

ZUBÍA (Monográfico)	5	229-252	Logroño	1993
---------------------	---	---------	---------	------

EMPREINTES DE PAS DE DINOSAURES DANS LES CAUSSES (FRANCE)*

Georges R. S. Demathieu **

Des empreintes de pas de Dinosaures sont connues depuis longtemps dans l'Hettangien de cette région du Sud de la France. (Fig. 1).

A ma connaissance, les premières, de grande taille, ont été remarquées dès 1960 par M. Charles Bessière du Musée Audibert de Lodève.

A peu près au même moment étaient mentionnées des empreintes de taille voisine, à 60 km environ au Nord de Lodève, à Saint-Laurent de Trèves. Puis vinrent les découvertes de Saint-Léons, vers l'Ouest, qui m'ont été signalées en 1969 par Mr. de Lescure et enfin celles de Sauclières, à l'Est, en 1990, par M. Alla, carrier.

La stratigraphie de l'Hettangien des Causses reste assez sommaire. La série, d'une puissance variant de 50 m. environ au Nord à 200 m. environ au Sud, est essentiellement carbonatée.

On distingue 3 formations principales, de bas en haut:

1) Les calcaires de Parlatges, au Sud et à l'Est, calcaires noduleux renfermant de nombreux bivalves et *Psiloceras planorbis*, ammonite caractéristique de l'Hettangien.

Ailleurs, ils manquent ou font place à des dolomies à faciès capucin, de couleur brune.

* Recibido el 13 de septiembre de 1993. Aprobado el 25 de enero de 1994.

**Centre des Sciences de la Terre. Université de Bourgogne, U.R.A. du C.N.R.S. n° 157, DIJON (France).

2) Des dolomies massives, en bancs épais, de faciès capucin.

3) Des dolomies de faciès proche du faciès varvé ("Dolomie cubique") constituées de lamines alternant avec des argiles vertes. On y trouve des structures algaires, des mud-cracks, des empreintes de Dinosaures. (Fig. 2).

On remarquera que les sites à empreintes sont tous situés à la périphérie du bassin, là où l'Hettangien affleure le plus. Les pistes de Dinosaures, et autres, appartiennent à la partie supérieure de la "Dolomie cubique" quelle que soit l'épaisseur de la série. La sédimentation dans le golfe est alors de type confiné: lagunes littorales très peu profondes, soumises à une subsidence lente par faibles saccades très nombreuses, engendrant de petites modifications de la ligne du rivage.

LES EMPREINTES DE PAS DE REPTILES se divisent en deux groupes:

1) Des empreintes de Crocodiliens avec *Batrachopus*;

2) De nombreuses empreintes tridactyles de Dinosaures, rapportées majoritairement à l'ichnogenre *Grallator*.

Les empreintes *Batrachopus* ne sont connues qu'à Saucières, mais il est possible que sur les autres sites, Saint-Léons principalement, la faible profondeur de leurs reliefs et l'érosion les aient rendues non identifiables. A Saucières, cependant, elles n'appartiennent pas aux mêmes niveaux que les tridactyles mais sont situées à moins d'un mètre plus bas.

Les autres traces se retrouvent sur tous les sites.

Le PLATEAU DU GREZAC, au Nord-Ouest de Lodève, a livré sur des dalles éboulées de grandes traces décrites succinctement par Thaler (1962) (Fig. 3). Cet auteur décrit également le site de SAINT-LAURENT DE TREVES (Fig. 4), au Nord-Est des Causses, gisement dont l'étude a été reprise depuis dans un travail de comparaison avec le matériel d'Amérique du Nord (Demathieu 1990).

A SAINT LEONS, au centre Ouest des Causses, le carreau d'une carrière désaffectée (Fig. 5) a livré deux niveaux de traces de Dinosaures, qui ont été étudiées récemment (Demathieu 1990).

C'est à SAUCLIERES, dans une carrière actuellement en activité (Fig. 6) que le plus grand nombre de ces ichnites sont découvertes. Contrairement à nos projets, l'exploitation ne permet pas de conserver les pistes in situ; elles sont cartographiées, récoltées et mises en réserve et un certain nombre de dalles sont regroupées au Musée de Millau. Un article de présentation a été publié (Demathieu et Sciau, 1992).

A l'exception d'une piste, toutes les traces dinosauroïdes des Causses semblent avoir pour origine des Théropodes.

On peut se demander s'il est important, ou non, de nommer les traces ou/et de créer des ichnoespèces nouvelles. Nommer une trace c'est la définir à partir de critères qui permettent de la distinguer des autres. Si cela s'avère relativement facile pour des empreintes pentadactyles où l'on peut reconnaître un nombre de caractères assez grand, il n'en est plus de même pour les traces tridactyles.

Malgré les problèmes dûs aux facteurs intervenant dans la formation et la conservation des ichnites qui font courir le risque de créer deux ichnoespèces à partir de pistes d'un même animal, il me semble préférable de nommer, en sachant qu'il s'agit de noms de formes, de morphotypes comme je l'ai souligné par ailleurs (Demathieu 1986). En effet, en vue de citations futures ou des comparaisons éventuelles, l'utilisation de noms d'ichnoespèces est beaucoup plus pratique et rapide que de citer des références de pages ou de figures.

