

Les empreintes de pas de reptiles dans le Trias du Vieux Emosson (Finhaut, Valais, Suisse)

Autor(en): **Demathieu, Georges / Weidmann, Marc**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **75 (1982)**

Heft 3

PDF erstellt am: **27.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-165250>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Les empreintes de pas de reptiles dans le Trias du Vieux Emosson (Finhaut, Valais, Suisse)¹⁾

Par GEORGES DEMATHIEU²⁾ et MARC WEIDMANN³⁾

RÉSUMÉ

Les empreintes de pas de reptiles, très nombreuses et relativement localisées, reposent à la surface d'une couche de grès à ciment carbonaté, située au sommet d'une série gréseuse de 3 m d'épaisseur, reposant elle-même sur le socle gneissique du massif des Aiguilles Rouges. Seuls 350 m² de la surface à empreintes ont été étudiés en détail. Neuf ichnoespèces ont pu être distinguées: deux espèces chirothéridoïdes non nommées appartenant aux genres *Brachychirotherium* et *Isochirotherium*; quatre espèces dinosauroïdes tridactyles nouvelles (*Paratrisauropus mirus*, *P. bronneri*, *P. latus* et *Prototrisauropus* sp.); une espèce tétradactyle nouvelle (*Deuterosauropodopus sedunensis*); une espèce pentadactyle (*Pachysaurichnium emossonense*) et une espèce bidactyle d'une forme tout à fait nouvelle qui n'est peut-être pas le fait d'un vertébré (*Bifidichnium ambiguum*). L'étude statistique des mesures relatives à ces traces, complémentaire de l'étude morphologique, montre l'homogénéité des échantillons et la validité des ichnoespèces.

L'association des ichnoespèces situe le gisement au Ladinien terminal ou dans le Carnien. Au point de vue paléocéologique, il apparaît que les dinosaures végétariens étaient largement dominants sur ces lieux, alors que les prédateurs semblent n'être représentés que par *Prototrisauropus* sp. et les omnivores par *Brachychirotherium* sp. et peut-être *Paratrisauropus mirus*. Les diverses structures sédimentaires observées montrent que les aires à empreintes du Vieux Emosson étaient des zones de passage entre un milieu lagunaire marin et des zones émergées en permanence. La quantité et la variété des ichnites témoignent de la présence de nombreux animaux de grande taille, ce qui implique l'existence de terres émergées très étendues et non pas de petites îles (Chaîne vindélicienne?).

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction		722
1.1 Découverte du gisement		722
1.2 Etude sur le terrain: 17-28 septembre 1979		723
1.3 Situation topographique		723
2. Situation géologique		724
2.1 Stratigraphie		724
2.2 La couche à empreintes		729
2.21 Rides d'oscillation		730
2.22 Mode d'impression des empreintes		731
2.23 Traces indéterminées		732

¹⁾ Imprimé avec l'aide du Fonds national suisse pour la Recherche scientifique.

²⁾ Institut des Sciences de la Terre, Laboratoire associé CNRS no 157, Université de Dijon, 6, boulevard Gabriel, F-21100 Dijon.

³⁾ Musée cantonal de géologie, Palais de Rumine, CH-1005 Lausanne.

3. Etude des empreintes de pas de vertébrés	733
3.1 Premier groupe: Famille des Chirotheriidés ABEL 1935	733
3.2 Deuxième groupe: Empreintes dinosauroïdes tridactyles	736
3.3 Troisième groupe: Empreintes tétra-, penta- et didactyles	746
3.4 Conclusions à l'étude ichnologique	753
4. Implications stratigraphiques	755
5. Implications paléogéographiques	755
Remerciements	756
Bibliographie	756

1. Introduction

1.1 Découverte du gisement

C'est à Georges Bronner que l'on doit la découverte, le 23 août 1976, du gisement du Vieux Emosson. Ce géologue, rattaché au Laboratoire de Géologie dynamique de l'Université de Marseille et spécialiste des vieux socles africains, était en vacances à Vallorcine et effectuait une excursion dans la région. Descendant du col des Corbeaux vers le lac du Vieux Emosson, il remarque de curieuses structures bien visibles à la surface d'une dalle de grès que l'été exceptionnellement sec et chaud de 1976 avait en grande partie dégagée du névé qui la recouvre normalement.

G. Bronner reconnu qu'il s'agissait d'empreintes de reptiles et que le gisement était particulièrement important. Les jours suivants, et avec l'aide de quelques amis, il dresse rapidement un plan au 1:50 d'une surface de 120 m² particulièrement riche en empreintes, réalise cinq moulages en plâtre d'empreintes isolées et situe le gisement dans son contexte stratigraphique, sédimentologique et tectonique.

Ce matériel est adressé à G. Demathieu qui vient immédiatement visiter le gisement, malheureusement dans de fort mauvaises conditions météorologiques. BRONNER & DEMATHIEU (1977) publient alors une courte note préliminaire, dans laquelle est exposé l'essentiel des conditions géologiques du gisement et où deux espèces ichnologiques sont reconnues et figurées.

Dans le même temps, G. Bronner prend contact avec le Musée géologique de Lausanne, dans le but d'une part de mettre en route une étude détaillée du gisement, et d'autre part de prendre des mesures de protection. A. Baud, conservateur au Musée géologique de Lausanne, visite le gisement et en présente les premières photographies lors de la séance du 20 février 1978 de la Société vaudoise des Sciences naturelles (Bull. SVSN 74/2, 160) et BAUD (1978). De son côté, la Murithienne, Société valaisanne des Sciences naturelles, demande à G. et G. Demathieu (DEMATHIEU & DEMATHIEU 1978) de présenter le gisement du Vieux Emosson, ses empreintes et son importance pour l'ichnologie.

Les conditions locales (altitude, enneigement, accessibilité) et l'étendue du travail à réaliser nécessitent des moyens importants et la collaboration de divers spécialistes; c'est pourquoi plusieurs musées décident de procéder ensemble à l'étude du gisement puis, au cours d'une seconde étape, d'organiser une exposition itinérante présentant notamment le matériel récolté au Vieux Emosson.

1.2 *Etude sur le terrain: 17-28 septembre 1979*

Les partenaires engagés dans cette entreprise furent:

Musée cantonal d'histoire naturelle, Sion

Naturhistorisches Museum, Basel

Muséum d'Histoire naturelle, Genève

Musée géologique cantonal, Lausanne

Dr Georges Demathieu, Dijon

auxquels s'est joint pour la seconde étape le:

Paläontologisches Institut und Museum, Zürich

Ont participé aux travaux de terrain: M. Deléglise, F. Deléglise, D. Michellod, J.-M. Pillet, J. Vuigner (Musée de Sion); D. Oppliger et K. Müller (Musée de Bâle); T. Jaccoud, M. Villard, G. de Beaumont, E. Lanterno (Musée de Genève); A. Currat, S. Ittig, M. Weidmann (Musée de Lausanne); G. et G. Demathieu (Université de Dijon); M. Heiber, A. Probst (Ciba-Geigy, Basel).

En moyenne 8-10 personnes travaillaient ensemble sur le gisement, ce qui représente environ 95 journées de travail. Si les conditions d'enneigement n'étaient pas aussi favorables qu'en 1976, il n'y a néanmoins pas eu de trop grandes quantités de neige à déblayer. Sauf pendant trois jours de froid, neige et brouillard, les conditions météorologiques furent bonnes, si bien que les travaux projetés ont été entièrement réalisés.

Après avoir sélectionné une surface d'un seul tenant où les empreintes étaient abondantes et aussi bien conservées que possible (800 sur environ 350 m²), on y a mis en place un carroyage métrique, puis on l'a débarassée des blocs, cailloux et sable qui la recouvraient localement. Un plan au 1:20 en a été dressé (pl. 1) et l'ensemble de la surface a été photographié (plus de 400 prises de vue).

On a moulé au silicone-caoutchouc 114 empreintes ou groupes d'empreintes situées sur la dalle topographiée ou en dehors. En outre, on a réalisé le moulage complet d'une surface de 12 m².

L'étude géologique a été complétée par la cartographie au 1:1000 de tout le secteur du gisement, par diverses observations et échantillonnages des roches et par une reconnaissance dans la région, afin de mettre en évidence d'éventuels autres gisements.

On trouvera un reflet illustré de ces divers travaux dans les articles destinés au grand public qu'ont publié DE BEAUMONT (1980), PILLET (1979), DELÉGLISE (1979), ENGESSER & OPPLIGER (1981).

L'étude paléontologique a été réalisée au laboratoire de Dijon sur la base des moulages, du plan détaillé et des photomosaïques.

1.3 *Situation topographique*

Situé à 2400 m sur le territoire de la commune de Finhaut VS, le gisement principal se trouve dans le vallon du Vieux Emosson, en rive droite, à quelques centaines de mètres au nord de l'arête frontière franco-suisse (coord. 557.140/99.860). On y accède depuis Finhaut par une route carrossable jusqu'au barrage du Vieux Emosson (la route est privée depuis le col de la Gueula), et ensuite à pied par

la rive gauche du lac de retenue, puis par le névé permanent qui occupe le fond du vallon (CN 1:25 000, feuille Barberine no 1324 et fig. 1).

Les empreintes ne sont généralement pas visibles avant le mois d'août, et le gisement n'est qu'exceptionnellement dégagé de neige dans sa totalité. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle il ne fut découvert qu'en 1976 et aussi la raison de la conservation des empreintes. En effet, la couverture quasi-permanente de neige limite les alternances gel-dégel qui, ailleurs à la même altitude, détruisent très rapidement les empreintes.

2. Situation géologique

Le gisement se trouve dans la couverture mésozoïque autochtone du massif cristallin des Aiguilles Rouges (fig. 1). On trouvera une présentation synthétique de la région dans COLLET et al. (1951) et BELLIERE (1980). Les terrains sédimentaires de la couverture ont été minutieusement étudiés et cartographiés par AMBERGER (1960), et nous y renvoyons le lecteur.

Plus localement, la carte géologique des figures 1B et 2 et les figures 2-4 de BRONNER & DEMATHIEU (1977) montrent quelle est la situation tectonique dans le secteur du gisement: l'ensemble socle-couverture plonge de 30 à 80° vers le nord-ouest et il est affecté d'ondulations dans les grès triasiques de base et de replis dysharmoniques serrés dans les termes plus jeunes. De petits chevauchements répètent parfois tout ou partie de la série, notamment dans le secteur du gisement. Un système vraisemblablement très récent de cassures orthogonales découpe ensuite l'ensemble.

Les séries triasiques sont en outre affectées par un métamorphisme alpin léger. AMBERGER (1960, p.29) y décrit des paragenèses à quartz-chlorite-séricite. Bien que discret, ce métamorphisme joint aux phases successives de déformation a été suffisant pour détruire une partie des structures sédimentaires et la quasi-totalité des micro- et macrofossiles.

2.1 Stratigraphie (fig. 3)

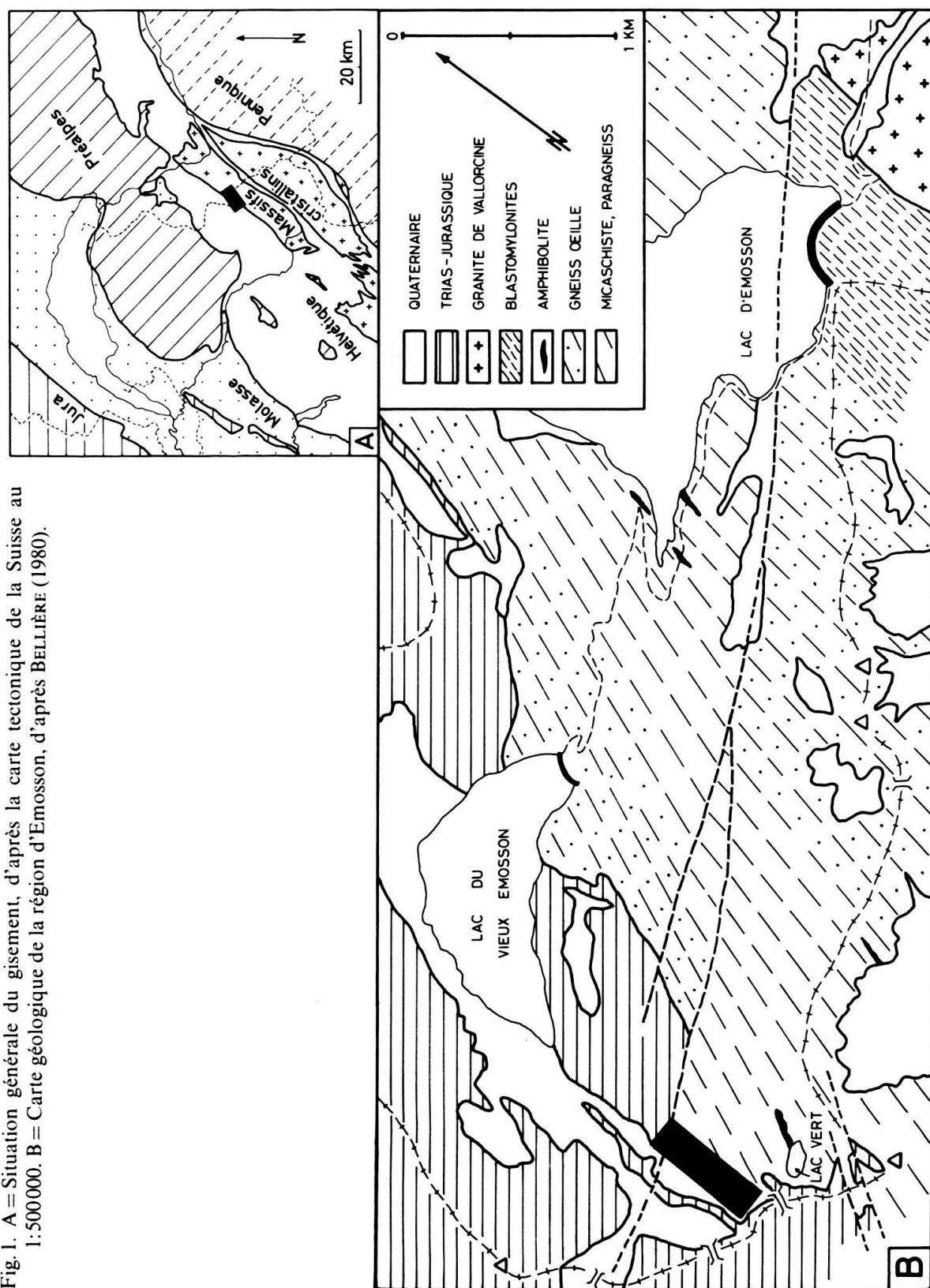
Précisons d'emblée que, jusqu'ici et à part les empreintes, on n'a pas trouvé de fossiles déterminables dans le Trias de la couverture du massif des Aiguilles Rouges. Nous avons procédé à un échantillonnage complet pour analyse palynologique et le Prof. H. Visscher (Utrecht) a bien voulu examiner ce matériel. Mais le résultat est entièrement négatif, ce que l'on pouvait craindre au vu des conditions de dépôt et de diagenèse qui sont particulièrement oxydantes.

