

La palichnofaune de vertébrés tétrapodes du bassin permien de Saint-Affrique (Aveyron) : comparaisons et conséquences stratigraphiques *

Vertebrate footprints in the Permian St-Affrique basin (Aveyron Dept.) : comparisons and stratigraphic results.

Georges GAND ⁽¹⁾

Mots-clés : Trace organique, Faune tétrapode, Permien, Biostratigraphie.
Aveyron (Bassin Saint-Affrique).

Résumé

Dans le bassin de Saint-Affrique, onze ichnoespèces de vertébrés tétrapodes ont été répertoriées dans vingt-quatre gisements fossilifères. Toutes sont déjà connues dans la palichnofaune du Permien français. Grâce à des corrélations stratigraphiques inédites émanant de la Compagnie Générale d'Exploitations des Matières Nucléaires (= COGEMA), à partir de niveaux repères de cinérites, les ichnites ont été situées souvent de manière précise dans la lithostratigraphie détaillée du bassin. Il est ainsi possible de distinguer trois associations à traces se succédant verticalement. Après leur comparaison avec celles du bassin de Lodève, il apparaît que les contenus respectifs sont presque semblables, d'où la proposition d'une échelle palichnostratigraphique commune aux deux bassins. Celle-ci est constituée de quatre associations qui se relaient et se complètent dans le temps.

A partir des corrélations faites entre les associations françaises et celles de la Thuringe, des datations sont suggérées pour les formations du bassin de Saint-Affrique en se basant sur de nouvelles données d'âges établies par H. Lützner et J. Schneider en Thuringe. Les trois premières formations, F1 à F3, du bassin de Saint-Affrique formant le cycle sédimentaire I, pourraient ainsi s'être déposées pendant l'Assélien et le Sakmarien (inférieur ou supérieur, selon les références). La base des formations F4 ou F5 du cycle II serait artinskienne.

Abstract

Eleven ichnospecies have been identified from 24 fossil localities in the St-Affrique basin. Based on key volcanic-ash beds, the footprints have been fairly precisely located within the regional lithostratigraphic succession established from unpublished COGEMA documents.

Three associations have been distinguished within the vertical range of the ichnospecies. Their content is similar to that of the Lodève basin, and a common palichnostratigraphical scale is proposed for the two (St-Affrique and Lodève) basins.

Through footprint correlations between french and thuringian associations, datings are suggested for the St-Affrique formations based on new ages published in the Thuringian Forest area (Germany). Accordingly, the St-Affrique F1 to F3 formations (Gorp Conglomerat, St-Rome Pélites and Dourdou Sandstone), have been assigned to the assalian-sakmarien time. The base of the F5 formation (St-Pierre Pélites) would have an early artinskian age.

Introduction

La découverte de nouveaux gisements à traces de vertébrés tétrapodes dans le bassin de Saint-Affrique ainsi que l'élaboration d'un log composite détaillé, établi à partir de données de terrain récentes (Rolando, 1988) et des archives inédites de la COGEMA (Compagnie générale d'exploitation des matières nucléaires), ont

donné l'occasion de préciser la répartition verticale des ichnoespèces dans la série permienne régionale.

Il est alors apparu intéressant de comparer les associations de Saint-Affrique avec celles définies dans le bassin de Lodève. De nouveaux âges donnés aux formations à traces de vertébrés de la Thuringe, choisis dans l'échelle marine, ont servi ensuite de références pour tenter de dater celles du bassin de Saint-Affrique.

* Manuscrit reçu le 27 novembre 1992, accepté le 18 décembre 1992.

(1) Centre des Sciences de la Terre de l'université de Bourgogne et Unité associée n° 157 au CNRS : Paléontologie analytique et Géologie sédimentaire, 6, boulevard Gabriel, 21100 Dijon.

Situations géographique et géologique des gisements fossilifères dans le bassin de Saint-Affrique (fig. 1, 2 et 3)

A. La série stratigraphique (fig. 4 et 5)

Elle a d'abord été étudiée avec détails par A. David (1967) qui y a reconnu l'Autunien et le Saxonien. Dans ce découpage, l'Autunien comprend deux formations, distinguées à partir de leur couleur : « l'Autunien gris » et l'« Autunien rouge ». Ce dernier comprend, à la base, une « série de transition » avec des couches grises et au sommet une « série terminale » franchement rouge. Au-dessus d'un conglomérat dit de Fontanille (= CF sur la fig. 5), A. David a distingué ensuite le Saxonien qu'il a subdivisé en deux parties, A et B, séparées par le conglomérat de Rebourguil (CR sur la fig. 5).

En 1969, ce découpage a été repris, un peu modifié, par H. Salvayre qui a attribué au Zechstein, mais avec doute, des calcaires noirs et des évaporites intercalés dans la partie supérieure du Saxonien.

Entre 1974 et 1978, la Compagnie générale d'exploitation des matières nucléaires (COGEMA) a effectué pour la recherche de l'uranium de nombreux sondages et des levés cartographiques détaillés. Il en est résulté l'élaboration de « coupes », de « tableaux de corrélations » entre les diverses formations et finalement une synthèse, sous la conduite de J. Garric (1977), qui est restée inédite (en annexe, voir la liste des archives que nous avons consultées). Dans leur découpage stratigraphique, les géologues de la COGEMA ont distingué trois formations colorées dans l'Autunien : l'« Autunien gris », l'« Autunien intermédiaire » et l'« Autunien rouge ». Cet Autunien, grâce à des repères cinéritiques, a été aussi subdivisé en cinq parties dans les zones nord (Saint-Rome-de-Tarn) et est du bassin (Montagnol et vallée de la Sorgue) (fig. 5). Contrairement à A. David (1967), pour la COGEMA, le Saxonien ne débute pas avec le conglomérat de Fontanille (CF) mais avec celui de Rebourguil (CR de la fig. 5) qui en est donc un équivalent latéral.

Après l'étude stratigraphique et sédimentologique de C. Goloubinoff (1979), intéressant plus spécialement le nord du bassin, un premier essai de datation de la série permienne a été publié par J.-J. Châteauneuf *et al.* (1980). Dans ce travail, à partir de données palynologiques, les auteurs ont confirmé l'âge « Autunien » des trois formations colorées, sous-jacentes au conglomérat de Rebourguil, proposé par la COGEMA. En se basant sur la répartition verticale des traces de vertébrés tétrapodes d'Europe, G. Gand et H. Haubold (1984) ont suggéré de fixer la limite entre l'Autunien et le Saxonien, un peu au-dessus du conglomérat de Rebourguil. A partir des associations d'empreintes observées dans les bassins de Lodève et de Saint-Affrique, l'isochronie entre les conglomérats de Rebourguil et de Rabéjac a ensuite été proposée (G. Gand in G. Gand, B. Héry, M.-C. Maugenest et C. Vinchon 1986 ; M.-C. Maugenest et C. Vinchon, 1989).

Parallèlement à ces recherches paléontologiques, un travail sédimentologique et stratigraphique détaillé, effectué par J.-P. Rolando (1988) a abouti à un nouveau découpage stratigraphique dans lequel ont été claire-

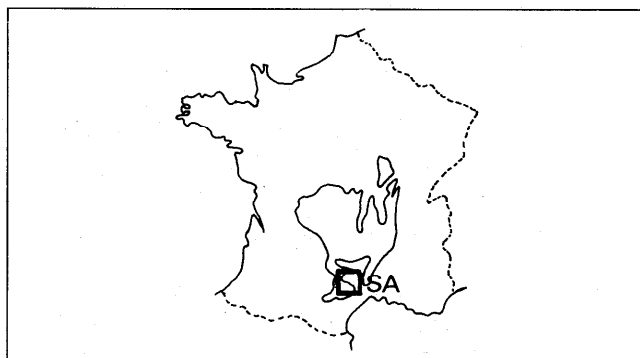


Fig. 1. - Localisation du bassin de Saint-Affrique en France.

Fig. 1. - Location of the Saint-Affrique basin in France.

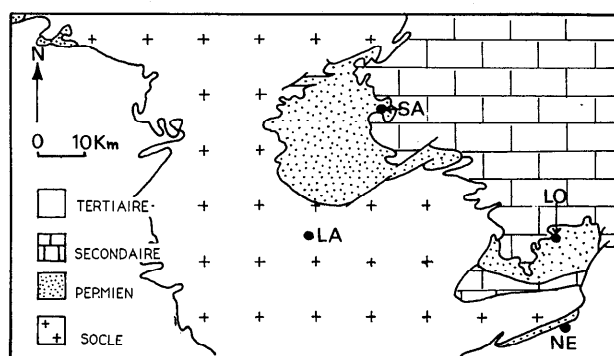


Fig. 2. - Localisation des bassins permien de Saint-Affrique (SA) et de Lodève (LO), dans le sud du Massif central ; villes : LA = Lacaune, LO = Lodève, NE = Neffiès, SA = Saint-Affrique.

Fig. 2. - Location of the Permian Saint-Affrique (SA) and Lodève (LO) basins in the southern Massif central. Towns: LA = Lacaune, LO = Lodève, NE = Neffiès, SA = Saint-Affrique.

ment distinguées la lithostratigraphie et la chronostratigraphie. Ainsi, au sein de la série permienne et, de part et d'autre du conglomérat de Rebourguil, rebaptisé Conglomérat de Belmont, deux cycles sédimentaires comportant plusieurs formations ont été mis en évidence (Fo. Ro des fig. 4 et 5). Certaines d'entre elles ont été datées à partir des palynomorphes par référence à une échelle marine.

B. Localisation des niveaux à empreintes de vertébrés tétrapodes

1. A l'affleurement

Ces gisements, notés F1 à F24, sont localisés sur la figure 3.

2. Dans les échelles stratigraphiques de la COGEMA et de Rolando (1988)

a. Sur le log composite (fig. 4 et 5).

La section A-F a été dessinée à partir des documents d'archives de la COGEMA que nous avons consultés à Bozouls, en 1988 (cf. liste en annexe).

— AB représente une partie du log schématique concernant le secteur de Saint-Rome-de-Tarn (réf. SRT 9134).

