Traces de pattes d'oiseaux dans la Molasse suisse

Autor(en): **Weidmann, Marc / Reichel, Manfred**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **72 (1979)**

Heft 3

PDF erstellt am: **24.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-164868

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Eclogae geol. Helv.	Vol. 72/3	Pages 953-971	7 figures et 1 tableau dans le texte et 2 planches	Bâle, novembre 1979

Traces de pattes d'oiseaux dans la Molasse suisse

Par MARC WEIDMANN[1]) et MANFRED REICHEL[2])

«... les pas lents des hérons qui levaient bien haut leurs échasses, laissant au limon de délicates empreintes.»
Charles-Albert CINGRIA: La chanson du renégat. Les Pénates d'Argile, Eggimann, Genève, 1904.

RÉSUMÉ

Description d'empreintes provenant de 11 gisements, dans diverses formations molassiques (Oligocène et Miocène), et appartenant à de nombreuses espèces d'oiseaux, parmi lesquelles dominent les Charadriiformes. Discussion des conditions nécessaires à la réalisation de bonnes empreintes. Questions de déformation syn- et postgénétique. Essai de reconstitution paléo-écologique.

Introduction

Comme le remarque HEER (1872, p. 500), les restes d'oiseaux sont extrêmement rares dans la Molasse: fragments osseux, empreintes de plumes[3]) et quelques œufs (voir tableau). Ces fossiles sont, pour la plupart, encore inédits (Musées de Bâle, Zurich, Lausanne ...) et ceux qui ont été décrits il y a plus d'un siècle n'ont jamais été révisés (SCHEUCHZER 1708 et PEYER 1957; GAUDIN 1854; VON MEYER 1865, 1867; BACHMANN 1878).

Par contre, en Suisse, des traces de pattes ont été signalées au cours des 25 dernières années dans la Molasse d'eau douce inférieure - USM (BRÄM 1954; DE CLERCQ & HOLST 1971) et dans la Molasse marine supérieure - OMM (SPECK 1945; RUMEAU 1954). En fait, ces ichnofossiles sont assez courants, comme en témoignent nos propres récoltes (M.W.), qui sont davantage le fruit du hasard que d'une recherche systématique; cette relative abondance est par ailleurs tout à fait normale au vu des conditions de dépôt de la Molasse.

---

[1]) Musée géologique, Palais de Rumine, 1005 Lausanne.
[2]) Geol.-Paläont. Institut, Bernoullianum, 4056 Basel.

[3]) HEER (1872, pl. XI, fig. 3) figure une empreinte de plume dans un calcaire fin de Öhningen (OSM). L'original de cette figure est introuvable au Musée de Zurich et doit être considéré comme perdu (comm. écrite de K.-A. Hünermann, 20 janvier 1978). Nous avons retrouvé au Musée géologique de Lausanne la contre-empreinte partielle de la plume figurée par HEER (MGL 9977). La fiche du Musée porte la mention: «Don O. Heer.»

Milieu de dépôt, impression et conservation des empreintes

Chacun sait combien les traces d'oiseaux sont fréquentes dans les milieux actuels, et cependant il n'existe pas, à notre connaissance, de monographie exhaustive sur ce chapitre de l'ornithologie. Plusieurs ouvrages abordent le sujet: JAEGER (1948), ENNION & TINBERGEN (1967), BANG & DAHLSTRÖM (1974), etc.

En ce qui concerne les traces fossiles d'oiseaux, on trouvera un bref chapitre dans LESSERTISSEUR (1955) et des indications bibliographiques dans LAMPRECHT (1921) et KUHN (1963).

Les travaux de PLAZIAT (1964), DE RAAF et al. (1965), DEMATHIEU (1978) contiennent de pertinents commentaires sur les conditions nécessaires à la réalisation d'une empreinte fidèle et à sa conservation:

1. Caractéristiques géotechniques du sol bien précises: granulométrie fine à très fine, teneur en eau telle que le sol soit plastique, mais encore relativement élastique[4]). Ces données ne sont bien entendu pas les mêmes s'il s'agit d'un oiseau de 10 g ou d'un dinosaure de 10 t.
2. Consolidation du sédiment juste après l'impression, par dessication et (ou) amorce de cimentation.
3. Apport de sédiment fin qui moule et préserve l'empreinte sans qu'il y ait eu érosion: poussières éoliennes ou boue transportée par des courants faibles, non turbulents.

Toutes ces conditions ont été fréquemment réalisées dans les milieux de dépôt molassiques d'eau douce, saumâtre ou marine. Les bonnes empreintes s'y trouvent donc dans des silts plus ou moins marneux, toujours plaquetés ou feuilletés, formant soit des niveaux de plusieurs décimètres d'épaisseur, soit le sommet d'un cycle gréseux. Les surfaces de couches à empreintes sont très souvent ornées de ripple-marks de courant, d'impacts de gouttes de pluie et (ou) de polygones de dessication.

Ces observations, jointes à l'inventaire des autres fossiles animaux et végétaux, témoignent d'un milieu éco-sédimentaire bien typique: surfaces étendues ou bancs allongés de vases et silts meubles, en bordure de nappes d'eau douce ou salée importantes, à peine émergés ou temporairement recouverts de quelques centimètres d'eau, et contenant une riche endofaune de mollusques, vers, crustacés, etc. C'est le milieu de prédilection des oiseaux limicoles, grands ou petits échassiers, accompagnés souvent d'autres oiseaux d'eau. On les voit parcourir en tous sens ces surfaces à fleur d'eau, y plongeant le bec pour fouiller la vase, «pâturant» ainsi les pieds dans l'eau ou au sec ... et laissant derrière eux d'innombrables empreintes de leurs pattes et de leur bec.

Qualité des empreintes

Les empreintes sont fréquemment incomplètes, du fait que les échassiers de petite taille marchent le plus souvent sur leurs phalanges (doigts) sans prendre appui

---

[4]) Ces considérations s'appliquent aux sédiments molassiques. La genèse des empreintes conservées dans des sédiments plus grossiers (sables notamment) est différente: elle a pu se faire «à sec», comme le remarquent WALKER & HARMS (1972).

sur leur «talon» (extrémité du tarse coiffé d'un bourrelet arrondi): le point d'insertion des doigts ne s'imprime donc pas. Il en est de même à la course, pendant laquelle les doigts sont aussi moins écartés.

Le pouce des limicoles (doigt postérieur) s'observe rarement: il est en effet assez court et peut même être atrophié chez certains d'entre eux. En outre, inséré plus haut que les autres doigts, il ne touche le sol que par son extrémité et n'y laisse qu'une petite empreinte parfois difficile à reconnaître. Dans la marche, sa trace peut s'allonger en laissant un sillon tracé à l'instant où se pose la patte inclinée en avant.

En terrain très mou, l'oiseau tend à écarter les doigts pour augmenter sa portance; la patte s'enfonce davantage et s'imprimera en entier, avec la trace du pouce reliée au centre épaissi de la patte. Mais le doigt médian ne montre alors que sa première phalange, ou même moins; comme c'est sur le médian que s'exerce la plus forte pression pendant la marche, il s'enfoncera parfois trop profondément dans la vase molle pour pouvoir y laisser une empreinte sur toute sa longueur (fig. 5B).

En retirant sa patte enfoncée, l'oiseau va causer des déformations à l'empreinte qu'il vient de faire dans un sol trop plastique et fluant, lequel pourra s'écouler latéralement et combler plus ou moins complètement le creux (fig. 2A).

S'il parcourt une surface à topographie irrégulière (ripple-marks par exemple), l'oiseau imprimera également des traces incomplètes ou déformées, en fonction des variations d'inclinaison de la surface du sol.

Enfin, il est probable que d'autres déformations interviennent lors de la compaction du sédiment et, surtout, lors des stades ultérieurs de l'histoire du bassin. Il s'agit alors de déformations tectoniques, souvent mises en évidence dans nos échantillons (fig. 4B et 7A). Dans ce dernier cas, comme la patte de l'oiseau laisse une trace géométrique simple à paramètres facilement mesurables, il serait facile de déterminer l'ellipsoïde de déformation; nous n'avons pas abordé ce problème, notamment parce que nos échantillons ne sont pas orientés.