Pour définir l'ichnoespèce, les caractères morphologiques et les mesures des éléments de l'empreinte sont utilisés, c'est-à-dire les données qualitatives et quantitatives.

Les méthodes de mesurage varient:

Peabody (1948), Demathieu (1970), Casamiquela & al. (1987) ont préconisé une méthode qui vaut essentiellement pour des empreintes aux doigts bien séparés et délimités. Moratalla et al. (1988) en ont proposé une autre pour des empreintes dont les doigts ne sont pas visibles séparément.

Ces deux méthodes ne permettent pas, entre elles, des comparaisons quantitatives fiables, si ce n'est pour la longueur et la largeur de l'empreinte.

Les caractères mesurés sur les empreintes tridactyles sont la longueur et la largeur totales, la longueur des doigts, le dépassement du doigt III par rapport aux doigts latéraux et l'angle II-IV. Ce qui donne ainsi 7 caractères mesurables.

Chaque ichnoespèce présumée est, après comparaison morphologique positive, traitée statistiquement.

Mais, plutôt que de comparer les résultats statistiques sur les mesures réelles, qui sont intéressantes pour contrôler que les séries étudiées sont homogènes, il est préférable pour les comparaisons inter-ichnoespèces, d'utiliser les rapports des mesures des caractères pris deux à deux.

Ensuite, une comparaison des moyennes de ces rapports avec celles d'autres ichnoespèces permet de discriminer, ou non, ce nouveau taxon des autres.

Cette méthode a été appliquée aux différentes traces trouvées dans les Causse, ce qui a permis de distinguer 6 ichnoespèces:

— *Grallator lescurei* Demathieu 1990.

— *Grallator minusculus* Hitchcock 1858.

— *Grallator variabilis* Lapparent et Montenat 1967.

— *Grallator saucierensis* Demathieu et Sciau 1992.

— *Dilophosauripus williamsi* Welles 1971, et,

— *Batrachopus deweyi* (Hitchcock 1858), cette dernière (Fig. 7) n'étant pas l'oeuvre d'un dinosaurien mais d'un petit crocodilien.

LES TRACES DE DINOSAURES

Les traces tridactyles de Dinosaures sont de formes assez voisines et il est parfois assez délicat de les distinguer les unes de autres.

Leur morphologie, en effet, peut varier sous l'influence du sédiment: s'il est très humide les traces seront plus profondes et les doigts plus larges que si le sédiment est plus sec. De plus, l'angle de divergence des doigts sera, dans ce cas, plus grand et les doigts apparaîtront moins distincts, surtout à leur origine, où ils pourront former une espèce de talon.

La figure 8 montre un *Grallator variabilis* à doigts séparés alors que sur la figure 9, du même, les doigts ne le sont pas à leur base.

La morphologie peut varier aussi en fonction de l'accélération de la vitesse de locomotion, les doigts étant dans ce cas plus divergents avec appui maximum sur leur partie distale.

(1) *Grallator lescurei* Demathieu 1990.

L'ichnoespèce *Grallator lescurei* n'est connue qu' à Saint Léons. Elle est assez polymorphe (Fig. 10).

Ses caractères spécifiques sont:

— Des doigts assez fins et longs, aux reliefs assez profonds et séparés à la base.

— Le dépassement du III par rapport aux doigts latéraux est assez modéré.

— L'angle de divergence des orteils II-IV est grand pour cet ichnogenre: $\approx 51^\circ$.

La longueur et la largeur moyennes sont respectivement 210 et 170 mm., leur rapport étant de $1,22 \pm 0,07$. Sur la piste 1, le pas oblique mesure en moyenne 825 mm., l'enjambée 1.600 mm. et l'angle du pas 160° . Le rapport Enjambée/Longueur du pied est 7,7.

(2) *Grallator sauclienrensis* Demathieu et Sciau 1992 (Fig. 11).

A Sauclières, cette ichnoespèce est assez fréquente. Jusqu'à présent 20 empreintes ont pu être mesurées dont un certain nombre appartient à des pistes. Elle est plus petite que la précédente, ses doigts sont nettement séparés sur toute leur longueur et l'angle de divergence II-IV est grand, de l'ordre de 50°. La finesse des rayons est due à leur faible enfoncement. Ce qui la distingue le plus des autres c'est que les longueurs des doigts II et IV sont importantes relativement au III. Les dimensions sont en moyenne 157 x 115 mm. et le rapport Longueur/largeur atteint $1,39 \pm 0,10$.

L'enjambée moyenne mesure 1.776 mm., le pas oblique 890 mm., l'angle du pas 175° et le rapport Enjambée/Longueur du pied, 10.

(3) *Grallator variabilis* Lapparent et Montenat 1967 (Fig. 12).

C'est l'ichnoespèce qui se rapproche le plus des grallators de la Nouvelle-Angleterre par la faible divergence des doigts latéraux ($\approx 37^\circ$). C'est aussi la plus fréquente ici, 35%. De taille assez réduite, ses dimensions (125 x 79 mm.) montrent que la longueur est nettement plus importante que la largeur dans le rapport 1,58 environ. Le dépassement du III par rapport aux doigts latéraux peut parfois être grand (Fig. 13).

Quatre pistes ont fourni des données qui sont fonction de la dimension des empreintes de sorte que la longueur des enjambées varie de 770 à 1.520 mm. Le pas varie également: celui représenté (Fig. 14) mesure 650 mm. Indépendamment de la taille, l'angle du pas mesure de 140 à 170° et le rapport Enjambée/longueur du pied de 10,6 à 12, 1.