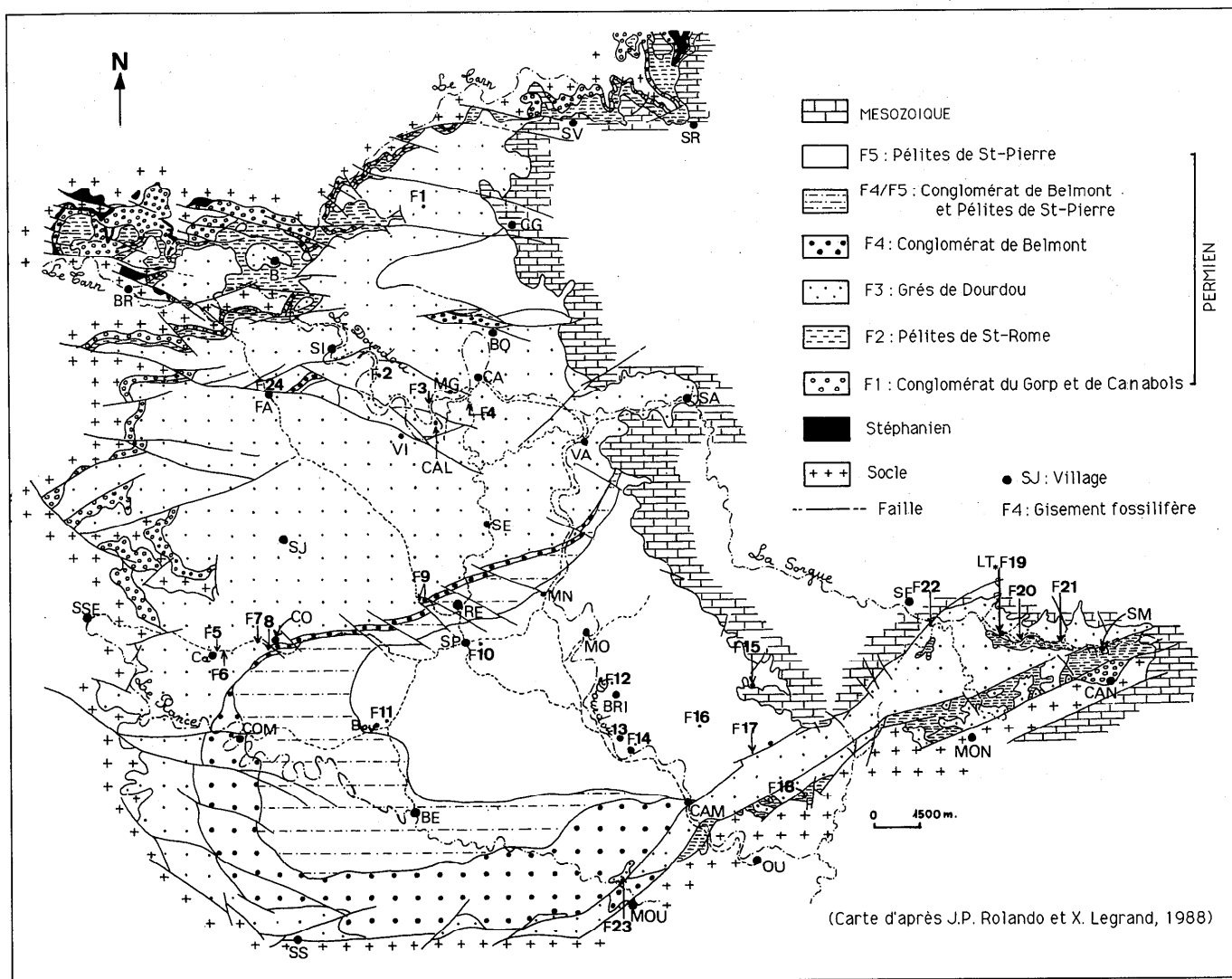


Fig. 3. - Localisation des gisements fossilifères F1 à F24 dans le bassin de Saint-Affrique ; fond géologique emprunté à J.-P. Rolando (1988).

B = Broquiès, BE = Belmont, BO = Bournac, Bou = les Boulouysses, BR = Brousse-le-Château, BRI = Briols, Ca = Cayzac, CA = Le Cambon, CAL = Calmels, CAM = Camarès, CAN = Canabols, CG = Les Costes-Gozon, CO = Combalières, COM = Combret, FA = Faveyrolles, LT = Latour, MG = Mas Granet, MN = Moulin Neuf, MO = Montlaur, MON = Montagnol, MOU = Mounès, OU = Ouyre, RE = Rebourguil, SA = Saint-Affrique, SE = Segonzac, SF = Saint-Félix-de-Sorgues, SI = Saint-Izaire, SJ = Saint-Juéry, SM = Saint-Maurice-de-Sorgues, SP = Saint-Pierre, SR = Saint-Rome-du-Tarn, SS = Saint-Séver-du-Moustier, S-SE : Saint-Sernin-sur-Rance, SV = Saint-Victor, VA = Vabres-l'Abbaye, VI = Le Viala-du-Dourdou.

Fig. 3. - Location of the F1 to F24 fossil localities in the Saint-Affrique basin (geological base after Rolando, 1988).

B = Broquiès, BE = Belmont, BD = Bournac, Bou = les Boulouysses, BR = Brousse-le-Château, BRI = Briols, Ca = Cayzac, CA = Le Cambon, CAL = Calmels, CAM = Camarès, CAN = Canabols, CG = Les Costes-Gozon, CO = Combalières, COM = Combret, FA = Faveyrolles, LT = Latour, MG = Mas Granet, MN = Moulin Neuf, MO = Montlaur, MON = Montagnol, MOU = Mounès, OU = Ouyre, RE = Rebourguil, SA = Saint-Affrique, SE = Segonzac, SF = Saint-Félix-de-Sorgues, SI = Saint-Izaire, SJ = Saint-Juéry, SM = Saint-Maurice-de-Sorgues, SP = Saint-Pierre, SR = Saint-Rome-du-Tarn, SS = Saint-Séver-du-Moustier, S-SE : Saint-Sernin-sur-Rance, SV = Saint-Victor, VA = Vabres-l'Abbaye, VI = Le Viala-du-Dourdou.

— BCD reproduit le sondage Man 6 (réf. MAN 7100) et DEF, le sondage SSN8 qui n'est pas référencé dans les archives.

— La partie F-G a été réalisée à partir d'observations personnelles et de données tirées du travail de J.-P. Rolando (1988).

b. Localisation des gisements F1 à F21 déjà répertoriés (Gand et Haubold 1984 ; Gand 1988). (fig. 4 et 5).

Les gisements observés avant 1984 avaient été situés sur un log inédit du BRGM (Gand et Haubold, 1984 ; Gand, 1985, 1988) et sur deux cartes géologiques. L'une, à 1/100 000, réalisée par la COGEMA (J. Garric, 1977, inédit), est parue, simplifiée in G. Gand et H. Haubold

(1984) et G. Gand (1988). L'autre a été levée par M.-C. Maugenest et C. Vinchon du BRGM (1989).

Aujourd'hui, en exploitant de manière combinée des documents plus complets, c'est-à-dire :

— la carte de répartition des faciès et celles des isopaches des formations établies par J.-P. Rolando (1988),

— les archives inédites de la COGEMA (coupes de sondages SSN, SRT, MAN ; cartes géologiques ; cf. liste en annexe), dans la plupart des cas, nous avons pu localiser, de manière plus précise qu'en 1988, les gisements fossilifères dans la série permienne schématisée par le log des figures 4 et 5.

Par rapport aux documents publiés antérieurement (Gand et Haubold, 1984 ; Gand, 1985, 1988), il y a

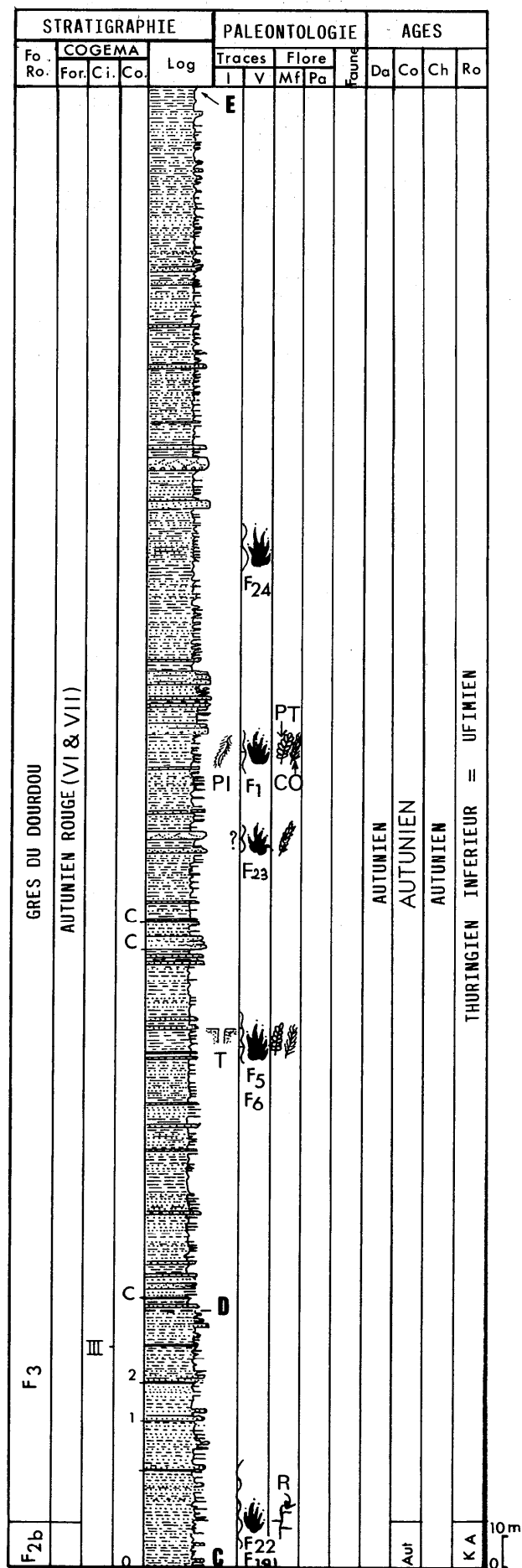


Fig. 4 .

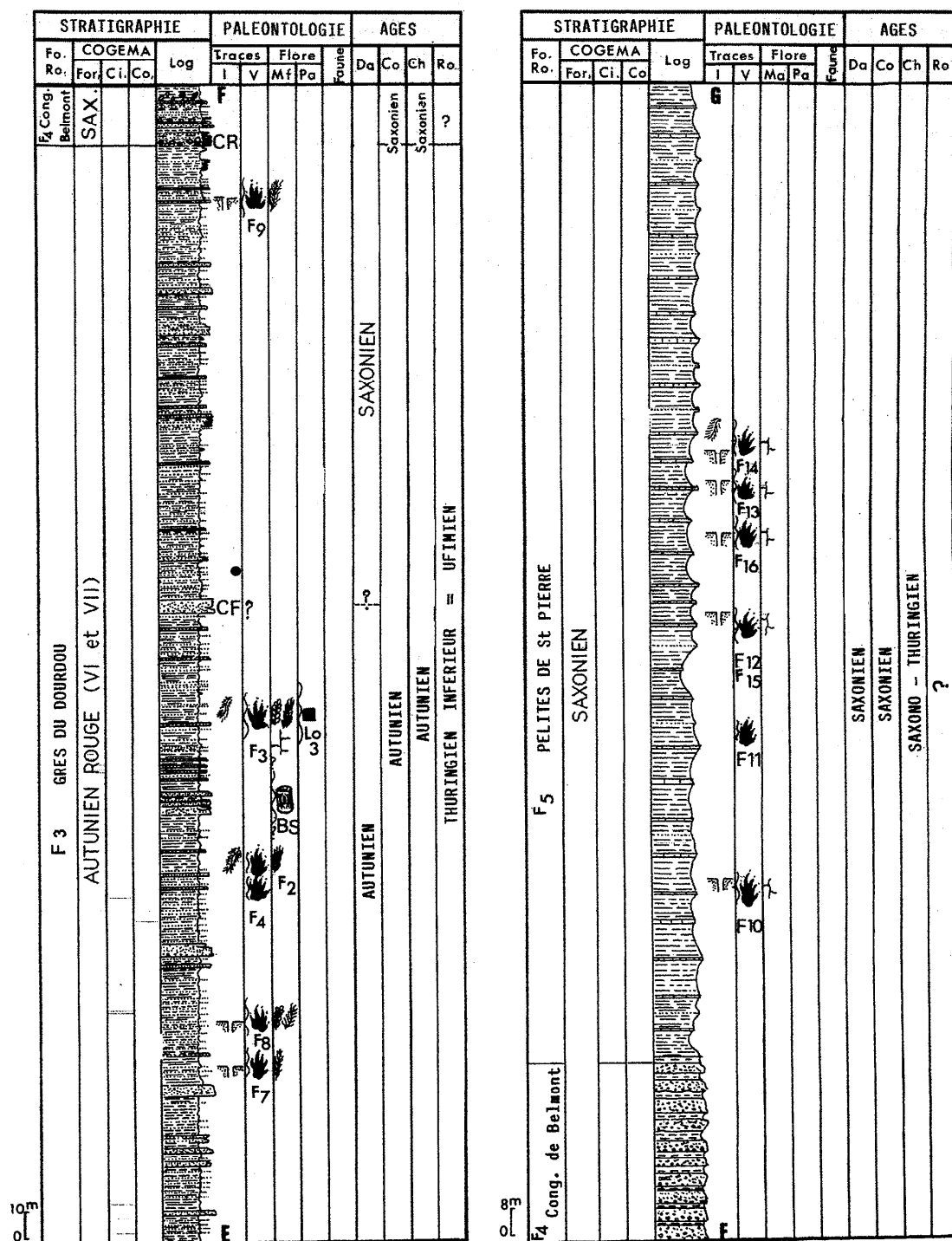


Fig. 5.

Fig. 4 et 5. - Log de la série permienne du bassin de Saint-Affrique.