En résumé, la qualité d'une empreinte dépendra avant tout de la consistance du sol, mais aussi de l'allure de l'oiseau et des vicissitudes diagénétiques et tectoniques du bassin.

Critères de détermination

Lorsque l'empreinte est complète et laisse voir tous les doigts avec leur ongle, on mesure leurs longueurs [celle du doigt médian est un repère utile, que donne Fatio (1899–1904) pour les formes actuelles] et aussi les angles qu'ils font entre eux. On considère également l'allure et les dimensions générales de l'empreinte, la forme d'une palmure si elle est visible et, dans le cas d'une piste, la longueur du pas.

Ces données ont été comparées à celles fournies par une collection d'empreintes actuelles constituée par l'un de nous (M.R.), un important choix d'oiseaux naturalisés (Musée de Bâle) et enfin avec les mesures se trouvant dans la littérature ornithologique.

Comme on l'a vu ci-dessus, il est assez rare de disposer d'une empreinte parfaite permettant de bonnes mesures et comparaisons. Il importe donc d'apprécier avec prudence les déformations et les lacunes et de pouvoir disposer d'un nombre suffisant d'empreintes pour chaque gisement.

Nomenclature

En ce qui concerne les oiseaux fossiles, on peut considérer que, dès l'Oligocène, tous les ordres actuels des Carinates existaient déjà (KUHN 1971), mais on ne sait que fort peu de choses sur l'extension stratigraphique des genres et même des familles. Quant aux espèces, BALLMANN (1977) estime que la plupart des formes actuelles trouvent leur origine au Pléistocène seulement.

Comme on ignore presque tout de la structure anatomique de la patte des oiseaux du Tertiaire, il est tout à fait illusoire de vouloir attribuer des empreintes à des espèces fossiles connues. C'est pourquoi PANIN & AVRAM (1962) et PANIN (1965) ont proposé pour les traces de vertébrés une nomenclature ichnologique dans laquelle les suffixes -ipedia (ordre), -ipedidae (famille), -ipedinae (sous-famille) et *-ipeda* (genre) sont joints aux noms de formes actuelles: dans l'ordre des Avipedia par exemple, les limicoles constituent la famille des Charadriipedidae et le genre *Charadriipeda* comprendra aussi bien les pluviers et les bécasseaux que les chevaliers. Chaque type d'empreinte présentant des caractères particuliers portera ainsi un nom d'espèce nouveau avec son holotype, localité- et niveau-type, conformément au Code de nomenclature zoologique. Ce système est commode, d'application simple et il dispense en outre de rechercher d'au plus près à quelle espèce actuelle une empreinte fossile pourrait se rattacher, ou du moins ressembler le plus.

Mais il nécessite la création d'un grand nombre de noms nouveaux, il ne tient pas compte des modifications (diagenèse, tectonique, etc.) que les empreintes ont pu subir; en outre, un même oiseau sera l'auteur d'un assez grand nombre d'espèces ichnologiques selon qu'il marche, court, atterrit, s'envole, et ceci sur terrain ferme ou sur sol mou.

Il nous a donc paru préférable de ne pas employer cette nomenclature, mais plutôt de rechercher avant tout jusqu'à quel point les empreintes de la Molasse pouvaient être assimilées à celles d'oiseaux actuels (genre ou même espèce). Nos déterminations seront donc données sous la forme de noms d'oiseaux actuels; bien entendu, ceci n'implique en aucune façon une identité entre les auteurs oligocènes ou miocènes de nos empreintes et les formes récentes, mais tend seulement à suggérer une ressemblance dans la taille et la morphologie des pattes, probablement aussi dans le comportement et le milieu écologique.

Sauf mention spéciale, le matériel étudié et figuré est conservé au Musée géologique de Lausanne sous les numéros 40851 à 40895.

Description des gisements

Chattien

Trois localités nous ont fourni des empreintes dans le «Chattien» supérieur de la Molasse subalpine de Lavaux: elles ont été dégagées lors des travaux de construction de l'autoroute du Léman (N9) et sont actuellement inaccessibles. La situation stratigraphique et tectonique de ces trois localités est donnée dans la figure 36 de MATTER et al. (1980).

1. Chauderon/Grandvaux VD

Base du mur ancré amont de l'autoroute, 250 m au SE du portail oriental du tunnel de Chauderon (coord. 544.815/150.040). Série de 130 cm de marnes calcaires silteuses jaunes-beiges, dures, plaquetées, incluses dans une succession de cyclothèmes marno-gréseux métriques, dont l'un débute par un chenal ravinant de 1 à 3 m d'épaisseur rempli de poudingue fin (éléments de 1 à 3 cm), manifestation très distale des Poudingues du Pélerin. La série plaquetée a livré des empreintes de feuilles (roseaux) et d'oiseaux, de rares moules internes de gastéropodes (*Helix* sp. ?), quelques fragments d'os et une dent de *Crocodilus* sp. On y observe couramment des rides de courant, mud-cracks, gouttes de pluie et pistes de vers.

Les empreintes appartiennent presque toutes à des Rallidés de tailles diverses (fig. 1A, B, C et pl. 2, fig. 3). Une empreinte est attribuable à un Anatidé de la taille du fuligule milouin (fig. 1D).

A l'autre extrémité du tunnel de Chauderon (coord. 544.410/150.365), des marnes calcaires feuilletées grises ont livré une plaque couverte d'empreintes enchevêtrées qui paraissent identiques à celles que DE CLERCQ & HOLST (1971) ont figurées et attribuées à des Rallidés.

2. Les Roches/Epesses VD

Talus amont de la route intercommunale, au-dessus de l'autoroute (coord. 546.690/149.805). Environ 12 m de marnes calcaréo-silteuses dures, roses, jaunes ou grises, plaquetées. Mud-cracks, gouttes de pluie, ripple-marks, empreintes de roseaux, figures de flux (cf. DE CLERCQ & HOLST 1971, fig. 6). Les mêmes couches se

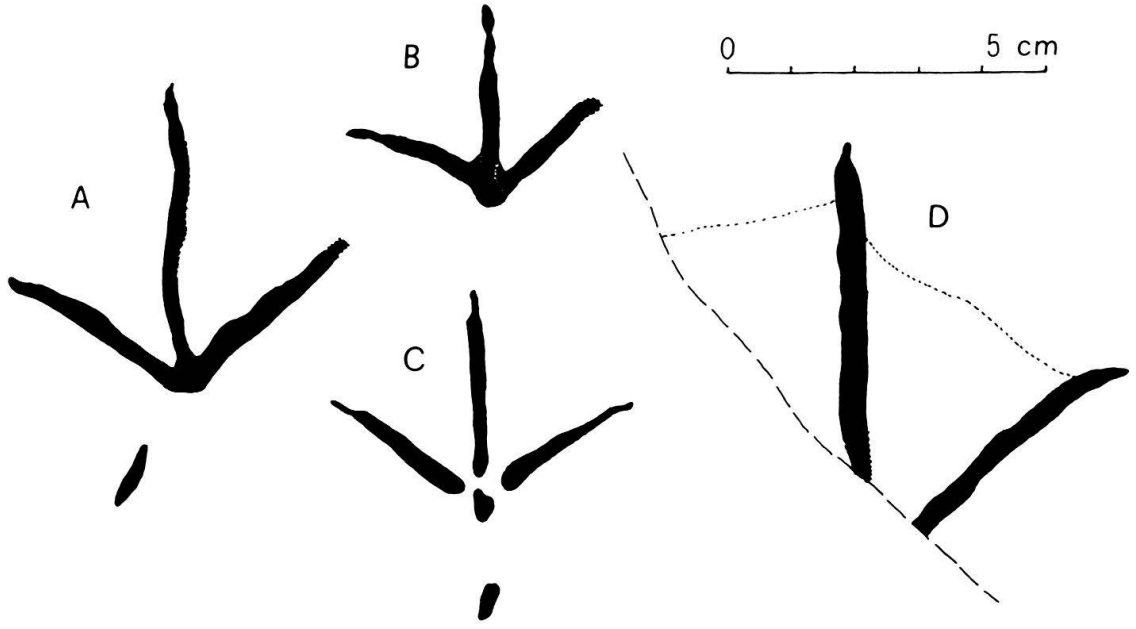


Fig. 1. Chauderon/Grandvaux VD. «Chattien» supérieur

A = (contre-empreinte, 40887). B = (contre-empreinte, 40889) et C = (empreinte, 40886, pl. 2, fig. 3): empreintes isolées de Rallidés de tailles diverses; ongles en général bien marqués, doigts latéraux tendant à se recourber vers l'extérieur, doigt postérieur parfois visible, «talon» (extrémité du tarse) faisant saillie. D = (contre-empreinte, 40887): Anatidé de la taille du fuligule milouin.

prolongent plus bas, au niveau de l'autoroute, où elles ont aussi livré des empreintes d'oiseaux (coord. 546.660/149.765).

