



Piste de Périssodactyles de la dalle de la carrière de Viens.

LES PISTES ET EMPREINTES DE MAMMIFÈRES DE L'OLIGOCÈNE ANCIEN DE VIENS (VAUCLUSE)

Loïc COSTEUR* & Claude GUÉRIN*

RÉSUMÉ

Deux gisements situés au cœur du bassin d'Apt-Forcalquier (Vaucluse, SE de la France), datés de la base de l'Oligocène inférieur, ont révélé une importante ichnofaune. Le premier site, à Gignac-Viens, a livré quatre types d'ichnites de mammifères:

- Ronzotherichnus voconcense Demathieu et al., 1984; empreintes attribuables au périssodactyle Ronzotherium Aymard, 1854;
- Bifidipes velox Demathieu et al., 1984; traces d'artiodactyles de taille moyenne, peut-être de la famille des Gelocidae;
- une nouvelle ichnoespèce pouvant appartenir au grand artiodactyle *Entelodon* Aymard, 1847;
- une empreinte indéterminée, probablement de carnivore.

Le second site, toujours à Viens, a également livré *Ronzotherichnus voconcense*, d'autres empreintes de la famille des *Rhinoceratichnidae* ainsi que des empreintes de périssodactyles indéterminables.

L'étude ichnologique, conjuguée avec des données sédimentologiques, atteste d'un environnement ouvert, de type savane, recouvert d'étendues d'eaux lacustres et palustres à niveau variable selon l'évolution du climat.

La mise en évidence d'une direction privilégiée des pistes vers le nord-ouest suggère que les animaux se dirigeaient vers un point d'eau. Enfin, les associations de pistes de périssodactyles témoignent d'une vie en groupe d'au moins quatre individus chez certains des premiers Rhinocérotoïdés d'Europe occidentale.

ABSTRACT

The tracks and mammal's footprints of former Oligocene in Viens (Vaucluse).

Two localities, within the Apt-Forcalquier basin (Vaucluse, SE France), both dated from the lowermost Oligocene, have yielded an important ichnofauna.

The first site, located in Gignac-Viens, yielded four types of mammals' ichnites:

- Ronzotherichnus voconcense *Demathieu* et al., 1984; footprints that can be ascribed to the Perissodactyla Ronzotherium Aymard, 1854;
- Bifidipes velox Demathieu et al., 1984; ichnites of a medium sized Artiodactyla, perhaps a Gelocidae;
- a new ichnospecies probably belonging to the large Artiodactyla Entelodon Aymard 1847;
- a single undetermined footprint, possibly of a Carnivora

The second site, again in Viens, yielded Ronzotherichnus voconcense as well as other undeterminable Perissodactyla tracks.

The ichnological study, together with sedimentological data, shows evidence of an open savanna-like environment with lacustrine and paludal pools, whose water level fluctuates following climatic variations.

From a paleobiological point of view, the main direction of the trackways toward the Northwest suggests that the animals were heading to the pools. Finally, the association of several Perissodactyla trackways attests of a life in small groups of at least four individuals for some of the first Rhinocerotoidea of Western Europe.

^{*} UMR 5 125 « Paléoenvironnements et paléobiosphère », Université Claude Bernard Lyon 1.24-43 bd du 11 novembre 1918, 69 100 Villeurbanne Cedex.

I. INTRODUCTION

Cet article est le résumé d'un mémoire de Diplôme d'études approfondies (DEA) en paléontologie réalisé à l'université Claude Bernard Lyon 1 (Costeur, 2001). Il s'inscrit dans l'étude générale des empreintes de pas de vertébrés découvertes dans le Parc du Luberon initiée par Demathieu *et al.* (1984). Rappelons que la discipline paléontologique qui traite des traces (de vertébrés comme d'invertébrés) se nomme l'ichnologie.

Les empreintes découvertes en 1968 à Viens par un groupe de l'association des Excursionnistes provençaux, ainsi que celles signalées en 1998 par M. Colin et dégagées par les soins des géologues du Parc en 2000, toujours à Viens, ont fait l'objet de ce travail.

Cinq types de traces ont pu être mis en évidence dans les deux gisements; nous préciserons tout d'abord la position stratigraphique et la géologie des deux sites, puis nous en ferons l'étude ichnologique en abordant successivement les empreintes d'animaux périssodactyles, artiodactyles et carnivores. Nous verrons également en quoi ces ichnites présentent un intérêt paléoenvironnemental et paléobiologique.

Les deux gisements se situent sur le territoire de la commune de Viens; le premier est désigné GV pour « Gignac-Viens » puisqu'il se trouve à environ 1 km au sud du village de Gignac (environ 10 km au nord-est d'Apt), en bordure du chemin de grande randonnée GR6-GR97. Le second est nommé CaV (pour « carrière de Viens »), il s'ouvre en effet dans la carrière d'argile de Triclavel dont l'exploitant est M. Piétri, environ 2,5 km au nord-est de Viens (environ 15 km au nord-est d'Apt).