Stratigraphie : Fo.Ro. = formations de J.-P. Rolando (1988), For = formations avec AUT. = Autunien, SAX. = Saxonien, Ci = cinérites, Co = n° des couches avec C = faciès couche.

Paléontologie : I = invertébrés avec T = terriers et PI = pistes, V = traces de vertébrés avec F1 à F24 = n° des gisements fossilifères, Mf = macroflore avec BS = bois silicifié, R = racines, PT = Pteridophylla (souvent *Callipteris* sp.), CO = Coniférophyte avec *Walchia*, Pa = Palynologie, Lo1 et Lo3 = niveaux fossilifères, références J.-P. Rolando (1988).

Âges : Da = A. David (1967), Co = COGEMA, Ch. = J.-J. Châteauneuf et al. (1980), Ro = J.-P. Rolando (1988), K-A = Artinskien-Kungurien.

Log : AB, BCD, DEF, successivement d'après les sondages SRT 9134, MAN 7100, SSN8, FG a été réalisé d'après des études de terrain et des données de J.-P. Rolando (1988).

Fig. 4 and 5. - Log of the Permian succession in the Saint-Affrique basin.

Stratigraphy : Fo.Ro. = formations of J.-P. Rolando (1988), For = formations with AUT. = Autunian, SAX. = Saxonian, Ci = cinérites, Co = number of beds with C = bed facies.

Paleontology : I = invertebrates with T = burrows and PI = tracks, V = vertebrate traces with F1 to F24 = No. of fossil locality, Mf = macroflora with BS = silicified wood, R = roots, PT = Pteridophylla (commonly *Callipteris* sp.), CO = Coniferophyte with *Walchia*, Pa = Palynology, Lo1 and Lo3 = fossil horizons, Reference J.-P. Rolando (1988).

Ages : Da = A. David (1967), Co = COGEMA, Ch. = J.-J. Châteauneuf et al. (1980), Ro = J.-P. Rolando (1988), K-A = Artinskian-Kungurian.

Log : AB, BCD, DEF, successively after drill-holes SRT 9134, MAN 7100, SSN8, FG was based on from field studies and on data from J.-P. Rolando (1988).

quelques différences de répartition verticale qui méritent d'être soulignées. Ainsi le gisement F9 localisé dans le conglomérat de Rebourguil (Conglomérat de Belmont de J.-P. Rolando, 1988) est situé cartographiquement juste en dessous de cette formation. Il faut également modifier la position stratigraphique des gisements F1 à F7 établie en 1988. Ces divers gisements appartiennent bien à la même formation (Autunien Rouge de David 1967 = « Permien rouge infraconglomératique » de G. Gand, 1988), mais au sein de cette formation, leur succession verticale est plutôt celle qui est représentée sur le log composite des figures 4 et 5.

Ces diverses localisations stratigraphiques ont été déterminées à partir de la carte des faciès de J.-P. Rolando (1988) et des variations d'épaisseurs de la formation « Autunien Rouge », relevées dans les divers sondages de la COGEMA.

Les gisements F19 à F21 (et non « F23 » indiqué par erreur, sur le log de 1988), ont été aussi correctement placés par l'auteur (Gand, 1988), dans le sommet de l'Autunien gris (= « Permien Gris » de G. Gand, 1988 = Formation des Pérites de Saint-Pierre, de J.-P. Rolando, 1988). Mais les documents de la COGEMA permettent de les situer maintenant par rapport aux niveaux de cinérites observés dans la partie orientale du bassin (vallée de la Sorgue et zone de Montagnol).

Ainsi, d'après les « coupes géologiques » établies à partir des divers sondages (réf. 7005, 7006 et 7007), le « tableau des corrélations autuniennes » (réf. Man 7100) et la carte géologique de la zone de Montagnol (réf. 7033) :

— le gisement F19 est vraisemblablement positionné sous la cinérite II,

— le gisement F20 appartient à des niveaux fossilifères qui encadrent la cinérite VI. Dans le bassin de Saint-Affrique, c'est actuellement le gisement à empreintes de vertébrés tétrapodes le plus ancien de la série permienne.

— le gisement F21, non répertorié in G. Gand, 1988 ($x = 658$; $y = 3174,8$; $z = 460$; carte à 1/50 000 de Camarès), trouvé dans un talus, près de l'intersection de la D7 avec le chemin du Mas Rival, peut-être situé à une dizaine de mètres sous la cinérite II (fig. 3). Il fait donc partie de la Formation F2 de J.-P. Rolando (1988).

c. Localisation de gisements inédits (fig. 4 et 5).

- F19 b : La Tour (fig. 6 A à I).

Dans le village de La Tour, la construction d'un chemin, en 1988 a permis le dégagement de la série permienne sur une huitaine de mètres de hauteur. Dans les nombreux déblais, mais aussi dans les niveaux de siltites et d'argilites couleur lie-de-vin, nous avons trouvé de nombreuses traces d'origine biologique (racines et locomotion), associées à des rides d'oscillation à longueur d'onde souvent centimétrique. Il y a aussi des empreintes de gouttes d'eau et des fentes de sécheresse. Les traces de vertébrés tétrapodes ont été rapportées à *Anthichnium salamandroides*, *Dimetropus nicolasi*, *Dromopus lacertoïdes* et *Limnopus zeilleri*.

D'après les documents inédits de la COGEMA, référencés plus haut, il est possible de situer le gisement F19b juste au-dessus de la cinérite II qui affleure sous le Trias de cette zone. F19b semble donc localisé dans le sommet de la formation des Pérites de Saint-Pierre ou à

la base de la formation des Grès du Dourdou, toutes deux définies par J.-P. Rolando (1988).

- F22 : La Margue (fig. 7 A à F).

Près de la Margue, dans un virage (carte à 1/50000 de Camarès ; $x = 652,9$; $y = 3175,35$; $z = 400$), des éboulis naturels provenant d'un talus constitué par une alternance de grès fins et de siltites lie-de-vin ont livré *Anthichnium salamandroides*, *Limnopus zeilleri* et cf. *Limnopus* sp. D'après la carte des faciès de J.-P. Rolando (1988), ce gisement appartient à la formation des Grès du Dourdou. Et en se référant à la coupe géologique passant par les sondages Man 1, Man 2 et Man 3 (Réf. MAN 7005), ces niveaux fossilifères sont compris entre les cinérites II et III, sans doute assez proches de III. Ils semblent ainsi faire partie de la base de la formation des Grès du Dourdou.

- F23 : Mounès (fig. 8).

Le long de la D 113, au nord de Mounès (carte à 1/50 000 de Saint-Sernin-sur-Rance ; $x = 641,25$; $y = 3166,2$; $z = 603$), nous avons récolté plusieurs ichnoespèces dans des couches rouges constituées par une alternance de grès fins à litage souvent oblique, de siltites et d'argilites. Cet affleurement est riche en figures sédimentaires (rides d'oscillation, fentes de sécheresse et traces de gouttes d'eau). Les ichnites reconnues sont *Anthichnium salamandroides*, *Limnopus zeilleri*, *Salichnium decensus* et *Dimetropus* cf. *nicolasi*. Quelques *Lebachia* sp. ont été également trouvés.

Dans cette partie du bassin, en raison de l'absence de sondage de la COGEMA et de divergences existant entre les géologues cartographes, il n'est guère possible de localiser avec sécurité ce gisement dans la stratigraphie.

En utilisant les cartes géologiques levées, d'une part, par M.-C. Maugenest et C. Vinchon (1989) du BRGM et, d'autre part, par J.-P. Rolando (1988), le gisement F23 ferait partie de l'Autunien Rouge ou de son équivalent, la formation F3 : les Grès du Dourdou. A partir de cette dernière attribution cartographique, il semble que le gisement de Mounès soit localisé dans la partie inférieure des Grès du Dourdou, peut-être en dessous du niveau fossilifère des Coulons noté F1.

- F24 : carrière du Mas-de-la-Font.

L'abbé Crouzet de l'Institut Catholique de Toulouse nous a fait parvenir en 1988, une photographie d'empreintes récoltées dans une ancienne carrière située à l'ouest de Calmels et le Viala ($x = 628,55$; $y = 3185,10$; $z = 300$ carte à 1/50 000 de Requista). Ce gisement appartient aux Grès du Dourdou. Il est riche en traces *Dromopus lacertoïdes*.

Comparaison des palichnofaunes des bassins de Saint-Affrique et Lodève. Conséquences biostratigraphiques

A. Distribution des ichnoespèces

1. Le contenu.

a. Dans le bassin de Saint-Affrique (fig. 9 et 10).

En tenant compte des empreintes de vertébrés tétrapodes observées dans les trois derniers gisements, au total, onze ichnoespèces ont été trouvées dans le bassin

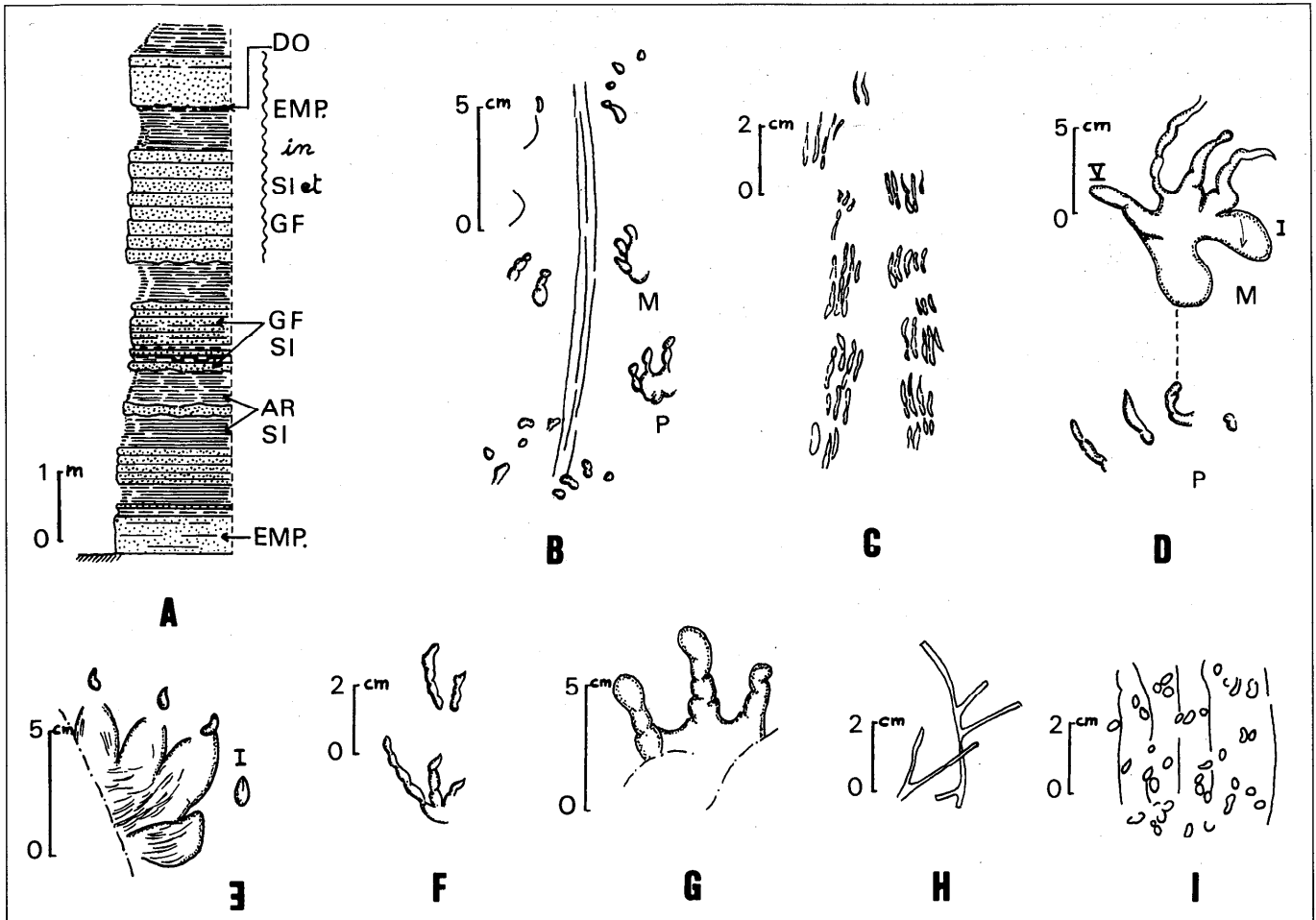


Fig. 6. - A : le gisement fossilifère F19 b de Latour (DO = dolomie, EMP = empreintes, SI = siltites, GF = grès fin laminé à litage oblique, AR = argilites) ; B : *A. salamandroides* (SAg 137), C : trace de nage (SAg 131), D : *D. cf. nicolasi* ou *leisnerianus* (SAg 138), E : cf. main *Dimetropus* sp. (SAg 138), F : *Dromopus cf. lacertoides* (SAg 133), G : cf. *Limnopus* (SAg 136), H : racines (SAg 136), I : traces de gouttes d'eau sur des rides d'oscillation (SAg 134).