Toutes les empreintes sont déformées, s'étant produites dans un sédiment très mou: deux pistes de limicoles, l'une d'un bécasseau ou d'un petit chevalier (fig. 2A

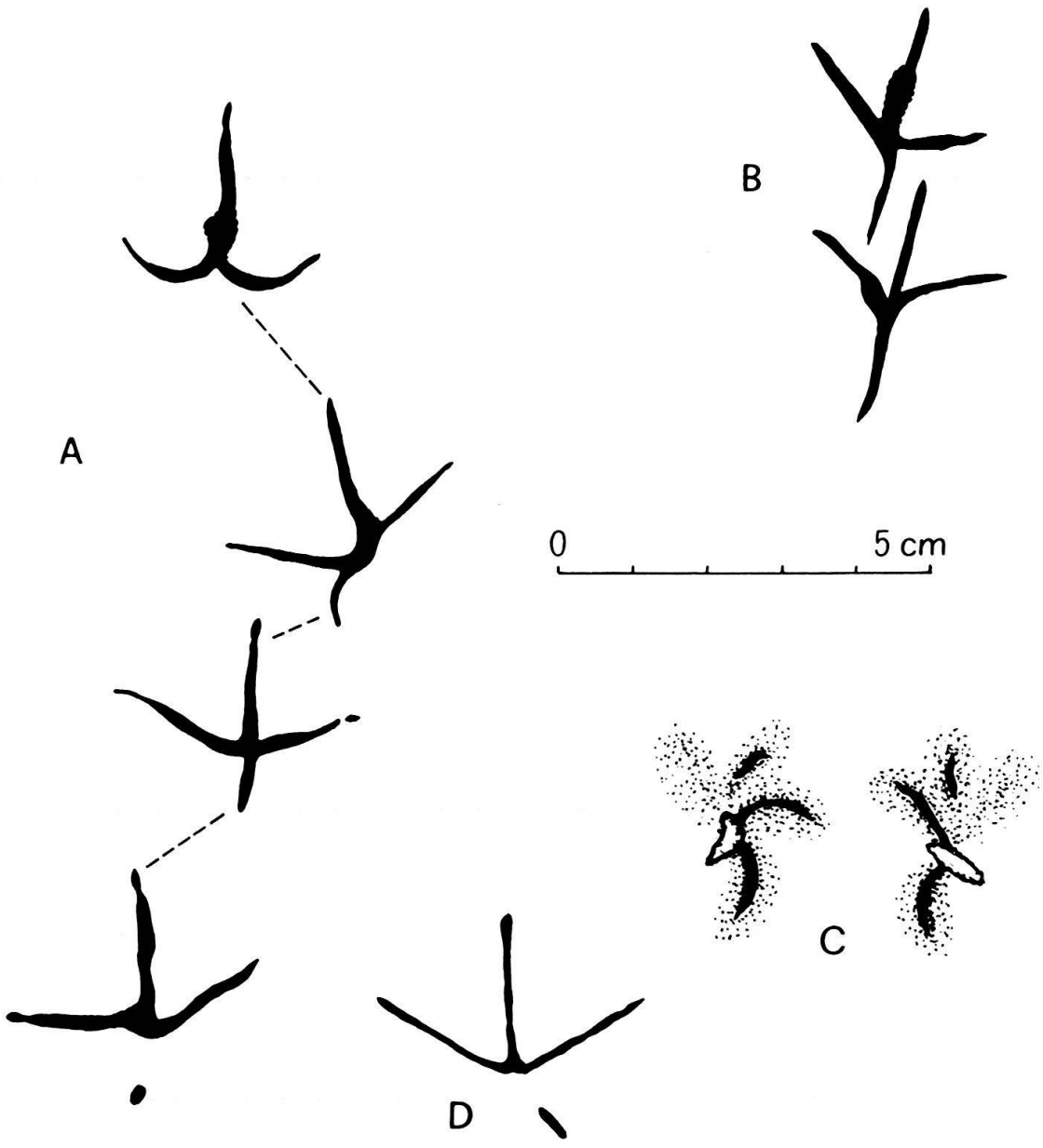


Fig. 2. Les Roches/Epesses VD. «Chattien» supérieur

A = (empreinte, 40891, pl. 1, fig. 3): piste d'un bécasseau ou d'un petit chevalier; empreintes sur sol mou, profondes et partiellement déformées par le retrait de la patte. B = (empreinte, 40891): piste d'un petit oiseau indéterminé à pouce très allongé, empreintes sur sol mou. C = (empreinte, 40890): trace probable de l'atterrissage d'un Passériforme sur sol très mou; taille de la bergeronnette grise. En noir = empreinte nette; en pointillé = dépressions entourant les doigts et seuls vestiges de l'empreinte des doigts externes, comblée par la vase fluante; en blanc = bourrelets en relief sous le point de jonction des doigts (voir pl. 2, fig. 2). Crau Coulet/Epesses VD. «Chattien» supérieur: D = (contre-empreinte, 40892b): empreinte semblable à celle du bécasseau variable, sur sol mou qui s'est refermé, rétrécissant les doigts et leur point de jonction.

et pl. 1, fig. 3), l'autre d'un oiseau indéterminé (fig. 2B). En outre, une trace unique dans notre collection: celle de l'atterrissage d'un Passériforme, reconnaissable aux fortes dimensions de ses ongles et surtout de son pouce, ce qui exclut un limicole; le milieu aquatique de dépôt et les dimensions suggèrent un oiseau proche de la bergeronnette grise (fig. 2C et pl. 2, fig. 2); atterrissage sans doute suivi d'un envol précipité, l'oiseau ayant enfoncé ses pattes dans un sol instable.

3. Crau Coulet/Epesses VD

Le sondage Ep 16 (coord. 547.015/149.626) a traversé entre 13,4 et 24,6 m des marnes et calcaires silteux durs se débitant en plaquettes de 2 à 5 mm d'épaisseur, ornées de diverses structures sédimentaires et de rares fossiles: rides de courant, figures de flux, gouttes de pluie, *Helix* sp. ?, fragments de feuilles et de bois, pistes diverses, dont une forme identique à celle figurée par SEILACHER (1958, tabl. I, fig. 10). L'une de ces plaquettes, à 21 m, porte deux belles empreintes de bécasseau variable (fig. 2D).

Une vingtaine de mètres plus haut stratigraphiquement, les travaux ont dégagé un banc de 25 cm de calcaire lacustre à os de poisson associé à un filon de charbon de 8 à 10 cm et à des marnes argileuses grises pétries d'aiguilles de *Sequoia langsdorfii* et contenant quelques characées *[Nitellopsis (Tectochara) meriani]*.