(4) *Grallator minusculus* (Hitchcock 1858).

Il peut sembler étrange qu'une empreinte de 30 cm. de long puisse être qualifiée *minusculus*. En 1858, Hitchcock avait nommé deux grandes traces tridactyles Brontozoum: la plus grande *Br. giganteum* et la plus petite *Br. minusculum*. En 1904, Lull entreprit une révision des empreintes de la collection Hitchcock à Amherst (Massachusetts) et, à cause de la présence -épisodique toutefois- du hallux changea le nom générique de Brontozoum en *Anchisauripus*, ichnogenre justement caractérisé par la présence du hallux, de sorte que, étant donnée la règle de priorité, le plus grand des *Anchisauripus* est devenu *Anchisauripus minusculus*.

La distinction *Anchisauripus-Grallator* n'étant pas toujours fiable, Olsen (1980) a proposé avec raison de revenir à l'ichnogenre le plus ancien c'est-à-dire *Grallator* Hitchcock 1858.

Ces traces sont peu fréquentes: 6 connues sur le site de Sauclières, 8 à St-Laurent, dont une seule entièrement mesurable et l'holotype du Massachusetts. C'est la plus grande des traces observées à Sauclières (Fig. 15) ($\approx 306 \times 194$) mm.

Bien que faiblement imprimés, les doigts, peu divergents, sont larges. Le dépassement du III par rapport aux autres est en moyenne égal au 1/3 de la longueur totale. L'angle II-IV a une moyenne de 37° environ.

Les griffes sont petites et peu visibles. Les coussinets ne sont pas toujours bien circonscrits.

Dans l'étude statistique, ont été ajoutées aux traces de Sauclières celle de St. Laurent et l'holotype (Lull 1953) de Lily Pond du Massachusetts, adjonction qui a eu pour conséquence de diminuer les variabilités, d'améliorer le test d'homogénéité des distributions des mesures, donc de conforter l'attribution de ces traces à cette ichnoespèce.

L'enjambée sur la piste 1 (Fig. 16) est de 1870 mm. pour un pas oblique de 980 mm. et un angle du pas de 145°. Sur l'autre piste, l'enjambée mesure 1.700 mm. et l'angle du pas avoisine 180°.

Le rapport Enjambée/longueur du pied est de 6,2.

(5) *Dilophosauripus williamsi* Welles 1971.

Cette ichnoespèce est connue à Sauclières par une piste d'une dizaine de pas (Fig. 17) dont 6 seulement sont mesurables. Ce sont des empreintes d'assez grande taille (228 x 221 mm.) presque aussi larges que longues. Il semble que les doigts n'aient pas imprimé sur toute leur longueur et que seules les phalanges médiales et distales reposaient sur le sol, cette particularité ne semblant pas due au degré de sécheresse du sédiment mais plutôt à la pose habituelle de l'autopode. Cette interprétation paraît attestée par l'angle de divergence des doigts II et IV assez grand et l'absence de "talon". Les coussinets sont peu marqués, en général, et les griffes sont petites comme sur toutes ces traces.

L'enjambée moyenne est importante: 1.890 mm., avec un pas de 950 mm., impliquant un angle du pas de 170°. On en déduit que l'animal était bon marcheur.

Le rapport enjambée/Longueur du pied est de 8,3 environ.

COMPARAISONS

A elles seules, les morphologies ne sont pas suffisantes pour montrer la validité de ces cinq ichnoespèces, les différences de forme pouvant paraître assez subjectives étant donnée la variabilité intraspécifique. Les tailles non plus ne peuvent pas être retenues comme caractère spécifique. Aussi ai-je considéré qu'une étude statistique comparative devait être tentée pour confirmer ou infirmer la validité de chaque ichnoespèce déterminée. Mais plutôt que d'utiliser les mesures des caractères, j'ai considéré que les rapports des mesures des caractères, pris deux à deux, pourraient fournir des résultats plus probants, les rapports étant des nombres sans dimension (Demathieu 1970 et sqq).

1970 et sqq). Ceux qui ont été examinés sont ceux des orteils III/II, III/IV, IV/II, III/D (D étant le dépassement du III para rapport aux II et IV), L/W (le rapport de la longueur (L) à la largeur (W), L/III et enfin le rapport de la largeur à l'angle de divergence II-IV.

Pour chacun d'eux ont été calculés la moyenne, la variabilité, l'intervalle de confiance pour la moyenne et le coefficient de corrélation (tableau).

Ensuite, la comparaison statistique des moyennes de deux rapports montre si ceux-ci sont significativement différents ou non en confrontant la différence réelle observée et la différence maximum fournie par la statistique.

(1) Si $D = \bar{X}_2 - \bar{X}_1$ différence observée entre les moyennes dépasse

$$(2) d = \frac{Sto \sqrt{n_1 + n_2}}{\sqrt{n_1 + n_2}} \quad \text{avec} \quad S^2 = \frac{(n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

avec s_1 , s_2 écarts types des 2 échantillons

alors on ne peut pas admettre que: $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$

et, par conséquent, les ichnoespèces peuvent être considérées comme réellement distinctes.