Fig. 6. - A : Latour fossil locality F19 b (DO = dolomite, EMP = prints, SI = siltites, GF = laminated to cross-bedded fine-grained sandstone, AR = mudstone), B : *A. salamandroides* (SAg 137), C : swim trace (SAg 131), D : *D. cf. nicolasi* or *leisnerianus* (SAg 138), E : cf. hand of *Dimetropus* sp. (SAg 138), F : *Dromopus cf. lacertoides* (SAg 133), G : cf. *Limnopus* (SAg 136), H : roots (SAg 136), I : rain drop prints in oscillation ripple marks (SAg 134).

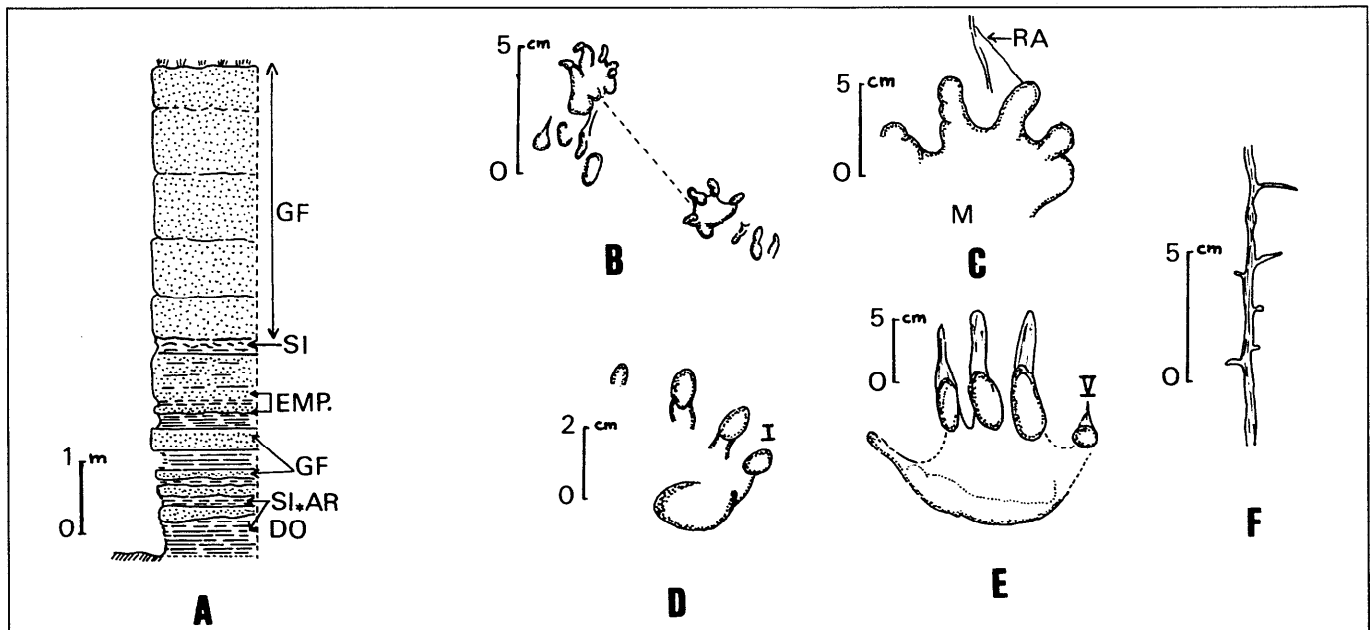


Fig. 7. - A : Le gisement fossilifère F22 de la Margue (même légende que pour A fig. 6), B : *A. salamandroides* (SAg 120), C : main *Limnopus zeilleri* avec RA = racines (SAg 127), D : cf. *Limnopus* (SAg 125), E : *Limnopus* glissé (SAg 126), F : racines (SAg 128).

Fig. 7. - A : La Margue fossil locality F22 (same legend as for Fig. 6A), B : *A. salamandroides* (SAg 120), C : hand of *Limnopus zeilleri* with RA = roots (SAg 127), D : cf. *Limnopus* (SAg 125), E : slipped *Limnopus* (SAg 126), F : roots (SAg 128).

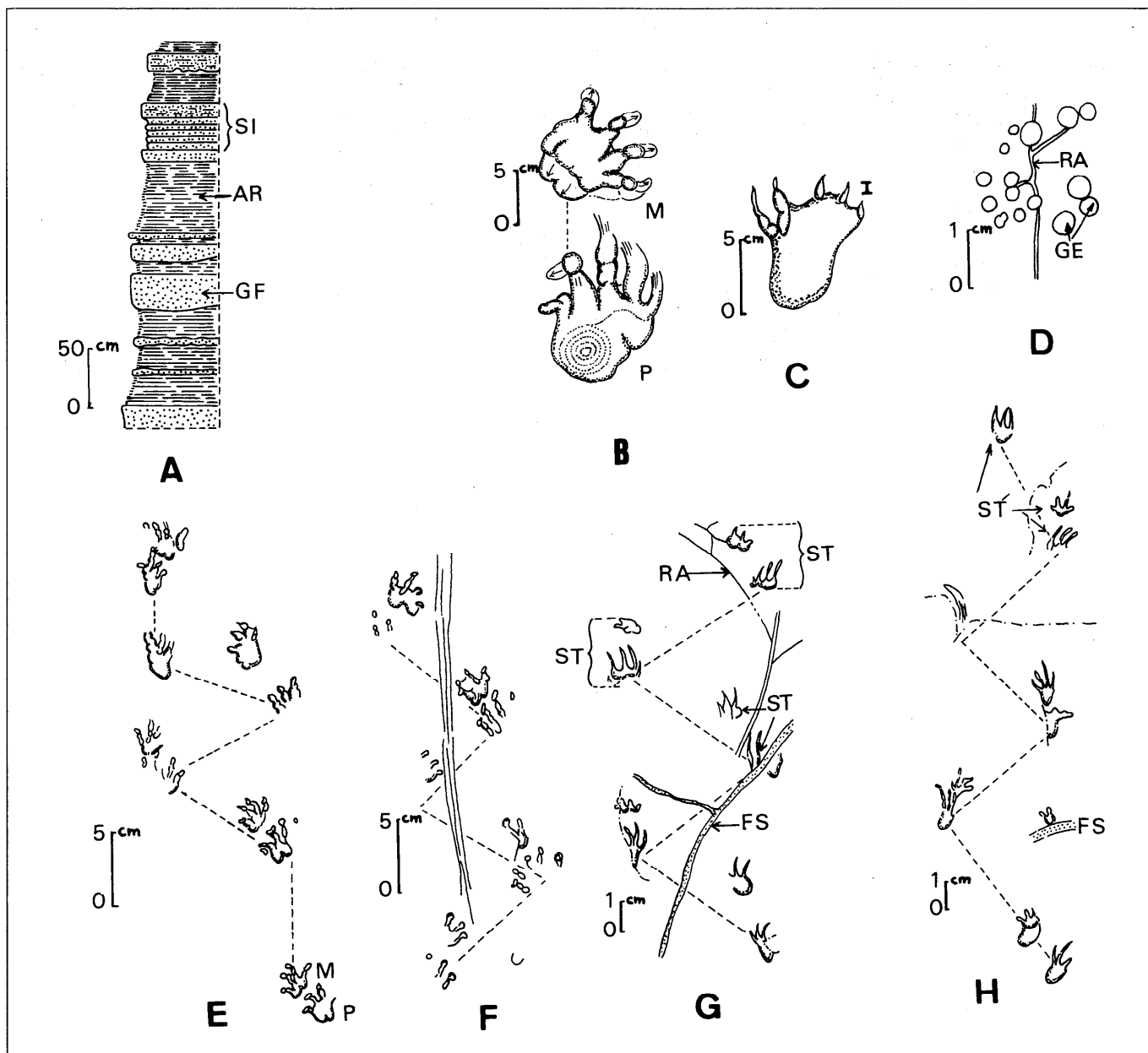


Fig. 8. - A : Le gisement fossilifère F23 de Mounès (même légende que pour A fig. 6), B : couple pied main de *Limnopus zeilleri* (SAG 119), C : cf. *Dimetropus* sp., D : traces de racines (RA) et de gouttes d'eau (GE) (SAG 120), E et F : *A. salamandroides* (SAG 140), G et H : *S. decessus* avec ST = sous-traces, RA = racines, FS = fentes de sécheresse (SAG 117), M = main, P = pied.

Fig. 8. - A: Mounts fossil locality F23 (same legend as for Fig. 6A), B: hand-foot pair of *Limnopus zeilleri* (SAG 119), C: cf. *Dimetropus* sp., D: root traces (RA) and rain drop prints (GE) (SAG 120), E and F: *A. salamandroides* (SAG 140), G and H: *S. decessus* with ST = subtraces, RA : roots, FS = dessication cracks (SAG 117), M = hand, P = Foot.

de Saint-Affrique. Elles ont toutes été déjà répertoriées dans la palichnofaune du Permien français (Gand, 1988).

Après leur attribution paléontologique, nous en donnons la liste suivie des numéros des gisements fossilifères dans lesquels elles ont été observées ou récoltées.

D'après H. Haubold (1971), G. Gand et H. Haubold (1984), G. Gand (1988), sont attribués à des :

— Temnospondyles : *Limnopus* sp (F10), *Limnopus zeilleri* (Delage, 1912 ; Gand, 1985) (F1, F2, F3, F4, F19 b, F22, F23) et *Anthichnium salamandroides* (Geinitz, 1861 ; Haubold, 1970 (F2, F3, F6, F19, F19 b, F20, F21, F22, F23).

— Microsauriens : *Salichnus decessus* (Heyler et Lessertisseur, 1963 ; Gand, 1988) (F23).

— Captorhinomorphes : *Hyloidichnus major* (Heyler et Lessertisseur, 1963 ; Haubold, 1971) (F10, F12, F13, F14, F16), *Varanopus rigidus* (Gand, 1989 (F3, F13 et F14) et *Varanopus curvidactylus* (Moodie, 1929 ; Sarjeant, 1971) (F10, F11, F12, F14).

— Pélycosauriens : *Dimetropus nicolasi* (Gand et Haubold, 1984) (F12, F13, F19 b), *Dimetropus leisnerianus* (F1) et *Gilmoreichnus brachydactylus* (Pabst, 1900 ; Haubold, 1971) (F3, F10, F12, F13, F14).

— Araeoscléidiens : *Dromopus lacertoides* (Geinitz, 1861 ; Haubold, 1971 ; (F3, F5, F8, F19 b, F20, F21, F24).

— Eosuchiens : *Dromopus didactylus* (Moodie, 1930 ; Haubold, 1984) (F10).

