

# NOUVELLES DONNEES SUR LES ICHNITES DE DINOSAURES DE LA REGION D'EL BAYADH (CRETACE INFERIEUR, ALGERIE)

par

Mostefa BESSEDIK \*, Cheikh MAMMERY \*\*, Lahcene BELKEBIR \*\*,  
Mahammed MAHBOUBI \*\*, Mohamed ADACI \*\*\*, Hakim HEBIB \*\*\*\*,  
Mustapha BENSALAH \*\*\*, Bouhameur MANSOUR \*\* et Mohamed El Habib MANSOURI \*\*

## SOMMAIRE

	Page
Résumé, Abstract .....	8
Introduction .....	9
Situation et âge des sites à empreintes .....	9
Description des ichnites .....	13
A. Formes dinosauroïdes .....	13
B. Formes brontopoïdes .....	15
Nomenclature et attribution paléontologique .....	16
A. Traces dinosauroïdes .....	16
B. Formes sauropoïdes .....	22
Conclusion générale .....	24
Remerciements .....	25
Bibliographie .....	25
Légendes des planches .....	29

\* Laboratoire de Paléontologie stratigraphique & Paléoenvironnement, Université d'Oran (Algérie) et Université Hassiba Benbouali de Chlef: mostefa\_bessedik2001@yahoo.fr. \*\* Laboratoire de Paléontologie stratigraphique & Paléoenvironnement, Université d'Oran, (Algérie). \*\*\* Laboratoire de Géologie (P.R.H.M.P.), Université de Tlemcen (Algérie). \*\*\*\* Laboratoire de Paléontologie stratigraphique & Paléoenvironnement, Université d'Oran, (Algérie) et Département des Sciences de la Terre, Université de Tlemcen (Algérie).

**Mots-clés:** Ichnites, Théropoïdes, Sauropoïdes, Crétacé inférieur, El Bayadh, Brézina, Algérie.

**Key-words:** Ichnites, Theropoids, Sauropoids, Lower Cretaceous, El Bayadh, Brezina, Algeria.

## RESUME

Près de 350 empreintes de pas de dinosaures d'âge Crétacé inférieur sont mises en évidence dans la région d'El Bayadh. Leur étude préliminaire a permis de distinguer quatre ensembles d'empreintes de pas. Elles révèlent la présence de formes de vertébrés tri-et tétradactyles bipèdes dinosauroïdes (Ensembles 1-3) et quadrupède sauropoïde (Ensemble 4).

L'analyse biométrique de leurs caractères permet d'attribuer la forme quadrupède sauropoïde à l'ichnogenre *Brontopodus*, bien connu au Jurassique et au Crétacé. En revanche et en dépit de leur âge, les formes dinosauroïdes sont rapprochées, provisoirement, aux types *Grallator* et *Eubrontes*.

La présence de ces traces de dinosaures (théroïdes et sauropoïdes) constitue, au Crétacé inférieur, un jalon important dans la connaissance des faunes reptiliennes marécageuses ayant colonisé une vaste aire paléogéographique située sur la bordure méridionale de la Téthys et ce, depuis le début de l'Ere Secondaire.

## ABSTRACT

Evidence of 350 Lower Cretaceous Dinosaur footprints is pointed out in El Bayadh area. Their preliminary study allow to distinguish four trackway assemblages which reveal vertebrate bipedal presence forms of tri-and tetradactylous Dinosauroids (Assemblages 1-3) and quadrupidal Sauropoid (Assemblage 4).

The analysis of their footprint biometric features will attribute the quadrupidal Sauropoid form to *Brontopodus* ichnogenus which is well known in the Jurassic and Cretaceous periods. In return and despite their age, the dinosauroid forms were approached, temporarily, to *Grallator* and *Eubrontes* types.

The occurrence of the dinosaur traces (Theropoid and Sauropoid) constitutes, in the Lower Cretaceous, an important first step of the knowlege of the marshy Reptilian fauna which takes over, from the bigining of the Secondary Era, a wide paleogeographic area on the Southern Tethyan margin.

## INTRODUCTION

Par leur nature détritique et leur environnement marin, les séries géologiques secondaires de l'Atlas saharien ont fourni depuis longtemps des restes fossiles rapportés, en Algérie, à des ossements de Reptiles (Bassoullet et Iliou, 1967; Bassoullet, 1973; Mahammed *et al.*, 2002) et à des empreintes de pas (Bellair et de Lapparent, 1948; Bassoullet, 1971). La découverte récente d'ichnites de dinosaures (Mahboubi *et al.*, 2004; Mahboubi *et al.*, 2007) dans les séries marno-calcaires à argilo-gréseuses d'âge Valanginien (Cornet, 1950) dans la région d'El Bayadh (Djebel Amour: fig. 1) est un fait nouveau. En effet, plusieurs localités à ichnites ont été signalées dans la région dont trois ont été décrites récemment (Mahboubi *et al.*, 2007). La qualité d'affleurement de ces empreintes et leur fréquence numérique confèrent à cette découverte une place particulière à l'échelle du continent africain et ce grâce aux fouilles paléontologiques de certains gisements qui ont permis d'étendre la surface initiale, de quelques dizaines de m<sup>2</sup> (site 1) à plus de 1000 m<sup>2</sup>. Ainsi, le nombre d'empreintes est passé de 21 à plus de 350.