GV se présente sous la forme de deux dalles, GV1 et GV2, appartenant au même niveau et séparées par le GR; ce banc présente un pendage d'environ 15° vers le Sud et 203 empreintes de mammifères y ont été relevées. Signalons que la surface de GV2 est environ trois fois plus grande que celle de GV1.

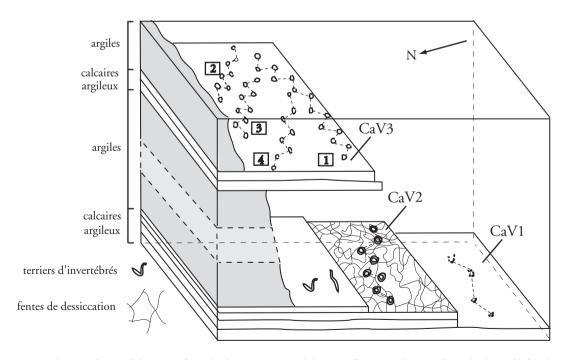


Fig. 1 : schéma synthétique de la carrière de Triclavel à Viens montrant l'alternance des passées calcaires et des argiles (la couche d'argile centrale mesure 10 à 15 m d'épaisseur) et la succession des trois dalles à empreintes.

CaV présente quant à lui deux niveaux de bancs calcaires séparés par une épaisse passée d'argile (Fig. 1). Au sein du premier (au bas de la carrière), deux bancs (CaV1 et CaV2) ont montré des empreintes; le second (en haut de la carrière) a fourni un banc (CaV3) à ichnites. Au total, 119 empreintes ont été relevées mais d'autres, plus difficilement observables, existent sur CaV1 et CaV2.

II. POSITION STRATIGRAPHIQUE

Le site de Gignac-Viens se situe dans les calcaires de la Fayette supérieurs qui ont été datés grâce aux invertébrés continentaux (*Limnea longiscata, Potamides laurae, Nystia duchasteli*) du Stampien inférieur ou encore du Rupélien inférieur (Cavelier, 1979), c'est-à-dire de la base de l'Oligocène inférieur. Ils se situent dans la zone mammalienne paléogène MP21 dite de Soumailles (Aguilar *et al.*, 1997). Demathieu *et al.*, 1984 les avaient placés dans le niveau de Ronzon qui a été réuni avec celui de Soumailles par la suite (Aguilar *et al.*, 1997). Les calcaires de la Fayette supérieurs sont immédiatement postérieurs à la limite Éocène-Oligocène, la « Grande Coupure » de Stehlin (1909), et représentent donc la première formation de l'Oligocène après le Ludien supérieur (Roch, 1967) dans le Parc du Luberon (Fig. 2).

Le second site, CaV, appartient aux argiles de Pradengue elles aussi d'âge stampien inférieur, formation qui succède directement aux calcaires de la Fayette supérieurs (Cavelier *et al.*, 1984). Cet âge stampien est corroboré par la découverte dans la carrière d'argile de Viens d'une demi-mandibule du Rhinocérotidé *Ronzotherium velaunum*.

A G E S	ÉPOQUE	ÉTAGE	MP	LOCALITÉ-TYPE	FORMATIONS APT
-33	OLIGOCÈNE INFÉRIEUR	STAMPIEN inférieur	21	SOUMAILLES	Marnes de Pradengue Calcaires de la Fayette supérieurs
-34	ÉOCÈNE SUPÉRIEUR	LUDIEN	20 19 18 17b 17a	ST-CAPRAISE D'EYMET ESCAMPS LA DEBRUGE PERRIERE FONS 4	Calcaires de la Fayette inférieurs Marnes à gypse de Gargas Calcaires à Cyrènes Lignites de la Débruge Sables glauconnieux

Fig. 2: échelle stratigraphique de l'Éocène supérieur à l'Oligocène inférieur présentant les niveaux repères mammaliens (MP) ainsi que leurs localités-types. Les formations du bassin d'Apt y figurent également (modifié d'après Cavelier et al., 1984).

III. GÉOLOGIE

Tous les niveaux sur lesquels ont été reconnues des empreintes de pas sont constitués de calcaires lacustres, cependant quelques différences existent entre les deux gisements:

- le niveau à ichnites de GV est formé d'un calcaire grisâtre micritique compact (boue carbonatée finement cristalline). Il porte également de très nombreuses tubulures millimétriques dues à des gastéropodes lacustres et à des tiges de plantes apparentées aux joncs qui poussaient dans les lacs et marécages (Bessonnat *et al.*, 1969).

- Les trois dalles à empreintes de CaV sont formées d'un calcaire argileux micritique de couleur blanchâtre; plus friable car plus argileux que celui de GV. Les niveaux CaV1 et CaV2 sont séparés de CaV3 par une couche d'argile rouge-brun plastique d'environ 10 à 12 m d'épaisseur. CaV1 et CaV2 portent en outre, d'autres figures, d'origine climatique: des fentes de dessiccation ou encore de retrait qui ont craquelé le sol après assèchement. (Photo 1)

Photo 1 : empreinte de périssodactyle recoupée par des fentes de dessiccation. L'échelle est donnée par le double décimètre.