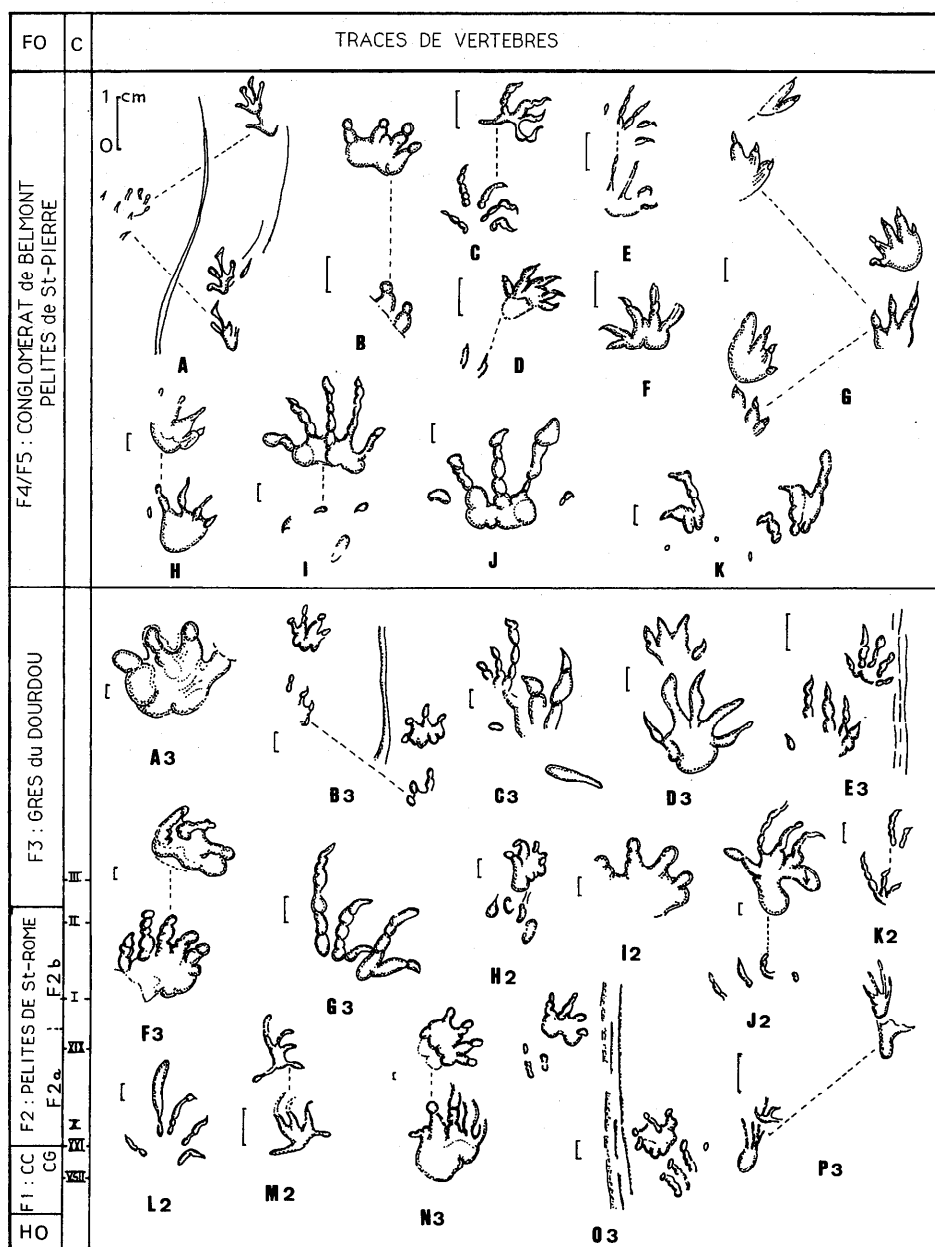


Fig. 9. - Divers ichnotaxons observés dans le bassin de Saint-Affrique : HO = Houiller, FO = formations, C = cinérites, F13 = n° du gisement fossilifère, 1180 ou SAg 232 = n° de la dalle, échelle = 1 cm.

1) Formation F5 des Pélites de Saint-Pierre. A : *A. salamandroides* (F13, 1189), B : *L. sp.* (F10, SAg 228), C : *V. curvidactylus* (F12, 346), D : *V. curvidactylus* (F11, SAg 232), E : *V. rigidus* (F14, 1182), F : *V. curvidactylus* (F10, SAg 214), G : *G. brachydactylus* (F13, 1190), H : *D. nicolasi* (F13, 1361), I : *H. major* (F12, 346), J : *H. major* (F12, 345), K : *D. didactylus* (F10, SAg).

2) Formation F3 des Grès du Dourdou. A3 : *L. zeilleri* (F3, SAg 1), B3 : *A. salamandroides* (F3, SAg 102), C3 : *D. lacertoides* (F3, CVg7), D3 : *G. brachydactylus* (F3, CVg41), E3 : *V. rigidus* (F3, CVg1), F3 : *L. zeilleri* (F1, Musée de Millau), G3 : *D. cf. lacertoides* (F5, SAg 216), N3 : *L. zeilleri* (F23, SAg 119), O3 : *A. salamandroides* (F23, SAg 140), P3 : *S. decessus* (F23, SAg 117).

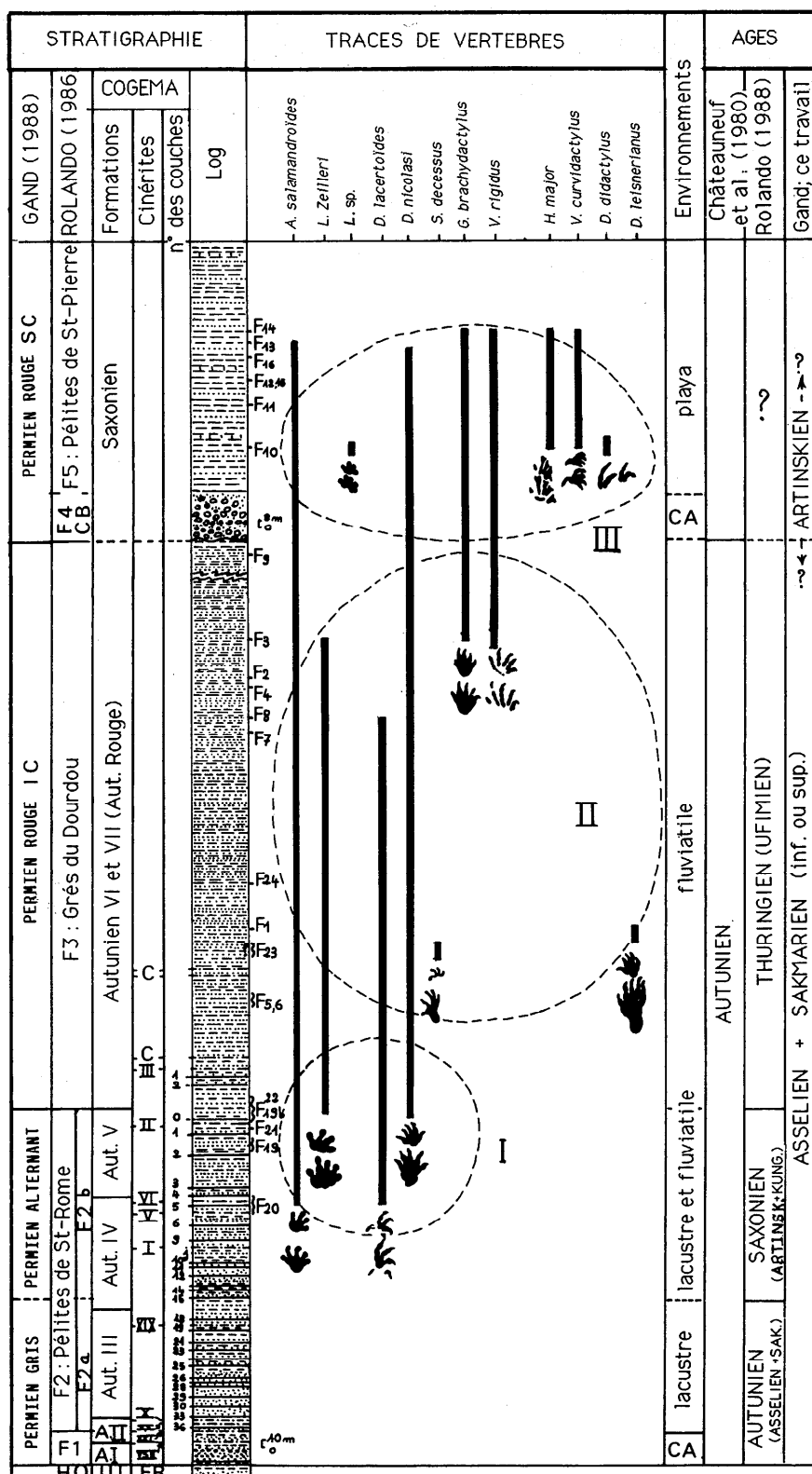
3) Formation F2 des Pélites de Saint-Pierre (F2 b : faciès fluviolacustre). H2 : *A. salamandroides* (F22, SAg 120), I2 : *L. zeilleri* (F22, SAg 127), J2 : *D. cf. nicolasi* ou *leisnerianus* (F19 b, SAg 138), K2 : *D. cf. lacertoides* (F19 b, SAg 216), L2 et M2 : *D. lacertoides* (F21, SAg 220).

Fig. 9. - Various ichnotaxons seen in the Saint-Affrique basin. HO = Coal measures, FO = formations, C = cinerites, F13 = No. of fossil locality, 1180 or SAg 232 = Slab No., scale = 1 cm.

1) Formation F5 of the Saint-Pierre Pelites. A : *A. salamandroides* (F13, 1189), B : *L. sp.* (F10, SAg 228), C : *V. curvidactylus* (F12, 346), D : *V. curvidactylus* (F11, SAg 232), E : *V. rigidus* (F14, 1182), F : *V. curvidactylus* (F10, SAg 214), G : *B. brachydactylus* (F13, 1190), H : *D. nicolasi* (F13, 1361), I : *H. major* (F12, 346), J : *H. major* (F12, 345), K : *D. didactylus* (F10, SAg).

2) Formation F3 of the Dourdou Sandstone. A3 : *L. zeilleri* (F3, SAg 1), B3 : *A. salamandroides* (F3, SAg 102), C3 : *D. lacertoides* (F3, CVg7), D3 : *G. brachydactylus* (F3, CVg41), E3 : *V. rigidus* (F3, CVg1), F3 : *L. zeilleri* (F1, Millau Museum), G3 : *D. cf. lacertoides* (F5, SAg 216), N3 : *L. zeilleri* (F23, SAg 119), O3 : *A. salamandroides* (F23, SAg 140), P3 : *S. decessus* (F23, SAg 117).

3) Formation F2 of the St-Pierre Pelites (F2 b : fluviolacustrine facies). H2 : *A. salamandroides* (F22, SAg 120), I2 : *L. zeilleri* (F22, SAg 127), J2 : *D. cf. nicolasi* or *leisnerianus* (F19 b, SAg 138), K2 : *D. cf. lacertoides* (F19 b, SAg 216), L2 et M2 : *D. lacertoides* (F21, SAg 220).



b. Dans le bassin de Lodève (fig. 11).

Les traces de vertébrés reconnues dans ce bassin ont été représentées sur les figures 67 et 68 in G. Gand (1988, p. 232) et in G. Gand et H. Haubold (1988, p. 889). Vingt-deux ichnoespèces y ont été définies parmi lesquelles les onze ichnotaxons trouvés dans le bassin de Saint-Affrique. La palichnofaune du Lodévois est donc actuellement plus diversifiée, avec en plus, neuf ichnoespèces qui proviennent, pour la majorité d'entre elles, des Couches de la Lieude appartenant à la formation du Salagou (sensu B. Odin, 1986) (fig. 11).

Sur ces niveaux, D. Heyler et J. Lessertisseur (1963) ont d'abord observé de grandes empreintes *Brontopus giganteus*, dépassant 30 cm de longueur. Elles ont été successivement attribuées à des Thérapsidés ou à *Pariasaurus* par les inventeurs et à des Edaphosauriens ou à des Anomodontes par P. Ellenberger (1983 a et b).

Au même endroit, d'autres pistes découvertes par M. Ollier, ont été schématisées et nommées par P. Ellenberger (1983 a et b). Pour cet auteur, les traces « *Eocynodontipus antecursor* », « *Pseudopithecopus recurvidigitus* », « *Paranodontipus olliéri* » et « *Macrochelychnus thaleri* » ont été laissées par des Thérapsidés. Mais en comparant ces empreintes avec les squelettes d'autopodes du Permien, il est possible aussi que des Caseomorpha aient pu en être les auteurs (Gand, 1988).