L'objectif de cette note est de compléter la description des sites à empreintes de pas de la région d'El Bayadh et d'achever leurs analyses biométriques augmentées de quelques comparaisons avec d'autres ichnites bien connues par ailleurs (Demathieu *et al.*, 2002).

En Afrique du Nord, la présence de ces dinosaures au Valanginien est étayée par de nombreuses données ostéologiques d'âge différent. Ils sont constitués d'os et de dents qui proviennent des couches gréseuses de la partie sommitale du Crétacé inférieur. De Lapparent et Lucas (1957) signalèrent la présence de vertèbres d'un dinosaure sauropode dans les grès calcaires du Callovien moyen de Déglen (Ghar Rhouban). Par la suite, d'autres découvertes de vertébrés fossiles, ont été faites dans la partie sommitale du Crétacé inférieur, à Gara Samani, entre Timimoun et El Goléa, par de Broin *et al.* (1971). Cette faune comporte, entre autres, des fragments d'os et de dents appartenant à trois dinosaures (un sauropode et deux théropodes). Dans l'Atlas saharien occidental et central, d'autres localités à dinosaures ont été également découvertes. Ainsi, Bassoullet et Iliou (1967) ont signalé des vertébrés d'âge Albien à Tiout, près de Ain Séfra, à Chellala Dahrania, à Gour Tin (El Abiodh Sid Cheikh) et dans une localité près de Brézina. Plus tard, Mahboubi (1983) a signalé, en plus de la faune citée de même âge, la présence à El Kohol (au Sud-Est de Brézina) de phalange appartenant à un théropode attribué au genre *Carcharodontosaurus* (Serenio *et al.*, 1996). Plus à l'Ouest, dans la région d'Ain Séfra (Monts des Ksour), Mahammed *et al.* (2002; 2005) ont mis à jour de nombreux restes osseux rapportés à un grand sauropode (*Chebsaurus algeriensis* Mahammed *et al.*, 2005) d'âge Bathonien.

## SITUATION ET AGE DES SITES A EMPREINTES

Associées à des restes de chéloniens, de crocodiliens, de poissons, de bivalves et

de débris végétaux, les empreintes de pas de dinosaures ont été conservées, au Nord d'El Bayadh, sur des bancs calcaires argileux, parfois lumachelliques. Ces bancs sont situés stratigraphiquement au-dessous du premier niveau à lumachelle signalé par Cornet (1952). Ces dépôts appartiennent à une épaisse série marno-calcaire (550 m) attribuée, par le même auteur, au Valanginien. Ils sont situés au sommet du premier tiers, de cette série. Les levés géologiques ont permis de dresser une coupe détaillée de chaque site. Ils montrent une alternance irrégulière de marnes verdâtres, d'argiles rouge brique (ou brun chocolat) et de calcaires fins à surface parfois incrustée de bivalves (fig. 2 A et B).

Le présent travail porte essentiellement sur quatre sites. Trois sont situés à El Bayadh (site 1: El Grarij, site 2: El Mouilah et site 3: Abattoirs) et le quatrième à Brézina (site 4: El Mezioued).



Figure 1.— Localisation des sites à empreintes de pas de dinosaures de la région d'El Bayadh.

Le site 1 est localisé sur un talweg (chabet El Grarij) au Nord d'El Bayadh (pl. 1.1) comportant le maximum d'empreintes (tabl. 1): 12 pistes avec deux à trois orientations différentes (fig. 3); le deuxième site (pl. 1. 2) est situé à 500 m, à l'Est, du premier. Sur les deux premiers sites (fig. 2), les empreintes ont été relevées sur deux bancs superposés.

A chabet El Mouilah (El Bayadh), le site 2, d'accès difficile, est situé au fond de l'oued où l'on dénombre 4 pistes (tabl. 2) constituant 34 empreintes de petite taille (230 mm x 150 mm et 190 mm x 120 mm). Les pistes, formées de deux ou trois (voire plus) empreintes consécutives, sont orientées dans toutes les directions. 12 grandes empreintes (47 à 49 mm de longueur et 36 à 39 mm de largeur) mal conservées et isolées y ont été également observées. D'autres traces sont restées indéterminées.

Le site 3 dit les «Abattoirs» est situé à la limite occidentale de la ville d'El Bayadh, sur des parois argilo-gréseuses (pl. 1.3). Il s'agit d'une douzaine d'empreintes comparables avec celles observées sur le site 1 (tabl. 2).

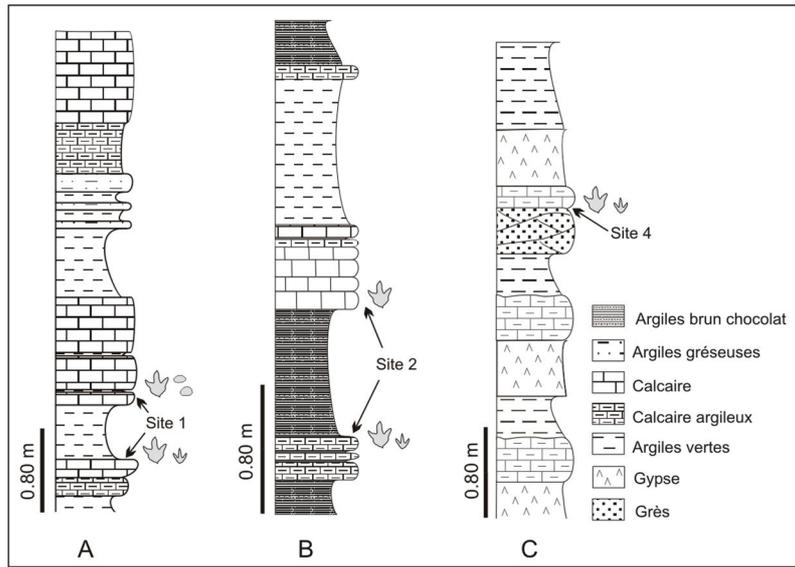


Figure 2.— Lithologie des sites à empreintes: A (site 1: El Bayadh, El Grarij), B (site 2: El Bayadh, El Mouilah) et C (site 4 (Brezina, El Mezioued).