J'ai proposé en 1990 que plutôt que de faire de longs calculs pour comparer la différence observée et la différence maximum donnée par la formule 2 on pouvait comparer les intervalles de confiance de deux rapports homologues (tableau).

Si deux intervalles sont sécants, on peut considérer que les moyennes sont statistiquement égales.

S'ils sont disjoints, les moyennes sont différentes.

Dans le cas de limites communes, alors il est préférable, pour trancher, d'en revenir au calcul (Formule 2).

En suivant ce processus, un peu long il faut le reconnaître, et un peu fastidieux, il est vrai, on voit que, par exemple, *Grallator lescurei* se distingue de *Grallator sauclerensis* par les rapports III/II, III/IV et Largeur/angle de divergence.

On peut objecter que cette méthode est trop mathématique, mais il ne faut pas oublier que les ichnoespèces sont d'abord déterminées sur la morphologie des empreintes et que la statistique n'intervient que pour corroborer ou non l'observation première.

On peut aussi penser qu'une empreinte classée dans un ensemble aurait pu être classée dans celui qu'on lui compare; mais les tests d'homogénéité sont assez sensibles et il

donnée de sorte que la possibilité d'une erreur est très réduite grâce au nombre de rapports considérés.

Les auteurs de ces traces, si l'on s'en tient à l'interprétation habituelle, sont des Théropodes sauf -peut être- l'ichnopoïète de *Dilophosauripus williamsi*, un Ornithopode?, ce qui s'accorde avec les propositions de Moratalla et al. 1988.

Celles-ci pourraient s'appliquer à *Grallator lescurei* puisque le rapport Longueur/largeur de cette ichnospèce est 1,22 à peine inférieur à la limite de discrimination fixée par ces auteurs à 1,25.

Pour conclure, une récapitulation des empreintes rencontrées dans les Causses: *Gr. lescurei* (Fig. 18), une piste de *Gr. saucierensis* (Fig. 19), un pas *Grallator variabilis* (Fig. 20), une piste *Grallator minusculus* (Fig. 21), *Dilophosauripus* (Fig. 22) et enfin une empreinte que je n'ai pas citée, qui provient du gisement de Saint-Laurent de Trèves et est attribuable à un Ornithopode (Fig. 23).

CONCLUSION

Les empreintes, dans l'Hettangien, sont peu fréquentes. Les premières découvertes ont eu lieu aux U.S.A. au début du siècle dernier, dans la vallée du Connecticut, Etats du Connecticut et du Massachusetts. Les couches qui les portaient furent longtemps attribuées au Trias jusqu'à ce que Olsen (1980) ait inclus la partie supérieure de la série dans l'Hettangien. En France, en dehors des Causses, le gisement du Veillon, près des Sables d'Olonne, en Vendée, a fourni une ichnofaune importante. Malheureusement, la grande dalle déposée au Musée de cette ville par l'inventeur n'est plus visible. C'est en Italie, dans le Trentin, qu'un autre site a été signalé récemment par Léonardi et Lanziger (1992) avec une ichnofaune différente de celle décrite ici en ce qu'elle contient de nombreuses empreintes de grande taille, de Dinosaures bipèdes ou quadrupèdes, rapportées à des Ornithischiens, sans doute volumineux.

Pour terminer, je vous présente une empreinte énigmatique (Fig. 24) provenant du site de Saucières. Nous n'en avons que deux exemplaires appartenant à la même piste et du même côté. Il semble que la digitation postérieure ne soit que la traînée du coussinet postérieur du IV sur le sol. Je la livre à vos méditations.

RECONNAISSANCE

L'auteur est heureux de remercier M. le Prof. Félix PEREZ-LORENTE, de l'Université de La Rioja, pour son aimable invitation à la Conférence d'Enciso, son accueil chaleureux et l'attention permanente dont il l'a entouré, ainsi que son épouse, pendant ce fructueux séjour scientifique.

Sa reconnaissance va également à M. le Dr. José Miguel DELGADO IDARRETA,

Sa reconnaissance va également à M. le Dr. José Miguel DELGADO IDARRETA, Directeur de l'Instituto de Estudios Riojanos, Gouvernement de La Rioja, dont la généreuse participation a permis la réalisation de cette intéressante rencontre.

Et ses remerciements ne sauraient oublier les Etudiants pour leur sympathique attention.