En 1988, à partir des binomes de P. Ellenberger, nous avons établi quelques synonymies. Celles-ci sont utilisées dans les figures 11 et 12. Mais comme le matériel original n'a pas été étudié ou réétudié selon les règles du code international de nomenclature zoologique, à l'heure actuelle, tous les binomes proposés sont invalides.

2. Répartition verticale.

a. Dans le bassin de Saint-Affrique (fig. 9 et 10).

Parmi les onze ichnoespèces, six d'entre elles ont une large ou assez large répartition. Mais alors que *Anthichnium salamandroides*, *Dimetropus nicolasi*, *Gilmorichnus brachydactylus* et *Varanopus rigidus* sont récoltées, de part et d'autre du Conglomérat de Belmont (fig. 10), *Limnopus zeilléri* et *Dromopus lacertoïdes* sont seulement cantonnées dans les formations sous-jacentes à ce conglomérat.

Hyloidichnus major, *Varanopus curvidactylus* et *Dromopus didactylus* apparaissent dans la base de la formation F5 (Pélites de Saint-Pierre) :

La répartition très limitée de *Dimetropus leisnerianus*, *Dromopus didactylus* et *Salichnium decessus* (Heyler et Lessertisseur, 1963 ; Gand, 1988) peut être expliquée par leur rareté actuelle puisque chacune de ces ichnoespèces n'a été reconnue, jusqu'ici, que dans un seul affleurement (cf. supra).

b. Comparaison avec celle du bassin de Lodève (fig. 11).

• les points communs :

Dans les deux bassins, les ichnoespèces à large répartition verticale rencontrées de part et d'autre des conglomérats de Belmont ou de Rabéjac, de la formation F2 à F4 et dans les formations F2 et F3 sont, en partie les mêmes. Il s'agit de *Anthichnium salamandroides*, *Limnopus zeilléri* et de *Dromopus lacertoïdes* (fig. 10 et 11).

Il y a lieu de remarquer également que *Dimetropus nicolasi*, dans le bassin de Saint-Affrique et *Dimetropus leisnerianus* (Geinitz, 1863 ; Haubold, 1971), dans celui de Lodève ont une répartition verticale, de F2 à F4, presque équivalente.

Dans les deux séries permienes, *Hyloidichnus major*, *Varanopus curvidactylus* et *Dromopus didactylus* sont aussi uniquement localisées à la base des formations de Rabéjac et des Pélites de Saint-Pierre.

• les différences :

Dans les deux bassins, *Anthichnium salamandroides*, *Limnopus zeilléri*, *Dromopus lacertoïdes* et *Dimetropus nicolasi* sont les seules ichnites à apparaître dans la base de la série permienne. Elles sont cependant nettement plus précoces dans le Lodévois où *Gilmorichnus brachydactylus* et *Varanopus rigidus* ont une répartition beaucoup plus réduite.

B. Comparaisons entre les deux bassins

1. Au niveau des associations d'empreintes (fig. 10 et 11).

En se basant sur la première apparition des ichnoespèces dans chaque série permienne, il a été possible de définir quatre associations dans le bassin de Lodève (Gand, 1988 ; Châteauneuf et Gand, 1989). Dans celui de Saint-Affrique, nous pouvons en distinguer trois.

Dans chaque bassin, les trois premières, notées I, II et III sur les figures 10 et 11, ont presque le même contenu ichnologique.

L'association I de Saint-Affrique, formée de *Anthichnium salamandroides*, *Limnopus zeilléri*, *Dromopus lacertoïdes* et de *Dimetropus nicolasi* est peu différente de celle du Lodévois qui possède, en plus *Ichniotherium cottaë*.

L'association II de Saint-Affrique est constituée de *Salichnium decessus*, *Dimetropus leisnerianus*, *Gilmorichnus brachydactylus* et *Varanopus rigidus* qui s'ajoutent aux ichnoespèces de l'association I. Dans le Lodévois, la liste précédente est enrichie de *Salichnium pectinatus* et d'*Amphisauropus latus*.

Dans chaque bassin, l'association III est caractérisée par l'ensemble *Hyloidichnus major*, *Varanopus curvidactylus* et *Dromopus didactylus* complétée par *Varanopus rigidus*, *Gilmorichnus brachydactylus* dans le bassin de Saint-Affrique et *Dimetropus leisnerianus*, dans celui de Lodève.

Actuellement les traces de la Lieude, formant l'association IV ne sont pas connues dans le bassin de Saint-Affrique.

2. Conséquence : il existe une échelle palichnostratigraphique commune aux deux bassins.

Comme il vient d'être montré, dans le bassin de Saint-Affrique et celui de Lodève, il existe des associations au contenu palichnologique presque semblable. Celles-ci, bien calées dans la lithostratigraphie régionale, se complètent et se relaient verticalement dans le même ordre. A partir de ces données, il nous a donc

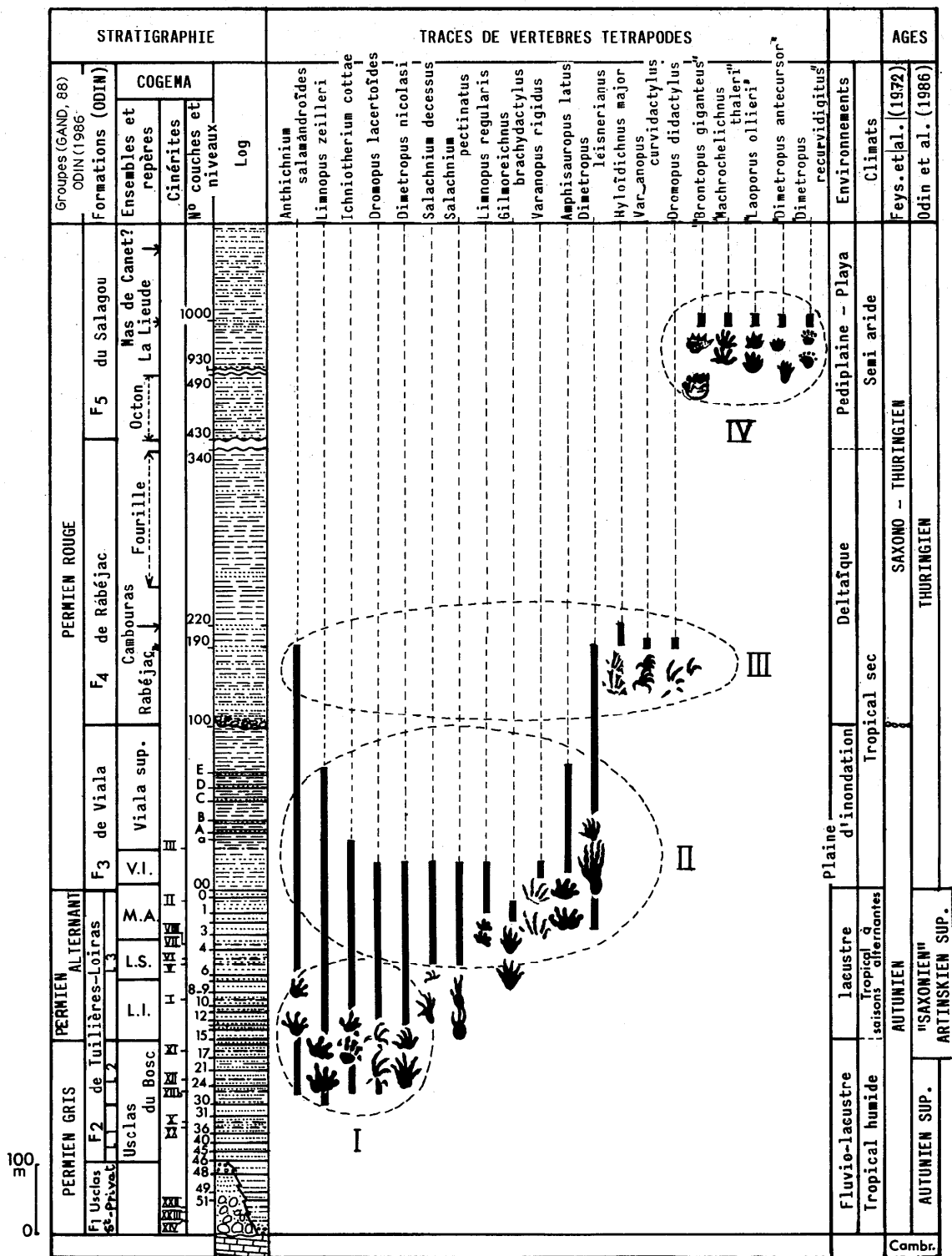


Fig. 11. - Répartition verticale des ichnites dans le Permien du bassin de Lodève.

Stratigraphie : formations F1 à F5, d'après B. Odin (1986), subdivisions COGEMA. Ensembles Usclas du Bosc à Viala supérieur d'après J. Laversanne, 1976 (LI : Loiras inf., LS = Loiras sup., MA = Mas d'Alary, VI = Viala inférieur, Repères : E à 51 = n° des couches, 100 à 1 000 = n° des repères dans le « Saxonien », le log a été dessiné, en partie, à partir d'un document (coupe de l'Autunien) de la plaque COGEMA distribuée aux visiteurs du site MCO de Saint-Jean-de-la-Blaquière ; voir aussi B. Odin (1986) et B. Odin *et al.* (1986). Environnements et climats, d'après B. Odin (1986).

Fig. 11. - Vertical distribution of ichnites in the Permian of the Lodève basin.

Stratigraphy: F1 to F5 formations after B. Odin (1986); subdivisions after COGEMA; Usclas du Bosc to upper Viala units after J. Laversanne 1976. (LI = lower Loiras, LS = upper Loiras, MA = Mas d'Alary, VI : lower Viala; markers E to 51 = No. of the bed, 100 to 1000 = Marker nos. in the «Saxonian».

The log was drawn up in part from a document (Autunian section) in the COGEMA brochure handed out to visitors to the MCO site at Saint-Jean-de-la-Blaquière; see also B. Odin (1986) and B. Odin et al. (1986).

Environments and climates after B. Odin (1986).