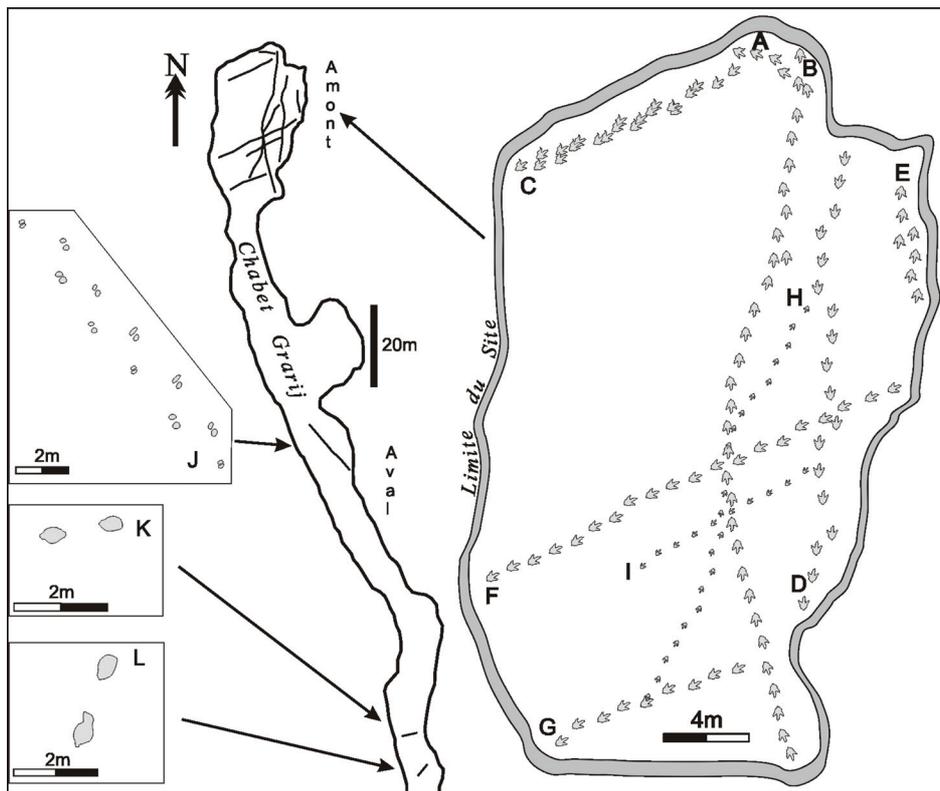


Figure 3.— Pistes à empreintes du site 1 El Bayadh, El Grarij (A à I, K et L: traces de Théropodes ; J: ichnites de Sauropodes).

Site 1 El Bayadh (El Grarij) Pistes		Ichnites (effectif)	Ichnites Lxl (mm)	L/l	Enjambée (m)	Déplacement (Sens)	Longueur piste (m)	Largeur piste (mm)	Observations
A M O N T	A	04	541,70x443,70	1,22	3,10	W	03,10	300	Dinosauroïdes : tri et tétra-dactyles à doigts griffus et bipèdes
	B	22	544,00x401,80	1,24	2,60	S	37,80	520	
	C	11	544,00x443,00	1,23	2,30	NE	13,20	320	
	D	13	543,80x453,10	1,20	3,00	SW	25,70	xx	
	E	06	532,50x434,00	1,23	2,05	S	07,50	600	
	F	20	546,50x456,00	1,20	2,40	NE	24,00	320	
	G	05	503,90x440,40	1,14	2,50	NE	10,70	350	
	H	16	295,40x246,80	1,20	2,20	SW	21,60	190	
	I	07	300,00x245,00	1,22	2,20	NE	14,80	192	
A V A L	K	02	570,00x400,00	1,42	2,50	SW	02,50	Xx	Brontopoïdes: quadrupèdes à ichnites arrondies, en forme de demi lune
	L	02	780,00x480,00	1,62	3,46	SW	01,78	Xx	
	J	22	P: 410,00x300,00 M: 300,00x220		2,60	NW	13,50	1400	

Tabl. 1: Données biométriques des pistes de dinosaures théropoïdes et sauropoïdes du site 1 d'El Bayadh (El Grarij). P: pied; M: main.