BIBLIOGRAPHIE

- CASAMIQUELA, R.M., DEMATHIEU, G.R., HAUBOLD, H., LEONARDI, G. & SARJEANT, W.A.S. -1987- Glossary and Manual of Tetrapod Footprint Palaeoichnology. G. Léonardi editor, D.N.P.M. Brasilia. Brazil. 114 p.
- DEMATHIEU, G. -1970- Les empreintes de pas de Vertébrés du Trias de la bordure N-E. du Massif Central. *Cabiers de Pal.*, Ed. C.C.R.S.. Paris.
- DEMATHIEU, G.R. -1986- La notion d'ichnogenre dans le domaine de la palichnologie des Vertébrés. *Bull. Sci. Bourgogne*, T. 39 (2) p. 61-69.
- DEMATHIEU, G.R. -1990- Problems in discrimination of tridactyl dinosaur footprints, exemplified by the Hettangian trackways, the Causses, France. *Ichnos*, v. 1 (2), p. 97-110.
- DEMATHIEU, G.R. & SCIAU, J. -1992- Des pistes de Dinosaures et de Crocodiliens dans les dolomies de l'Hettangien du Causse du Larzac. *C.R. Acad. Sci. Paris*, T. 315, Série II, p. 1.561-1.566.
- HICHOCK, E. -1858- *Ichnology of New England. A report on the Sandstone of the Connecticut Valley, especially its footprints.* W. White ed., Boston 220 p.
- LAPPARENT, A-F. & MONTENAT, C. -1967- Les empreintes de pas de Reptiles de l'Infralias du Veillon (Vendée). *Mém. Soc. Géol. France, Paris. Nelle série, mém. n° 107.*
- LEONARDI, G. & LANZINGER, M. -1992- Dinosauri nel Trentino: Venticinque piste fossili nel Liassico di Rovereto (Trento, Italia). *Paleochronache, Milano*. 1992 (1), p. 13-24.
- MORATALLA, J.J. SANZ, J.L. & JIMENEZ, S. -1988- Multivariate analysis on lower Cretaceous Dinosaur footprints: discrimination between Ornithopods and Theropods. *Géobios, Lyon*. n° 21 (4), p. 395-408.
- OLSEN, P.E. -1980- Triassic and Jurassic Formations of the Newark Basin in Manspeizer Warren ed., *Field Studies of New Jersey Geology and guide to Field Trips*. P. 2-30. Geology Departmen Rutgers University Newark.
- PEABODY, F.E. -1948- Reptile and Amphibian trackways from the Lower Triassic Moenkopi formation of Arizona and Utha. *Bull. Dep. Geol. Sci. Univ. California Publ.* Vol. 27 (8), p. 295-468.
- THALER, L. -1962- Empreintes de pas de Dinosaures dans les dolomies du Lias inférieur des Causses. *C.R. Som. Soc. Geol. France, Paris*. p. 190-192.
- WELLES, S.P. -1971- Dinosaur footprints from the Kayenta formation of Northern Arizona. *Plateau*, 44, p. 27-38.

TABLE DES FIGURES

- FIG. 1 - Situation des Caussees dans la France.
- FIG. 2 - Carte géologique, simplifiée, des Caussees d'après Rouire et Rousset, Masson éd.
- FIG. 3 - Dalle à empreintes du Plateau du Grézac.
- FIG. 4 - Surface à empreintes de Saint-Laurent de Trèves (Aveyron).
- FIG. 5 - Carreau de l'ancienne carrière de Saint-Léons (Aveyron).
- FIG. 6 - Vue de la carrière en activité de Sauclières (Aveyron).
- FIG. 7 - Empreintes *Batrachopus deweyi*.
- FIG. 8 - *Grallator variabilis* dont les doigts sont nettement séparés.
- FIG. 9 - *Grallator variabilis* dont les doigts ne sont pas séparés à leur base.
- FIG. 10 - *Grallator lescurei*: une empreinte de pied.
- FIG. 11 - *Grallator sauclierensis*: une empreinte de pied.
- FIG. 12 - *Grallator variabilis*: une empreinte de pied.
- FIG. 13 - *Grallator variabilis*: le dépassement du III par rapport aux II et IV est ici très net.
- FIG. 14 - *Grallator variabilis*: un pas.
- FIG. 15 - *Grallator minusculus*: une empreinte de pied.
- FIG. 16 - *Grallator minusculus*: une enjambée.
- FIG. 17 - *Dilophosauripus williamsi*: une empreinte de pied.
- FIG. 18 - *Grallator lescurei*: pistes.
- FIG. 19 - *Grallator sauclierensis*: vue partielle d'une piste.
- FIG. 20 - *Grallator variabilis*: un pas; on notera la présence d'une empreinte de la même ichnoespèce aux doigts non séparés.
- FIG. 21 - *Grallator minusculus*: une enjambée (St-Laurent de Trèves).
- FIG. 22 - *Dilophosauripus williamsi*: une empreinte de la piste.
- FIG. 23 - Empreinte isolée, non nommée, attribuable à un Ornithopode.
- FIG. 24 - Empreinte énigmatique. La digitation postérieure peut être due à la traînée du coussinet proximal du IV sur le sol.

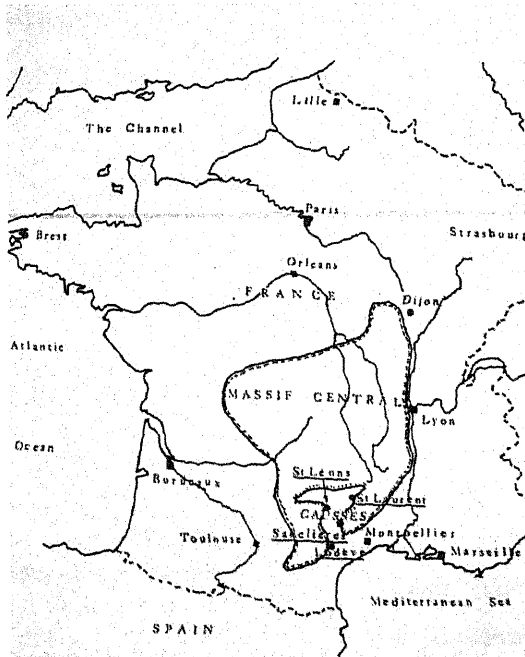


Figura 1:
Situation des
Causées dans la France.