4. Lammschlucht/Flühli LU

Situé dans la Molasse subalpine et d'âge supposé «Chattien» inférieur-moyen, ce gisement a été découvert par DE CLERCQ & HOLST (1971). Le milieu de dépôt est franchement fluviatile proximal avec de rares et temporaires influences palustres: marnes charbonneuses à empreintes de feuilles et d'oiseaux (voir MATTER et al.

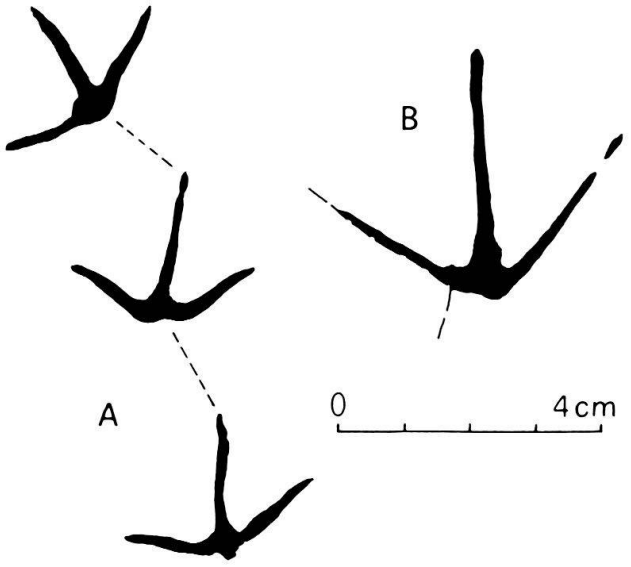


Fig. 3. Fischenbach-Rümlig LU. «Aquitanien» supérieur

A = (contre-empreinte, 40883a): piste d'un limicole de la taille du chevalier guignette, dont le pouce n'aurait pas laissé d'empreinte. B = (contre-empreinte, 40884): limicole de la taille du chevalier aboyeur.

1979, n° 19). L'examen des excellentes photographies publiées par DE CLERCQ & HOLST (fig. 4 et 5) confirme leur détermination et permet de préciser que ces Rallidés pouvaient être de la taille de la marouette ponctuée.

Le gisement (coord. 643.950/197.180) a été récemment bouleversé par la correction de la route de Flühli et il ne nous a pas été possible d'y retrouver d'autres empreintes.

5. Goldau-Rossberg SZ

BRÄM (1954) a découvert dans les blocs «chattiens» de l'éboulement de Goldau, sous l'arête du Rossberg, dans la Molasse subalpine, de nombreuses empreintes de mammifères, reptiles et oiseaux. Nous n'avons pas examiné le matériel original, mais seulement les figures 5 et 6 de l'article cité. Les empreintes de la figure 5 nous paraissent comme à BRÄM, devoir être attribuées à un Gruiforme, dont la taille était inférieure à celle de la grue cendrée. La figure 6 ne permet pas de donner d'autre précision.

Aquitanien

6. Fischenbach-Rümlig LU

Cette excellente coupe est décrite par GASSER (1966, fig. 3) et par MATTER et al. (1980, n° 21). Le niveau à empreintes se trouve au confluent du Rümligbach et du Haselegg-Graben (coord. 653.430/204.950), dans les derniers mètres du cours de ce dernier torrent, en rive droite. On se trouve dans le sommet de la Granitische Molasse («Aquitanien»), environ 80 m sous la transgression de l'OMM (Luzerner Sandstein, «Burdigalien»). Il s'agit d'un niveau d'environ 1 m de marnes argileuses grises, plaquetées, avec lits centimétriques de silts à laminations planes ou en convolute et micro-ripples. Par sa couleur et sa lithologie, ce niveau contraste nettement avec les puissants cyclothèmes fluvio-terrestres jaunes-beiges-rougeâtres de la Granitische Molasse. Peut-être est-il le résultat d'une incursion marine précoce, mais aucune microfaune marine ne vient confirmer cette impression.

Les empreintes de pattes y sont abondantes, mais difficiles à récolter. Elles sont toutes très proches de celles du chevalier guignette (fig. 3A), sauf une, plus grande, qui se rattacherait plutôt au chevalier aboyeur (fig. 3B).

Burdigalien

7. Flon Morand VD

Situé dans la Molasse du Plateau, ce gisement très riche a été découvert et exploité par D. Rigassi (Genève) qui nous a aimablement confié ses récoltes. Le lit du Flon Morand offre une excellente coupe continue de la partie supérieure de l'«Aquitanien» ou Molasse de Lausanne, caractérisé par ses cyclothèmes fluvio-terrestres (BERSIER 1958). Vers la cote 770, un banc de grès glauconieux gris-vert, d'environ 5 m, ravine profondément les termes précédents souvent bigarrés; ce grès contient des fragments d'huîtres et des troncs flottés, il souligne la base transgressive de l'OMM («Burdigalien»). Il est surmonté par 2 m de silts et marnes gris-vert, à

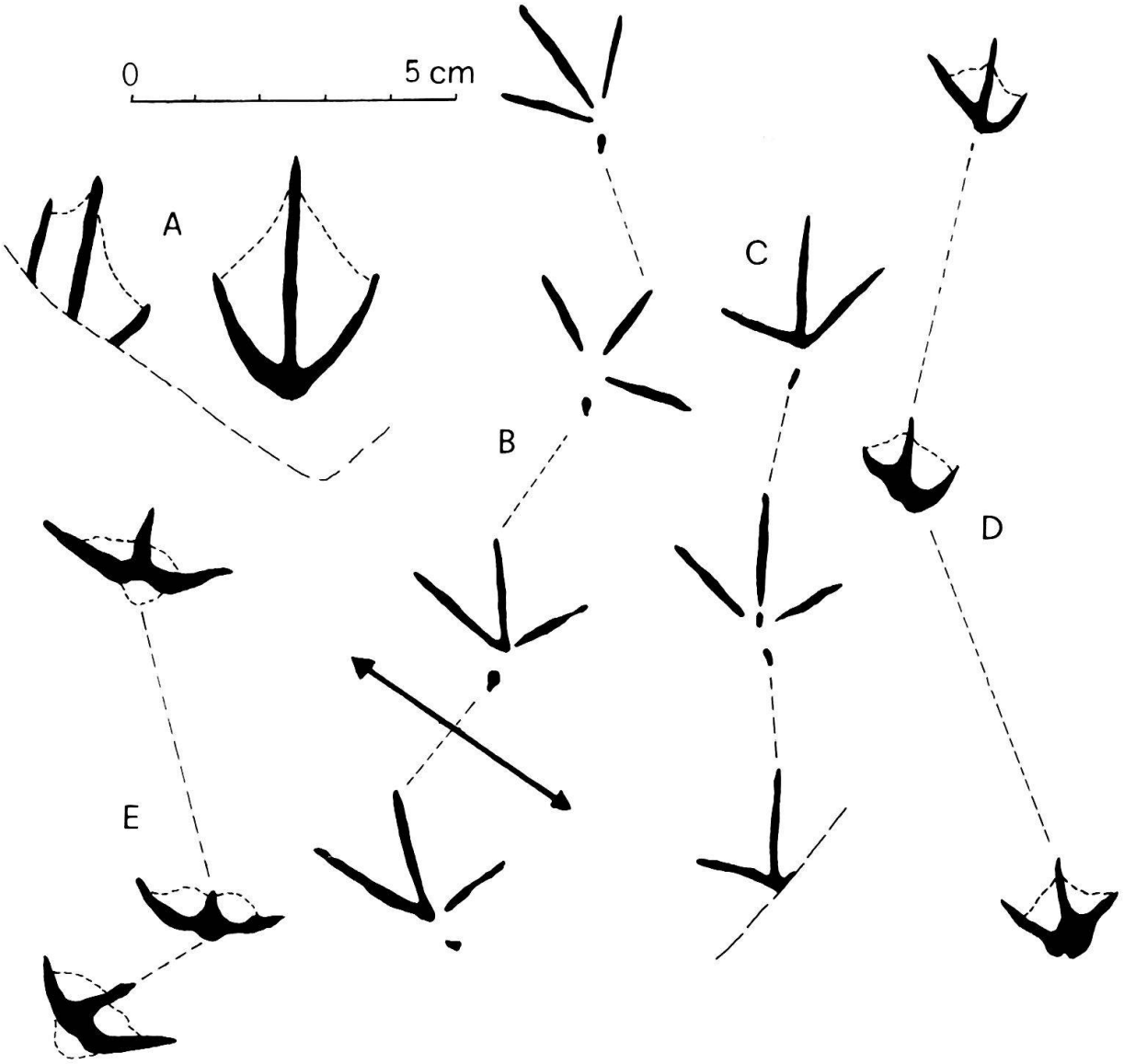


Fig. 4. Flon Morand VD. «Burdigalien» inférieur

A = (contre-empreinte, 40873, pl. 1, fig. 2): Laridé (sterne ou mouette). B = (empreinte, 40853) et C = (empreinte, 40874, pl. 1, fig. 1): pistes de la taille de celle du chevalier guignette. En B, la flèche indique la direction d'étirement tectonique qui a déformé les empreintes et imprimé une linéation bien visible sur l'échantillon. D = (empreinte, 40879) et E = (empreinte, 40851): pistes d'oiseaux indéterminés.