En conséquence, les attributions d'âge de la figure 3 ne sont basées que sur des comparaisons et analogies de faciès avec des régions plus ou moins proches; fait exception l'âge de la couche à empreintes qui sera discuté plus loin.

Le socle

Gneiss œillés de composition granitique (fig. 1B), contenant localement des passées de micaschistes et (ou) d'amphibolites (BELLIERE 1980 et J. von Raumer, travaux en cours). Sous la surface pénéplainée du vieux continent varisque, admirablement visible dans le paysage depuis la Veudalle en direction du col de Barbe-

Fig. 1. A = Situation générale du gisement, d'après la carte tectonique de la Suisse au 1:500000. B = Carte géologique de la région d'Emosson, d'après BELLIERE (1980).



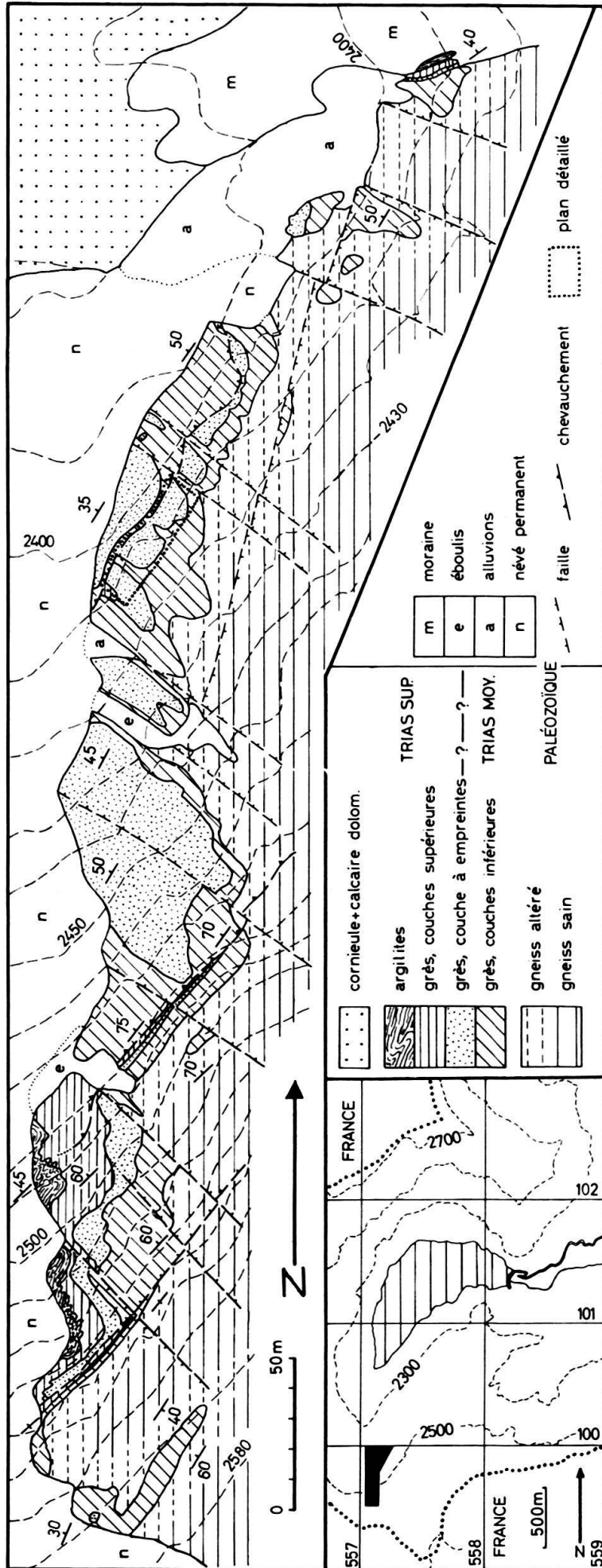


Fig. 2. Carte géologique du gisement du Vieux Emosson et carte locale de situation en encart. Etat en septembre 1979.

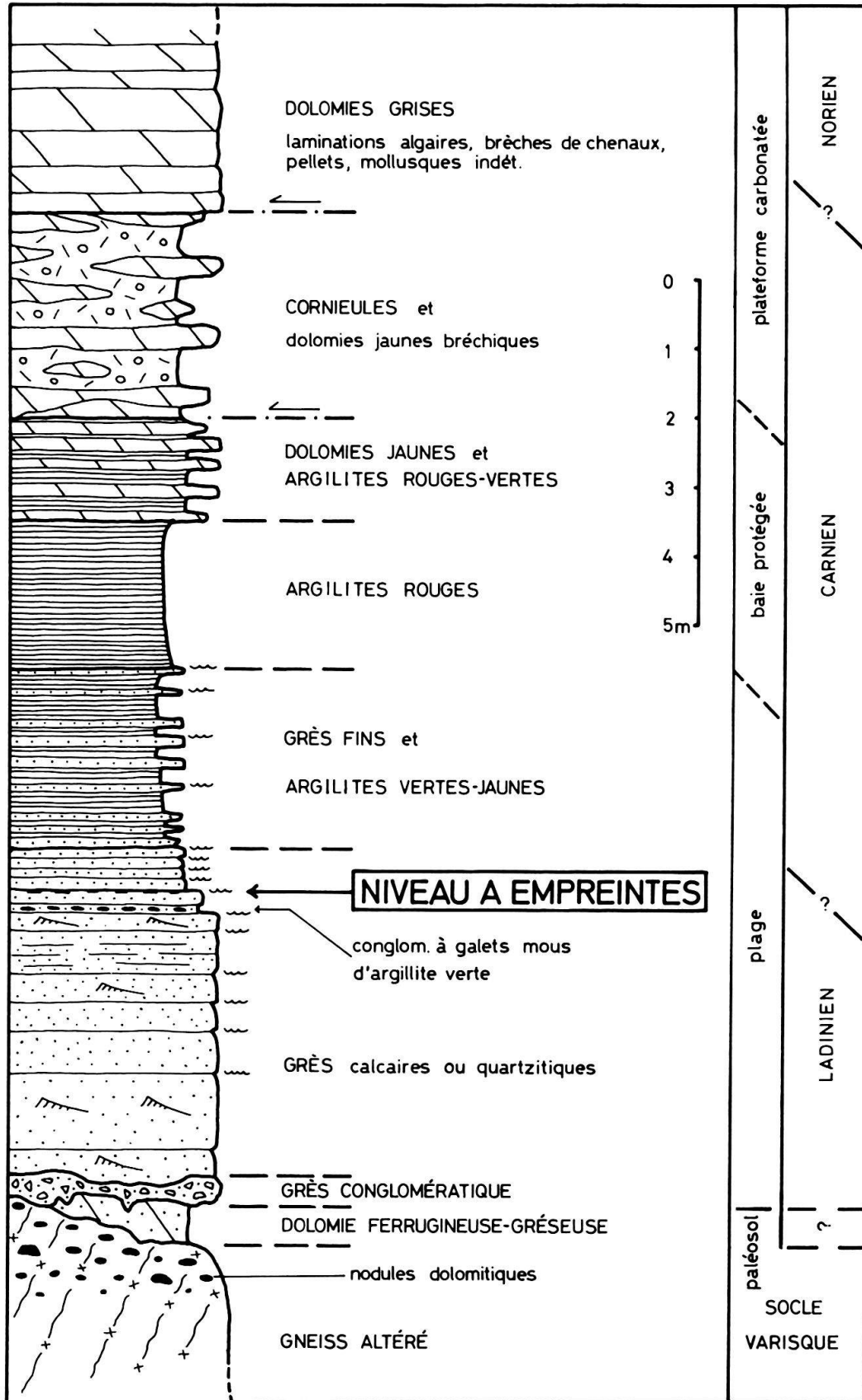


Fig. 3. Coupe lithologique schématique du Trias du Vieux Emsos, couverture autochtone du massif des Aiguilles Rouges; interprétation des milieux de dépôt et attributions d'âge.

rine, les gneiss sont profondément altérés et prennent des teintes rougeâtres, violacées ou vertes. Cette altération est d'importance variable, en général de 2 à 10 m d'épaisseur, parfois davantage. Assez fréquemment, le dernier mètre de gneiss devient arkosique et contient des nodules dispersés de dolomie ferrugineuse (diamètre 1 à 10 cm). En un point signalé par COLLET (1943, fig. 1) au sud de la Veudalle, coord. 557.750/100.500, 2440 m, la surface supérieure des gneiss est localement soulignée par une couche irrégulière de quelques décimètres de dolomie ankéritique, gréseuse, parfois microconglomératique, de teinte brun foncé. On y note des imprégnations diffuses ou concentrées d'oxydes de fer et de jaspe rouge vif, rose ou blanc. LAURENT (1967) décrit plus au sud des coupes identiques associées au fameux «jaspe de St-Gervais». Il s'agit là de séquence de paléosol exceptionnellement conservée, dont l'âge ne peut être fixé (Permien?, plus probablement Trias inférieur?).

Les grès

La base de la transgression est soulignée par 10 à 50 cm de grès arkosique grossier contenant des galets gneissiques non classés qui, selon BRONNER (in BRONNER & DEMATHIEU 1977, fig. 5), présentent des traces d'éolisation. Viennent ensuite trois gros bancs (en tout 170–200 cm) de grès grossiers-moyens jaune clair, puis gris-verdâtre, à ciment siliceux et stratification entrecroisée, contenant encore quelques galets de 1 à 2 cm. Puis quatre bancs de 20 à 60 cm, dont la base et le sommet sont soulignés par des rides d'oscillation; ce sont des grès moyens à stratification entrecroisée peu visible, de teinte jaunâtre et à ciment calcaire ou siliceux. Quelques pellicules millimétriques d'argile verte sont parfois conservées dans le creux des rides.

Ce premier ensemble gréseux est dénommé «couches inférieures» sur la figure 2 et il se termine localement par une couche de 3 à 6 cm de grès moyen à gros galets mous d'argilite verte. En quelques rares points de cette série, on note des polygones de dessiccation et des traces peu nettes de gouttes de pluie et de trémies de sel.

Les milieux de dépôt et le niveau d'énergie étaient toujours assez variables:

- tranche d'eau faible avec vagues (rides, stratification entrecroisée, sable bien lavé);
- nappe d'eau très calme (drapage d'argilites);
- émergence temporaire (polygones de dessiccation, etc.);
- courants violents et localisés (érosion des argilites et conglomérat à galets mous).

L'ensemble correspond bien à un dépôt de plage et de lagune côtière très peu profonde et fréquemment émergée.

La «couche à empreintes», sur laquelle nous reviendrons plus loin, mesure entre 7 et 12 cm. C'est un grès moyen-fin, jaune-beige, à ciment carbonaté, que surmontent quelques millimètres d'argilites vertes. Toutes ces couches de base se suivent sur plusieurs centaines de mètres avec de faibles variations d'épaisseur, mais en conservant les mêmes caractéristiques. Il s'en dégage l'impression d'ensemble d'un milieu de dépôt très étendu et relativement stable.

Les argilites et dolomies

Plus haut dans la série, l'épaisseur et la régularité des bancs de grès fins diminuent progressivement: ce sont les «couches supérieures» de la figure 2. Les grès sont toujours ornés de rides d'oscillation et toujours séparés par des pellicules d'argilites vertes ou jaunes. Mais ces dernières prennent de plus en plus d'importance et finissent par supplanter les grès, dont les derniers bancs ne montrent plus de rides.

Le terme suivant est fait uniquement d'argilites, le plus souvent rouges, qui témoignent d'un milieu de dépôt différent, peut-être dans une baie protégée et sous une tranche d'eau dépassant une dizaine de mètres. Rappelons toutefois que les argilites et les alternances grès fins-argilites sont très replissées et que les structures sédimentaires fines y sont toujours effacées.

Le caractère de la série change ensuite radicalement sur moins d'un mètre d'épaisseur par l'apparition de faciès carbonatés de plateforme, en grande partie dolomitisés. Ce sont des dolomies et calcaires dolomitiques jaunes, puis gris, dans lesquels on peut parfois encore déceler les termes classiques des domaines intertidal et subtidal peu profond: brèches de chenaux, laminations algaires, séquences granoclassées à pellets et rares bioclastes, etc. AMBERGER (1960) y signale des brachiopodes et algues indéterminables.

C'est vers la base de cet ensemble dolomitique que s'intercale une première couche cornieulisée d'épaisseur variable, dont l'origine est tectonique et qui souligne les chevauchements satellites liés à la mise en place de la nappe de Morcles toute proche.

2.2 La couche à empreintes

Toutes les empreintes, sauf une, se trouvent à la surface supérieure de la même couche, bien exposée dans le secteur étudié en détail. Nous n'en avons repéré qu'une seule sur la couche immédiatement inférieure: no 28 (coord. H 20) qui est un *Paratrisauropus bronneri*.

La «couche à empreintes» ne mérite vraiment son nom que dans le secteur temporairement denneigé (environ 557.140/99.860, 2400–2410 m; voir fig. 2 et 4), où elle a été cartographiée et étudiée en détail.

En allant vers le sud, la grande dalle bien dégagée en dip-slope entre 1420 et 1470 m porte bien des empreintes, parfois nombreuses, mais toujours très dégradées par l'érosion et indéterminables. Plus loin encore vers le sud, dans le secteur du Col des Corbeaux et du Lac Vert, les conditions d'affleurement sont médiocres et on n'y a pas repéré d'empreintes.

Par contre, à 2,5 km au sud du Vieux Emosson, dans le vallon de Tré-Les-Eaux, un garde du parc national des Aiguilles Rouges a récemment signalé la présence de quelques empreintes dans les grès triasiques (communication orale de Madame Y. Gubler, Argentières); nous n'avons pas examiné ce gisement.

Partant du gisement principal et nous dirigeant cette fois vers le nord, nous perdons rapidement la couche à empreintes sous les éboulis et la moraine. Mais, à 1200 m au nord-est du gisement, nous avons noté une belle dalle avec quelques empreintes mal conservées en rive droite du couloir enneigé dévalant du Scex Blanc vers le lac du Vieux Emosson (557.800/100.960, 2300 m). Il est bien entendu

impossible de dire s'il s'agit ici de la même couche à empreintes que celle du gisement principal.

Plus loin encore vers le nord, sous la Pointe de Finivé, au lieu-dit L'Arrevassey (558.970/103.320, 1980 m), Madame Y. Gubler a aussi découvert quelques empreintes isolées. Par contre, les beaux affleurements de grès triasiques des cols de Barberine et d'Emaney ou de la région de Salanfe n'ont pas livré d'empreinte jusqu'ici.