Figura 2:
Carte géologique, simplifiée, de Causées d'après
Rouire et Rousset, Masson éd.



Figura 3: Dalle à empreintes du Plateau du Grézac (Hérault).



Figura 4: Surface à empreintes de Saint-Laurent de Trèves (Aveyron).

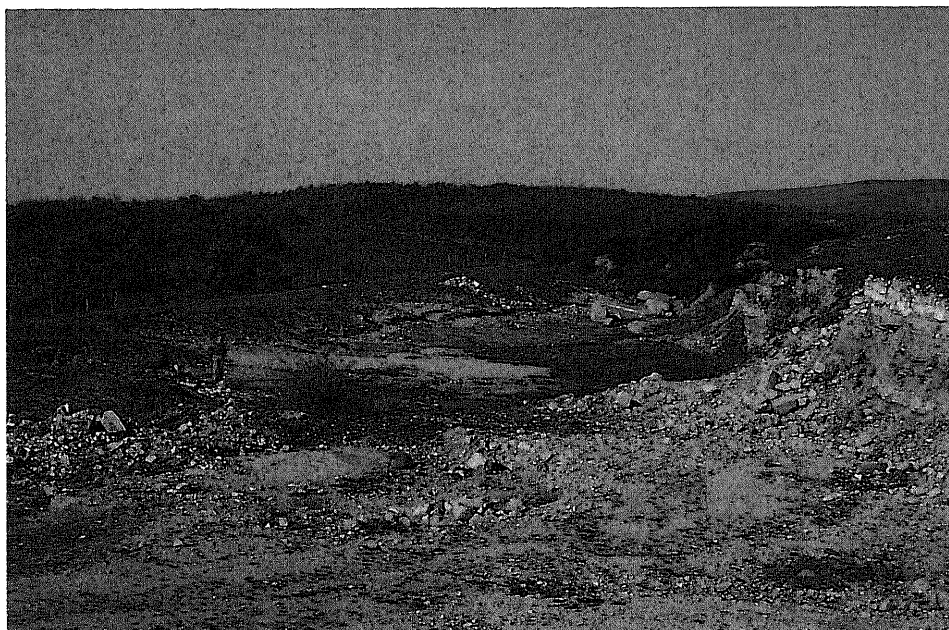


Figura 5: Carreau de l'ancienne carrière de Saint-Léons (Aveyron).



Figura 6: Vue de la carrière en activité de Sauclières (Aveyron).



Figura 7:
Empreintes *Batrachopus deweyi*.

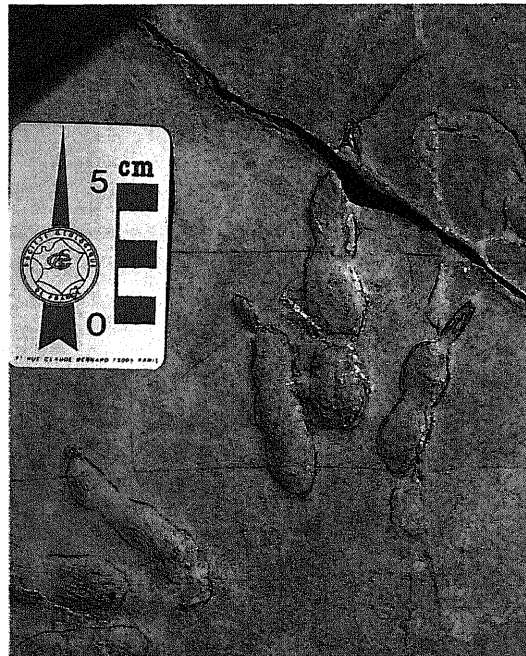


Figura 8:
Grallator variabilis dont les doigts
sont nettement séparés.



Figura 9:
Grallator variabilis dont les doigts ne
sont pas séparés à leur base.



Figura 10:
Grallator lescurei:
une empreinte de pied.



Figura 11: *Grallator sauclierensis*: une empreinte de pied.



Figura 12:
Grallator variabilis:
une empreinte de pied.



Figura 13:
Grallator variabilis: le dépassement
du III par rapport aux II aet IV est ici
très net.



Figura 14:
Grallator variabilis: un pas.



Figura 15:
Grallator minusculus: une empreinte
de pied.



Figura 16: *Grallator minusculus*: une enjambée.



Figura 17:
Dilophosauripus williamsi: une
empreinte de pied.