Sites	N° et Longueur de piste (m)		Emp <sup>tes</sup> (nbre)	L x l (mm)	L / l	Orientation des pistes	Enjambée (m)	Enfoncement (mm)	
Site 2 El Bayadh (El Mouilah)	/	/	12	480 x 375	1,28	Tous les sens	/	10	
			34	230 x 150	1,53			10	
				190 x 120	1,58				
Site 3 El Bayadh (Abattoirs)	/	11,70	12	660 x 365	1,80	N-S	2,91	10	
Site 4 Brézina (El Mezioued)	grande dalle	A	13,40	12	470 x 380	1,23	N-S	2,42	10
		B	09,70	7	470 x 380	1,23	N-S	3,40	10
		C	09,10	11	a- 270 x 195 b- 300 x 190	1,38 1,57	N-S	2,02	10
	petite dalle	D	08,50	6	470 x 380	1,23	N-S	3,10	8 à 10
		E	10,70	5	470 x 380	1,23	N-S	4,20	8 à 10
		/	/	4 (isolées)	230 x 190	1,21	N-S	/	10

Tabl. 2: Données biométriques des pistes de dinosaures théropoïdes des sites 2 d'El Bayadh (El Mouilah), 3 d'El Bayadh (Abattoirs) et 4 de Brézina (El Mezioued).

Le site 4 de Brézina est situé au Nord-Ouest de l'oasis de Brézina, près de la localité d'El Mezioued. Il s'agit de plusieurs surfaces formant un banc de grès fin à moyen chenalisé (pl. 1.4). Epais de 40 cm, ce dernier s'intercale dans une succession de bancs de calcaire argileux, de marne et de gypse. Une quarantaine d'empreintes a été observée sur une surface de 300 m<sup>2</sup>, environ (tabl. 2). Les ichnites y sont réparties sur deux niveaux gréseux (fig. 2 C). Le premier comporte trois pistes: A, B et C (tabl. 2) totalisant 30 empreintes de grande et de petite taille. Le second montre également de grandes empreintes (pistes D et E) et quatre petites isolées. Ces ichnites sont tridactyles et ressemblent à celles du Site 1 d'El Bayadh (El Grarij).

## DESCRIPTION DES ICHNITES

La description a été faite en suivant la méthode utilisée par Bellair et de Lapparent (1948), Bassoullet (1971), Ellenberger (1974), Gand *et al.* (2000a et b) et Romero Molina *et al.* (2003). L'examen préliminaire des empreintes révèle la présence de quatre ensembles, constitués de formes dinosauroïdes (tabl. 1 et 2, pl.1 et 2) et brontopoides (Fig. 5, pl. 2).

### A - Formes dinosauroïdes

Ce sont des traces de pied tridactyles (marques des orteils II, III et IV avec  $II < IV < III$ ) ou tétradactyles lorsqu'il y a l'empreinte de la griffe de l'orteil I (hallux).

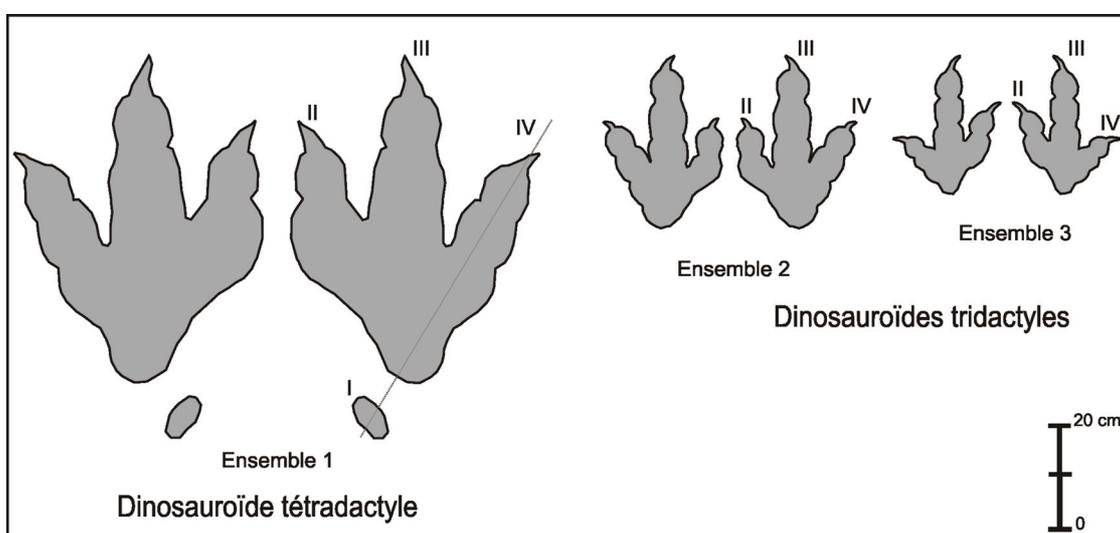


Figure 4.— Schémas d'empreintes de pas dinosauroïdes de la région d'El Bayadh: Ensembles 1, 2 et 3 (pieds gauche et droit; doigts I, II, III et IV).

### Les traces tétradactyles (II - IV + hallux)

**Ensemble 1** - pistes A à G, K et L (site 1 d'El Bayadh-El Grarij; fig. 3; pl. 2. 1-3; pl. 3.1). Les empreintes de pas (fig. 4) ont des longueurs (L) et largeurs (l) comprises entre 540 à 780 mm et 380 à 480 mm (tabl. 1 et 3). Les doigts sont bien écartés (de valeur moyenne de 52 ) et griffus (pl. 2.1-3 et pl. 3.1). L'hallux est bien visible (pl. 2.1-3) et ne laisse suggérer la présence d'aucune trace de griffe. La distance entre les doigts latéraux II-IV se situe entre 480 et 380 mm. Les enjambées atteignent 2,50 m. Les pistes sont rectilignes ou parfois régulièrement déviées (fig. 3). Le doigt médian (III) a une longueur de 390 mm. Il est enfoncé de 50 à 70 mm. Les coussinets sont parfois visibles. Il s'agit de forme dont les auteurs de très grande envergure, à stature bipède, ont des pieds aux orteils graciles et griffus. Aucune trace de queue n'a été observée.