Les quelques découvertes mentionnées ci-dessus ne sont pas comparables au gisement du Vieux Emosson qui présente sur une surface restreinte un très grand nombre d'empreintes variées et relativement bien conservées: environ 800 sur 350 m² (fig. 4).

L'analyse du plan dressé sur le terrain au 1:20 (pl. 1) et les observations de terrain seront résumées ci-dessous; les chiffres et lettres entre parenthèses se réfèrent au carroyage métrique du plan.

2.21 Rides d'oscillation

Toutes les rides observées sont des rides de vagues. Celles des couches inférieures à la couche à empreintes ont une orientation N20 à N60E et celles des couches supérieures N80 à N110E. Par contre, celles de la couche à empreintes sont de deux types:



Fig. 4. Vue oblique d'une partie du gisement. Sur le plan de la planche 1, l'angle supérieur gauche de la photographie est en (E9), l'inférieur gauche en (B8), le supérieur droit vers (G 12) et l'inférieur droit en (A 12). La tête du marteau recouvre l'empreinte moulée no 6. Photo G. Bronner, 1976.

- a) Dans le secteur nord (0-24), les rides sont rares, très émoussées, presque indistinctes (fig. 5). Leur orientation est très variable: N30 à N70E, avec parfois des interférences; la longueur d'onde va de 3 à 5 cm.
- b) Dans le secteur sud (25-36), les rides sont beaucoup plus fraîches et fréquentes, avec une longueur d'onde de 1 à 3 cm et une orientation régulière N40 à N60E. Le drapage d'argilites vertes est aussi plus régulier, aussi bien dans le creux entre les rides que dans le fond des empreintes.

2.22 Mode d'impression des empreintes

On constate aussi ici une différence entre secteurs. Au nord (0-18), les empreintes sont relativement moins nombreuses et plus nettement imprimées qu'ailleurs.

Au centre (19-23), on voit apparaître autour des empreintes des bourrelets sableux peu accentués et asymétriques. On constate aussi des surfaces de 5-30 dm² dans lesquelles on ne distingue pas d'empreintes nettes, mais qui semblent être des «zones piétinées», d'où il résulte des empreintes composites formées du chevauchement des traces faites par deux ou plusieurs animaux au même endroit.

Au sud (25-36), les empreintes deviennent en général plus floues, certains détails ne sont plus visibles, les bourrelets de sable sont très fréquents, de même que les «zones piétinées».

La conservation au moins temporaire des empreintes dans un sédiment dépend d'un certain nombre de facteurs:



Fig. 5. Vue rapprochée de la surface à empreintes avec rides à oscillation émoussées. A noter: un pas de *Paratrisauropus latus* n. sp., dont le pied gauche est sous la pièce de monnaie. Le sommet de la dalle est en haut. Photo G. Bronner, 1976.

1. La granulométrie du sédiment. Ce dernier doit être composé de particules fines ne dépassant pas 1 mm de diamètre pour que les empreintes soient suffisamment nettes.
2. Le degré d'humidité du sédiment. Il doit être tel que celui-ci soit plastique afin qu'il moule les détails du contour et du dessous de l'autopode qui l'imprime. S'il est trop humide, il «coule» plus ou moins dans la cavité laissée par l'autopode et l'empreinte n'est pas déterminable. S'il est trop sec, il n'y a pas impression ou l'empreinte n'a pas de contour net. Une bonne plasticité est obtenue dans des argiles pas trop humides ou des sables fins argileux.
3. La taille de l'animal. Les petites empreintes, d'insectes ou d'animaux très petits, peuvent être nettes dans des sols très humides, argileux par exemple, ou dans des sables fins secs. Pour les animaux plus gros, se reporter aux cas envisagés en 2 ci-dessus.
4. Le mode de pose et de retrait du pied. Certains animaux posent la surface de leurs autopodes toute entière à la fois sur le sol: c'est le cas de nombreux mammifères digitigrades ou onguligrades et des lézards. D'autres appuient d'abord leur talon puis la surface d'appui se déplace vers l'avant qui appuie seul au moment du retrait: c'est le cas de l'homme, par exemple, et dans une moindre mesure des Thécodontes du Trias. Dans le premier cas, on peut observer des empreintes nettes même dans un sable fin et sec mais pas dans le deuxième.

Les Archosauriens qui ont laissé les traces que nous étudions les ont faites sur des plages de sable argileux encore assez humide (car les empreintes sont profondes) après un retrait des eaux.

Qu'elles se soient conservées si bien qu'on les retrouve 180 millions d'années après est un autre problème.

Le sable, plus ou moins argileux, des plages triasiques est devenu un grès, c'est-à-dire une roche consolidée par une cimentation des grains. Ici, le ciment est calcaire mais il peut être aussi siliceux. C'est par cette cimentation que les surfaces ont conservé les traces. Mais cette opération n'a pas dû avoir lieu précocement. Dès après le retrait des eaux, le sol où les Reptiles se mouvaient s'est asséché progressivement et en même temps induré grâce à la présence de l'argile. C'est ce qui explique que des traces plus ou moins profondes ont subsisté jusqu'à ce que l'induration soit telle que la formation de nouvelles empreintes n'ait plus été possible. Combien de temps le sédiment est-il resté ainsi desséché? Il n'est pas possible de le dire. Il est probable qu'il y a eu une cimentation primaire grâce aux différents sels contenus dans l'eau, ce qui a contribué à une première consolidation. Aussi, quand s'est produite une nouvelle arrivée d'eau porteuse de sédiments fins qui ont recouvert les «aires à empreintes», ces dernières n'ont pas été altérées et ont été moulées par le drapage de sédiment surincombant. Ce qui a permis, après enfouissement ultérieur, leur conservation jusqu'à nos jours.

2.23 Traces indéterminées

En quelques points (C8, E10, O27, O30), on a constaté la présence de traces en creux plus ou moins rectilignes et longues de plus d'un mètre. Elles sont larges de

1 cm et profondes de 5 mm en moyenne. Elles nous paraissent indéterminables et leur attribution à la queue traînante des reptiles est fort improbable.

3. Etude des empreintes de pas de vertébrés

Grâce aux photographies, relevés et moulages, ainsi qu'aux observations sur le terrain, la recherche des ichnoespèces a pu être conduite d'une manière satisfaisante.

Du fait de leur exposition en surface soumise aux rigueurs du climat, les empreintes, souvent surcreusées et aux bords érodés, ne sont pas de grande qualité. Cependant les formes générales ont été conservées et les apparentements sont relativement aisés.

Neuf ichnoespèces ont pu être ainsi distinguées. Elles se divisent en trois groupes: les empreintes chirothéroïdes, les empreintes dinosauroïdes et un 3e groupe qui comprend des empreintes tétradactyles, pentadactyles et didactyles à facture très particulière.

Les noms donnés sont des noms d'empreintes et appartiennent ainsi à la parataxonomie. Dans ce domaine, les parataxons ichnogenres et ichnoespèces sont surtout utilisés.

Les empreintes numérotées ont été moulées et sont conservées aux Musées d'histoire naturelle de Genève et de Bâle; elles sont pour la plupart localisées sur la planche 1.

3.1 Premier groupe: Famille des *Chirothériidés* ABEL 1935

Ces empreintes ne représentent qu'une petite partie de l'ensemble ichnologique et, de plus, semblent localisées sur la planche 1 dans les parties supérieures des colonnes 26 à 30 avec une exception pour l'une d'entre elles qui se trouve en (G 12). Ce fait d'observation est important et mérite d'être noté. On a pu y distinguer deux ichnogenres mais leur état de conservation n'a pas permis d'en définir des espèces.

Ichnogène *Brachychirotherium* BEURLIN 1950

Ce genre est répandu dans tout le Trias depuis le Buntsandstein moyen (*Chirotheriensandstein*, *Solling-Folge*) jusqu'au Trias supérieur médian (Formation Brunswick, niveau B, Milford, USA) mais ce n'est qu'au Trias moyen qu'apparaissent les espèces de taille relativement grande.

L'essentiel de la diagnose réside dans la morphologie générale et l'ordre des longueurs des orteils $I < IV \leq II < III$, la forme des doigts en général épais, plus ou moins spatulés, l'absence presque constante d'orteil V libre dans les espèces les plus évoluées, la main plus petite que le pied (1/3) et une quadrupédie constante.

Brachychirotherium sp.

Fig. 6A et 7A

Trois empreintes moulées, 62, 66, 72 ainsi que quelques empreintes observées sur le terrain possèdent les caractères généraux énoncés ci-dessus.

Une piste a pu être déterminée; seul le premier autopode est identifiable, les autres ayant été faits dans une boue assez liquide n'ont simplement laissé que des traces informes.

Les caractères de la piste ont été mesurés: pas obliques (en mm): 570; 630; 570; moyenne: 590 mm. Enjambées: 1160; 1170; moyenne: 1165 mm. Angles du pas (en degrés): 155; 160; moyenne: 158°, ainsi que l'autopode le mieux conservé (no 66): longueur: 125 mm; largeur 70 mm. Pour l'ensemble des quatre premiers rayons, longueur: 71 mm; largeur: 60 mm. Mesures angulaires: angle I-V: 35°; obliquité: 75°.

En raison de la faiblesse des effectifs, les informations fournies par ces mesures restent purement indicatives. Notons que les grandeurs brutes révèlent des traces voisines en longueur et en forme de celles de *Brachychirotherium circaparvum* de la bordure orientale du Massif Central, y compris les mesures des caractères de la piste (DEMATHIEU 1971; COUREL & DEMATHIEU 1976, p.207). Leurs auteurs ont été des Archosauriens de taille relativement réduite, de 3 à 3,5 m de long, aux membres dressés, d'environ 90 cm pour le membre postérieur et 65 cm pour l'antérieur, pour un tronc de 80 cm environ (voir méthodes d'études in DEMATHIEU 1970). Cet Archosaurien a pu être un Thécodonte déjà quelque peu avancé dans la voie qui mène aux Crocodiliens, ainsi qu'en témoignent l'orteil II plus long que le IV, l'absence de griffe du IV et la réduction du V.

Ichnogre *Ischirotherium* HAUBOLD 1970

C'est un genre connu, lui aussi, depuis la Hardegsen-Folge, alors assez peu fréquent, jusqu'au Trias moyen où il abonde (bordure orientale du Massif Central).

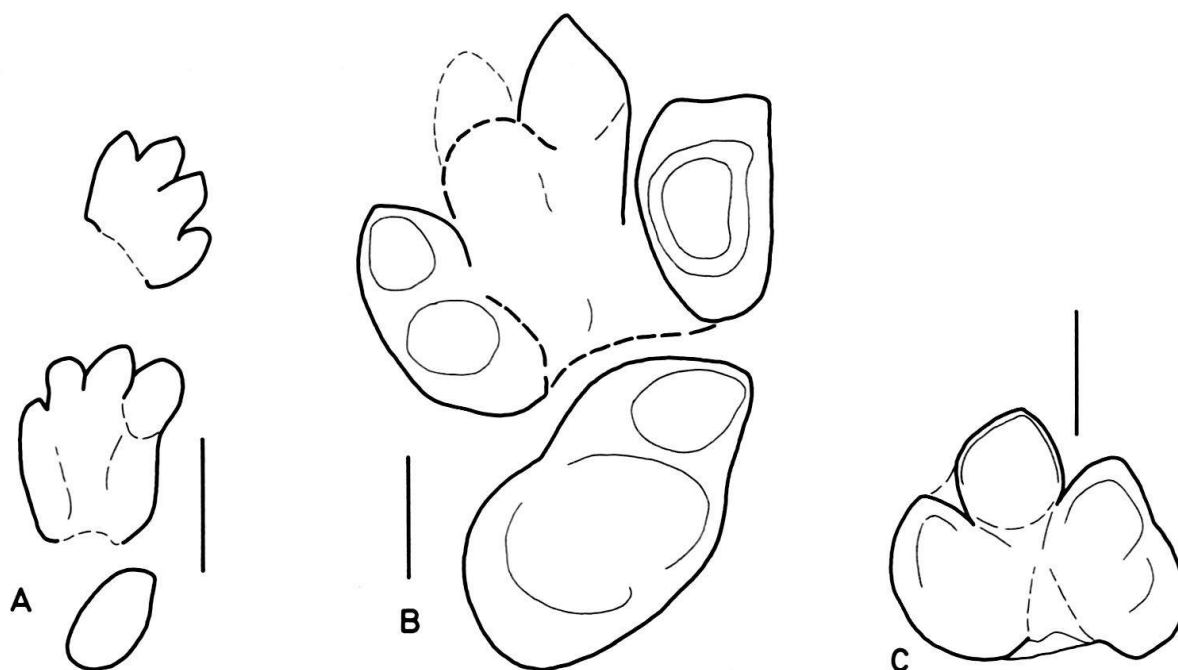


Fig. 6. A = *Brachychirotherium* sp. pied et main droits, no 62 (coord. L26). B = *Ischirotherium* sp., pied droit, no 96 (coord. I33). C = *Paratrisauropus mirus* n.sp., holotype, pied droit, no 51 (coord. L28). Echelle = 5 cm.

Dans les couches du Vieux Emosson, 5 empreintes seulement ont pu être reconnues.

Ce genre est caractérisé par l'ordre de longueur des orteils $I \leq IV < II \approx III$, une grande taille, une main très petite par rapport au pied (1/5) et une tendance assez nette à la bipédie.