IV. ÉTUDE ICHNOLOGIQUE

Cinq types d'empreintes de pas de mammifères ont été observés. Elles sont décrites dans l'ordre systématique c'est-à-dire en respectant les règles de la classification des traces de vertébrés initiées par Vialov (1966).

I. Groupe périssodactyloïde

Ce groupe, défini en 1984 par Demathieu *et al.*, permet d'attribuer les empreintes à des périssodactyles.

Classe: Mammalipedia Vialov, 1966.

Ordre: Perissodactypedida Vialov, 1966.

Ichnofamille: Rhinoceratichnidae Demathieu et al.,

1984.

Ichnogenre: Ronzotherichnus Demathieu et al., 1984.



Photo 2: empreinte de périssodactyle Ronzotherichnus voconcense Demathieu et al., 1984.

a. Ronzotherichnus voconcense Demathieu et al., 1984 (Photo 2)

Les empreintes et les pistes

Sur l'ensemble des deux sites (sur GV1, GV2 et CaV1), 32 empreintes sont attribuables à l'ichnoespèce Ronzotherichnus voconcense définie sur le site de Saignon près d'Apt en 1984 par Demathieu, Ginsburg, Guérin & Truc (Nury & Conesa, 2000). Il s'agit de traces tridactyles, toujours en épireliefs concaves (toujours imprimées en creux dans le sédiment), montrant les empreintes de trois sabots de forme elliptique, sabots définis comme étant les doigts II, III et IV du pied de l'animal (Fig. 3). Les sabots II et IV convergent vers le sabot médian III à l'avant de l'empreinte. La trace de la main apparaît rarement (seules trois ichnites au total montrent à la fois le pied et la main) indiquant que l'animal posait le pied exactement dans l'empreinte laissée par la main au cours de la marche.

19 des 32 ichnites de cette espèce se présentent en 3 pistes respectivement de 3, 10 et 6 empreintes.

La piste de 3 traces, nommée **piste K** (sur GV2), est de mauvaise qualité, on ne la distingue que très faible-

ment, un sédiment trop ferme lors du passage de l'animal et l'érosion n'ont pas permis une bonne préservation. Elle se dirige vers le sud-sud-est.

La piste de 10 empreintes, nommée **piste F** (sur GV2), en présente 5 complètes ce qui a permis de les mesurer dans de bonnes conditions. La voie mesure 8 m de long, elle est croisée (les empreintes sont distribuées de part et d'autre de l'axe de la piste) et régulière (les traces sont situées à des distances presque égales les unes des autres). Elle a une direction nord-nord-ouest.

La piste de six empreintes, nommée **piste N1** (sur CaV1), est remarquable dans la mesure où elle présente deux couples main-pied. Elle est croisée et régulière et les traces des sabots sont généralement entourées de petits bourrelets de boue attestant l'état partiellement humide du sol lors du passage de l'animal. La voie se dirige vers l'ouest. Les moyennes des mesures de chaque caractère des empreintes des deux dernières pistes sont consignées dans le tableau 1.

Le tableau 2 présente quant à lui les valeurs mesurées sur les pistes, ces paramètres sont expliqués par la figure 4a.

Caractère	N Piste F	Moyenne Piste F	N Piste N1	Moyenne Piste N1
L	4	169,75	?	?
1	6	156,8	3	158
KII	6	48	4	56
kII	6	28,17	4	29,3
KIII	9	29,9	4	38,3
kIII	9	60,9	4	66,3
KIV	6	49	3	55
kIV	6	25,7	2	28,5

Tableau 1 : moyennes des paramètres mesurés sur les empreintes des pistes F et N1 (en mm; les paramètres sont ceux de la figure 3). N: nombre d'empreintes mesurées.

Pistes	Pas	Pas oblique	Enjambée	Largeur ext.	Angle du pas
F	66,8	78,6	141,5	?	?
N1	67	77,3	145,5	47,5	126,5

Tableau 2: moyennes des paramètres mesurés sur les pistes F et N1 (en cm, et en degrés pour l'angle).

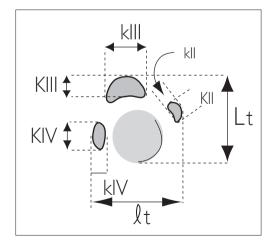
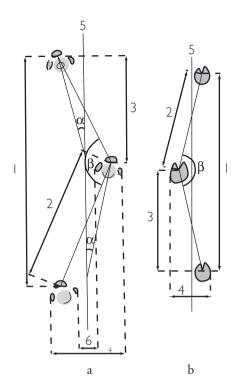


Fig. 3: schéma d'une empreinte Ronzotherichnus montrant les trois sabots et la sole plantaire au centre. K représente la longueur des sabots et k leur largeur. L et l sont respectivement la longueur et la largeur de l'empreinte.



- 1. L'enjambée.
- 2. Le pas oblique.
- 3. Le pas (non oblique).
- 4. La largeur extérieure de la piste.
- 5. L'axe de la piste.
- 6. La largeur intérieure ou lumière de la piste.
- a. L'angle de divergence de l'empreinte avec l'axe de la piste.
- β. L'angle du pas.