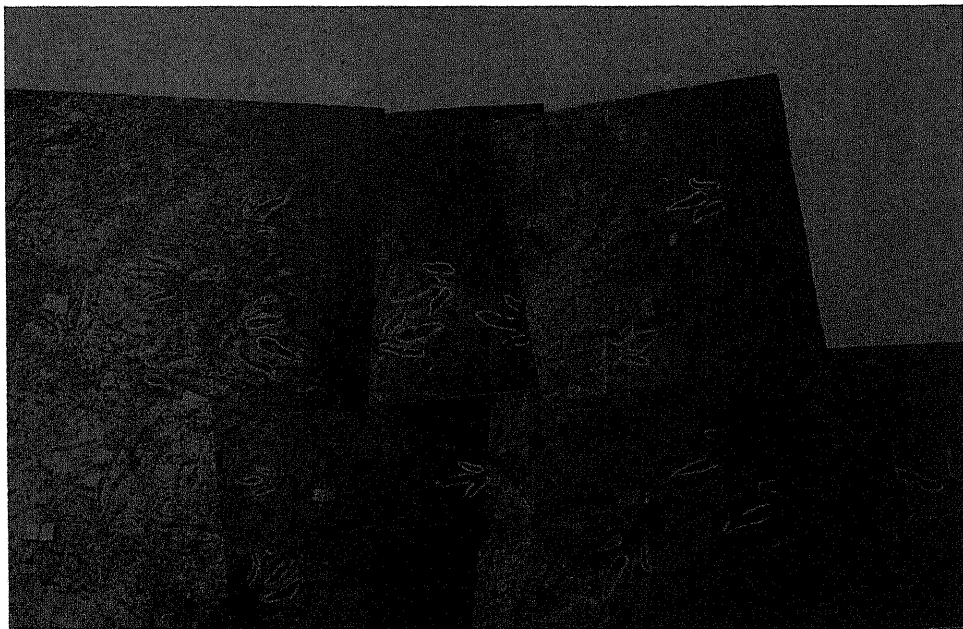


Figura 18: *Grallator lescurei*: pistes.



Figura 19: *Grallator sauclierensis*: vue partielle d'une piste.

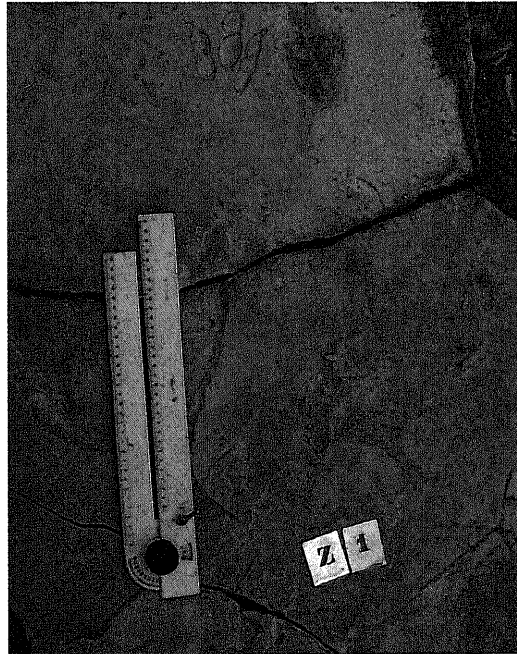


Figura 20:
Grallator variabilis: un pas. On notera
la présence d'une
empreinte de la même ichnoespèce aux
doigts non séparés.

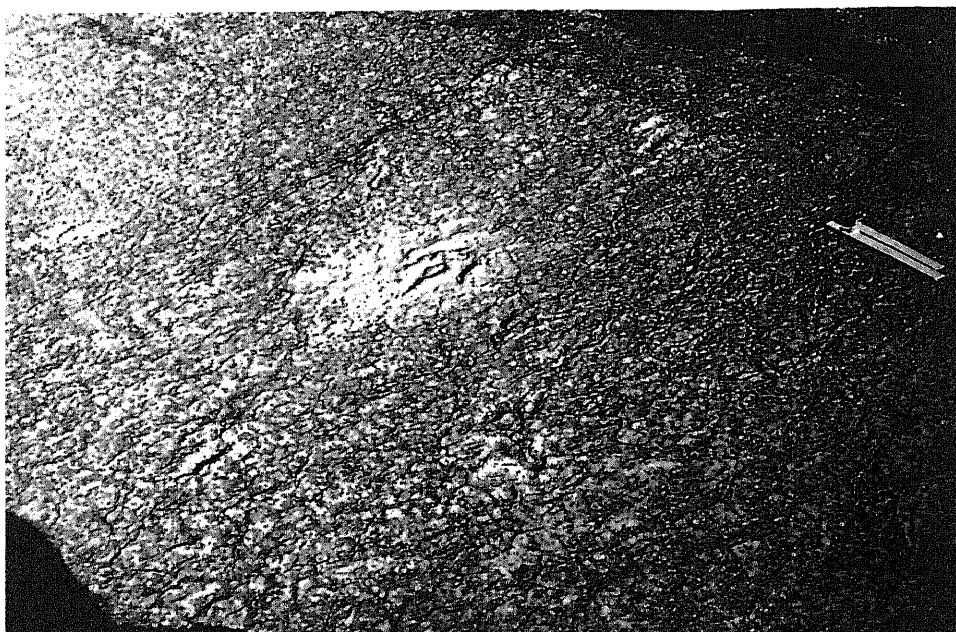


Figura 21: *Grallator minusculus*: une enjambée (Saint-Laurent de Trèves).

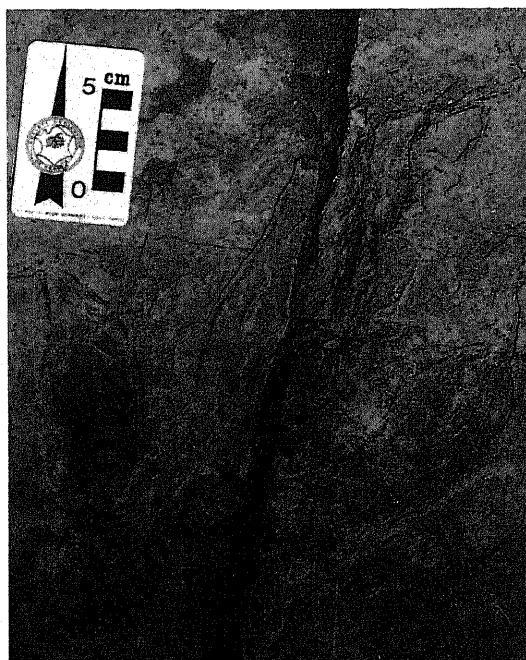


Figura 22:
Dilophosauripus williamsi: une
empreinte de la piste.