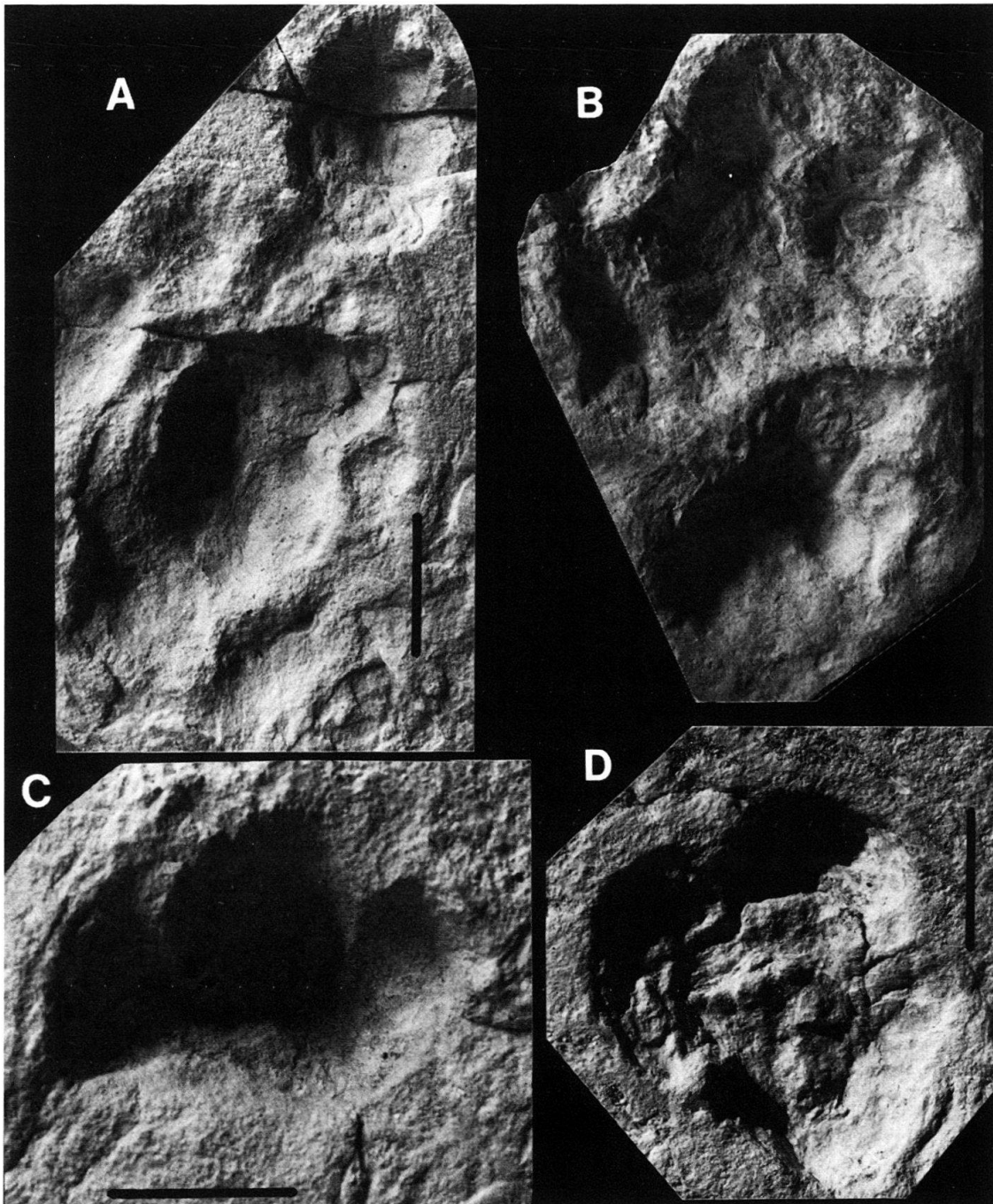


Fig. 7. A = *Brachychirotherium* sp., pied et main droits, no 62 (coord. L26). B = *Isochirotherium* sp., pied droit, no 96 (coord. I33). C = *Paratrisauropus mirus* n. sp., pied gauche, no 52 (coord. M29). D = *Paratrisauropus bronneri* n. sp., holotype, pied droit, no 89 (coord. N30). Echelle = 5 cm.

Isochirotherium sp

Fig. 6B et 7B

Apparemment, les traces rapportées à ce genre révèlent la bipédie de leurs auteurs car nous n'avons détecté aucune marque de la main. Ce sont de grandes empreintes (tabl. 1) pentadactyles, où l'orteil V ne semble pas indépendant du coussinet digitométatarsien correspondant (fig. 6A). Une des deux pistes connues, dont l'enjambée mesure environ 1,9–2 m, montre un animal de grandes dimensions, de 4 à 5 m et pourvu de longs membres postérieurs, de 1,6 m de long approximativement, pour un tronc de 1 à 1,2 m. Les caractères des empreintes montrent un Archosaurien thécodonte engagé, d'après les longueurs des orteils, dans la voie qui conduit aux Dinosauriens sauropodes, peut-être, par le rôle joué par les orteils I, II et III dans l'appui du pied.

Tableau 1: *Isochirotherium* sp.
Mesures des caractères du pied.

Empreintes (no)	Longueur des rayons (mm)					Autopodes (mm)		Ensemble des 4 premiers rayons (mm)				Angles (°)	
	I	II	III	IV	V	Long.	Larg.	Long.	Larg.	II-IV	I-IV	I-V	Obliquité
22	110	140	145	120	/	/	/	145	150	25	40	/	75
48	/	/	/	/	/	260	150	/	/	/	/	/	/
60	/	/	/	/	/	280	150	/	/	/	/	/	/
96	65	?	135	100	125	280	190	160	190	/	45	80	80
Sans numéro	/	/	/	/	/	125	160	/	/	30	35	/	/

3.2 Deuxième groupe: *Empreintes dinosauroïdes tridactyles*

Ce sont de beaucoup les plus nombreuses et certaines sont de bonne qualité. Nous n'avons pas créé de genre nouveau, considérant que la nomenclature existante pouvait suffire.

Ichnogène *Paratrisauropus* ELLENBERGER 1972*Paratrisauropus mirus* n. sp.

Fig. 6C et 7C

Holotype. – Empreinte no 51.

Hypodigme. – Empreintes nos 47, 51, 52, 58, 77, 80, 99, 107.

Diagnose. – Empreinte du pied plus large que longue; orteils courts et épais, relativement peu divergents avec des coussinets proximaux très larges; griffes également larges, peu pointues. Contour proximal concave.

Description. – Il semble que seules les phalanges distales aient touché le sol et que la digitigradie ait été assez prononcée. Les phalanges proximales du III paraissent surélevées entre celles des orteils II et IV, ce qui explique la seule présence des

coussinets de ces rayons formant le «talon» arrière. Deux coussinets seulement sont visibles au IV et un seul aux deux autres, mais il est très possible qu'il se soit produit une coalescence des pelotes sous-digitales à l'arrière de la partie portante du pied, coalescence due, peut-être, à la brièveté des longueurs des phalanges relativement à leur largeur.

Bien que les effectifs mesurables soient faibles, nous avons appliqué une étude statistique élémentaire aux données puis aux rapports de quelques-unes d'entre elles prises deux à deux (tabl. 2).

Dans le premier cas, on constate une certaine disparité des variabilités: très faibles pour les caractères de longueur du 4e orteil et de la largeur totale, correcte

Tableau 2: *Paratrisauropus mirus* n.sp.
1. Mesures des caractères du pied.

Empreintes (no)	Longueur des rayons (mm)			Autopodes (mm)		Angle (°) II-IV
	II	III	IV	Longueur	Largeur	
51	71	104	80	104	120	45
52	49	78	64	78	108	30
57	55	100	74	100	120	30
58	68	95	75	95	125	50
107	64	100	78	100	119	60

2. Paramètres des distributions de fréquence des mesures des caractères.

Caractères	Effectif	Moyenne (mm)	Ecart type (mm)	Variabilité (%)	Intervalle de confiance pour la moyenne au seuil 5% (mm)		Test de Cramer		
					Asymétrie	Variable test	Probabilité de dépasser la variable (%)		
II	5	61	9,1815	15	49	73	-0,527	0,58	56
III	5	95	10,2372	11	82	109	-1,72	1,89	6
IV	5	74	6,1806	8	66	82	-1,43	1,57	12
L	5	95	10,2372	11	82	109	-1,72	1,89	6
1	5	118	6,2690	5	110	127	-1,40	1,54	12
Angle II-IV	5	43	13,0384	30	26	60	0,164	0,18	86

3. Paramètres des distributions de fréquence de rapports de caractères et corrélations.

Caractères	Effectif	Moyenne (mm)	Ecart type (mm)	Variabilité (%)	Intervalle de confiance pour la moyenne au seuil 5% (mm)		Corrélations	
					Coef. observé	Coef. théorique minimum		
L/1	5	0,80	0,060684	8	0,72	0,88	0,788	0,878
III/II	5	1,57	0,16051	10	1,36	1,77	0,740	0,878
III/IV	5	1,28	0,048357	4	1,22	1,35	0,963	0,878
IV/II	5	1,22	0,010672	9	1,08	1,36	0,875	0,878
1/II	5	1,95	0,22717	12	1,67	2,24	0,778	0,878
1/IV	5	1,60	0,033811	5	1,49	1,71	0,791	0,878

pour la longueur du III (confondue ici, comme par la suite, avec la longueur totale), un peu grande pour l'orteil interne et très grande pour l'angle de divergence II-IV. A ce sujet, il faut signaler que les angles de divergence des rayons offrent souvent de grandes disparités de mesures, à peu près sur toutes les empreintes quels que soient le nombre de leurs rayons ou leur origine et que la variabilité de la mesure de l'orteil II peut être due au rôle moins important que ce dernier joue lors de l'appui du pied. Le test de Cramer montre une assez bonne homogénéité des mesures des caractères, aucune probabilité n'est inférieure à 5%. La meilleure est celle relative à l'angle II-IV, mais elle ne doit pas faire illusion: la grande variabilité de ce caractère en diminue beaucoup l'importance.

L'étude statistique de quelques rapports est utile (tabl.2), surtout pour des comparaisons ultérieures avec d'autres traces; mais pour que cette utilisation soit valide, il faut supposer que chaque rapport en réalité possède une valeur constante. Cela suppose une croissance linéaire de chaque partie de l'autopode sur le vivant. Les tailles n'étant pas très différentes, cette hypothèse est acceptable. Le calcul des rapports a pour effet de diminuer l'influence de ces différences. On peut constater que les variabilités baissent. Beaucoup sont au-dessous de 10%, la plus élevée est de 12%, la plus faible de 4%.

Par contre, on ne trouve que deux corrélations significatives, mais les autres n'atteignent pas des valeurs trop mauvaises.

Dans l'ensemble, et compte tenu de l'effectif, l'étude statistique conforte la validité de l'espèce étudiée.

Les pistes. - Les deux pistes montrent des voies presque droites avec les pieds dirigés vers l'intérieur (20° environ) attestant une rotation du tronc pendant la marche et un léger dandinement du corps. La démarche bipède ne semble pas encore avoir atteint l'aisance des Dinosaures du Jurassique.

Les empreintes des deux pistes étant de tailles sensiblement égales, il semble correct de supposer que l'auteur de la première se déplaçait plus lentement que celui de la deuxième, c'est-à-dire que l'angle de marche (Schreitwinkel: SOERGEL 1925, p.61; DEMATHIEU 1970, p.29 et sqq) devait être un peu plus grand dans le 2e cas que dans le 1er, probablement 50° et 40° respectivement. Dans ces conditions, le tronc se situe dans l'intervalle 75-90 cm, les membres postérieurs ont une longueur comprise entre 130 et 140 cm et la longueur totale est de 3 à 4 m, selon l'importance de la queue.

Les mesures des caractères des pistes sont en moyenne, pour la première: pas oblique: 80 cm; enjambée: 159 cm; largeur de la voie: 27 cm; angle du pas: 165°. Pour la seconde, ces valeurs sont, respectivement: 100 cm, 190 cm, 30 cm et 160°.

La longueur de l'empreinte du pied, 95 mm en moyenne, est petite par rapport au membre postérieur. Cette disparité est due au fait que le pied n'imprimait pas sur toute sa longueur, les premières phalanges ne touchaient sans doute pas complètement le sol et les métatarsiens longs, plus longs sans doute que l'orteil III, étaient redressés.

Essai d'attribution paléontologique. - L'appui du pied, la morphologie de l'empreinte, les caractères de pistes, conduisent à faire de l'auteur de ces traces un Dinosaurien. L'épaisseur des orteils et les griffes peu pointues et relativement peu

importantes, en l'absence de spécialisation caractéristique, rendent difficile sa localisation dans la classification: Saurischien ou Ornithischien ?

Paratrisauropus bronneri n. sp.

Fig. 8B et 7D

Holotype. - Empreinte no 89.

Hypodigme. - Ensemble des empreintes nos 14, 21, 25, 27, 28, 29, 36, 54, 59, 64, 68, 86, 88, 89, 92, 104, 106.

Diagnose. - Empreintes tridactyles de longueur approximativement égale à la largeur. Orteils épais et courts, griffes arrondies; celle du III est plus large que longue; parties proximales des coussinets II et IV bien séparées. L'angle du pas ne descend pas au-dessous de 130° en allure lente.

Derivatio nominis. - De Georges Bronner, géologue de Marseille, inventeur du gisement.

Description. - Ces traces ne laissent voir que peu de détails de la surface d'appui au sol du pied (fig. 8B). Les coussinets interarticulaires n'apparaissent pas, étant vraisemblablement réunis, sauf le plus distal, en une seule pelote sous-digitale. Comme pour les traces précédentes, l'orteil III s'insère proximale-ment au-dessus et entre ses deux voisins montrant ainsi un métatarse évolué. L'extrémité distale du III, très large, de la forme d'un rectangle aux bords arrondis suggère une sorte de sabot plus qu'une griffe.

L'étude statistique (tabl. 3) montre une assez grande homogénéité des caractères mesurables. Les variabilités des mesures de longueurs oscillent entre 12 et 14%, ce qui est normal pour des empreintes n'appartenant pas toutes à la même piste. La variabilité concernant l'angle est un peu plus grande, 17%, mais est inférieure aux valeurs habituelles de ce paramètre.

Les tests d'homogénéité, sans être excellents, sont acceptables; cependant deux sont compris entre les seuils de signification 1% et 5%. L'étude des rapports montre une amélioration de la variabilité qui tombe au-dessous des 10%, sauf là où figure

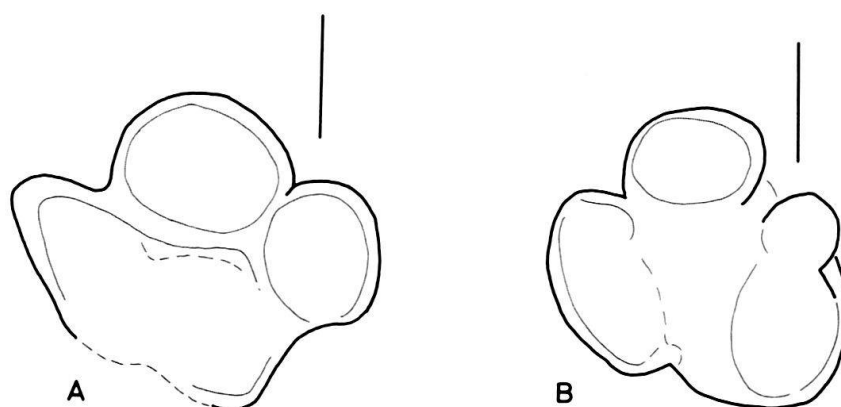


Fig. 8. A = *Paratrisauropus latus* n. sp. holotype, pied droit, no 110, empreinte située hors du plan de la planche 1, à environ 9 m au nord-est du point (AO). B = *Paratrisauropus bronneri* n. sp., holotype, pied droit, no 89 (coord. N 30). Echelle = 5 cm.

Tableau 3. *Paratrisauropus bronneri* n.sp.
1. Mesures des caractères du pied.