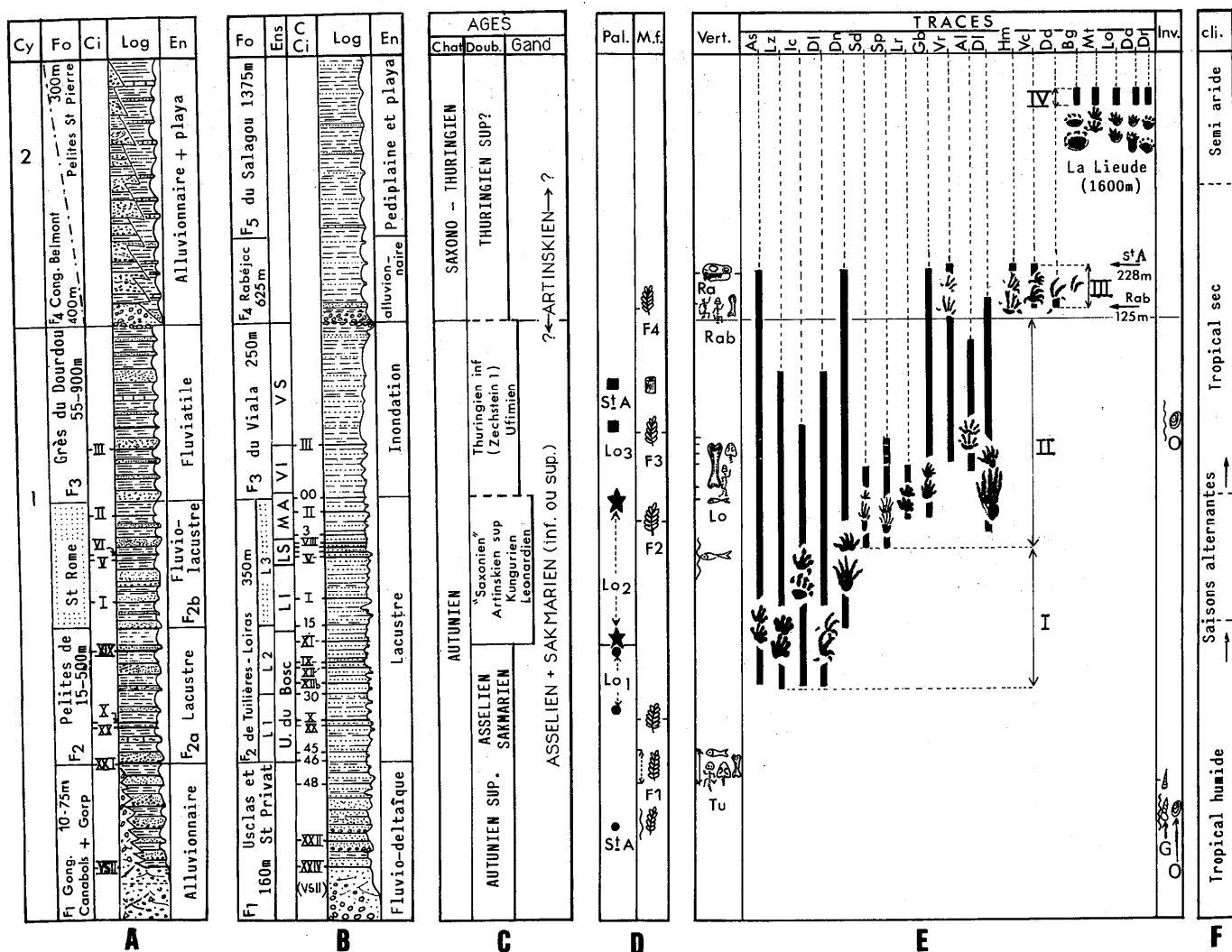


Fig. 12. - Log des séries permienes des bassins de Saint-Affrique (A) et de Lodève (B) après corrélations entre les formations (Fo), Cy = cycles, Ci = n° des cinérites en chiffres romains, C = n° des couches en chiffres arabes, Ens = ensemble, En = environnements, pour B, voir la légende de la fig. 11.

C : Ages, Chât. = J.-J. Châteauneuf *et al.* (1980), Doub = J. Doubinger in B. Odin (1986), J.-P. Rolando (1988) et J. Doubinger *et al.* (1987), G. Gand, ce travail.

D = Pal = Palynologie, localisation des zones palynologiques, Lo1 (rond), Lo2 (étoile) et Lo3 (carré), dans le Permien du bassin de Lodève et de Saint-Affrique précisé SA, Mf = macroflore : principaux gisements dans le bassin de Lodève, F1 : les Tuilières (Doubinger, 1956, 1963), F2 : Mas d'Alary (Vetter *et al.*, 1963 ; Doubinger, 1956 et 1963 ; Doubinger et Kruseman, 1965), F3 Viala in log COGEMA inédit ; F4 in J. Doubinger et D. Heyler (1959).

E : Ver = vertébrés, Tu = les Tuilières in D. Heyler (1969) et J. Laversanne (1976), Lo = Viala inf. in P. Vetter *et al.* (1963), D. Heyler (1969), Rab = Rabéjac in J. Doubinger et D. Heyler (1975), le crâne représente le Caséidé récolté dans le bassin de Rodez par D. Sigogneau-Russel et D.E. Russel (1974). Il est localisé à la base du cycle 2 d'après P. Bourges (1987), I, II, III, IV = n° des associations, Inv = invertébrés cités in J. Laversanne (1976), G. = gastropodes, O = ostracodes. F : Climats d'après B. Odin (1986).

Fig. 12. - Log of the Permian series in the Saint-Affrique (A) and Lodève (B) basins, after correlations between the formations (Fo). Cy = cycles, Ci = No. of the cinerite in roman numerals, C = No. of the bed in arab numerals, Ens = unit, En = environment.

B: see legend for Fig. 11.

C: Ages. Chât. = J.-J. Châteauneuf *et al.* (1980), Doub = J. Doubinger in B. Odin (1986), J.-P. Rolando (1988) and J. Doubinger *et al.* (1987), G. Gand (this study).

D: Pal = Palynology, location of the palynological zones (Lo1 = circle, Lo2 = star, and Lo3 = square) in the Permian of the Lodève and Saint-Affrique (SA) basins, Mf = macroflora: main localities in the Lodève basin: F1: Les Tuilières (Doubinger, 1956, 1967), F2: Mas d'Alary, Vetter *et al.*, 1963; Doubinger, 1956, 1961; Doubinger and Kruseman, 1965), F3: Viala in unpublished COGEMA log; F4: in J. Doubinger and D. Heyler (1959).

E: Ver = vertebrates; Tu = Les Tuilières in D. Heyler (1969) and J. Laversanne (1976), Lo = Lower Viala in P. Vetter *et al.* (1963), D. Heyler (1969); Rab = Rabéjac in J. Doubinger and D. Heyler (1975); the skull represents the Caséidé collected in the Rodez basin by D. Sigogneau-Russel and Russel (1974) — it is located at the base of cycle 2 after P. Bourges (1987); I, II, III, IV = Association no.; Inv = invertebrates cited in J. Laversanne (1976), G = gasteropods, O = ostracods. F: Climates after B. Odin (1986).

semblé possible de proposer une échelle biostratigraphique commune aux deux séries permienues. Elle est représentée sur la figure 12 et comprend quatre associations.

L'association I à *Anthichnium salamandroides*, *Limnopus zeilleri*, *Ichniotherium cottae*, *Dromopus lacertoïdes* et *Dimetropus nicolasi* débute dans le milieu des formations F2 grises déposées dans un environnement lacustre (Odin, 1986 et Rolando, 1988). Dans le bassin de Saint-Affrique, la première apparition de ces quatre ichnoespèces est un peu plus tardive (fig. 10).

L'association II est constituée par les empreintes précédentes auxquelles s'en ajoutent d'autres qui se développent dans les couches alternantes du membre F2 b et dans celles de Loiras Supérieur (LS), un peu au-dessus de la cinérite V (fig. 12). Certaines : *Salichnium decessus*, *Salichnium pectinatus*, *Limnopus regularis* (Heyler et Lessertisseur, 1963 ; Haubold, 1971) et *Amphisauropus latus* (Haubold, 1971) ne dépassent pas les formations F4, c'est-à-dire le Conglomérat de Belmont et celui de Rabéjac. Elles caractérisent donc le sommet des formations rouges F2 et les formations F3 (Grès du Dourdou et Ensemble du Viala), successivement déposées dans un environnement fluvial pour J.-P. Rolando (1988) et dans celui d'une plaine d'inondation pour B. Odin (1986). D'autres ichnoespèces telles que *Dimetropus leisnerianus*, *Gilmoreichnus brachydactylus* et *Varanopus rigidus* « traversent » les conglomérats puisqu'elles sont rencontrées dans la base des formations F4 mais uniquement dans le bassin de Saint-Affrique pour les deux dernières ichnoespèces.

Outre quelques empreintes déjà présentes dans les associations I et II, l'association III comprend des ichnotaxons qui apparaissent pour la première fois dans la base de la formation F4 (Conglomérat de Belmont) ou son équivalent latéral F5 (Les Pélites de Saint-Pierre) et dans celle F4 de Rabéjac. *Varanopus curvidactylus*, *Dromopus didactylus* et *Hyloidichnus major* caractérisent donc la base de ces formations conglomératiques F4 dans chacun des bassins.

Hormis quelques traces observées de manière éparse, dans la formation F5 du Salagou (Ellenberger, 1983 b ; Gand, 1988), il a été découvert plusieurs ichnoespèces dans les niveaux de la Lieude (fig. 11). Ces empreintes forment l'association IV à *Brontopus giganteus* (Heyler et Lessertisseur, 1963), « *Laoporus oliieri* », « *Macrochelichnus thaleri* », « *Dimetropus recurvidigitus* » et à « *Dimetropus antecursor* ». Elle n'est pas connue actuellement dans le bassin de Saint-Affrique.

Les âges possibles des formations du Permien de Saint-Affrique

J.-J. Châteauneuf *et al.* (1980), J.-P. Rolando (1988) et J.-P. Rolando *et al.* (1988) à partir des palynomorphes, G. Gand et H. Haubold (1984), G. Gand (1988 et 1989) et J.-J. Châteauneuf et G. Gand (1989), d'après les associations d'empreintes, ont déjà proposé des âges pour les formations du bassin de Saint-Affrique. Les datations de J.-P. Rolando (1988) ou J.-P. Rolando *et al.* (1988), sont très différentes de celles des autres auteurs puisque les formations F1 à F3

datées de l'Autunien se seraient déposées pour J.-P. Rolando (1988, p. 37), entre l'Autunien supérieur (Assélien-Sakmarien) et le Thuringien inférieur (Ufimien).

Les nouveaux âges attribués aux formations à empreintes de la Thuringe (Allemagne) par H. Lützner (1988) et J. Schneider (1989), rapportés aux échelles marines du Permien constituent une nouvelle occasion de dater les formations du bassin de Saint-Affrique à partir des comparaisons d'associations d'ichnites. Il en résulte que :

— la formation F2 des Pélites de Saint-Rome, à partir de la cinérite X et la formation F3 des Grès du Dourdou pourraient s'être déposées entre l'Assélien et la fin du Sakmarien (références Lützner, 1988) ou entre l'Assélien et le début du Sakmarien (références Schneider, 1989).

— la base de la formation F4 ou son équivalent latéral, la formation F5 des Pélites de Saint-Pierre serait artinskienne (références Lützner, 1988).

Ce sont des âges assez proches de ceux de J.-J. Châteauneuf *et al.* (1980), si on retient l'équivalence Autunien = Assélien admise par Hochuli (1985) et par H. Lützner (1989). Ils indiquent, de toute manière, que le cycle sédimentologique I du bassin de Saint-Affrique défini par J.-P. Rolando (1988) — comme celui de Lodève d'ailleurs — se serait mis en place, seulement au cours du Permien inférieur (fig. 10).

Conclusions

Dans le bassin de Saint-Affrique, vingt-quatre gisements à empreintes de vertébrés tétrapodes ont été découverts depuis 1980. Onze ichnoespèces déjà connues dans le Permien français, y ont été répertoriées. La palichnofaune de ce bassin s'intègre donc dans un ensemble paléontologique homogène qui comprend actuellement 22 ichnoespèces.

L'accès aux archives inédites de la COGEMA a permis d'établir un log composite détaillé, avec des niveaux repères de cinérites, dans lequel les traces ont été localisées le plus souvent avec précision. Pour ces deux bassins, une échelle palichnostratigraphique composée par la succession de quatre associations d'empreintes bien calées dans la lithostratigraphie a été établie. Cette échelle diffère peu de celle qui a été définie pour le bassin de Lodève, sauf pour la répartition verticale de trois ichnoespèces.

Durant la dernière décennie, les formations du bassin de Saint-Affrique ont été datées de manière très différente, selon les auteurs, puisque pour certains, les formations grises et rouges, sous-jacentes au Conglomérat de Rebourguil, s'étaient déposées durant l'Autunien (= Assélien) et pour d'autres, entre l'Assélien et l'Ufimien. En se basant sur des âges récents donnés aux formations à empreintes de la Thuringe (Allemagne) et après comparaisons entre les associations d'ichnites, il apparaît que les formations F1 à F3 du premier cycle sédimentologique pourraient s'être plutôt formées entre l'Assélien et le Sakmarien, inférieur ou supérieur, selon les références envisagées. La base du second cycle, constituée par la formation F4 (= le Conglomérat de Belmont) ou par son équivalent latéral, la formation F5 (Pélites de Saint-Pierre), pourrait être alors artinskienne.

Remerciements

L'auteur remercie chaleureusement M. le Pr Louis Courel du Centre des Sciences de la Terre de Dijon, pour ses remarques et ses suggestions avisées.