Sur le plan biométrique (formes affines), on peut rattacher à ce type, les empreintes appartenant au site 4 de Brézina (El Mezoued: pistes A, B, D, E avec 27

traces; pl. 2. 6 et pl. 3. 4), au site 3 d'El Bayadh (Abattoirs) avec 12 empreintes (pl. 2.5) et au site 2 d'El Bayadh (El Mouilah) avec 12 empreintes mal conservées (pl. 2.4). Néanmoins, les empreintes de ces trois sites diffèrent de celle de l'Ensemble 1 par la «*non impression*» (absence ?) du hallux; elles présentent en effet des formes tridactyles. Ce cas de situation (*non impression*) peut être lié uniquement à l'état et à la nature du sédiment ou à la taille et au poids du sujet. Par ailleurs, il faut noter la forte variation des enjambées dans certaines pistes (A, B, C, D, E du site 1 d'El Bayadh-El Grarij), ce qui dénoterait une variation de la vitesse de déplacement de leurs auteurs. La vitesse de déplacement peut influencer sur l'impression du hallux (Pérez-Lorente F., com. pers.).

Ensemble	Sites	Pistes	Nbre d'empreintes mesurées	Doigts (mm)			D (mm)	T (degrés)
				II	III	IV		
<b>Ensemble 1</b>	El Grarij (amont)	A	04	292,10	376,30	290,70	145,90	53,59
		B	22	278,00	314,20	280,00	143,40	50,54
		C	11	292,70	348,20	292,00	146,10	53,60
		D	13	293,10	348,50	288,50	143,80	53,62
		E	06	288,30	350,00	288,00	145,00	53,00
		F	20	297,00	357,50	297,40	149,70	53,50
		G	05	281,70	336,30	280,70	142,90	52,71
	El Mouilah	/	12	212,90	366,00	300,00	135,00	53,33
	El Mezioued	A	03	268,30	313,30	245,00	156,70	59,33
		B	08	252,50	303,80	240,60	157,70	59,13
		D	05	231,00	294,00	253,00	162,00	59,40
		E	05	245,00	297,50	251,30	157,50	59,10

Tabl. 3: Caractères moyens des pistes d'empreintes de pas de l'Ensemble 1 des sites 1 d'El Bayadh (El Grarij), 2 d'El Bayadh (El Mouilah) et 4 de Brézina (El Mezioued). D: Distance de dépassement des doigts III par rapport à II et IV, T: Angle de divarication compris entre les doigts II et IV.

### Les traces tridactyles aux orteils II - IV

**Ensemble 2** - pistes H, I du site 1 d'El Bayadh-El Grarij (tabl. 1), empreintes isolées et piste C du site 4 de Brézina-El Mezioued (tabl. 2; fig. 4): Les dimensions (L x l) sont situées entre 300 mm x 240 mm et 230 mm x 190 mm (respectivement); l'enfoncement du doigt médian (III) est de 10 mm. L'empreinte des phalanges et des coussinets est bien visible (pl. 2. 7-8). La distance entre les doigts latéraux III-IV atteint 180 mm. L'enjambée est de 2,20 m. Les Ensembles 1 et 2 présentent des caractéristiques assez semblables entre eux mais le deuxième diffère du premier par des empreintes plus petites (L= 300 mm à 240 mm; l= 230 mm à 190 mm) et par des enjambées plus courtes (tabl. 1). L'Ensemble 2 a été laissé par un animal de grande envergure, ayant des pieds aux orteils graciles et griffus. Ces ichnites ont été également observées dans le site 4 de Brézina-El Mezioued: piste C avec 11 empreintes de pas et 4 isolées (tabl. 2 et 4).

Ensemble	Sites	Pistes	Nbre d'empreintes mesurées	Doigts (mm)			D (mm)	T (degrés)
				II	III	IV		
<b>Ensemble 2</b>	El Grarij (amont)	H	16	162,30	223,00	182,50	87,90	40,93
		I	07	164,20	225,00	188,00	88,00	42,60
	El Mezioued	C	10	137,50	185,80	149,20	09,00	42,90

Tabl. 4: Caractères moyens des pistes d'empreintes de pas de l'Ensemble 2 des sites 1 d'El Bayadh (El Grarij) et 4 de Brézina (El Mezioued).

**Ensemble 3** - Il s'agit d'empreintes avec des dimensions (Longueur x largeur) situées entre 230 mm x 150 mm et 190 mm x 120 mm (tabl. 2; fig. 4), relevées sur le site 2 d'El Bayadh (El Mouilah: pl. 2. 9-10 et pl. 3.3). L'écartement des doigts latéraux est de 120 mm (T= 52°). L'empreinte de l'hallux n'est pas visible dans la majorité des cas, exception faite pour une ou deux empreintes où l'on remarque une légère trace de l'hallux (s'agit-il d'un problème d'enfoncement, lié à la nature du substrat ? c'est-à-dire: quand les auteurs ont les orteils I et V courts peuvent s'enfoncer lorsque le sédiment est très mou). L'enjambée moyenne est égale à 1,48 m. Cet ensemble 3 diffère des précédents du site 1 (tabl. 5). Les auteurs seraient d'envergure moyenne, ont la stature bipède et possèdent des orteils griffus (site 2) si l'on tient compte des dimensions de leur enjambée et de la taille de leurs traces de pied.