Fig. 4: paramètres mesurés sur les pistes de périssodactyles (a) et d'artiodactyles (b) (modifié d'après Léonardi, 1987).

Estimation des proportions des auteurs des pistes K, F et N I

Les proportions des animaux responsables des pistes relevées sont estimées à partir des paramètres des pistes (Tableau 2) Les méthodes de calculs sont exposées par Demathieu (1970).

Ici, les animaux étaient à peu près de la même taille pour les trois pistes, ils avaient un corps long d'environ 205 à 215 cm sans la queue, pour une hauteur au garrot d'environ 120 à 150 cm. Leurs membres antérieurs et postérieurs mesuraient respectivement 100 à 120 cm et 110 à 140 cm.

Attribution systématique

Comme celles du gisement de Saignon (Demathieu et al., 1984), les empreintes de pas ici étudiées sont attribuables au premier Rhinocérotidé d'Europe occidentale, arrivé par migration d'Asie au tout début de l'Oligocène (Prothero et al., 1989): le genre Ronzotherium Aymard, 1854. La forme elliptique des empreintes des sabots est typique des sabots de Rhinocerotoidés, et non d'Hippomorphes tels que

Palaeotherium, par ailleurs presque totalement disparu après la « Grande Coupure » (Bessonnat, Dughi & Sirugue, 1969). De plus, une demi-mandibule de Ronzotherium a été découverte dans la carrière de Viens (CaV) en 1973 attestant la présence de l'animal dans la région à cette époque (Demathieu et al., 1984).

b. Ichnogenre indéterminé

Une piste de 9 empreintes a été découverte sur le niveau CaV2 de la carrière de Triclavel. La qualité des traces est altérée par la présence de gros bourrelets de boue les entourant et rendant l'identification impossible. Toutefois, on peut reconnaître, dans certaines des ichnites, des formes elliptiques rappelant les traces des sabots précédentes, donc cette piste est classée dans le groupe périssodactyloïde mais reste indéterminée au niveau générique et spécifique. Elle ne peut être attribuée à un animal connu.

La **piste nommée N2** peut également être qualifiée de croisée et régulière et possède une direction NO-SE. Les moyennes des paramètres mesurés sur cette piste sont présentées dans le tableau 3.

Pistes N2	Pas	Pas oblique	Enjambée	Largeur ext.	Angle du pas
Moyenne des	67,7	74,3	130,3	54	131,5
paramètres					

Tableau 3: moyennes des paramètres mesurés sur les pistes F et NI (en cm, et en degrés pour l'angle).

Estimation des proportions de l'auteur de la piste N2

L'auteur de cette piste était sensiblement de la même taille que les auteurs des pistes F, K et N1 puisqu'il était long de 200 à 210 cm pour une hauteur au garrot de 110-115 à 140 cm. Les membres antérieurs et postérieurs mesuraient respectivement environ 87 à 120 cm et 110 à 140 cm.

2. Groupe indéterminé

Le niveau CaV3 de la carrière de Triclavel a fourni 104 empreintes dont 94 sous forme de monticules de 5 à 15 cm de hauteur et 10 sous forme de légères dépressions.

Les empreintes

L'étude de l'organisation de ces monticules a révélé qu'il s'agissait de traces de pas en relief; en effet, on les trouve organisés en pistes croisées et régulières. L'origine biologique de ces monticules est indéniable mais l'absence de tout caractère morphologique comme des traces de sabots rend la détermination systématique impossible. De fait, leur intérêt réside en la compréhension de leurs processus de formation et de préservation. Des structures semblables, indéniablement ichnologiques, ont été décrites par Courel & Demathieu (Demathieu, com. pers.). D'après eux, il pourrait s'agir d'un phénomène de succion du sédiment humide lors du retrait de l'autopode ou encore d'un processus de compaction différentielle au cours de la diagenèse entraînant une résistance à l'érosion. Cette dernière suggestion semble la plus adaptée à la préservation des monticules; la première ne permet en effet pas la conservation de reliefs si importants.

L'hypothèse de formation et de préservation suivante peut être proposée:

- Étape 1 : L'animal marchait sur un sol gorgé d'eau sur plusieurs centimètres. La pression du pied affecte non seulement le sol, où s'imprime l'empreinte originale, mais comprime par la même occasion les couches sous-jacentes sur plusieurs centimètres (15 à 20 cm). Cette pression évacue en partie les fluides du sédiment entraînant ainsi une consolidation précoce des zones empruntées par l'animal. Le sol émergé pendant un certain temps s'assèche et les zones comprimées ne « regonflent » pas par apport d'eau. Elles ont en quelque sorte subi une « diagenèse précoce ».

- Étape 2: La deuxième étape est due à l'érosion récente. En effet, celle-ci a fait disparaître tout d'abord le sol sur lequel l'animal évoluait et sur lequel il a laissé ses empreintes de pas. Puis elle a attaqué les quelques centimètres sous-jacents, les faisant à leur tour disparaître et ne laissant que les monticules aux emplacements des traces de pas. Ceux-ci résisteraient ainsi plus longtemps à l'érosion grâce à leur consolidation précoce.