Empreintes (no)	Longueur des rayons (mm)			Autopodes (mm)		Angle (°) II-IV
	II	III	IV	Longueur	Largeur	
14	100	180	130	180	180	60
25	70	130	103	130	135	60
27	66	132	91	132	131	75
29	74	145	94	145	140	60
36	74	148	106	148	135	60
68	81	145	95	145	140	65
87	83	150	106	150	137	80
88	85	160	96	160	175	80
89	80	121	90	121	127	50
106	80	132	84	132	124	50

2. Paramètres des distributions de fréquence des mesures des caractères.

Caractères	Effectif	Moyenne (mm)	Ecart type (mm)	Variabilité (%)	Intervalle de confiance pour la moyenne au seuil 5% (mm)		Test de Cramer		
							Asymétrie	Variable test	Probabilité de dépasser la variable (%)
II	10	79	9,4169	12	72	87	0,941	1,37	17
III	10	144	17,0558	12	132	157	0,848	1,23	22
IV	10	100	12,8776	13	90	109	1,526	2,22	3
L	10	144	17,0558	12	132	157	0,848	1,23	22
1	10	142	19,2423	14	128	157	1,4707	2,14	3
Angle II-IV	10	64	11,0050	17	56	72	0,394	0,57	57

3. Paramètres des distributions de fréquence de rapports de caractères et corrélations.

Caractères	Effectif	Moyenne (mm)	Ecart type (mm)	Variabilité (%)	Intervalle de confiance pour la moyenne au seuil 5% (mm)		Corrélations	
							Coef. observé	Coef. théorique minimum
L/1	10	1,02	0,060814	6	0,97	1,06	0,888	0,632
III/II	10	1,83	0,154223	8	1,71	1,94	0,760	0,632
III/IV	10	1,46	0,12043	8	1,36	1,55	0,786	0,632
IV/II	10	1,26	0,14044	11	1,16	1,37	0,628	0,632
I/II	10	1,80	0,17056	9	1,67	1,93	0,729	0,632
I/IV	10	1,44	0,15689	11	1,32	1,55	0,662	0,632

l'orteil IV, ce qui indiquerait peut-être une pose moins régulière de cet orteil sur le sol. Nous retrouvons les corrélations effectives sur l'être vivant, sauf une un peu au-dessous du seuil de signification.

Les pistes. - Nous avons pu en mesurer deux, partiellement d'ailleurs. La première, dont les empreintes ne sont pas numérotées individuellement, dans la

colonne 13 de l'assemblage photographique et la seconde constituée par les empreintes 86, 87, 88, 92 (coord. N 30-32).

Voici les données moyennes les concernant:

1re piste - Enjambée: 218 cm; pas oblique: 121 cm; angle du pas: 173°.

2e piste - Enjambée: 100 cm; pas oblique: 55 cm; angle du pas: 130°.

Largeur de la voie: 40 cm.

Ces pistes présentent des caractères fort différents puisque les mesures de longueur de la seconde sont presque la moitié de celles de la première. Ces différences semblent trop importantes pour être dues à des vitesses de locomotion variées et, bien que l'auteur de la première ait une démarche plus rapide que celui de la seconde, il est probable que les deux animaux n'avaient pas la même taille.

En appliquant les méthodes déjà citées, les longueurs des membres postérieurs et celles du tronc sont respectivement pour l'auteur de la première piste 135 et 100 cm environ et pour celui de la seconde, 120 et 75 cm environ, les longueurs totales étant d'environ 4 m.

Essai d'attribution paléontologique. - Les remarques faites au sujet de l'espèce précédente valent également pour celle-ci. Mais ici la griffe du III semble nettement plus spécialisée, elle est plus plate et large. Les orteils sont plus divergents. L'auteur de *Paratrisauropus bronneri* dut être un Dinosauré herbivore, peut-être déjà un Ornithischien assez grand, de la taille et avec la silhouette d'un Camptosaurus moyen (Jurassique supérieur).

Paratrisauropus latus n. sp.

Fig. 5, 8A, 9 et 13A

Holotype. - Empreinte no 74.

Hypodigme. - L'ensemble des empreintes nos 1, 7, 17, 23, 39, 41, 44, 53, 71, 79, 102, 103, 110.

Diagnose. - Empreintes tridactyles plus larges que longues, très dissymétriques par rapport à l'axe du III. Les orteils sont épais; le II est rectiligne; le III possède une extrémité distale très large; celle du IV est courbée vers l'extérieur et l'arrière. Le «talon» ne montre pas de séparation nette entre les coussinets proximaux des II et IV et présente une forme légèrement concave vers l'arrière.

Description. - La dissymétrie importante est due à l'inégalité des angles II-III et III-IV, ce dernier étant beaucoup plus grand que le premier (fig. 8A et 9). Elle est, de plus, accentuée par la courbure vers l'extérieur et l'arrière de la dernière phalange de cet orteil. La griffe du III, très large, a la forme d'un ongle épais et courbe comme un sabot sans sole, ainsi que le montre l'empreinte no 7 où l'extrémité de cet orteil paraît bien conservée. Les coussinets sous-digitaux n'apparaissent pas, mais il est bien possible, comme pour les traces du même genre décrites précédemment, qu'il y ait eu coalescence de ces pelotes sous la partie portante du rayon, exception faite des phalanges portant les griffes qui, elles, avaient conservé leurs propres coussinets. Il est très probable ici aussi que les premières phalanges n'aient pas touché le sol.

L'étude statistique sur les mesures prises (tabl. 4) montre une bonne homogénéité des échantillons, une variabilité relativement grande des caractères due surtout aux différences de taille des auteurs de ces traces: c'est ce qui ressort de l'étude des rapports des caractères pris deux à deux où les variabilités sont assez faibles et les corrélations fortes.

La piste. - Elle est formée par les empreintes 70, 71, 74, 75 (coord. O 26-28); le pas oblique mesure en moyenne 72 cm et l'enjambée 137 cm; l'angle du pas atteint 170° et la largeur de la voie 30 cm. C'est une voie quasi-droite. La longueur du tronç est probablement située dans l'intervalle 70-90 cm et le membre postérieur compris entre 120 et 150 cm. La longueur totale est de l'ordre de 4 m aussi.

Essai d'attribution paléontologique. - Cette ichnoespèce a pour auteur un Reptile Archosaurien, un Dinosaurien dont des formes et la taille devaient être proches des deux espèces précédentes, présentant cependant un pied plus spécialisé avec la griffe du III très large et plate et les orteils II, IV très divergents.

Elle témoigne de la présence de dinosauriens probablement herbivores, ornithosuchiens peut-être, à tout le moins engagés dans la voie évolutive qui conduit à ceux-ci (fig. 10).

Discussion sur les trois ichnoespèces du genre *Paratrisauropus*

Ces ichnoespèces sont assez voisines les unes des autres morphologiquement. Il est intéressant de remarquer de ce point de vue que les deux formes les plus proches, *P. bronneri* et *P. latus*, laissent l'impression que l'on passe insensiblement d'une

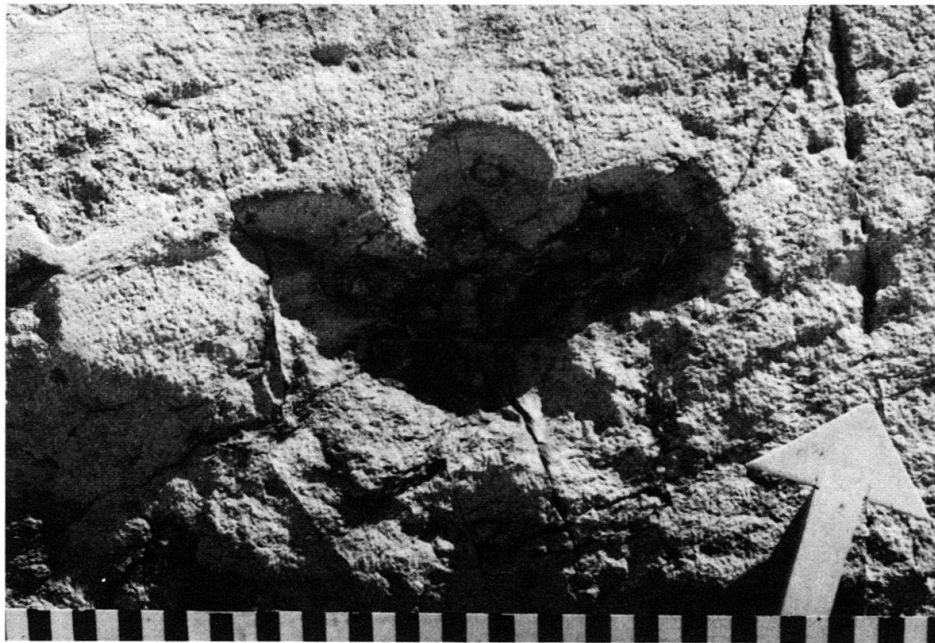


Fig. 9. *Paratrisauropus latus* n.sp., pied droit, no 102, empreinte située à environ 10 m au nord-est de la colonne O. La flèche désigne le sud. On notera le drapage d'argilite conservé dans le fond de l'empreinte et les stries glaciaires sur la surface du banc. Echelle en centimètre. Photo T. Jaccoud, 1979.

Tableau 4: *Paratrisauropus latus* n.sp.
I. Mesures des caractères du pied.

Empreintes (no)	Longueur des rayons (mm)			Autopodes (mm)		Angle (°) II-IV
	II	III	IV	Longueur	Largeur	
1	70	130	103	130	160	65
7	95	160	140	160	200	70
17	89	145	130	145	185	90
23	77	115	90	115	165	80
41	72	110	96	110	135	60
44	105	170	145	170	200	65
71	110	150	125	150	195	75
74	80	137	118	137	180	70
110	80	130	105	130	150	85

2. Paramètres des distributions de fréquence des mesures des caractères.

Caractères	Effectif	Moyenne (mm)	Ecart type (mm)	Variabilité (%)	Intervalle de confiance pour la moyenne au seuil 5% (mm)		Test de Cramer		
					Asymétrie	Variable test	Probabilité de dépasser la variable (%)		
II	9	86	14,2751	17	75	98	0,622	0,87	39
III	9	139	19,8123	14	123	154	0,106	0,15	88
IV	9	117	19,5477	17	101	132	0,095	0,13	90
L	9	139	19,8123	14	123	154	0,106	0,15	88
l	9	174	23,2439	13	156	193	-0,466	0,65	52
Angle II-IV	9	73	10,0000	14	65	82	0,469	0,65	52

3. Paramètres des distributions de fréquence de rapports de caractères et corrélations.

Caractères	Effectif	Moyenne (mm)	Ecart type (mm)	Variabilité (%)	Intervalle de confiance pour la moyenne au seuil 5% (mm)		Corrélations	
					Coef. observé	Coef. théorique minimum		
L/l	9	0,80	0,05054	6	0,75	0,84	0,903	0,666
III/II	9	1,61	0,14086	9	1,50	1,73	0,837	0,666
III/IV	9	1,19	0,05724	5	1,14	1,24	0,970	0,666
IV/II	9	1,36	0,13161	10	1,25	1,46	0,805	0,666
l/II	9	2,03	0,18181	9	1,89	2,18	0,837	0,666
l/IV	9	1,50	0,14032	9	1,39	1,62	0,877	0,666

forme à l'autre et il faut reconnaître qu'il existe des empreintes qui, à première vue, sont difficiles à classer dans l'une ou l'autre de ces espèces. Si l'on observe les statistiques des rapports des caractères, *P. bronneri* et *P. latus* sont assez nettement séparées; par contre *P. latus* et *P. mirus* ne sont pratiquement distinctes que par la valeur de l'angle II-VI, mais les morphologies présentent des différences. Ceci montre bien la complémentarité des études morphologique et statistique et l'importance de chacune d'entre elles. Les proportions estimées de leurs auteurs, d'après les

caractères des pistes, indiquent des animaux approximativement de la même taille. Les rapports des longueurs aux largeurs de ces traces, comparées aux mesures absolues de ces caractères, montrent que très certainement les différences de formes ne sont pas dues à des différences dans la pose du pied d'une même espèce animale sur le sol. Les trois ichnoespèces de *Paratrisauropus* sont très probablement bien valides.

L'attribution des traces *P. bronneri* et *P. latus* à des Ornithischiens ou à leurs précurseurs à cause, entre autres, de la présence d'ongles épais et arrondis à l'extrémité des orteils pose un problème. Les Ornithischiens du Trias ne les possèdent pas (fig. 10A). Ce n'est qu'au Crétacé qu'on observe sur les squelettes ces ongles plats dans divers groupes, en particulier les Hadrosauridés et les Ceratopsiens (fig. 10B et C). Il semblerait, si notre interprétation est correcte, que de tels organes soient apparus dès le Trias. Leurs possesseurs sont en tout cas inconnus.

Ichnogène *Prototrisauropus* ELLENBERGER 1972

Prototrisauropus sp.

Fig. 11

Une seule empreinte pouvant être rapportée à ce genre (no 50), il n'est pas donné de nom spécifique.

Description. - C'est une empreinte tridactyle de grande dimension, aux rayons bien individualisés à la partie antérieure et médiane (fig. 11). L'orteil III est légèrement sinueux et son extrémité antérieure précède largement les extrémités distales des rayons latéraux II et IV qui atteignent le niveau de la base du 3e coussinet du III. Le IV est nettement plus long que le II par le fait que la partie proximale de cet

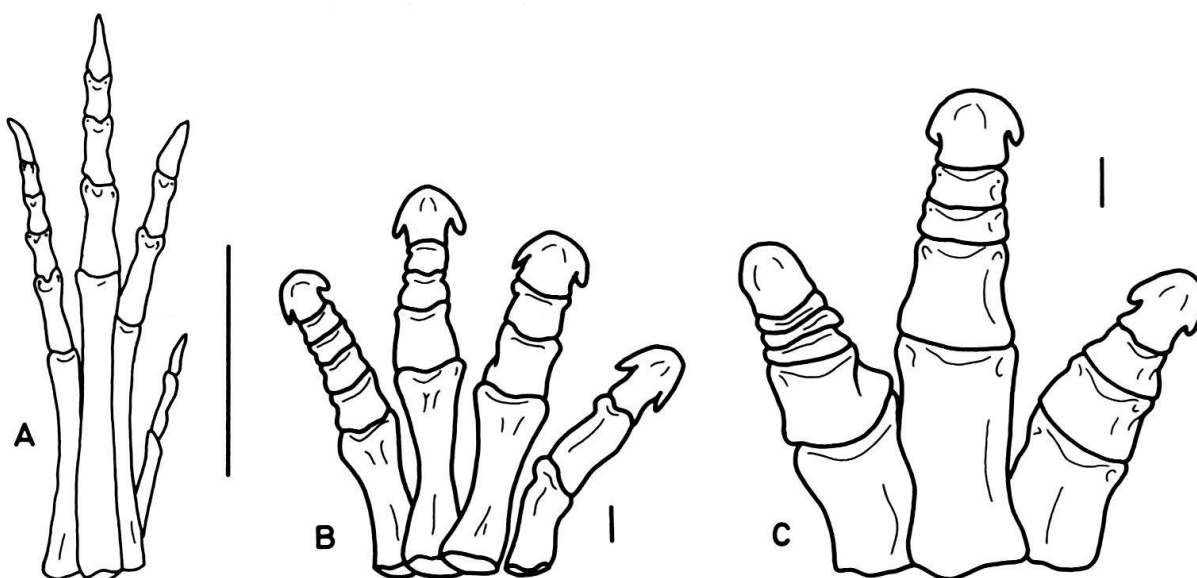


Fig. 10. A = Squelette du pied gauche de *Fabrosaurus australis*, petit individu, d'après THULBORN (1972). Trias sup., Afrique du Sud. B et C = Autopodes postérieurs d'Ornithischiens: B = pied gauche de *Monoclonius nasicornis*, d'après ORLOV (1964). Crétacé sup., USA. C = pied gauche d'Hadrosauridé, d'après COLBERT (1962). Crétacé sup., USA. Echelle = 5 cm.

orteil a imprimé en entier, ce qui n'est pas le cas du II, fait d'observation courante sur les traces tridactyles. Les griffes sont pointues mais ne semblent pas très volumineuses; celle du II tournée vers l'intérieur de la piste, celle du III tournée vers l'extérieur comme cela est habituel, celle du IV n'est pas décelable. Les coussinets du III sont à peine visibles. Le II n'en laisse voir aucun et le IV, épais, paraît n'en posséder que deux pour les cinq phalanges. L'angle de divergence des orteils II-IV est assez faible, 35° . Les autres mesures sont: longueurs (en mm): II: 85; III (mesuré sur toute la longueur de l'empreinte): 205; IV: 140; longueur totale: 205; largeur totale: 155.

