Soc. of America* : 269 p.
- HARLAND W.B., COX A.V., LLEWELLYN P.G., PICKTON C.A.G., SMITH A.G. & WALTERS R. 1982 - *A geologic time scale*. Cambridge University press : 131 p.
- HAUBOLD H. 1971 - *Ichnia Amphibionum et Reptilionum fossilium*. In Handbuch der Palaoherpetologie. *Encyclopedia of Paleoherpetology*. Gustav Fischer Verlag Berlin, 18 : 123p.
- HAUBOLD H. 1984 - Saurierfährten. *A. Ziemsen Verlag* : 230 p.
- HAUBOLD H., BARTHEL M., KATZUNG G., SCHNEIDER J. & WALTER H. 1983 - Die Lebewelt des Rotliegenden. *A. Ziemsen Verlag* : 246 p.
- HAUBOLD H. & SCHAUMBERG G. 1985 - Die fossilien des Kupferschiefers. Die Neue Brehm-Bücherei. *A. Ziemsen Verlag* : 223 p.
- HENRY B. 1989 - Possibilités et limites de la méthode paléomagnétique pour les corrélations stratigraphiques au sein du Permien. In Les éléments de corrélations stratigraphiques au sein du Permien continental et marin. *Association des Géologues du Permien*, Univ. d'Amiens éd., 1 : 67-71.
- HEYLER D. 1969 - Vertébrés de l'Autunien de France. *Cahiers de Paléontologie*, C.N.R.S. Paris : 255 p.

- HEYLER D. & LESSERTISSEUR J. 1963 - Piste de tétrapodes permien dans la région de Lodève (Hérault). *Mém. Mus. Hist. Nat.*, C, 11, 2 : 100 p.
- HEYLER D. & MONTENAT Ch. 1980 - Traces de pas de vertébrés du Permien du Var. Intérêt bio-stratigraphique. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris*, (4), 2, C, 4 : 407-451.
- HITCHCOCK E. 1858 - *Ichnology of New England. A report on the Sandstone of the Connecticut Valley, especially its footprints*. White W. (ed.) Boston : 220 p.
- MARTENS T. 1988 - Die Bedeutung der Rotsediment für die Analyse der Lebewelt des Rotliegenden. In Symposium on Rotliegendes in Central Europe. *Z. Geol. Wiss.*, 16 : 933-939.
- MATTHEW G.F. 1910 - Remarkable forms of the little River Group. *Royal Soc. Canada, Proc. and Trans*, (3), 3, 4 : 115-125.
- MILLER S.A. 1880 - Silurian ichnolithes with definitions of new genera and species. Note on the habits of some fossil annelids. *Cincinnati Soc. Nat. Hist. Journal*, 2 : 217-229.
- MOODIE R.L. 1929 - Vertebrate footprints from the Red Beds of Texas. *Am. Journ. Sci.*, 5, 17 : 352-368.
- NICHOLSON H.A. 1873 - Contribution to the study of the errant annelids of the older Paleozoic rocks. *Royal Soc. London, Proc.*, 21 : 288-290.
- NOPCSA F.V. 1923 - Die Familien der Reptilien. *Fortschr. Geol. Pal.* : 1-210.
- ODIN B. 1986 - Les formations permien, Autunien supérieur à Thuringien, du "bassin" de Lodève (Hérault, France) : stratigraphie, minéralogie, paléoenvironnements, corrélations. Thèse Doct. en Sc. de l'Univ. d'Aix-Marseille : 375 p. (inédit).
- ODIN G.S. & GALE N.H. 1982 - Mise à jour de l'échelle des temps calédoniens et hercyniens. *C. R. Acad. Sci. Paris*, II, 294 : 453-456.
- ORBIGNY A. (d') 1842 - Voyage dans l'Amérique méridionale (le Brésil, la République orientale de l'Uruguay, la République Argentine, la Patagonie, la République du Chili, la République de Bolivie, la République du Pérou). Pitois-Levrault (éd.), Paris, 3, 4 : 188 p.
- OWEN R. 1852 - Description of the impressions and footprints of the Protichnites from the Potsdam Sandstone of Canada. *Geol. Soc. London, Quart. Jour.*, 8 : 214-285.
- PABST W. 1908 - Die Tierfahrten in dem Rotliegenden "Deutschlands". *Nova Acta Leopoldina*, Halle, 89, 2 : 320-481.
- POLLARD J.E. 1985a - *Isopodichnus* related arthropod trace fossils and notostracars from triassic fluvial sediments. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh, Earth Sci.*, 76 : 273-285.
- POLLARD J.E. 1985b - Arthropod ichnofauna of the Old Red Sandstone at Dunure and Montrose, Scotland. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh, Earth Sci.*, 76 : 287-297.
- POLLARD J.E. & WALTER E.F. 1984 - Reassessment of sediments and trace fossils from Old Red Sandstone (Lower Devonian) of Dunure, Scotland, described by John Smith 1909. *Geobios*, 17, 5 : 567-576.
- REISZ R.R., BERMAN D.S. & SCOTT D. 1984 - The anatomy and relationships of the lower permian Reptile *Araeoscelis*. *J. Vert. Pal.*, 4 : 57-67.
- ROLANDO J.-P., DOUBINGER J., BOURGES P. & LEGRAND X. 1988 - Identification de l'Autunien supérieur, du Saxonien et du Thuringien inférieur dans le bassin de St Affrique (Aveyron, France). Corrélations séquentielles et chronostratigraphiques avec le bassin de Lodève (Hérault) et de Rodez (Aveyron). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 307, II : 1459-1464.
- ROMER A.S. 1956 - *Osteology of the Reptiles*. The University of Chicago Press. Chicago and London: 772 p.
- ROMER A.S. & PRICE L. 1940 - Review of the *Pelycosauria*. *Geol. Soc. Amer. Special paper*, 28 : 538 p.
- SARJEANT W.A.S. 1971 - Vertebrate tracks from the Permian of Castle Peak, Texas. *The Texas Journal of Sciences*, 12, 4 : 344-366.
- SCHMIDTGEN O. 1928 - Nierstein Boden und seine Entstehung. *Reinhessen in Seiner Vergangenheit*, Nierstein, 7 : 11 p.
- SMITH J. 1909 - Upland fauna of the Old Red Sandstone Formation of Carrick. Ayrshire, Cross, Kilwinning : 41 p.
- SUES H.D. & BOY J.A. 1988 - A procynosuchid cynodont from Central Europe. *Nature*, 331, 6156 : 523-524.
- TORELL O.M. 1870 - Petrificata Suecana Formation Cambriacae. *Lunds Univ. Arsskr.*, (6), 2, 8 : 1-14.
- TOUTIN N. 1980 - Le Permien continental de la Provence orientale (France). Thèse Doctorat-ès-Sciences, Nice, 2 tomes : 594 p. (inédit).
- TOUTIN-MORIN N. 1985 - Les dépôts carbonatés lacustres et palustres du Permien provençal: différences et significations. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 203, (II), 20 : 1423-1428.
- TOUTIN-MORIN N. 1987 - Les bassins permien provençaux, témoins de l'orogénèse hercynienne et de l'ouverture de la Téthys dans le Sud-Est de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 106, 2 : 183-187.
- TOUTIN-MORIN N. & VINCHON C. 1989 - Les bassins permien du Sud-Est. In Synthèse Géologique des bassins permien français. *Mém. B.R.G.M.*, 128, B15 : 114-121.
- VISSCHER H. 1968 - On the Thuringian age of the upper paleozoic sedimentary and volcanic deposits of the Estérel (Southern France). *Review of Paleobotany and Palynology*, 6 : 71-83.
- VOZENIN-SERRA C., BROUTIN J. & TOUTIN-MORIN N. 1991 - Bois permien du Sud-Ouest de l'Espagne et du Sud-Est de la France. Implications pour la taxonomie des gymnospermes paléozoïques et la phylogénie des gynkgophytes. *Paleontographica*, B, 221, 1-4 : 1-26.