Cette hypothèse est confortée par le fait que sur ce même niveau et au sein d'une piste formée principalement de monticules, trois sous-traces sont identifiables. Ici, elles apparaissent sous forme de légères dépressions (sans caractères morphologiques reconnaissables) d'une quinzaine de centimètres de diamètre et de 2 ou 3 cm de profondeur. Ces structures, bien connues (Léonardi, 1987; Heyler & Lessertisseur, 1963), représentent, sur une couche sous-jacente, « les parties les plus profondément imprimées de l'empreinte originelle » (Sarjeant, 1975).

Dans l'hypothèse proposée, ces sous-traces apparaissent au sommet du banc portant les monticules. De plus, dans la piste, elles se situent à l'endroit même de l'écoulement des eaux de pluie actuelles à l'origine d'une érosion plus intense. Cette dernière a sans aucun doute dégagé les sous-traces en emportant les monticules.

Les pistes

Quatre pistes de très bonne qualité sont identifiables; sept autres, présentant beaucoup moins d'empreintes et de surcroît moins bien préservées, existent également sur CaV3. Les moyennes des paramètres mesurés sur les quatre pistes, le nombre de leurs empreintes, l'orientation de ces voies ainsi que leur longueur sont consignés dans le tableau 4.

Les quatre pistes sont remarquables car elles sont parallèles entre elles, très proches les unes des autres et trois d'entre elles amorcent un virage dans la même direction (Fig. 5). Ces observations permettent de penser que les auteurs de ces voies vivaient en groupe. Elles présentent donc un intérêt paléobiologique significatif.

Pistes	Nbr d'ichnites	Pas	Pas oblique	Enjambée	Largeur ext.	Angle du pas	Direction
1	34	64,1	79,5	132	67,6	106,2	NE-SO
2	11	72,1	80,8	143,8	54,4	132,2	E-O
3	9	58,7	75,8	135,5	65,8	3	E-O
4	10	83,1	97,4	174,3	75,6	121,5	NO-SE

Tableau 4: nombre d'ichnites, direction et moyennes des paramètres mesurés sur les pistes 1,2, 3 et 4 (en cm et degrés pour l'angle).

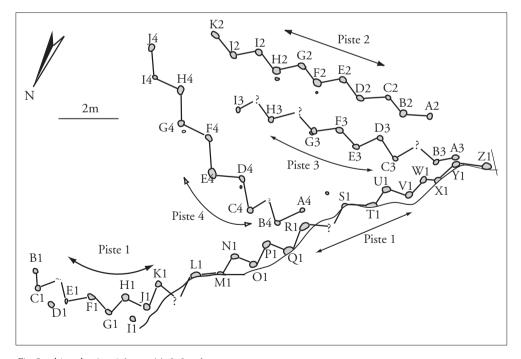


Fig. 5: schéma des pistes 1 (en partie), 2, 3 et 4.

Pistes	Longueur membres postérieurs	Longueur membres antérieurs	Longueur totale	Hauteur au garrot
1	100-130 (135)	80-95 (100)	195-205	110-130
2	115-150	90-120	210-220	120-150
3	90-125	75-92	190-200	100-125
4	130-175	110-130	235-245	140-165

Tableau 5: estimation des proportions des auteurs des pistes 1, 2, 3 et 4 (en cm).

Estimation des proportions des auteurs des pistes 1, 2, 3 et 4

Les proportions des animaux sont toujours estimées à partir des paramètres des pistes, le tableau 5 présente les estimations concernant les auteurs des pistes relevées sur CaV3.

2. Groupe artiodactyloïde

Ce groupe se trouve exclusivement sur le gisement de Gignac-Viens. Il comprend des empreintes au nombre de doigts pair, et indique que les traces appartiennent à des animaux de l'ordre des artiodactyles.

Deux types d'ichnites peuvent être classés dans ce groupe à Gignac-Viens, appartenant donc à deux types d'animaux différents.

a. Bifidipes velox Demathieu et al., 1984 (Photo 3)

Les premières sont connues puisque définie à Saignon en 1984 par Demathieu *et al.*; il s'agit de *Bifidipes velox*. Les grandes similitudes morphologiques et morphométriques avec les traces de Saignon ont conduit au regroupement sous cette espèce des empreintes ici étudiées.

Classe: *Mammalipedia* Vialov, 1966 Ordre: *Artiodactypedida* Vialov, 1966

Ichnogenre: *Bifidipes* Demathieu *et al.*, 1984 Ichnoespèce: *Bifidipes velox* Demathieu *et al.*, 1984

Les empreintes

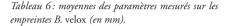
123 ou 124 empreintes de Gignac-Viens appartiennent à cette ichnoespèce, elles sont didactyles et paraxoniennes¹. La figure 6 montre la forme générale de ces traces mais aussi les différents paramètres mesurés pour chaque ichnite. Les empreintes regroupées sous le nom de *Bifidipes velox* peuvent présenter deux morphologies: trapues (carrées à arrondies), et effilées (rectangulaires à ovales). Ce sont toutes des traces de pied (qui s'imprime après la main sur le sol); la main est toujours recouverte par le pied, elle n'est donc ni plus grande ni décalée par rapport à l'autopode postérieur (auquel cas sa trace serait visible). La majorité de ces empreintes est isolée. Le tableau 6 présente les moyennes des paramètres mesurés sur les ichnites (paramètres de la figure 6).