Essai d'attribution paléontologique. – Les caractères décrits montrent avec une grande probabilité que cette empreinte est le fait d'un Saurischien Théropode, Coelurosaurien. Sa longueur ne représente qu'une petite partie du pied correspondant globalement aux 3 dernières phalanges du III, les premières phalanges des trois orteils n'ayant pas imprimé le sol.

Le fait que les extrémités des orteils latéraux atteignent à peu près le niveau de l'extrémité distale du 2e coussinet articulaire du III, l'angle de divergence des rayons et la finesse générale de l'empreinte malgré sa taille, impliquent que l'auteur de cette trace est vraisemblablement un animal très proche par la forme de ses membres d'*Halticosaurus* HUENE 1908 du Trias supérieur de Thuringe (fig. 12A), mais plus grand que ce dernier. En adoptant les proportions de ce Reptile, le Coelurosaure auteur de nos empreintes a pu avoir des membres postérieurs de 1,70 m de long pour un tronc de 1,30 m et une longueur totale de 7 m environ. Cette taille considérable est due surtout à la grande longueur de la queue.

Cette empreinte, à rapprocher de celle numérotée 84 (coord. N34) qui est à peine plus petite, mais dont les orteils sont plus larges, témoigne de la présence de prédateurs importants, aux formes encore élancées, mais rares sur ces aires.



Fig. 11. *Prototrisauropus* sp., pied droit, no 50 (coord. K 29).
Echelle = 5 cm.

3.3 Troisième groupe: Empreintes tétra-, penta- et didactyles

Ichnogène *Deuterosauropodopus* ELLENBERGER 1972

Deuterosauropodopus sedunensis n. sp.

Fig. 13B et 14A

Holotype. – Empreinte no 26.

Hypodigme. – Empreintes nos 8, 12, 13, 26, 26B, 35, 38, 40, 42, 43, 55, 105.

Diagnose. – Empreintes tétradactyles plus larges que longues. La ligne qui joint les extrémités des orteils est presque rectiligne ou légèrement courbe et convexe vers l'avant. L'orteil I représenté par deux coussinets volumineux, est le seul imprimé en entier, d'où il résulte que son extrémité proximale se situe beaucoup plus à l'arrière que celles des autres rayons et donne à l'empreinte une forme dissymétrique. Ceux-ci ne sont marqués que par leurs coussinets distaux et l'extrémité du IV est légèrement courbée vers l'extérieur. Les griffes ne sont pas individualisées mais sont arrondies à leur extrémité: le rapport de la longueur totale à la largeur totale est de l'ordre de 0,73; l'angle de divergence des orteils II-IV est de l'ordre de 65° avec une assez grande variabilité.

Derivatio nominis. – De Sedunum, Sion, capitale du Valais.

Description. – Ces empreintes ont une forme originale jusqu'ici inconnue en Europe (fig. 13A). L'empreinte de l'orteil I, beaucoup plus longue que celles des autres, marque un appui plus important vers l'intérieur du pied et caractérise la morphologie de cette trace. Les griffes non discernables en tant que telles sont peut-être réduites à de petits ongles plats très courts. L'absence de l'empreinte de la main n'indique pas nécessairement la bipédie permanente. Il est d'ailleurs possible que l'autopode antérieur n'ait pas été reconnu sur le terrain: en effet, il n'est pas toujours facilement décelable parce qu'il est souvent plus faiblement imprimé. La morphologie du pied semble indiquer un Reptile quadrupède plutôt que bipède. Cependant il faut mentionner la possibilité de bipédie pour la grande majorité des Dinosaures due à la position du barycentre presque toujours proche de l'acetabulum. Si l'auteur de ces traces pouvait être bipède, ce ne devait être qu'occasionnellement, en particulier dans les cas où une locomotion rapide s'imposait.

L'étude statistique (tabl. 5) montre des variabilités assez grandes pour tous les caractères. Aucune ne descend au-dessous de 10%. Ceci est dû, bien sûr, à l'influence de la fluctuation de l'état du sédiment qui les a reçues puis qui les a conservées, mais aussi à des différences de taille assez importantes entre les animaux qui les ont faites (tabl. 5). Toutefois, cette dernière cause, si elle était seule, n'aurait pas d'influence sur les rapports de longueurs établis dans le tableau 5 qui montrent eux aussi des variabilités encore importantes et des coefficients de corrélation faibles. Peut-être faut-il invoquer aussi des variations dans le mode de pose et de retrait du pied; quoiqu'il en soit, les tests d'homogénéité sont acceptables, compte tenu des variabilités.

Les pistes. – Les deux pistes reconnues présentent des caractères très différents (tabl. 5). La première a un angle du pas qui atteint presque la valeur maximum

Fig. 12. A = *Halticosaurus*, pied gauche, d'après SCHMIDT (1959). Trias sup., Thuringe. B = *Ornithomimus altus*, pied gauche, d'après OSBORN (1917). Crétacé sup., Canada. Noter l'évolution du métatarse chez certains Coelurosaures depuis le Trias sup. jusqu'au Crétacé. Echelle = 5 cm.

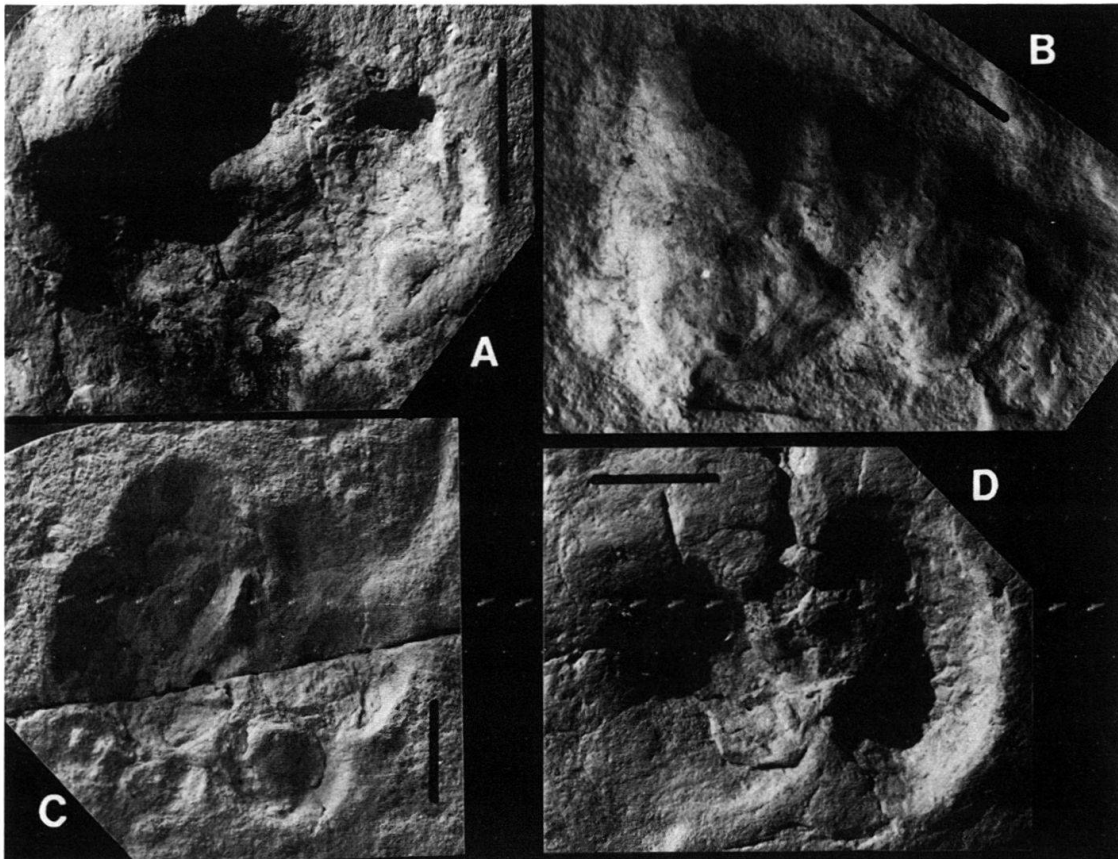
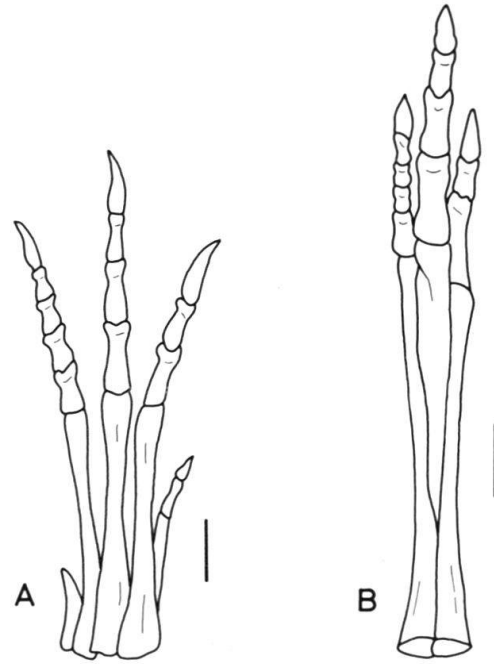


Fig. 13. A = *Paratrisauropus latus* n.sp., holotype, pied droit, no 110 (empreinte située hors du plan). B = *Deuterosauropodopus sedunensis* n.sp., holotype, pied droit, no 26 (coord. G 20). C = *Pachysaurichnium emossonense* n.sp., pied droit, no 24 (coord. E 14). D = *Bifidichnium ambiguum* n.sp., no 111, empreinte située hors du plan de la planche 1, à environ 7 m au nord-ouest de (A 24). Echelle = 5 cm.

Tableau 5: *Deuterosauropodopus sedunensis* n.sp.
1. Mesures des caractères du pied.

Empreintes (no)	Longueur des rayons (mm)				Autopodes (mm)		Angle (°) I-IV
	I	II	III	IV	Longueur	Largeur	
12	100	/	/	/	160	195	/
13	125	87	87	71	130	150	65
26	90	53	50	51	95	120	55
42					125	200	/
43					100	150	/
55	100	78	/	71	110	190	80
105	130		95	70	150	195	55

2. Paramètres des distributions de fréquence des mesures des caractères.

Caractères	Effectif	Moyenne (mm)	Ecart type (mm)	Variabilité (%)	Intervalle de confiance pour la moyenne au seuil 5% (mm)	Test de Cramer			
						Asymétrie	Variable test	Probabilité de dépasser la variable (%)	
I	5	109	17,4642	16	87	131	/	/	/
IV	4	66	9,8446	15	50	82	/	/	/
L	7	124	24,5677	20	101	148	0,321	0,40	69
l	7	171	31,1868	18	142	201	-0,768	0,97	33
Angle I-IV	4	64	11,8145	19	44	83	/	/	/

3. Rapports.

	Effectif	Moyenne	Ecart type	Variabilité	Intervalle de confiance pour la moyenne au seuil 5% (mm)	Corrélations	
						Coef. observé	Coef. théorique minimum
I/IV	4	1,68	0,19316	11	1,37	1,99	0,712
L/l	7	0,73	0,11163	15	0,62	0,84	0,676

possible, les voies sont étroites et l'enjambée égale 24 fois la longueur de l'empreinte du pied. La seconde montre un angle du pas faible (105°) pour un Dinosaurien et le rapport enjambée/longueur du pied (no 26) est 13 fois cette dernière. Ces rapports de valeur particulièrement importants montrent que l'impression du pied dans le sol ne représente qu'une petite partie seulement de l'autopode. Ces différences indiquent que ces deux pistes ont été faites par deux animaux de tailles différentes; mais le premier, le plus grand, se déplaçait rapidement (angle du pas quasi maximum, rapport enjambée/pied) alors que le second marchait plus lentement. L'angle du pas sur cette seconde piste n'est pas grand. Dans ce cas, l'angle de marche que l'on ne peut évaluer alors à moins de 50° situe le membre postérieur de l'animal dans la fourchette 85-95 cm pour un tronc de 90 cm environ. Quant à l'auteur de la seconde piste, plus grand, la longueur du membre postérieur devait se trouver entre 115 cm et 125 cm et le tronc entre 130 et 140 cm. Il est difficile d'évaluer la longueur totale

mais du fait que, en course, l'animal était très probablement bipède, sa queue devait être très massive et le cou assez court, la tête étant plutôt petite. La forme du pied ne semble pas indiquer un prédateur. Cet animal pouvait bien mesurer 4 m de long.

Essai d'attribution paléontologique. – L'empreinte du pied n'étant qu'une image partielle de celui-ci, il est difficile de se faire une idée précise de sa morphologie. Les extrémités des orteils formant une ligne très légèrement courbée, convexe vers l'avant, montrent que les différences de longueurs entre ces derniers devaient être assez faibles, ce qui entraîne la même relation pour les métatarsiens. Ces remarques conduisent à rapprocher ce pied de celui des Sauropodes (fig. 15), mais ceux-ci possèdent des griffes puissantes qui laissent leurs marques (DE BEAUMONT & DEMATHIEU 1980). On ne sait pas grand chose du pied des Scelidosauriens, Ornithischiens quadrupèdes ou semi-quadrupèdes dont les premiers apparaissent au Trias et il n'est pas exclu que les traces étudiées soient celles d'un animal de cette famille. Mais ce n'est qu'une hypothèse, établie surtout par élimination ...

Ichnogénre *Pachysaurichnium* n. g.

Génoholotype. – *Pachysaurichnium emossonense* n. sp.