Ensemble	Site	Pistes	Nbre d'empreintes mesurées	Doigts (mm)			D (mm)	T (degrés)
				II	III	IV		
<b>Ensemble 3</b>	El Bayadh (El Mouilah)	A	20	109,30	169,70	132,10	099,70	51,33
		B	09	108,90	166,90	130,00	099,30	51,00
		D	02	107,50	/	137,50	100,00	55,00
		E	03	113,30	162,30	143,30	090,00	50,00

Tabl. 5: Caractères moyens des pistes d'empreintes de pas de l'Ensemble 3 du site 2 d'El Bayadh (El Mouilah).

## B - Formes brontopoides

Ces formes sont définies par des traces de pas ovales de quadrupèdes (fig. 5). Les traces de la main (en surface) sont presque deux fois plus petites que celles du pied, montrant souvent la forme d'un croissant lunaire.

**Ensemble 4** - (Site 1: fig. 2 A; fig. 3, piste J; pl.3. 2; pl.2. 11-12): Les dimensions du pied (P) atteignent (L x l) 410 mm x 300 mm, celles de la main (M) étant de 300 mm x 220 mm (fig. 5). La distance située entre les traces de la main et du pied atteint 140 mm. De forme ovale, l'empreinte du pied est presque deux fois plus grande que celle de la main. Aucune trace de griffe n'a été relevée. L'écartement entre empreintes latérales du côté externe est de 1400 mm. Les traces de pied et de main sont bien couplées avec celles du pied recouvrant, parfois, l'empreinte de la main. L'angle situé entre le sommet des empreintes de la main gauche et ceux des deux empreintes successives de la main droite atteint 100°. Les auteurs sont des quadrupèdes très grands puisqu'ils ont laissé des enjambées longues de 2,60 m.

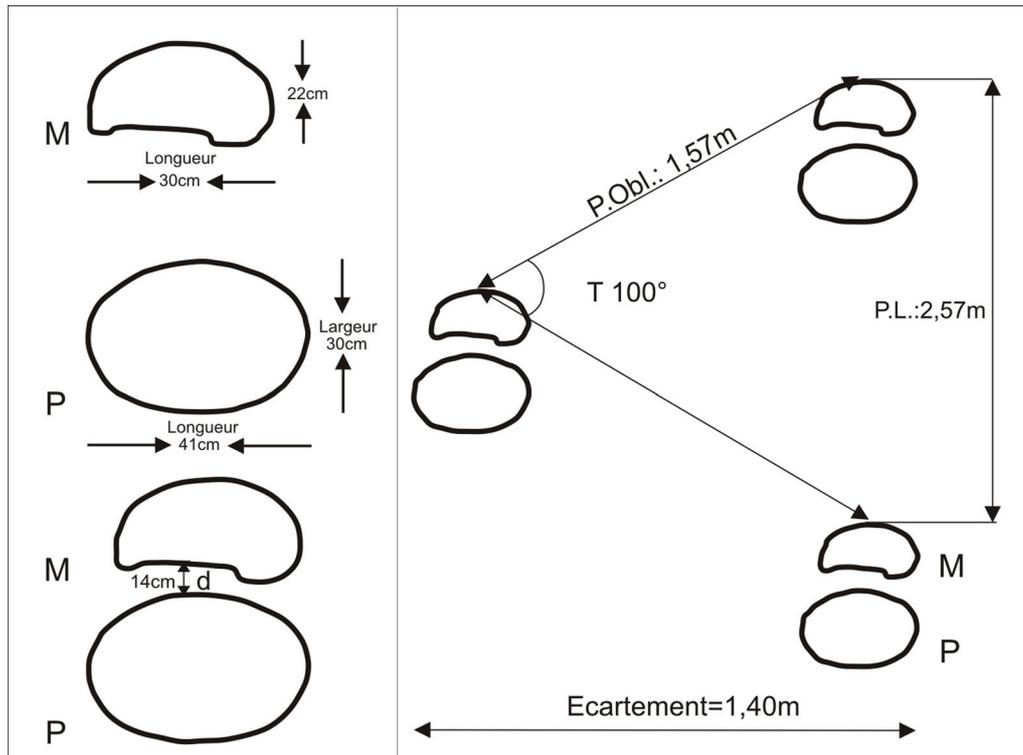


Figure 5.— Schéma des caractères des empreintes de pas de l'Ensemble 4 sauropoïde du site 1 d'El Bayadh (El Grarij).

M.: Main, P.: Pied,  $T^\circ$  = angle du pas latéral, d = distance entre les empreintes du pied et de la main, P. obl. = Pas oblique, P.L. = Pas latéral.