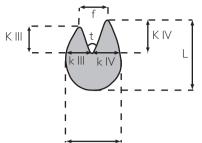


Photo 3: empreinte d'artiodactyle Bifidipes velox Demathieu et al., 1984.

I. Les empreintes des deux sabots sont sensiblement de même longueur.

Caractères	N	Moyenne
L	27	84,63
1	27	75,7
KIII	27	44,19
KIV	27	49,33
kIII	27	32,59
kIV	27	33,52
f	25	39,41
t	27	37,31





- L : longueur totale de l'empreinte.
- l : largeur totale de l'empreinte.
- K III et K IV : longueur libre des sabots III
- k III et k IV : largeur des sabots III et IV au niveau du sommet de l'angle de la pince.
- f : largeur du filet ou encore distance des extrémités distales des sabots.
- t : angle de la pince.

Fig. 6: morphologie générale et paramètres mesurés sur les empreintes d'artiodactyles.

Les pistes

Seules quatre pistes (nommées B, B', J et N), représentant une vingtaine d'empreintes, sont identifiables. Les mesures prises sur ces pistes sont celles indiquées dans la figure 4b. Les moyennes des mesures réalisées sont consignées dans le tableau 7. Les quatre pistes sont croisées et régulières.

Pistes	Nbr d'ichnites	Pas	Pas oblique	Enjambée	Largeur ext.	Angle du pas	Direction
В	10	46,1	48,5	92,7	15,7	157	О
B'	4	46,5	49,2	95	21,7	150	О
J	3	55,5	58,5	113	25	142	N-O
N	3	49,4	50,8	103,5	14	166	Е

Tableau 7: nombre d'ichnites, direction et moyennes des paramètres mesurés sur les pistes B, B', J et N (en cm et degrés pour l'angle).

Pistes	Longueur membres postérieurs	Longueur membres antérieurs	Hauteur au garrot
В	70-98	60-76	85-115
B'	70-98	60-76	85-115
J	87-114	76-98	100-140
N	76-103	65-81	95-120

Tableau 8: estimation des proportions des auteurs des pistes B, B', J et N (en cm).

Estimation des proportions des auteurs des pistes B, B', | et N

Le tableau 8 suivant donne les estimations de la taille des animaux.

Attribution systématique

Il est assez difficile d'attribuer ces empreintes à des animaux connus dans la mesure où leur variabilité morphologique est non négligeable. Bessonnat *et al.* (1969) les avaient attribuées à *Anoplotherium* et à *Xiphodon*. Or, le premier avait quasiment disparu après la limite Éocène-Oligocène (Brunet, 1976) et le second semble être trop petit pour correspondre aux estimations de taille réalisées. Il faut alors peut-être chercher chez certains *Gelocidae* du Stampien d'Europe comme *Lophiomeryx*, de taille notable (Viret, 1961) ou encore chez les *Anthracotheriidae* comme les *Bothriodontinae*.

b. Nouvel ichnogenre, nouvelle ichnoespèce (Photo 4)

La seconde ichnoespèce d'artiodactyle du gisement de Gignac-Viens est nouvelle, elle fera l'objet d'une publication particulière; nous en donnons donc ici une brève description.



Photo 4: empreintes d'artiodactyle (nov. ichng., nov. ichnsp.); à gauche la trace du pied se surimpose à celle de la main (plus grande à droite).

Les empreintes

D'un point de vue morphologique, la forme générale de ces empreintes est peu différente de celle de *B. velox*. La distinction majeure réside dans le fait qu'elles présentent à la fois l'empreinte du pied mais aussi l'empreinte de la main que l'on distingue par sa taille. En effet, la trace de la main est beaucoup plus grande que celle du pied, donc celui-ci vient imprimer sa trace au milieu de celle de la main ou légèrement à côté. Cette distinction majeure est caractéristique de l'auteur de ces traces, il devait avoir un autopode antérieur bien plus gros que le postérieur; ce qui n'est pas le cas chez *B. velox*.

Pistes	Nbr d'ichnites	Pas	Pas	Enjambée	Largeur voie	Angle du pas	Angle du pied avec	Direction
			oblique		C		l'axe de la piste	
A	11	549	605	1 169	268	151,3	10	S
С	12	538	567,8	1 103,5	262,5	142,6	;	N-O
G	17	530	582	1117	197,8	141	?	O-N-O

Tableau 9: nombre d'ichnites, direction et moyennes des paramètres mesurés sur les pistes A, C et G (en cm et degrés).

Les pistes

Quatre pistes appartiennent à cette nouvelle ichnoespèce (nommée A, C, G et M). Elles sont toutes croisées et régulières (à part la piste A). Le tableau 9 donne les paramètres mesurés sur trois d'entre elles, ainsi que leur direction et le nombre d'empreintes.