laminations parallèles, se débitant en feuillets de 2 à 10 mm, et qui sont couverts de pistes de vers ou d'oiseaux; les lavages y ont livré de rares foraminifères *(Nonion beccarii, Elphidium crispum)* confirmant le milieu de dépôt marin ou saumâtre. Exploité en rive droite (coord. 155.650/542.170), ce gisement est maintenant partiellement caché par un glissement de terrain.

Sur la cinquantaine d'empreintes examinées, la plupart appartiennent à des petits limicoles de la taille des bécasseaux minutes (fig. 5 et pl. 2, fig. 4) ou variables (fig. 4B), certaines sont identiques à celles du chevalier guignette (fig. 4C et pl. 1, fig. 1), d'autres encore ne sont pas déterminables ou appartiennent à des oiseaux

inconnus (fig. 4D, E). En outre, deux empreintes sont attribuées à un Laridé (sterne ou mouette, fig. 4A et pl. 1, fig. 2).

Signalons encore un échantillon de grès fin, récolté au siècle dernier par H. Golliez et conservé au Musée géologique de Lausanne; il porte de médiocres empreintes de pattes d'oiseaux, non déterminables. Provenance: Chalet des Antels près d'Epalinges (environ coord. 155.650/542.170). Nous n'avons pas retrouvé ce niveau qui appartient également au «Burdigalien» inférieur.

8. Les Ussements VD

Ce gisement a été découvert et décrit par RUMEAU (1954, p. 35, fig. 7 et 8) qui l'attribue à la base du «Burdigalien» (coord. 561.800/181.480). Les empreintes se trouvent à la surface de minces feuillets de marnes silteuses grises (niveau 7 de la fig. 7); les niveaux inférieurs ont livré des foraminifères confirmant un milieu de dépôt marin; par contre, le niveau 8 de marnes argileuses grises et rouges contient des characées, mollusques d'eau douce et dents de poisson (comm. orale de J.-P. Berger, Fribourg): le passage «Aquitanien» - «Burdigalien» n'est donc pas simple dans ce secteur.

Il y a 25 ans, J.-L. Rumeau avait soumis quelques empreintes à l'un de nous (M.R.) qui les avait attribuées à *Erolia (= Calidris) alpina*, le bécasseau variable. Nous avons revu la totalité du matériel conservé au Musée d'Histoire naturelle de Fribourg et, en fait, les empreintes mesurables ont des dimensions qui se rap-

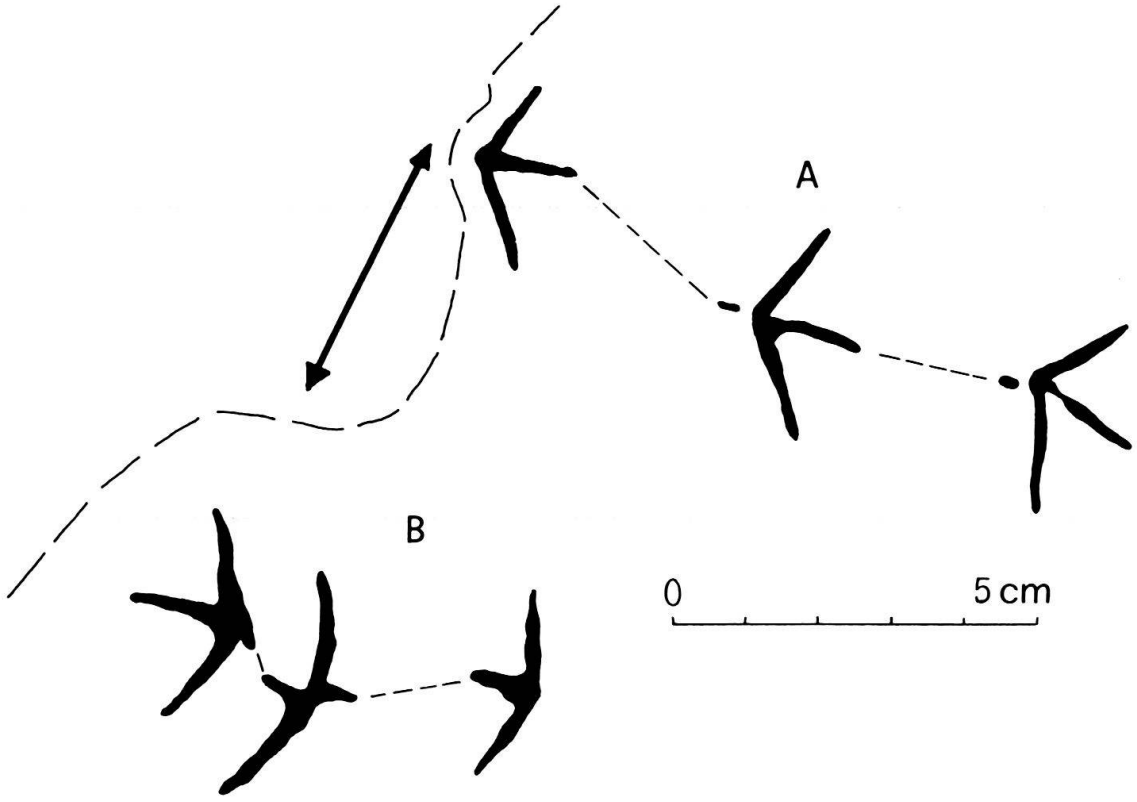


Fig. 5. Flon Morand VD. «Burdigalien» inférieur. Contre-empreinte, 40881: deux pistes de petit bécasseau (taille de *Calidris minuta*) sur la même surface de couche qui était successivement en sol ferme (A) et en sol mou (B). La flèche donne la direction d'étirement tectonique (voir pl. 2, fig. 4).

prochent davantage de celles du bécasseau minute (fig. 6A). Une empreinte peut être celle du petit pluvier à collier (fig. 6B), d'autres encore appartiennent à des oiseaux indéterminés (fig. 6C, D, E).

9. Renggbach LU

La coupe du Renggbach a été figurée par ROESLI (1967) et plus récemment par MATTER et al. (1979, fig. 25 et 31); le passage du Luzerner Sandstein «burdigalien» aux Rotsee-Schichten helvétiennes y est bien visible et fossilifère. En amont du Blatterbrücke (coord. 661.030/210.330), entre ces deux ensembles lithologiques nettement marins, affleurent sur une cinquantaine de mètres d'épaisseur des marnes, silts et grès organisés en petits cycles fluviatiles, avec paléosols et rares mollusques terrestres. Les empreintes se trouvent surtout dans un niveau de grès et silts plaquetés de 1,5 à 2 m, à laminations parallèles ou obliques et ripple-marks; ce niveau peut se suivre sur plusieurs dizaines de mètres. Grâce au pendage vertical et au fait que ces grès se débitent en grandes dalles, on peut non seulement récolter de nombreuses empreintes, mais aussi des pistes qui rendent compte des variations morphologiques que les empreintes d'un même individu peuvent présenter.