Diagnose du genre. – Empreinte pentadactyle dont les orteils ne sont représentés que par leurs coussinets distaux ou leurs griffes, inscrits dans une courbe fermée.

Pachysaurichnium emossonense n. sp.

Fig. 13C et 14B

Holotype. – Empreinte no 11.

Hypodigme. – Empreintes nos 24, 33, 76, 81, 101, 112.

Diagnose. – Les coussinets distaux des orteils forment une couronne inscrite dans un demi-cercle. Entre le I et le V est intercalée une pelote d'importance variable. Tous les coussinets ont des contours arrondis ou elliptiques; aucune griffe n'est visible. L'angle formé par les orteils I-V est d'environ 120°. Le rapport longueur/largeur est de l'ordre de 0,85.

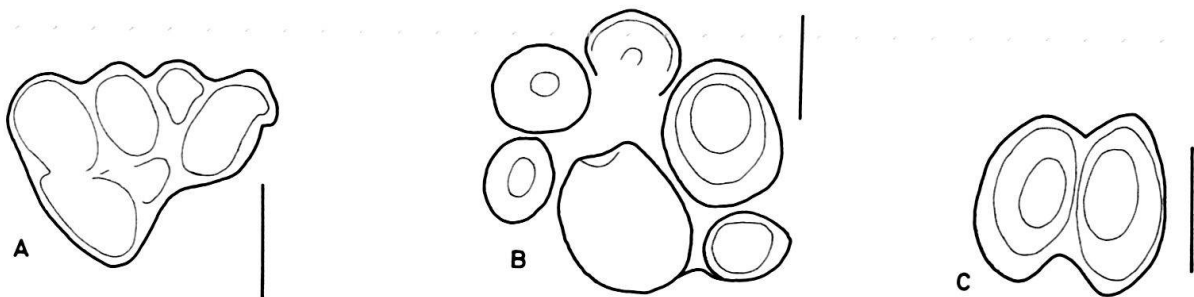


Fig. 14. A = *Deuterosauropodopus sedunensis* n.sp., holotype, pied droit, no 26 (coord. G 20), empreinte tétradactyle. B = *Pachysaurichnium emossonense* n.sp., holotype, pied droit, no 11 (coord. D 11), empreinte pentadactyle. C = *Bifidichnium ambiguum* n.sp., holotype, no 83 (coord. N 34), empreinte didactyle énigmatique. Echelle = 5 cm.

Description. – Cette trace, où seules les extrémités des orteils ont imprimé, est d'une facture unique au Trias. Les impressions des rayons ne sont pas de grandeurs égales et celle du III semble être la plus étroite; l'empreinte de ce dernier semble pincée entre les deux coussinets voisins dont les contours empiètent sur elle, de sorte que sa limite proximale n'est pas visible (fig. 14B). Les marques des II et IV sont les plus massives. Celles des I et V assez réduites. Au centre du demi-cercle est un énorme coussinet mais qui n'est pas toujours individualisé. Sur une empreinte, en particulier no 24, il ne se distingue pas du I et il existe entre celui-ci et le V une voussure rentrante.

Dans l'échantillon examiné, les tailles de ces coussinets sont très variables et il est bien difficile de déterminer leur longueur ou leur largeur, leur forme n'étant pas nécessairement liée à la direction des rayons sauf le III et le V; il en résulte que nous n'avons pas établi de statistique concernant les orteils. Par contre, nous en avons établi une relative à la longueur et à la largeur ainsi qu'au rapport de ces deux mesures et à l'angle de divergence I-V (tabl. 6).

Ces caractères montrent une variabilité assez faible; longueur et largeur sont correctement corrélées bien que, sur un effectif aussi faible, il ne soit guère possible de tirer des conclusions vraiment pertinentes.

Là encore, nous n'avons pas pu déceler des traces qui auraient pu être celles de l'autopode antérieur. Pourtant la morphologie du pied dénote un animal franchement quadrupède. Ce pied «éléphantésque» ne paraît pas devoir être le fait d'un animal bipède. Cependant la remarque faite au paragraphe précédent concernant ce problème est encore valable ici et nos observations actuelles ne peuvent pas s'extrapoler telles quelles au Trias où le monde des Reptiles et leurs modes de locomotion ont été extrêmement variés.

La piste. – Elle est formée de quatre empreintes dont deux sont numérotées 11 et 24 et les autres mal conservées (coord. D 11 à F 15).

Les moyennes des mesures des caractères sont: pas oblique: 80 cm; enjambée: 168 cm; largeur de la voie: 35 cm, angle du pas: 165°.

Les voies sont pratiquement droites et témoignent d'un animal aux membres verticaux. Celui-ci paraît avoir eu une locomotion aisée.

On peut estimer la distance gléno-acétabulaire à 110–130 cm et la longueur des membres postérieurs à 110–135 cm. Si nos estimations sont proches de la réalité, l'auteur de ces traces, pour être bipède, devait posséder un arrière-train particulièrement élevé et massif pour que la queue puisse équilibrer à peu près le train avant. La queue, bien que très massive, ne devait pas être très longue, deux fois la longueur du tronc au maximum, de sorte que la longueur totale ne devait pas dépasser 4 m probablement.

Essai d'attribution paléontologique. – Ce qui précède suppose que l'auteur de ces traces était un Archosaurien. En faveur de cette hypothèse est la bipédie observée sur la piste. Parmi les autopodes connus d'Archosauriens, il faut reconnaître qu'aucun, même approximativement, ne s'ajuste à cette empreinte, pas même les empreintes de Sauropodes (fig. 15). L'animal semble ici franchement onguligrade, ce qui suppose des métatarsiens et des doigts dressés presque verticalement et dont les épiphyses proximales forment une demi-couronne convexe vers l'avant. Cette

Tableau 6: *Pachysaurichnium emossonense* n.sp.
1. Mesures des caractères du pied.

Empreintes (no)	Longueur des rayons (mm)					Autopodes (mm)		Angles (°) I-V
	I	II	III	IV	V	Longueur	Largeur	
11	35	50	45	65	45	135	150	125
24	95	70	70	60	60	150	170	120
33	50	70	90	50	40	145	175	125
81						165	205	

2. Paramètres des distributions de fréquence des mesures des caractères du pied.

Caractères	Effectif	Moyenne (mm)	Ecart type (mm)	Variabilité (%)	Intervalle de confiance pour la moyenne (5%)	
Longueur	4	149	12,5000	8	128	169
Largeur	4	175	22,7303	13	138	212
Angle I-V	3	123	2,8868	2	116	131

3. Rapports.

Caractères	Effectif	Moyenne (mm)	Ecart type (mm)	Variabilité (%)	Intervalle de confiance pour la moyenne (5%)		Corrélations Coef. observé Coef. minimum théorique	
L/1	4	0,85	0,44645	5	0,78	0,93	0,968	/

disposition est très particulière et aucun montage de squelette ne la montre chez les Dinosaures.

Nous retrouvons ici un problème de paléontologie important mis en évidence par l'observation des empreintes de pas fossiles, qui montrent des formes d'appui des autopodes que l'on ne trouve pas toujours sur les squelettes montés (voir DE BEAUMONT & DEMATHIEU 1980), squelettes d'autopodes reconstitués bien souvent avec un nombre restreint d'éléments.

Il apparaît en conclusion que l'auteur de ces traces a dû être un Dinosaur, groupe où la diversité des architectures du pied a été la plus grande. Les grands Dicynodontes doivent être éliminés, la grande masse de leur train avant excluant qu'ils aient pu être même occasionnellement bipèdes.

Ichnogénre *Bifidichnium* n. g.

Génoholotype. – *Bifidichnium ambiguum* n. sp.

Diagnose du genre. – Empreintes constituées de deux éléments ellipsoïdaux aux grands axes parallèles ou formant entre eux un angle assez petit, jointifs ou non, égaux ou non.

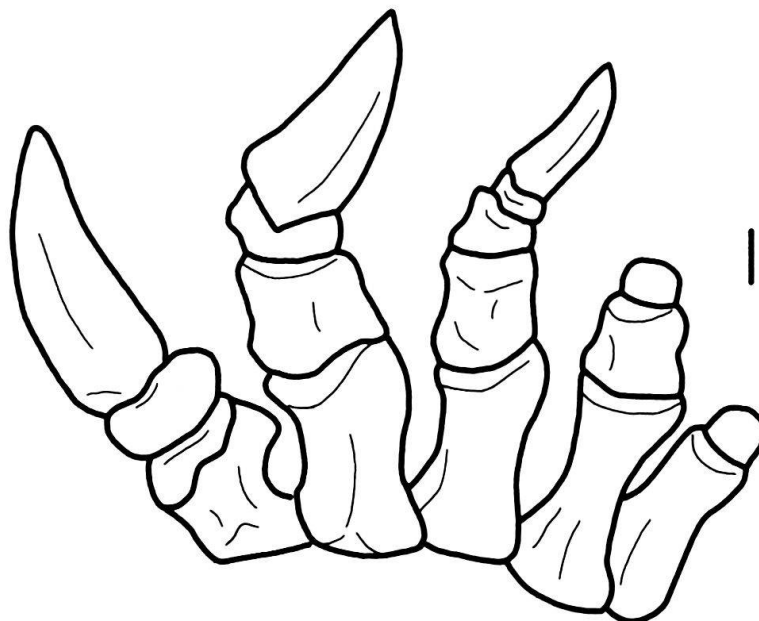


Fig. 15. Squelette du pied droit de *Diplodocus*, d'après HOLLAND (1905). Jurassique sup., USA. Echelle = 5 cm.

Bifidichnium ambiguum n.sp.

Fig. 13D et 14C

Holotype. – Empreinte no 88.

Hypodigme. – Empreintes nos 45, 67, 111.

Diagnose. – Les deux éléments de l'empreinte sont jointifs sur une assez grande partie de leur longueur. Le plus court est nommé III et l'autre IV. Chacun présente un épirelief concave qui a la forme d'une surface courbe, dont la partie la plus profonde se situe vers le milieu de la hauteur et relativement près de la ligne de jonction. Une extrémité suivant le grand axe est plus pointue que l'autre. En moyenne, la largeur est légèrement supérieure à la longueur; le rapport de la longueur à la largeur est d'environ 0,95.

Description. – Cette trace ayant une forme très simple, il y a peu à ajouter à la diagnose. Il n'y a en effet aucune marque de coussinets autres que les deux éléments et aucune marque de ce qui pourrait être des griffes (fig. 14C). L'absence de piste ne facilite pas leur étude. La partie antérieure semble être celle qui présente les extrémités pointues, mais ce n'est là qu'une pétition de principe. Le tableau 7

Tableau 7: *Bifidichnium ambiguum* n.sp.
Mesures des caractères.

Empreintes	Doigts		Longueur	Largeur
	III (?)	IV (?)		
67	86	88	101	107
83	68	71	76	72
111	84	105	105	127

présente quelques mesures. Le rapport de la longueur à la largeur est connu avec une variabilité de 12%, valeur assez grande relativement à l'effectif qui est faible.

Essai d'attribution paléontologique. – Cette tentative n'est pas aisée: si ces traces avaient été trouvées dans des sédiments tertiaires, elles seraient attribuées à des Mammifères artiodactyles, mais les grès du Vieux Emosson sont triasiques ...

On peut supposer que ces traces jumelées pourraient être celles de la coquille ouverte d'un mollusque bivalve, plus ou moins altérée par le temps. A cette proposition, il faut remarquer qu'il est bien improbable que des valves vides d'un mollusque aient pu laisser des traces aussi profondes que celles des grands Reptiles décrites précédemment.

Pourtant aucun animal connu ne semble être leur auteur. S'agit-il même d'un Vertébré? Avant d'avancer une attribution, nous pensons qu'il est préférable d'attendre.

3.4 Conclusions à l'étude ichnologique: tentative de reconstitution paléoécologique des milieux

Les 9 espèces ichnologiques décrites ici ne représentent peut-être pas la totalité des ichnoespèces présentes sur le gisement. Les conditions topographiques (pendage de 40°), climatologiques, les dalles se trouvant à 2400 m d'altitude dans un secteur recouvert de neige la majeure partie de l'année, quand ce n'est pas l'année entière, ont fait que les observations ont été difficiles et qu'un ratissage systématique et complet en vision très rapprochée n'a pu être possible, si l'on ajoute qu'en plus la surface à observer était particulièrement grande. Il en résulte, en particulier, que les petites traces, s'il y en avait, n'ont pu être repérées et il est bien possible que des espèces aient échappé à notre examen.

Quelques espèces décrites ici ont été déterminées comme appartenant à des genres connus dans les dépôts du Stormberg, faciès Molteno d'Afrique du Sud (ELLENBERGER 1972). Les noms d'empreintes sont des noms de formes et non des noms d'animaux et appartiennent à une parataxonomie particulière. De plus, il est admis qu'un nom spécifique d'empreinte recouvre probablement un genre zoologique (PEABODY 1948). Un ichnogenre correspond vraisemblablement à une famille animale. Il est possible que les animaux étudiés, du même ichnogenre que ceux d'Afrique du Sud, aient appartenu à la même famille zoologique bien que l'éloignement des deux gisements pose un problème de radiation géographique.

Tel qu'il se présente, le bilan ichnologique est très intéressant:

- 2 espèces d'empreintes chirothéroïdes;
- 3 espèces de traces dinosauroïdes tridactyles dont 2 assez spécialisées, témoignant de Dinosaures herbivores;
- 1 espèce d'ichnites tridactyles marquant la présence d'un grand Coelurosaure prédateur;
- 1 espèce d'empreintes tétradactyles;
- 1 espèce de traces pentadactyles;
- 1 espèce d'empreintes assez énigmatiques dont l'attribution reste incertaine.

Les sens de parcours de quelques pistes ont pu être notés. Nous donnons leurs azimuts, comptés de 0 à 360° à partir du point sud en allant vers l'ouest, c'est-à-dire dans le sens rétrograde:

Isochirotherium sp.: 240°; 320°.

Paratrisauropus mirus: piste 1: 270°; piste 2: 350°.

P. bronneri: piste 1: 300°; piste 2: 35°; piste 3: 285°; piste 4: 70°.

P. latus: 0°.

Deuterosauropodopus sedunensis: piste 1: 100°; piste 2: 295°.

Pachysaurichnium emossonense: 180°.

Il est difficile d'induire de ces quelques données des remarques générales sur les directions suivies par l'ensemble des animaux qui ont circulé sur ces aires. Relevons cependant dans le 1er quadrant (0-90°) 3 pistes; dans le 2e (90-180°) 1 piste; dans le 3e (180-270°) 2 pistes et dans le 4e, 6 pistes. D'après ces remarques il semblerait que le quart sud-est soit un secteur directionnel plus souvent suivi par les animaux étudiés.