Estimations des proportions des auteurs des pistes A, C, G et M

Le tableau 10 présente les tailles des animaux déduites des paramètres des pistes (expliqués dans la figure 4b).

Pistes	Longueur membres postérieurs	Longueur membres antérieurs	Longueur totale	Hauteur au garrot
A	87-112/115	76-90/93	230-240	105-140
С	85-112	75-90	220-235	100-130
G	85-112	75-90	220-235	100-130
M	86-115	75-97	220-235	100-135

Tableau 10: estimation des proportions des auteurs des pistes A, C, G et M. (en cm).

Attribution systématique

Au début du Stampien, les seuls artiodactyles qui possédaient une avant-main plus imposante que le reste du corps (déduite des traces de mains plus grandes que celles des pieds) et qui pouvaient atteindre les tailles estimées dans le tableau 10 étaient les Entélodontidés de la famille des Suidés. Ces animaux avaient la taille d'un hippopotame pour une morphologie rappelant celle d'un sanglier ou d'un phacochère.

4. Groupe indéterminé

Une unique empreinte de vertébré, n'appartenant ni à un périssodactyle ni à un artiodactyle a également été trouvée sur le gisement de Gignac-Viens. Elle présente au moins quatre doigts arrondis (interprétés comme étant les coussinets des doigts II, III, IV et V), très faiblement imprimés d'environ 20 mm de long. Elle est mésaxonienne (le doigt III est le plus important) et mesure 82 mm de long pour 72 mm de large.

Des empreintes morphologiquement assez proches et datant de l'Oligocène inférieur ont été signalées dans la littérature mais bien mieux imprimées que celle-ci. Citons celle de Saignon: Sarcotherichnus enigmaticus Demathieu et al., 1984, plus petite; ainsi que celles trouvées dans le Nord de l'Espagne, Creodontipus almenarensis Santamaria et al., 1989-2000, attribuée à un animal carnivore, le Créodonte.

Ici, la trop faible impression la rend indéterminable même si l'on peut penser que son auteur était un carnivore.

V. PALÉOENVIRONNEMENT ET PALÉOBIOLOGIE

Un des objectifs de ce travail était de comprendre le paléoenvironnement dans lequel évoluaient les animaux au Stampien.

Ainsi deux environnements légèrement différents ont pu être mis en évidence pour les deux sites:

Le contexte général s'inscrivait dans un paysage ouvert de type savane, couvert d'étendues d'eau douce à saumâtre (Apostolescu, 1968) évoluant au gré des variations climatiques. Le gisement de Gignac-Viens témoigne d'une aire de passage vaseuse et herbacée qui présente un spectre faunique riche en artiodactyles (Entélodontes et Gélocidés) et plus pauvre en périssodactyles (Ronzothères). Le gisement de la carrière d'argile de Triclavel à Viens atteste d'un milieu en bordure même du marécage (les gros bourrelets de boues autour des empreintes et l'absence de trace de végétation en témoignent) dont la faune n'était composée que de périssodactyles Rhinocérotoïdés qui venaient certainement s'y abreuver.

D'un point de vue paléobiologique, la direction privilégiée des pistes de Gignac-Viens (Fig. 7) incite à penser que le point d'eau se trouvait vers le nord-ouest (direction privilégiée de la plupart des pistes) et que les animaux s'y dirigeaient. Ils profitaient probablement aussi de cette aire herbeuse pour paître.

^{2.} Partie antérieure d'un animal composée de la tête, du cou, de la poitrine et des membres antérieurs.

Les associations des pistes du troisième niveau de la carrière de Viens (Fig. 5), comme nous l'avons vu, permettent de mettre en évidence un type de comportement social chez leurs auteurs. Les premiers Rhinocérotoïdés d'Europe occidentale vivaient en petits groupes.

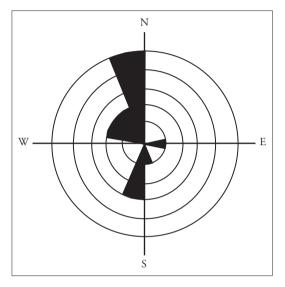


Fig. 7: diagramme de direction réalisé à partir de 16 pistes et couples d'empreintes de périssodactyles et d'artiodactyles sur le site de Gignac-Viens.

VI. CONCLUSIONS

Cette étude a permis de poursuivre le travail ichnologique commencé dans le Parc du Luberon, à Saignon, près d'Apt (Demathieu *et al.*, 1984). Le gisement de Gignac-Viens était connu depuis 1968 pour ses empreintes de pas de mammifères (Bessonnat *et al.*, 1969) et demandait une révision des attributions systématiques réalisées à l'époque. Le gisement de la carrière d'argile de Triclavel à Viens n'est connu quant à lui que depuis quelques années (Balme, 2000) et ce travail en a montré la richesse et l'intérêt.

Ces deux sites ont donc révélé un grand nombre d'empreintes de pas d'au moins quatre types de mammifères dont une nouvelle ichnoespèce d'artiodactyle attribuable aux Suiformes Entélodontidés. D'autres traces, sous forme de monticules, se sont révélées être bien d'origine biologique. Leur formation et leur préservation s'expliquent par la consolidation du sédiment sous les pas de l'animal entraînant une plus forte résistance à l'érosion récente.