## NOMENCLATURE ET ATTRIBUTION PALEONTOLOGIQUE

### A - Traces dinosauroïdes

Des empreintes tridactyles furent décrites pour la première fois dans l'Hettangien de la Vallée du Connecticut aux USA (Hitchcock, 1858; Lull, 1904, 1915 et 1953; Olsen, 1980). Elles sont décrites dans le Lias en France (Vendée, de Lapparent et Montenat, 1967), en Afrique du Sud (Ellenberger *et al.*, 1970; Ellenberger, 1974) et dans le Crétacé du Canada (Osborn, 1917; Sternberg, 1930). Plusieurs ichnogenres (*Grallator* Hitchcock, 1845, *Anchisauripus* Lull, 1904, *Eubrontes* Hitchcock, 1845) ont été définis (Olsen *et al.*, 1998; Demathieu *et al.*, 2002; Gand *et al.*, 2000a et b).

Un seul ichnogenre (*Grallator*) est reconnu en Algérie. En effet, deux localités comportant des traces dinosauroïdes tridactyles sont déterminées: la première (Ain Séfra) d'âge Hettangien voire Rhétien a été décrite par Bassoullet (1971) avec une dizaine d'empreintes, la seconde d'âge Cénomannien fut découverte, en 1880, par Le Mesle et Péron à Amoura avec 140 empreintes.

Les empreintes tridactyles ont été rapportées, selon Bassoullet (*op.cit.*), au genre dinosauroïde *Grallator* (Hitchcock, 1858) Lull (1904) connu depuis le Trias. Les

mesurations (doigt médian: 90 à 130 mm) ont permis, à cet auteur, de rapprocher l'ichnopopulation de Ain Séfra à *G. variabilis* Lapparent et Montenat, 1967, décrite dans l'Hettangien de Vendée (de Lapparent et Montenat, 1967).

L'analyse de certains caractères des empreintes (taille, angle de divarication, longueur D) nous permettra de discriminer les précédents ensembles dinosauroïdes et sauropoïdes trouvés dans le Crétacé inférieur de la région d'El Bayadh.

## **A1 - Taille des empreintes**

### ***1 - Analyse de la figure 6***

Les empreintes isolées (tabl. 2) décrites dans le site 4 de Brézina (El Mezioued) ressemblent par leur longueur et leur largeur à celles de l'ichnogenre *Ornithopus* (Demathieu *et al.*, 2002). Dans le site 2 d'El Bayadh (El Mouilah), la largeur des empreintes (fig. 6) est comprise dans l'intervalle de celles de *Grallator sauclerensis* Demathieu et Sciau, 1992. Par ces mêmes caractères, les empreintes de la piste C du site 4 de Brézina (El Mezioued), semblent être intermédiaires entre *Grallator lescurei* Demathieu, 1990 et *G. minusculus* (Hitchcock, 1858) de l'Hettangien des Causses (France). Les pistes H et I du site 1 (tabl. 1) présentent des largeurs et des longueurs d'empreintes se rapprochant de celles de *Grallator minusculus* et *G. lescurei*.

Bien que la présence (ou non) de trace est souvent inhérente aux conditions spécifiques du milieu, elle peut être déterminante sur le plan ichnosystématique. En effet, l'absence de trace d'orteils (hallux notamment) au niveau des empreintes appartenant aux ensembles 2 et 3 (El Bayadh-El Grarij amont, El Bayadh-El Mouilah et Brézina-El Mezioued) rend difficile, tout rapprochement avec les *Ornithopus* (Demathieu *et al.*, 2002; Gand, *com. pers.*). La courbe allométrique de croissance de ces deux ensembles 2 et 3 semble traduire une certaines similitudes avec celle de l'ichnogenre *Grallator*.

Les traces de pas de grande taille décrites dans les sites de Brézina (El Mezioued), d'El Bayadh (El Grarij) et d'El Bayadh (Abattoirs) sont nettement plus grandes et plus larges que celles appartenant à *Eubrontes giganteus sensu* Demathieu *et al.* (2002) et s'en détachent nettement avec deux formes d'empreintes distinctes :

- une première forme à empreintes plus larges (360 à 410 mm) réparties en trois groupes :

a - Brézina site 4 (El Mezioued: pistes A, B, D, E) ;

b - El Bayadh site 1 (El Grarij amont: pistes A, B, C, F, G, K) ;

c - El Bayadh site 3 (Abattoirs) et El Bayadh Site 1 (El Grarij amont: piste E).

- une deuxième forme à empreintes plus larges et plus longues. Il s'agit de la piste L à grandes traces (L x l: 780 x 480 mm). Il faut noter que les mesures prises sur les empreintes de cette piste peuvent être exagérées et ce en raison de l'état même des empreintes qui montrent une figure sédimentaire de type «éclaboussure».