Figura 23:
Empreinte isolée, non nommée, attribuable à un Ornithopode.



Figura 24:
Empreinte énigmatique. La digitation postérieure peut être due à la traînée du coussinet proximal du IV sur

COMPARAISONS DES RAPPORTS DES LONGUEURS DES ELEMENTS DES
DIFFERENTES ICHNOESPECES RECENSEES SUR LES CAUSSES (France)

Rapports	N	Moyenne X	Ecart- type S	Variabilité V	Intervalle de confiance pour la moyenne 5%	Corrélation
III/II						
<i>G. lescurei</i>	21	1.64	0.177	10.8	1.56 ; 1.72	0.856
<i>G. saubl.</i>	20	1.40	0.175	12.5	1.32 ; 1.48	0.730
<i>G. minusc.</i>	8	1.31	0.080	6.1	1.24 ; 1.38	0.886
<i>G. variab.</i>	29	1.59	0.156	9.8	1.52 ; 1.65	0.669
<i>Dilo. wil.</i>	6	1.71	0.106	6.2	1.59 ; 1.83	0.620 *
III/IV						
<i>G. lescurei</i>	21	1.37	0.125	9.1	1.31 ; 1.43	0.894
<i>G. saubl.</i>	20	1.21	0.122	10.0	1.15 ; 1.28	0.800
<i>G. minusc.</i>	8	1.10	0.119	10.8	1.00 ; 1.20	0.930
<i>G. variab.</i>	29	1.28	0.165	12.8	1.22 ; 1.35	0.436
<i>Dilo. wil.</i>	6	1.41	0.142	10.1	1.25 ; 1.56	0.133
IV/II						
<i>G. lescurei</i>	21	1.20	0.134	11.2	1.14 ; 1.27	0.866
<i>G. saubl.</i>	20	1.15	0.103	8.9	1.11 ; 1.21	0.890
<i>G. minusc.</i>	8	1.20	0.115	9.6	1.11 ; 1.30	0.841
<i>G. variab.</i>	29	1.25	0.164	13.1	1.18 ; 1.32	0.501
<i>Dilo. wil.</i>	6	1.22	0.082	6.7	1.13 ; 1.31	0.636 *
III/D						
<i>G. lescurei</i>	21	1.70	0.299	17.6	1.57 ; 1.84	0.698
<i>G. saubl.</i>	10	1.77	0.137	7.7	1.67 ; 1.87	0.895
<i>G. minusc.</i>	4	1.83	0.108	5.9	1.66 ; 2.01	0.828
<i>G. variab.</i>	27	1.76	0.183	10.4	1.68 ; 1.84	0.628
<i>Dilo. wil.</i>	6	1.61	0.137	8.5	1.46 ; 1.76	0.247 *
L/W						
<i>G. lescurei</i>	21	1.22	0.153	12.5	1.15 ; 1.29	0.860
<i>G. saubl.</i>	20	1.39	0.225	16.2	1.28 ; 1.50	0.812
<i>G. minusc.</i>	8	1.58	0.093	5.9	1.50 ; 1.66	- 0.650 *
<i>G. variab.</i>	29	1.58	0.137	8.6	1.52 ; 1.64	0.609
<i>Dilo. wil.</i>	6	1.04	0.084	8.1	0.94 ; 1.13	0.800
L/III						
<i>G. lescurei</i>	21	1.35	0.126	9.3	1.30 ; 1.41	0.911
<i>G. saubl.</i>	20	1.48	0.201	13.6	1.38 ; 1.58	0.740
<i>G. minusc.</i>	8	1.48	0.100	6.8	1.39 ; 1.56	0.413 *
<i>G. variab.</i>	29	1.29	0.074	5.7	1.26 ; 1.32	0.815
<i>Dilo. wil.</i>	6	1.31	0.123	9.4	1.18 ; 1.45	- 0.627 *
W/T						
<i>G. lescurei</i>	21	3.63	0.958	26.4	3.22 ; 4.06	0.351 *
<i>G. saubl.</i>	20	2.16	0.512	23.7	1.92 ; 2.40	0.418
<i>G. minusc.</i>	8	5.42	1.151	21.2	4.45 ; 6.38	0.314 *
<i>G. variab.</i>	29	2.18	0.369	16.9	2.04 ; 2.33	0.284 *
<i>Dilo. wil.</i>	6	4.33	0.955	22.0	3.32 ; 5.33	0.730

L = longueur totale de l'empreinte; W = largeur totale; II, III, IV = longueurs des orteils II, III, IV;
D = dépassement de l'orteil III par rapport aux orteils II, IV; T = angle de divergence II - IV.

* à la suite d'un nombre signifie que le coefficient calculé est significatif de non - corrélation au seuil 5%.