Les animaux qui ont laissé leurs traces dans le Parc du Luberon il y a environ 33 millions d'années vivaient en groupes de quelques individus dans un environnement de savane et s'abreuvaient dans des lacs et marécages temporaires.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les géologues du Parc du Luberon, Christine Balme et Stéphane Legal pour leur aide dans la réalisation de ce travail. Toute notre reconnaissance va également aux gardes-nature pour avoir participé activement au dégagement de la dalle de Gignac-Viens au cours de l'hiver 2001.

BIBLIOGRAPHIE

AGUILAR J.-P., LEGENDRE S. & MICHAUX J., (eds.), 1997, Biochronologie mammalienne du Cénozoïque en Europe et domaines reliés, Mémoires et travaux de l'École pratique des hautes études, Actes du Congrès « BiochroM'97 », Montpellier, 818 p..

APOSTOLESCU V., 1968, Reconstitution des conditions de sédimentation et des milieux de dépôt par des données sédimentologiques et paléobionomiques conjuguées, Revue de l'institut français du pétrole, Vol. 23, n° 6, pp. 774-792.

BALME C., 2000, Découverte d'empreintes de pas de mammifères fossilisées dans la carrière d'argile de Triclavel, commune de Viens (Vaucluse), Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon, n° 4, pp. 90-109.

BESSONNAT G., DUGHI R. & SIRUGUE F., 1969, Un important gisement d'empreintes de pas de mammifères dans le Paléogène du Bassin d'Apt-Forcalquier, *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, Vol. 268, série D, pp. 1376-1379.

CAVELIER C., 1979, La limite éocène-oligocène en Europe occidentale, Mémoire Sciences géologiques, n° 54, 280 p.

CAVELIER C., ALABOUVETTE B. & CAUTRU J.-P., 1984, « Paléogène : Montélimard, Manosque », in DEBRAND-PASSARD S., COURBOULEIX S. & LIENHARDT M-J. (eds.), Synthèse géologique du Sud-Est de la France, Orléans, n° 125-126.

COSTEUR L., 2001, Étude paléoichnologique et paléoenvironnementale de deux gisements stampiens à Viens (Vaucluse, SE de la France), Mémoire de Diplôme d'études approfondies, Université Claude Bernard Lyon 1, inédit, 46 p.

DEMATHIEU G., 1970, Empreintes de pas de vertébrés, méthodes d'études, in Les empreintes de pas du Trias de la bordure N-E du massif central, Cahiers de paléontologie, p. 20-37, Centre national de la recherche scientifique, Paris.

DEMATHIEU G., GINSBURG L., GUÉRIN C. & TRUC G., 1984, Étude paléontologique, ichnologique et paléoécologique du gisement oligocène de Saignon (bassin d'Apt, Vaucluse), Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle, Paris, Vol. 6, 4e série, section C(2), pp. 153-183.

HEYLER D. & LESSERTISSEUR J., 1963, Pistes de tétrapodes permiens de la région de Lodève (Hérault), Mémoire du Muséum national d'histoire naturelle, Paris, N.S., Vol. 11, pp. 125-221.

LEONARDI G., (ed.), 1987, Glossary and manual of tetrapod footprint palaeoichnology, Departamento nacional da produção mineral, Brasilia, 117 p.

NURY D. & CONESA G., 2000, Interprétation sédimentologique et stratigraphique du site à empreintes de pas de vertébrés de Saignon (Vaucluse), Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon, n° 4, pp. 90-109.

PROTHERO D.R., GUERIN C. & MANNING E., 1989, The History of the Rhinocerotoidea, in PROTHERO D.R. & SCHOCH R.M. (eds.), The evolution of Perissodactyls, p. 321-335, Oxford monographs on geology and geophysics, v. 15.

ROCH E., 1967, Commentaires sur la carte géologique au 1/50 000 - Reillanne, Bulletin du service de la carte géologique de France.

SANTAMARIA R., LOPEZ G. & CASANOVAS-CLADELLAS M. L., 1989-1990, Nuevos yacimientos con icnitas de mamiferos del Oligoceno de los alrededores de Agramunt (Lleida, Espana), *Paleontologia i evolucio*, T. 23, pp. 141-152.

SARJEANT W.A.S., 1975, Fossil tracks and impressions of vertebrates, in FREY R.W. (ed.), *The study of trace fossils*, pp. 283-324, New York, Springer-Verlag.

STEHLIN H. G., 1909, Remarques sur les faunules de mammifères des couches éocènes et oligocènes du Bassin de Paris, Bulletin de la Société géologique de France, 4e série, t. IX, pp. 488-520.

VIALOV O. S., 1966, Les traces d'activité des organismes vivants et leur signification paléontologique, Kiev, 220 p., (en russe).

VIRET J., 1961, Artiodactyla, in PIVETEAU J (ed.), Traité de paléontologie, Vol. VI, Mammifères, origine reptilienne, évolution, pp. 887-1021, 1038-1084, Paris.