Les plus courantes sont celles du bécasseau variable et du chevalier guignette (fig. 7B), d'autres appartiennent au bécasseau minute, une belle piste enfin est attribuable à une avocette (fig. 7A et pl. 2, fig. 1).

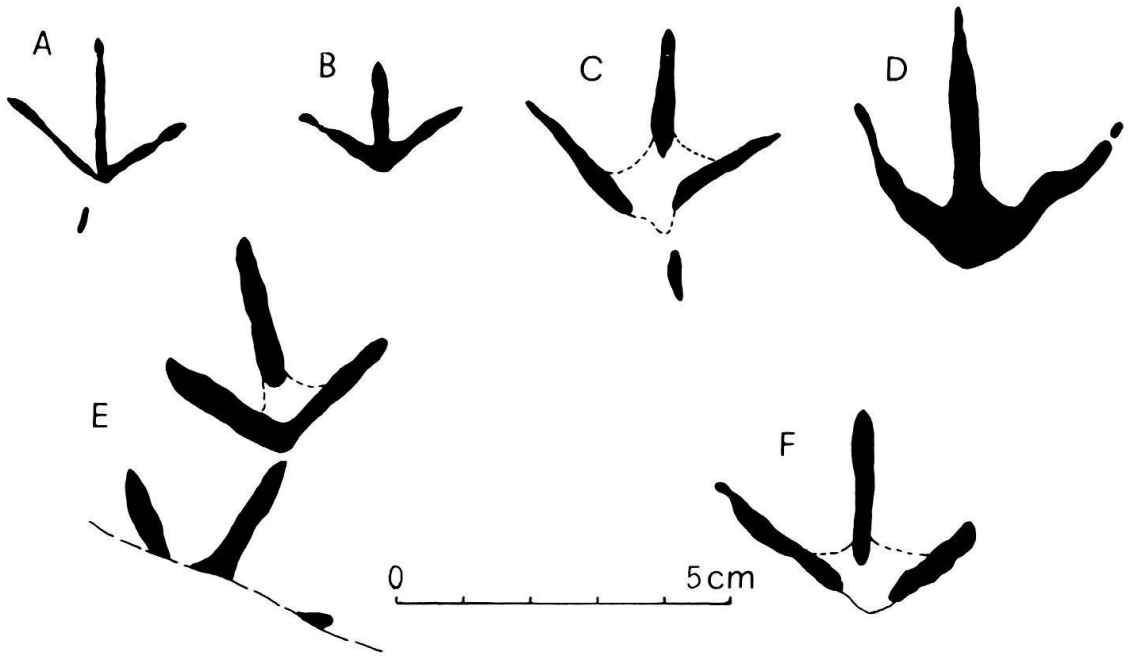


Fig. 6. Les Ussements VD. «Burdigalien» inférieur. Collection Rumeau, Musée d'Histoire naturelle, Fribourg

A = (contre-empreinte, 65): empreinte proche de celle du bécasseau minute. B = (empreinte, sans numéro): empreinte de la taille de celle d'un petit pluvier. C = (contre-empreinte, 111) et F = (contre-empreinte, 103): oiseau indéterminé. D = (empreinte, 97): limicole de la taille d'un vanneau. E = (empreinte, 95): piste avec doigts épais et médian très long rappelant, en plus grand, celle du courvite.

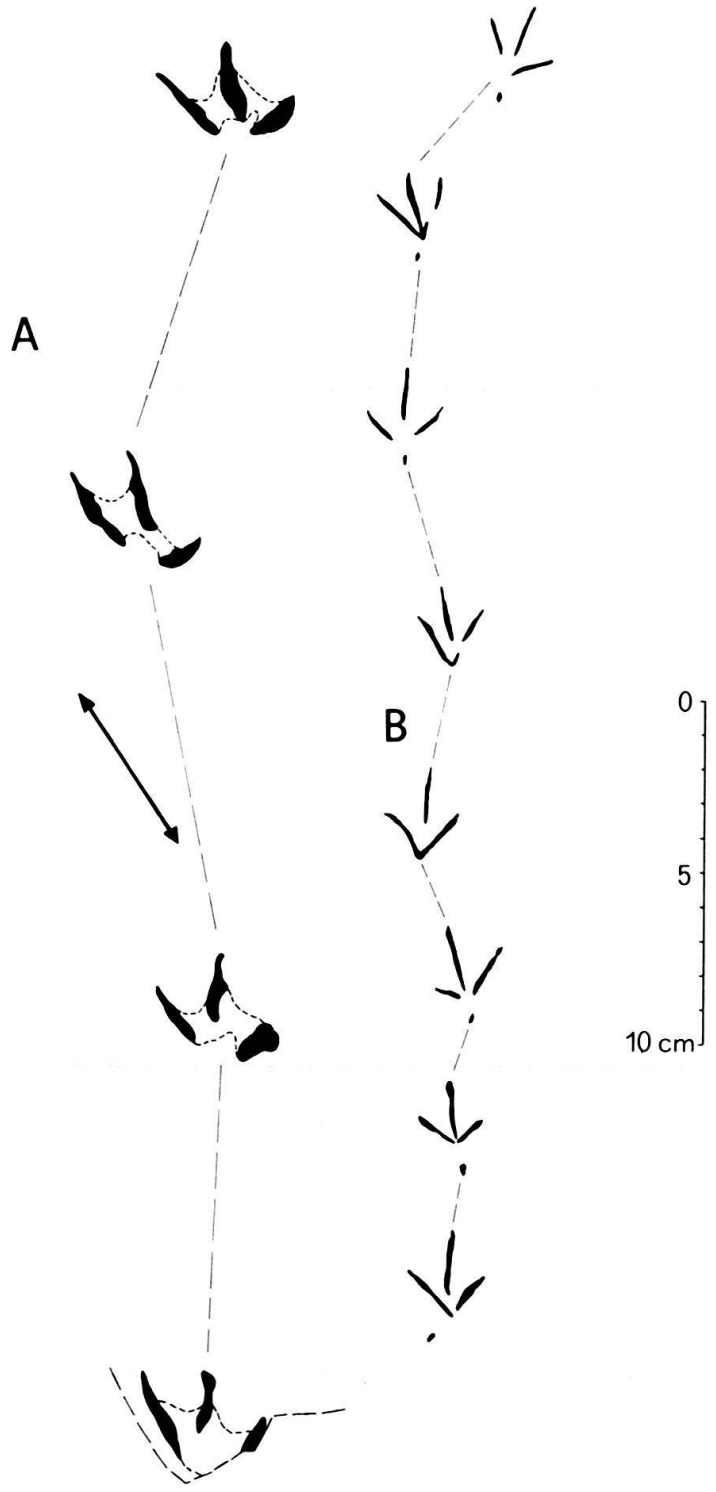


Fig. 7. Renggbach LU. «Burdigalien» supérieur

A = (contre-empreinte, 40893): piste attribuable à un oiseau haut sur patte, voisin de l'avocette, mais de plus petite taille, à palmures incomplètes fortement encochées; les empreintes ont subi une déformation par étirement selon un axe principal (flèche) à peu près parallèle au doigt se trouvant sur la gauche de la piste, dont la trace est allongée, alors que celle du doigt de droite est raccourcie et épaissie (voir pl. 2, fig. 1). B = (empreinte, 40894): piste de la taille de celle du chevalier guignette, qui montre bien les divers aspects que peuvent prendre les empreintes d'un même oiseau.