- WALTER H. 1982 - Zur Ichnologie der oberen Hornburger schichten des östlichen Harzvorlandes. *Freiberger Forschungsheft Leipzig*, C 366 : 45-63.
- WALTER H. 1983 - Zur Taxonomie, Ökologie und Biostratigraphie der Ichnia limnisch-terrestrischer Arthropoden des mitteleuropäischen Jungpaläozoikums. *Freiberger Forschungsheft Leipzig*, C 382 : 145-193.
- WHITE C.D. 1929 - Flora of the Hermit shale, Grand Canyon, Arizona. *Carnegie Inst. Washington*, 405 : 221 p.
- ZHENG J.S., MERMET J.-F., TOUTIN-MORIN N., HANES J., GONDOLO A., MORIN R. & FERAUD G. (en cours) - Datation ^{39}Ar - ^{40}Ar du volcanisme permien et de filons minéralisés en Provence orientale. *Geodynamica Acta*.



GEOBIOS 25-1, 1992 - Analyse d'ouvrage

TREBALLS DEL MUSEU DE GEOLOGIA DE BARCELONA

MUSEU DE GEOLOGIA

Ajuntament de Barcelona (Espagne), 1990, vol. 1, 244 p. ISSN : 1130-4995.

Ce nouveau périodique est le pendant de ceux édités en France par les musées d'Histoire naturelle. Un format plus petit (17 x 24 cm) et une jaquette souple le rendent plaisant et facile à manipuler.

Comme son nom l'indique, cet ouvrage regroupe une série d'articles sur tout ce qui concerne la Géologie. Il débute par un historique retraçant les origines de ce musée fondé en 1878 avec la donation de la collection F. Martorell. Vient ensuite une série d'articles spécialisés sur la paléontologie des Vertébrés (Siréniens du miocène d'Espagne, Crocodylomorphes du Jurassique supérieur-Crétacé inférieur de l'Europe occidentale) et des Invertébrés (Insectes du Crétacé supérieur d'Espagne, Bivalves du Néogène d'Espagne, Conodontes du primaire d'Argentine). Ils illustrent pour une grande part le matériel conservé dans le musée de Géologie de Barcelone.

Suivent un article sur les relations tectoniques et sédimentaires au Paléocène-Eocène dans les Pyrénées catalanes et un article sur la minéralogie concernant la présence de sulfure de mercure cubique dans la région d'Almaden (Espagne).

La gestion des collections paléontologiques et un exemple d'inventaire d'une cartothèque concluent ce premier volume

Les articles, souvent en espagnol (quelquefois en français ou en anglais) sont d'une lecture assez facile ; les illustrations sont abondantes et de très bonne qualité ; la bibliographie, nécessaire et suffisante, est agréablement présentée.

Bienvenue et longue vie à cette nouvelle revue.

Analyse Abel PRIEUR