Il remercie également vivement M. F. Tona et M. D. Delorme, successivement chef du Département des Prospections et des Recherches Minières de la COGEMA (Groupe du CEA) de bien avoir voulu l'autoriser à consulter les archives inédites relatives au bassin de

Saint-Affrique et à publier le log composite.

Que M. Jacques Garric, Ingénieur-Géologue honoraire de la COGEMA, qui a dirigé et coordonné les recherches géologiques dans ce dernier bassin soit aussi remercié chaleureusement pour ses diverses et précieuses informations.

Je remercie également amicalement Annie Bussière et Marie-Claire Geoffroy pour l'aide apportée au lettrage des figures.

Références bibliographiques

BOURGES P. (1987). - Sédimentation alluviale et tectonique extensive dans le Permien du détroit de Rodez (Aveyron, France). Thèse Université de Toulouse, 186 p.

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 Métalotectes associées par la Géochimie et l'étude de la matière organique. Rapport BRGM, n° 80 SGN 436 GEO, Orléans.

CHATEAUNEUF J.-J., GAND G. (1989). - Stratigraphie 2-4. In J.-J. Châteauneuf et G. Farjanel : Synthèse géologique des bassins permien français, Mém. BRGM Fr., n° 128, 288 p.

DAVID A. (1967). - Étude géologique du Permien de Belmont-sur-Rance (Aveyron) et des minéralisations uranifères et cuprifères. Thèse de 3e cycle, Université de Clermont-Ferrand (inédit), 96 p.

DELAGE A. (1912). - Empreintes de grands pieds de quadrupèdes de l'Hérault. Mém. Acad. Sci. Lettres de Montpellier, 49 p.

DEMATHIEU G., GAND G., TOUTIN-MORIN N. (1992). - La palichnofaune des bassins permien provençaux. *Geobios*, **25**, 1, pp. 19-54.

DOUBINGER J. (1956). - Contribution à l'étude des flores autuno-stéphaniennes. *Mém. Soc. géol. Fr.*, **35**, 75, 180 p.

DOUBINGER J. (1963). - Nouvelles observations sur la flore fossile de l'Autunien de Lodève. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, pp. 74-75.

DOUBINGER J., HEYLER D. (1959). - Note paléontologique sur le Permien de Lodève et de Bourbon-L'Archambault. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **7**, 1, pp. 304-311.

DOUBINGER J., HEYLER D. (1975). - Nouveaux fossiles dans le Permien français. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **7**, 17, 6, pp. 1176-1180.

DOUBINGER J., KRUSEMAN G.-P. (1965). - Sur la flore du Permien de la région de Lodève (« zone de transition » et Saxonien inférieur). *Bull. Soc. géol. Fr.*, **7**, VII, pp. 541-548.

ELLENBERGER P. (1983 a). - La Lieude et sa dalle paléontologique. *Soc. Prot. Nature Languedoc-Roussillon*, n° 1, 9 p.

ELLENBERGER P. (1983 b). - Sur la zonation ichnologique du Permien moyen (Saxonien) du bassin de Lodève (Hérault). *C. R. Acad. Sci. Fr.* (2), **297**, pp. 553-558.

FEYS R., GREBER C. (1972). - L'Autunien et le Saxonien en France. In *Rotliegend. Essays on european lower Permian*, Falke. H. édit., E. J. Brill, pp. 114-136.

GAND G. (1985). - Significations paléobiologique et stratigraphique de *Limnopus zeilleri* dans la partie nord du bassin de Saint-Affrique. *Geobios*, **18**, 2, pp. 215-227.

GAND G. (1988). - Les traces de Vertébrés tétrapodes du Permien français (Paléontologie, Stratigraphie, Paléoenvironnements). Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université de Bourgogne. Edit. Centre des Sciences de la Terre, 341 p.

GAND G. (1989 a). - *Varanopus rigidus* : nouvelle espèce de vertébré tétrapode du Permien français attribuable à des Captorhinomorphes ou à des Procolophonoidés. *Geobios*, n° 22, n° 3, pp. 277-291.

GAND G. (1989 b). - 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, Ed. Univ. Amiens, n° 1, pp. 29-34.

GAND G., HAUBOLD H. (1984). - Traces de Vertébrés du Permien du bassin de Saint-Affrique (Description, datation, comparaison avec celles du bassin de Lodève). *Rev. Géol. méditerranéenne*, **11**, 4, pp. 321-348.

GAND G., HAUBOLD H. (1988). - Permian Tetrapod Footprints in Central Europe, Stratigraphical and Paleontological Aspects. *Z. geol. Wiss.*, **16**, 9, pp. 885-894.

GAND D., HERY B., MAUGENEST M.-C., VINCHON C. (1986). - Bassins de Lodève et Saint-Affrique. Excursion de l'AGP, livret-guide (inédit), 13 p.

GAND G., DEMATHIEU G., BALLESTRA F. (à paraître). - Découverte de nouveaux taxons de vertébrés tétrapodes du Permien supérieur de l'Estérel (Provence-France).

GARRIC J. (1975-1977). - Synthèse géologique sur le bassin de Saint-Affrique. Rapport interne COGEMA (inédit).

GEINITZ H.B. (1861). - *Dyas I.* 130 p., Leipzig.

GEINITZ H.B. (1863). - Beiträge zur Kenntniss der organischen Überreste in der *Dyas*. *N. Jb. Min. Geol. Paläont.*, pp. 385-389.

GOLOUBINOFF C. (1979). - Le Permo-Houiller du nord du bassin de Saint-Affrique (Aveyron), Document du BRGM, n° 16, 139 p.

HAUBOLD H. (1970). - Versuch einer Revision der Amphibien-Fährten des Karbon und Perm. (Freiberger Forschungshefte C, 260, pp. 83-109).

HAUBOLD H. (1971). - Ichnia Amphibiorum et Reptiliorum fossilium. In *Handbuch der Paläoherpetologie. Encyclopedia of Paleoherpetology*. Gustav Fischer Verlag, Part. 18, 123 p.

HEYLER D., LESSERTISSEUR J. (1963). - Piste de tétrapodes permien dans la région de Lodève (Hérault). *Mém. Mus. His. Nat.*, (C), **11**, n° 2, 100 p.

LAVERSANNE J. (1976). - Sédimentation et minéralisation du Permien de Lodève (Hérault). Thèse 3e cycle Univ. Paris sud, 300 p.

LUTZNER H. (1988). - Sedimentology and basin development of Intramontane Rotliegend Basins in Central Europe. *Z. geol. Wiss.*, **16**, pp. 845-863.

- MAUGENEST M.-C., VINCHON C. (1989). - Le Permien de Saint-Affrique, pp. 100-105 et une carte h.-t., In J.-J. Châteauneuf et G. Farjanel : Synthèse géologique des bassins permien français, Mém. BRGM, Fr., n° 128, 288 p.
- MOODIE R.-L. (1929). - Vertebrate footprints from the Red Beds of Texas I. *Amer. J. Sci.*, **5**, 17, pp. 352-368.
- MOODIE R.-L. (1930). - Vertebrate footprints from the Red Beds of Texas II. *Amer. J. Sci.*, **38**, pp. 548-565.
- ODIN B. (1986). - Les formations permien, Autunien supérieur à Thuringien, du « bassin » de Lodève (Hérault - France) : stratigraphie, minéralogie, paléoenvironnement, corrélations. Thèse de Doctorat en Sciences, Université d'Aix-Marseille (inédit), 375 p.
- PABST W. (1900). - Beiträge zur Kenntnis der Tierfährten im dem Rotliegenden Deutschlands. *Z. Deut. Geol. Ges.*, **52**, pp. 48-63.
- POHLIG H. (1885). - Saurierfährten im unteren Rotliegenden von Friedrichroda. *Verh. naturhist. Ver. Preuss. Rheinl. Westf.*, **42**, pp. 285-286.
- ROLANDO J.-P. (1988). - Sédimentologie et stratigraphie du bassin permien de Saint-Affrique (Aveyron, France). Un exemple de bassin alluvial contrôlé par la tectonique extensive. Thèse Univ. Paul-Sabatier, Toulouse, 265 p.
- 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 Saint-Affrique (Aveyron, France). Corrélations séquentielles et chronostratigraphiques avec le bassin de Lodève (Hérault) et de Rodez (Aveyron). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **307**, II, pp. 1459-1464.
- SALVAYRE H. (1969). - Essai d'une synthèse géologique du bassin sédimentaire de Saint-Affrique, Imprimerie Nouvelle, 134 p.
- SARJEANT W.A.S. (1971). - Vertebrate Tracks from the Permian of Castle Peak, Texas. *The Texas Journal of Science*, **22**, n° 4, pp. 344-366.
- SCHNEIDER J. (1989). - Basic problems of biogeography and biostratigraphy of the Upper Carboniferous and Rotliegendes. *Acta Musei Reginaehradecensis S. A: Scientiae naturales*, **22**, pp. 31-44.
- SIGOGNEAU RUSSEL D., RUSSEL D.-E. (1974). - Étude du premier Caséidé (Reptilia, Pelycosauria) d'Europe Occidentale. *Bull. Mus. Hist. Nat.*, **3**, 230, pp. 145-211.
- VETTER P., GARRIC J., HERY B. (1963). - Voyage d'étude n° 4 Decazeville-Lodève. Ve congrès du Carbonifère. Livret guide, pp. 63 à 91, 12 fig.
- Annexe : liste des archives inédites de la COGEMA consultées pour la rédaction de ce travail.
1. Zone de Saint-Rome-de-Tarn (n° 9018 : bassin permien de Saint-Affrique, zone de Saint-Rome-de-Tarn, coupes SRT11, SRT10, SSN6 ; n° 9024 : bassin permien de Saint-Affrique, corrélations autuniennes SRT12, SRT3 ; n° 9025 : bassin permien de Saint-Affrique, zone de Saint-Rome-de-Tarn, coupes SRT9, SRT8, SSN8 ; n° 9026 : bassin permien de Saint-Affrique, zone de Saint-Rome-de-Tarn, coupes SRT6, SRT14 ; n° 9029 : bassin permien de Saint-Affrique, zone de Saint-Rome-de-Tarn, coupes SRT3, SRT14 ; n° 9134 : bassin permien de Saint-Affrique, log schématique Saint-Rome-de-Tarn ; n° 9138 : bassin permien de Saint-Affrique, zone de Saint-Rome-de-Tarn, lithostratigraphie des sondages de la bordure du bassin ; n° 9136 : bassin permien de Saint-Affrique, synthèse géologique partie est).
 2. Zone de Montagnol (Man 7005 : Permien de Saint-Affrique, zone de Montagnol, coupe Mas de Sabl., Man 1 ; Man 7006 : Permien de Saint-Affrique, zone de Montagnol, coupe Man 1, Man 4 ; Man 7007 : Permien de Saint-Affrique, zone de Montagnol, coupe Man 9, Man 7 ; Man 7008 : Permien de Saint-Affrique, zone de Montagnol, coupe Man 5, Man 6 ; Man 7017 : Permien de Saint-Affrique, zone de Montagnol-Sylvanès, coupe WSW-ENE ; Man 7033 : Permien de Saint-Affrique, zone de Montagnol, 1/50 000 ; Man 7037 : Permien de Saint-Affrique, coupe nord de la Moutine ; Man 7100 : Permien de Saint-Affrique, zone de Montagnol, tableau des corrélations autuniennes ; Man 7136 : Permien de Saint-Affrique, zone de Montagnol ; coupe du ravin de Canabols ; n° 9 : Permien de Saint-Affrique, zone de Montagnol, coupe Man 4, Man 7).
 3. Zone de Saint-Sernin (n° 8015 : bassin permien de Saint-Affrique, zone de Saint-Sernin, coupe SSN3, SSN4 ; n° 8016 : bassin permien de Saint-Affrique, zone de Saint-Sernin, coupe SSN 1, SSN7, SSN2 ; n° 8022 : bassin permien de Saint-Affrique, zone de Saint-Sernin, coupe SSN5, SSN6 ; non référencées les coupes des sondages SSN1, SSN2, SSN7, SSN8).
 4. Plan n° 4 : Permien de Saint-Affrique, carte géologique à 1/100 000 (J. Garric).