10. Waldhalde/Sihl ZG

En 1945, SPECK a décrit ce gisement dans le Luzerner Sandstein «burdigalien» (coord. 690.220/226.050) et noté la présence d'empreintes *en pistes*, mais sans les figurer. L'une des trois plaques actuellement conservées au Musée de Zurich a été figurée par PEYER (1950, pl. 16), puis par SPECK (1952) qui les attribua à un seul type d'oiseau, bien que leur aspect soit très différent, dû à une impression dans un sol de consistance variable. Les dimensions sont celles du chevalier guignette. Là où le sol est moins mou les pattes paraissent munies d'une membrane reliant (et entourant même) tous les doigts. SPECK l'admet comme *palmure*. Elle serait cependant d'un type insolite. Le seul petit limicole dont les doigts sont palmés est le *phalarope* voisin des bécasseaux. Mais ses membranes sont lobées et écailleuses.

Cette ligne très nette qui encadre les doigts comme une auréole marquerait peut-être la limite de dispersion des particules de vase chassées vers l'extérieur par l'impact des pas de l'oiseau.

Tortonien

11. Sulzigtobel/Werthenstein LU

Le Père Dr O. Appert a soumis à l'un de nous (M.R.) les photographies de l'empreinte et contre-empreinte d'une trace parfaitement conservée provenant du Sulzigtobel, près de Werthenstein LU, dans la Molasse d'eau douce supérieure (OSM - «Tortonien»). Ses dimensions sont légèrement inférieures à celles de la marouette ponctuée et correspondent exactement à celles du gisement «chattien» du Lammschlucht (DE CLERCQ & HOLST 1971).

12. Risitobel/Stäfa ZH

Au cours d'une récente excursion en compagnie de H. Bürgisser (Zurich), nous avons trouvé quelques médiocres empreintes dans des silts et marnes rouges plaquetés, entre deux épaisses assises de conglomérats (coord. 697.650/233.920). Ce niveau, que nous n'avons pas eu le temps d'exploiter, appartient également à l'OSM - «Tortonien» - et se situe au-dessus de l'Appenzeller Granit.

Conclusions

Le tableau récapitule nos déterminations et autorise quelques remarques générales et préliminaires, vu le petit nombre des localités connues jusqu'ici.

La composition générale de l'«ichno-avifaune» molassique suisse correspond tout à fait à ce qui a été reconnu dans d'autres bassins tertiaires européens (PLAZIAT 1964; DE RAAF et al. 1965; PANIN 1965; TRUC 1978, etc.): les Charadriiformes sont omniprésents et, parmi eux, les bécasseaux et petits chevaliers dominent; on note plus rarement la présence d'autres oiseaux d'eau, tels que les grands échassiers (hérons, grues), des râles, des Anatidés ou des Laridés. Les rapaces, passereaux et en général tous les oiseaux arboricoles sont exceptionnels ou absents. Ce bilan est dicté, comme on pouvait s'y attendre, par les milieux fréquentés par ces oiseaux et par les chances de fossilisation de leurs empreintes, directement liées aux milieux de dépôt.

Dans la Molasse suisse, deux ensembles pourraient être distingués. L'un correspond aux Molasses d'eau douce inférieure et supérieure (USM et OSM) et rassem-

Tableau: *Bilan des connaissances sur les oiseaux fossiles de la Molasse suisse.*

GISEMENTS: 1 - Chauderon/Grandvaux VD 2 - Les Roches/Epesses VD 3 - Crau Coulet/Epesses VD 4 - Lammschlucht LU 5 - Rossberg SZ 6 - Fischenbach-Rümlig LU 7 - Flon Morand VD 8 - Les Ussements VD 9 - Renggbach LU 10 - Waldhalde/Sihl ZG 11 - Sulzigtobel LU			FRAGMENTS OSSEUX, non différenciés	EMPREINTES DE PLUME	OEUFS	TRACES DE PATTES	CHARADRIIFORMES - Scolopacidés	- Charadriidés	- Recurvirostridés	- Laridés	ANSERIFORMES - Anatidés	GRUIFORMES - Gruidés	- Rallidés	PASSERIFORMES - Motacillidés
MIOCENE	OSM	Oehningien	+	+	+									
		"Tortonien"			+	+							11	
	OMM	Helvétien					7 8 9 10 6							
		"Burdigalien"				+		7 8	9	7				
OLIGOCENE	USM	"Aquitanien"			+	+								
		"Chattien"	+	+		+	2 3				1	5	1 4	2
	UMM	"Rupélien"												
		"Latdorfien"												
EOC.	Sidérol.	Eocène sup.	+											

ble des oiseaux affectionnant particulièrement les lieux marécageux continentaux (canards, grues, râles), l'autre correspond à la Molasse marine supérieure (OMM) où se trouvent des oiseaux plus nettement marins. Les petits limicoles, probablement migrateurs dès le début du Tertiaire, sont ubiquistes.

Remerciements

O. Appert (Werthenstein et Madagascar), J.-P. Berger (Inst. géol. Fribourg), B. Engesser (Musée de Bâle), A. Fasel (Musée de Fribourg), K.-A. Hünermann (Musée de Zurich) et J. Speck (Zug) nous ont aimablement communiqué d'utiles renseignements. E. Suter (Musée de Bâle) a mis à notre disposition un important matériel de comparaison. D. Rigassi (Genève) nous a libéralement remis sa collection d'empreintes pour étude et publication. A tous, nous adressons nos chaleureux remerciements.

BIBLIOGRAPHIE

BACHMANN, I. (1878): *Fossile Eier aus der Oberen Süsswassermolasse der Umgebung von Luzern.* - Abh. schweiz. paläont. Ges. *3*, 1-7.

BALLMANN, P. (1977): *Neuere Erkenntnisse über die zeitliche Entstehung der rezenten Vogelarten.* - Mitt. bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol. *17*, 169-175.

BANG, P., & DAHLSTRÖM, P. (1974): *Guide des traces d'animaux.* - Delachaux & Niestlé, Neuchâtel.

BERSIER, A. (1958): *Exemples de sédimentation cyclothématique dans l'Aquitanien de Lausanne.* - Eclogae geol. Helv. *51/3*, 842-853.

BRÄM, H. (1954): *Fährten von Wirbeltieren aus der subalpinen Molasse des Bergsturzgebietes von Goldau.* - Eclogae geol. Helv. *47/2*, 306-316.

CLERCQ, S.W.G. DE, & HOLST, H.K.H. (1971): *Footprints of Birds and Sedimentary Structures from the Subalpine Molasse near Flühli (Canton of Lucerne).* - Eclogae geol. Helv. *64/1*, 63-69.

DEMATHIEU, G. & 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.

ENNION, E.A.R., & TINBERGEN, N. (1967): *Tracks.* - Clarendon Press, Oxford.

FATIO, V. (1899-1904): *Faune des vertébrés de la Suisse* (vol. II, 1 et 2): *Histoire naturelle des oiseaux.* - Georg, Genève/Bâle.

GASSER, U. (1966): *Sedimentologische Untersuchungen in der äusseren Zone der subalpinen Molasse des Entlebuchs (Kt. Luzern).* - Eclogae geol. Helv. *59/2*, 723-772.

GAUDIN, C. (1854): *Débris d'insectes et d'œufs d'oiseaux dans la marne bleue du Tunnel de Lausanne.* - Bull. Soc. vaud. Sci. nat. *3*, 281.

HEER, O. (1872): *Le monde primitif de la Suisse* (Trad. I. DEMOLE). - Georg, Genève/Bâle.

JAEGER, E. (1948): *Tracks and trailcrafts.* - MacMillan, New York.

KUHN, O. (1963): *Ichnia tetrapodorum (VI: Anhang, 2: Vogelfährten).* - Foss. Cat. I: Animalia *101*, 1-176.

— (1971): *Die vorzeitlichen Vögel.* - Neue Brehm Büch. *435*, Wittenberg-Lutherstadt.

LAMPRECHT, K. (1921): *Aves (Spurii pedum).* - Foss. Cat. I: Animalia *12*, 1-104.

LESSERTISSEUR, J. (1955): *Traces fossiles d'activité animale et leur signification paléobiologique.* - Mém. Soc. géol. France [n.s.] *74*, 1-150.