Les directions des crêtes des rides d'oscillation ont été relevées (2.21) et se situent dans le quadrant nord-est. Elles témoignent de la présence de flaques sur les aires à empreintes. Ces rides ont été formées par les mouvements ondulatoires verticaux de l'eau, provoqués par un vent sans doute assez faible et elles indiquent la direction de cette brise perpendiculaire à peu près aux crêtes. D'où il résulte que les vents se maintenaient dans le quart nord-ouest. Soufflaient-ils de nord-ouest ou de sud-est? Il n'est pas possible de répondre à cette question. Quoiqu'il en soit, c'étaient des brises plutôt que des vents et elles ne gênaient aucunement les Reptiles qui parcouraient ces étendues aujourd'hui fossilisées.

Nous avons relevé dans l'ensemble de ces traces une majorité de Reptiles qui par les caractères de leurs autopodes étaient probablement phytophages. Peu de carnivores, et parmi eux, peut-être, les Chirothériidés quoique *Isochirotherium* représente ailleurs (Largentière, Lyon, Mâcon) un Thécodonte végétarien. Il y a doute pour *Brachychirotherium* qui était peut-être un omnivore (COUREL & DEMATHIEU 1976, DEMATHIEU & HAUBOLD 1978). Mais à part *Prototrisauropus* qui montre la présence d'un grand prédateur, ces derniers paraissent presque absents de ces étendues (si les interprétations données sont correctes). On est loin des 10% environ de prédateurs connus ailleurs (DEMATHIEU 1975, 1977). Faut-il en conclure que *Paratrisauropus mirus* pourrait être un carnivore?

Que faisaient ces animaux sur ces plages? Leurs traces le montrent: ils passaient. Comme il a déjà été écrit (DEMATHIEU & HAUBOLD 1978; COUREL, DEMATHIEU & GALL 1979) ces plages étaient le lieu qui joignait deux pôles biologiques attractifs pour ces Reptiles: les eaux dont ils restaient tributaires pour des raisons d'ordre physiologique et des zones émergées en permanence où poussait une végétation plus ou moins dense servant de refuge et de lieu de pâture pour les uns, de terrain de chasse pour les autres et pour tous d'aires de nidification.

Il est possible d'essayer d'estimer le nombre des animaux qui ont laissé ces 800 traces, estimation qui ne peut donner qu'un ordre de grandeur très approximatif mais qui peut fixer les idées.

Les neuf ichnoespèces et l'ensemble des traces montrent que ces plages ont été les témoins du passage d'au moins 9 de ces animaux. Mais ce nombre, minimum

logique, est assez loin de la réalité sans doute. En se basant sur un «parcours moyen» (DEMATHIEU 1970, p.75) de 20 empreintes et en admettant qu'un même animal ne soit pas repassé deux fois sur les 350 m² étudiés, on peut admettre que c'est une quarantaine de Reptiles qui ont hanté ces lieux après retrait des eaux et avant la dessiccation complète ce qui, au Trias, pouvait se produire en quelques jours. Leur taille à peu près voisine de celle d'un Camptosaure (voir plus haut) entraîne un poids pour chacun de 300 à 400 kg au moins (COLBERT 1962). Ce qui, pour l'ensemble, forme une masse de 10 à 12 tonnes. Celle-ci, de plus, n'est vraisemblablement pas représentative de toute la biomasse du biotope.

Ces indications montrent que les rivages triasiques étaient peuplés d'une faune variée et sans doute abondante et qu'ils n'étaient pas les déserts qui ont été décrits parfois. Les empreintes de pas nous font aussi prendre contact avec un écosystème de grande taille dont nous n'avons qu'une vue partielle, certes, mais déjà élaborée.

Ces biotopes à trois strates en quelque sorte (mer, plage, zone de végétation), où les espaces à parcourir étaient grands, ont évidemment favorisé les Reptiles doués pour la marche et la course: les Thécodontes puis les Dinosauriens. La disparition de ces biotopes, due à la grande régression finicrétacée (GINSBURG 1964), a certainement contribué à l'extinction des Dinosauriens.

4. Implications stratigraphiques

La faune qui vient d'être décrite diffère considérablement de celle de la bordure orientale du Massif Central, située stratigraphiquement autour de la limite Anisien-Ladinien (COUREL 1973, COUREL, DEMATHIEU & BUFFARD 1968, DEMATHIEU 1970).

Les quelques points communs portent essentiellement sur la présence des genres *Brachychirotherium* et *Isochirotherium* et d'empreintes dinosauroïdes tridactyles dans les deux formations. Mais les différences sont plus grandes: alors que les genres *Brachychirotherium* et *Isochirotherium* sont majoritaires autour de la limite Anisien-Ladinien, ils sont largement minoritaires au Vieux EMosson où, de plus, les traces dinosauroïdes tridactyles abondent: traces plus spécialisées où les végétariens dominent alors que sur la bordure du Massif Central elles ne représentent que quelques Coelurosaures carnivores.

Si l'ichnofaune étudiée est bien représentative des faunes de vertébrés et si nos interprétations sont correctes, nous pouvons donc conclure que les couches à empreintes du Vieux EMosson sont beaucoup plus récentes et qu'elles peuvent avoir été déposées au Ladinien terminal ou plutôt au Carnien, ce qui ne contredit pas le point de vue de MÉGARD-GALLI & BAUD (1977), soutenu par des arguments différents.

5. Implications paléogéographiques

Les empreintes de pas de Vertébrés terrestres révèlent la présence de terres émergées, dont le littoral est souligné par d'immenses étendues de plages où les empreintes furent «enregistrées». Ces plages ont-elles connu des marées?

Il est vraisemblable qu'ici, comme sur la bordure orientale du Massif Central, les aires à empreintes aient été extérieures à l'estran, si toutefois il y avait des marées

luni-solaires. Mais il se peut qu'elles aient été parfois inondées par des marées barométriques s'ajoutant alors à de grandes marées luni-solaires. Le recouvrement des plages par les eaux chargées de sédiment fin ne s'est probablement pas produit lors de marées mais plutôt lors de transgressions légères et peu importantes, de durée assez longue et suivies ou non de régression (séquences de sédimentation).

La position géographique du gisement correspond à peu près à la bordure nord-ouest du «seuil» vindélien des auteurs séparant, au Trias moyen-sup., la mer Alpine de la mer du Muschelkalk située à l'ouest et au nord de ce «seuil», à propos duquel bien des hypothèses furent faites quant à sa nature et son extension.

La présence de Reptiles de grande taille conduit à exclure l'hypothèse d'une île de taille modeste ou même d'un archipel dans la région considérée. Les petites îles ou archipels ne renferment jamais plusieurs espèces de grands animaux en même temps. Le «seuil» vindélien (ou «chaîne» vindélienne) a dû être une terre de grandes dimensions et la plage actuellement fossilisée du Vieux Emosson n'a dû constituer qu'une infime partie de ses rivages.

La présence de Dinosaures aux autopodes déjà évolués au Ladinien supérieur ou au Carnien conduit également à supposer l'existence de liaisons terrestres entre la terre vindélienne et le continent hercynien.

Remerciements

Cette étude n'aurait pas été possible sans l'appui des Musées de Sion, Bâle, Genève et Lausanne et sans le concours efficace de tous ceux qui ont participé aux travaux de terrain et dont les noms sont cités au § 1.2; nous les en remercions tous chaleureusement.

Nous avons reçu lors de cette campagne de terrain une aide généreuse, sous des formes diverses, de la part des administrations et entreprises suivantes: Commune de Finhaut, Arsenal cantonal de Sion, Office fédéral de l'aviation militaire à Berne, Division des usines électriques CFF à Berne, Electricité d'Emosson SA à Martigny, Ciba-Geigy à Bâle et Troller AG à Fulenbach.

Nous voulons en outre remercier tout particulièrement: G. Bronner, l'inventeur du gisement qui a suivi nos recherches et nous a fourni d'utiles renseignements. P. Jung, Bâle, dont l'enthousiasme suscita ces travaux entrepris en commun par plusieurs musées. H. Visscher, Utrecht, qui a bien voulu tenter les analyses palynologiques. Madame Y. Gubler, Argentières, qui nous a généreusement fait part de ses observations. G. Dajoz, Genève, à qui nous devons le développement et le montage des photomosaïques. Et enfin G. de Beaumont, Genève, dont l'intérêt, le soutien constant et les avis nous furent précieux.

BIBLIOGRAPHIE

- ABEL, O. (1935): *Vorzeitliche Lebensspuren*. – Fischer, Jena.
- AMBERGER, G. (1960): *L'Autochtone de la partie Nord-Ouest du Massif des Aiguilles Rouges (Haute-Savoie et Valais)*. – Thèse Univ. Genève, Impr. Populaires, 1-103, Genève.
- BAUD, A. (1977): *L'échelle stratigraphique du Trias: état des travaux et suggestions*. – Bull. Bur. Rech. géol. min. (2), [IV] 3, 297-299.
- (1978): *Pistes de dinosauriens dans des roches vieilles de 200 millions d'années des Alpes valaisannes, un gisement à protéger*. – Schweiz. Naturschutz/Protection de la nature 4, 26-27.
- BEAUMONT, G. DE (1980): *Des Dinosaures dans le Valais*. – Musées de Genève 202, 6-13.
- BEAUMONT, G. de, & DEMATHIEU, G. (1980): *Remarques sur les extrémités antérieures des Sauropodes (Reptiles, Saurischiens)*. – C.R. séance SPHN Genève [n.s.] 15/2, 191-198.
- BELLIÈRE, J. (1980): *Massif du Mont Blanc et des Aiguilles Rouges. Structure et pétrologie du socle*. – Excursion du 149e Congr. géol. int., Paris, Géologie alpine 56, 237-249, Grenoble.

- BEURLEN, K. (1950): *Neue Fährtenfunde aus der fränkischen Trias*. – N. Jb. Geol. Paläont. [Mh.] 1950, 308–320.
- BRONNER, G., & DEMATHIEU, G. (1977): *Premières traces de reptiles archosauriens dans le Trias autochtone des Aiguilles Rouges (Col des Corbeaux, Vieil Emosson, Valais, Suisse). Conséquences paléogéographiques et chronostratigraphiques*. – C.R. Acad. Sci. (Paris) 285 D, 649–652.
- COLBERT, E. H. (1962a): *The weights of Dinosaurs*. – Amer. Mus. Novitates 2076, 1–16.
- (1962b): *Dinosaurs, their discoveries and their world*. – Hutchinson, London.
- COLLET, L. W., LOMBARD, A., OULIANOFF, N., PAREJAS, E., & REINHARD, M. (1951): *Feuille Finhaut*. Atlas géol. Suisse 24, Comm. géol. suisse, Bâle, avec notice explicative par COLLET, L. W., OULIANOFF, N., & REINHARD, M., 1–52.
- COUREL, L. (1973): *Modalités de la transgression mésozoïque: Trias et Rhétien de la Bordure Nord et Est du Massif Central français*. – Mém. Soc. géol. France 59, 118.
- COUREL, L., DEMATHIEU, G., & BUFFARD, R. (1968): *Empreintes de pas et stratigraphie du Trias*. – Bull. Soc. géol. France (7), 10, 275–281.
- COUREL, L., & DEMATHIEU, G. (1976): *Une ichnofaune reptilienne remarquable dans les grès triasiques de Largentière (Ardèche, France)*. – Paleontographica (A) 151, 195–216.
- COUREL, L., DEMATHIEU, G., & GALL, J.-C. (1979): *Figures sédimentaires et traces d'origine biologique du Trias moyen de la bordure orientale du Massif Central. Signification sédimentologique et paléocéologique*. – Geobios 12/3, 379–397.
- DELÉGLISE, M. (1979): *Le Musée cantonal d'Histoire naturelle de Sion, à l'occasion de son 150e anniversaire, 1829–1979*. – Ecole valaisanne 11, 54–57.
- DEMATHIEU, G. (1970): *Les empreintes de pas de vertébrés du Trias de la bordure Nord-Est du Massif Central*. – Cent. natl. Rech. sci. Paris.
- (1971): *Cinq nouvelles espèces d'empreintes de reptiles du Trias de la bordure Nord-Est du Massif Central*. – C.R. Acad. Sci. (Paris) 272 D, 812–814.
- DEMATHIEU, G., & DEMATHIEU, G. (1978): *Aperçu sur l'étude des empreintes du Trias appliqué au gisement du Vieux Emosson (Valais, Suisse)*. – Bull. Murithienne, Soc. valais. Sci. nat. 95, 21–34.
- DEMATHIEU, G., & HAUBOLD, H. (1978): *Du problème de l'origine des Dinosauriens d'après les données de l'ichnologie du Trias*. – Geobios 11/3, 409–412.
- ELLENBERGER, P. (1972): *Contribution à la classification des pistes de vertébrés du Trias: Les types du Stormberg de l'Afrique du Sud (I)*. – Palaeovertebrata, Mém. extraordinaire 1972.
- ENGESSER, B., & OPPLIGER, D. (1981): *Dinosaurier in 2400 Meter Höhe*. – Schweizer Jugend 11, 12–14.
- GINSBURG, L. (1964): *Les régressions marines et le problème du renouvellement des faunes au cours des temps géologiques*. – Bull. Soc. géol. France (7) 6, 13–22.
- HAUBOLD, H. (1970): *Ichnia amphibiorum et reptiliorum fossilium*. – Handb. Paläoherpetologie 18, G. Fischer, Stuttgart/Portland.
- HOLLAND, W. J. (1905): *The osteology of Diplodocus Marsh*. – Mem. Carnegie Mus. 2, 225–264.
- MEGARD-GALLI, J., & BAUD, A. (1977): *Le Trias moyen et supérieur des Alpes nord-occidentales*. – Bull. Bur. Rech. géol. min. (2), [IV] 3, 233–250.
- ORLOV, I. (1964): «*Osnovy Paleontologii*», *Amphibiens, reptiles et oiseaux*. – Naouka, Moscou.
- OSBORN, H. F. (1917): *Skeletal adaptations of Ornitholestes, Struthiomimus, Tyrannosaurus*. – Bull. amer. Mus. nat. Hist. 35, 733–771.
- PEABODY, F. E. (1948): *Reptile and Amphibian trackways from the lower Triassic Moenkopi formation of Arizona and Utah*. – Univ. Calif. Publ. geol. Sci. 27/8, 295–468.
- PILLET, J. M. (1979): *Des dinosaures valaisans*. – Treize Etoiles 29/11, 22–24, Martigny.
- SCHMIDT, H. (1959): *Die Cornberger Fährten im Rahmen der Vierfüssler Entwicklung*. – Hess. Landesamt Bodenforsch. Wiesbaden.
- SOERGEL, W. (1925): *Die Fährten der Chirotheria. Eine paläobiologische Studie*. – Fischer, Jena.
- THULBORN, R. A. (1972): *The postcranial skeleton of the triassic ornithischian Dinosaur Fabrosaurus australis*. – Paleontology 15/1, 29–60.

Planche 1: PLAN D'UNE PARTIE DE LA DALLE A EMPREINTES