MATTER, A., HOMEWOOD, P., CARON, C., RIGASSI, D., STUIJVENBERG, J. VAN, WEIDMANN, M., & WINKLER, W. (1980): *Flysch and Molasse of Western and Central Switzerland.* - Geology of Switzerland - A Guide Book, 26th int. geol. Congr. Paris, 1980 (sous presse).

MEYER, H. VON (1865): *Fossile Vögel von Radoboy und Oehningen.* - Palaeontographica *14/3*, 125-131.

— (1867): *Über fossile Eier und Federn.* - Palaeontographica *15/5*, 223-253.

PANIN, N. (1965): *Coexistence de traces de pas de vertébrés et de mécanoglyphes dans la molasse miocène des Carpathes orientales.* - Rev. roumaine Géol. Géophys. Géogr. *9/2*, 141-163.

PANIN, N., & AVRAM, E. (1962): *Noi urme de vertebrate în Miocenul Subcarpaților Românești.* - Stud. Cercet. Geol. Geofiz. Geogr. *3/4*, 455-484.

PEYER, B. (1950): *Geschichte der Tierwelt.* - Gutenberg, Zürich.

— (1957): *Protornis glaronensis H. V. Meyer. Neubeschreibung des Typusexemplares und eines weiteren Fundes.* - Schweiz. paläont. Abh. *73*, 1-47.

PIVETEAU, J. (1955): *Traîté de paléontologie* (tome V): *Amphibiens, Reptiles, Oiseaux.* - Masson, Paris.

PLAZIAT, J.-C. (1964): *Pistes d'oiseaux et remaniements synsédimentaires dans le Lutétien du Détroit de Carcassonne (Aude).* - Bull. Soc. géol. France (7), *6*, 289-293.

RAAF, J.M.F. DE, BEETS, C., & KORTENBOUT VAN DER SLUIS, G. (1965): *Lower Oligocene birdtracks from Northern Spain.* - Nature *207*, 146-148.

ROESLI, F. (1967): *Luzern-Alpnachstad.* In: Exkursion 33: *Luzern-Brünig-Meiringen.* - Guide géol. Suisse, 2e éd. *7*, 583-589 (Wepf, Basel).

RUMEAU, J.-L. (1954): *Géologie de la région de Payerne.* - Thèse Univ. Fribourg, Crépin-Leblond, Paris.

SCHEUCHZER, J.J. (1708): *Piscium querelae et vindiciae.* - Zurich.

SEILACHER, A. (1958): *Zur ökologischen Charakteristik von Flysch und Molasse.* - Eclogae geol. Helv. *51/3*, 1062-1078.

SPECK, J. (1945): *Fährtenfunde aus dem subalpinen Burdigalien und ihre Bedeutung für Fazies und Paläogeographie der oberen Meeresmolasse.* - Eclogae geol. Helv. *38*, 411-416.

— (1952): *Erdgeschichtliches Werden.* In: *Das Buch vom Lande Zug.* - Zuger Njbl. *1952*, 17-24.

TRUC, G. (1978): *Lacustrine sedimentation in an evaporitic environment: the Ludian (Paleogene) of the Mormoiron basin, southeastern France.* - Int. Assoc. Sediment. Spec. Publ. *2*, 189-203.

WALKER, T.R., & HARMS, J.C. (1972): *Eolian origin of flagstone beds, Lyons Sandstone (Permian), type area, Boulder County, Colorado.* - Mount. Geol. *9*, 2/3, 279-288.

Planche 1

Fig. 1 Flon Morand VD. «Burdigalien» inférieur. Contre-empreinte, 40874: piste de la taille de celle du chevalier guignette. Voir figure 4C.

Fig. 2 Même gisement. Contre-empreinte, 40873: empreintes de Laridé, avec impacts de gouttes de pluie. Voir figure 4A.

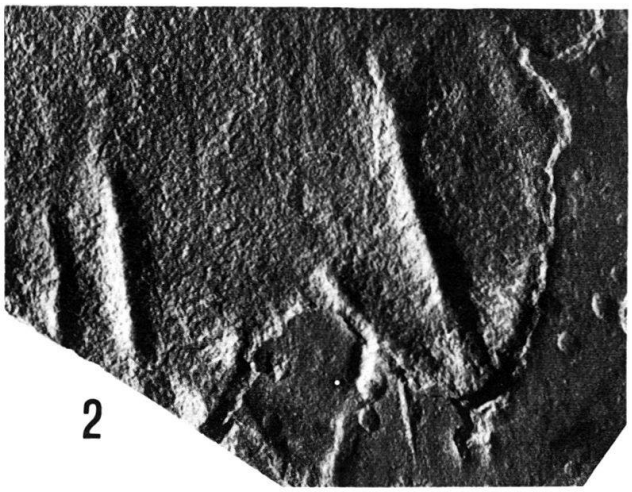
Fig. 3 Les Roches/Epesses VD. «Chattien» supérieur. Empreinte, 40891: piste d'un bécasseau ou d'un petit chevalier. Voir figure 2A.

Echelle: 5 cm.

Photographies D. Glauser, Ste-Croix.

1

3



2

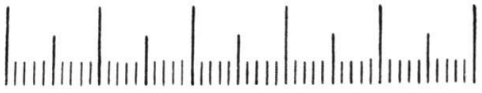


Planche 2

Fig. 1 Renggbach LU. «Burdigalien» supérieur. Contre-empreinte. Vue partielle de la dalle 40893 avec 4 pas de la piste d'un oiseau voisin de l'avocette (fig. 7A) et d'autres empreintes de petits limicoles. Noter les ripple-marks orientés «SW-NE» et une linéation d'entirement orientée «NW-SE».

Fig. 2 Les Roches/Epesses VD. «Chattien» supérieur. Empreinte, 40890: traces probables de l'atterrissage d'un Passériforme de la taille de la bergeronnette grise. Voir figure 2C.

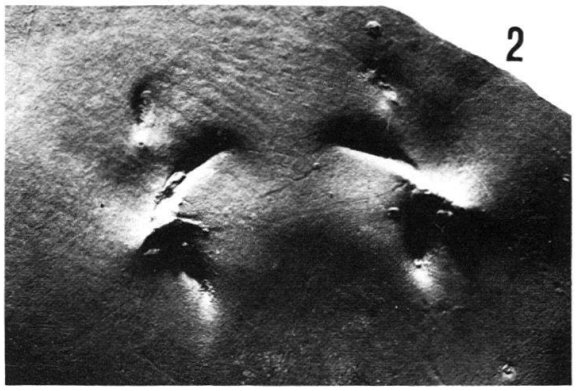
Fig. 3 Chauderon/Grandvaux VD. «Chattien» supérieur. Contre-empreinte, 40886: Rallidé. Voir figure 1C.

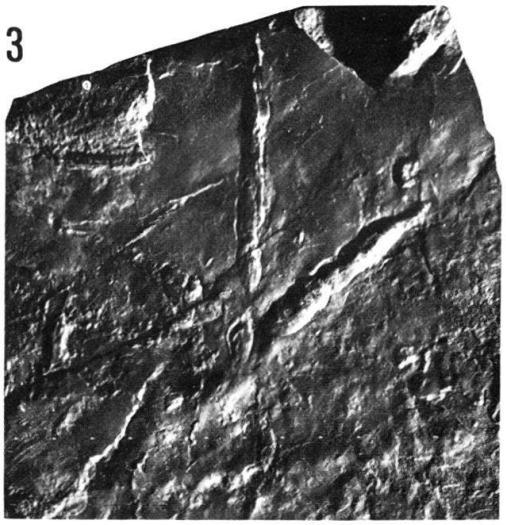
Fig. 4 Flon Morand VD. «Burdigalien» inférieur. Contre-empreinte, plaque 40881. A gauche: deux pistes de petit bécasseau (voir fig. 5A, B). A droite: diverses empreintes de petits limicoles. Noter la linéation d'étirement orientée «NNW-SSE». Dimensions de la plaque: 280 × 245 mm.

Echelles: 5 cm (même échelle pour 2 et 3).

Photographies D. Glauser, Ste-Croix.

1


2


3

4