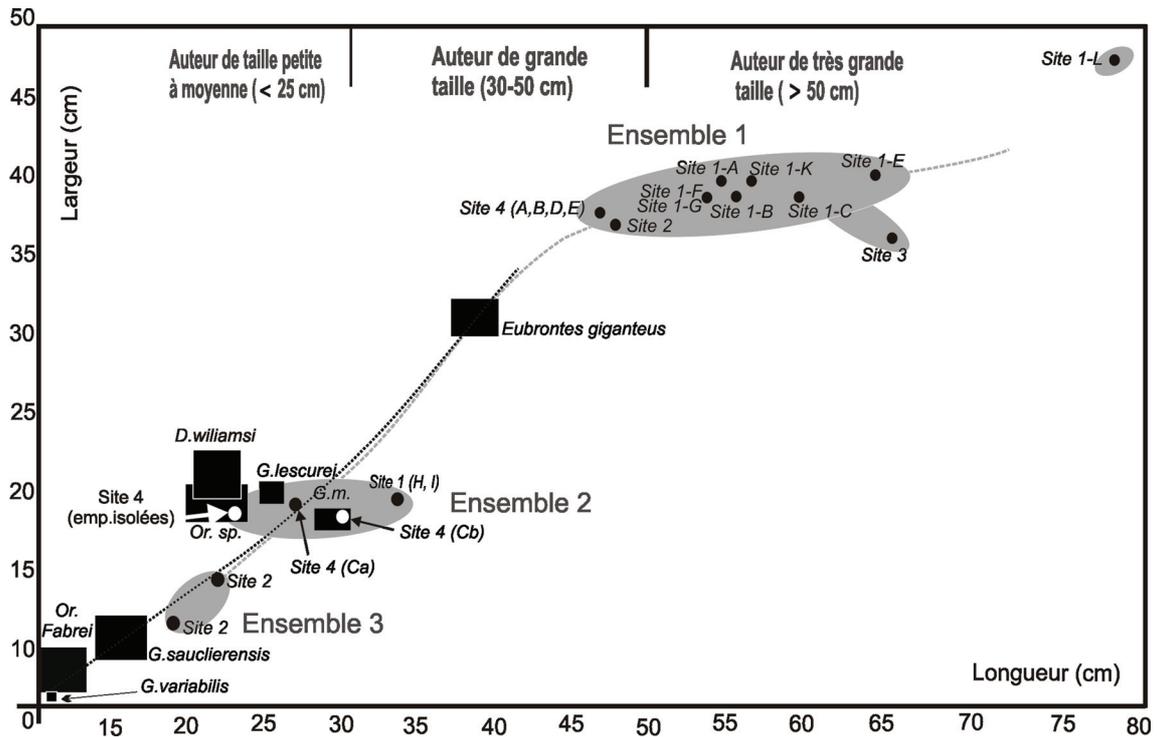


Figure 6. — Caractères (Longueur, Largeur) des empreintes de pas des dinosaures de la région d'El Bayadh (Sites 1, 2 et 3) et comparaisons avec quelques ichnoespèces liasiques des Causses français.

*G.* = *Grallator*; *Or.* = *Ornithopus*; *D.* = *Dilophosauripus*; *m.* = *Grallator minusculus*; A, B, C, Ca, Cb, ... = pistes ;

- - - = Courbes d'allométrie de croissance des *Grallator-Eubrontes* et Ensembles 1-3.

## 2 - Conclusion

Il semble généralement admis que le caractère de la taille des empreintes de pas est prépondérant dans la détermination des ichnogènes (Barco *et al.*, 2005), en ce sens que les *Grallator* sont de petites formes théropoïdes dont la longueur du pied est inférieure à 25 cm (fig. 7). Les *Eubrontes* sont des formes théropoïdes dont les longueurs d'ichnites sont situées entre 30 et 50 cm. En revanche, les grands théropodes sont marqués par des longueurs supérieures (Barco *et al.*, 2005).

En conclusion, l'analyse de la taille (longueur, largeur) des empreintes permet de mettre en évidence deux formes de traces dinosauroïdes (fig. 7) :

- La première forme (Ensemble 1) regroupe des traces nettement plus grandes que celles décrites chez *Eubrontes giganteus sensu* Demathieu *et al.*, 2002 (fig. 6). La présence au niveau de l'empreinte du pied de cette dernière ichnoespèce d'une échancrure basale (fig. 7) et la présence de l'hallux chez l'Ensemble 1 tendent à éloigner ces taxons l'un de l'autre. Nous suggérons néanmoins et à titre provisoire de rapprocher cet ensemble au type-*Eubrontes*. Le provisoire de cette attribution est aussi liée au fait que les ichnogènes *Grallator* et *Eubrontes* ne dépassent guère le Jurassique inférieur (Hichkok, 1845; Romeo Molina *et al.*, 2003). Par ailleurs, la comparaison des ichnites d'El Bayadh avec celles du Crétacé décrites au Maroc et au Portugal (Lockley *et al.*,

1998) ne semble pas évidente non plus. Une étude statistique (analyse discriminante) permettra ultérieurement de proposer des interprétations plus étayées.

- La deuxième forme, correspondant aux Ensembles 2 et 3, observée à Brézina (site 4: El Mezioued) et à El Bayadh (site 1: El Grarij amont, site 2: El Mouilah) s'apparente avec les représentants de l'ichnogenre *Grallator* et un peu moins avec ceux de *Dilophosauripus* Welles, 1971 (Demathieu *et al.*, 2002). Par conséquent, les Ensembles 2 et 3 peuvent être rattachés provisoirement, à l'ichnogenre *Grallator* avec deux formes distinctes: une première forme localisée au niveau du site 1 d'El Bayadh (El Grarij) et du site 4 de Brézina (El Mezioued), elle correspond à l'Ensemble 2. La deuxième forme présente au site 2 d'El Bayadh (El Mouilah), correspond à l'Ensemble 3. Les ichnoespèces d'*Ornithopus* sp. peuvent être écartées en raison du fait que les empreintes isolées du site 4 de Brézina (El Mezioued) semblent être dépourvues d'hallux.

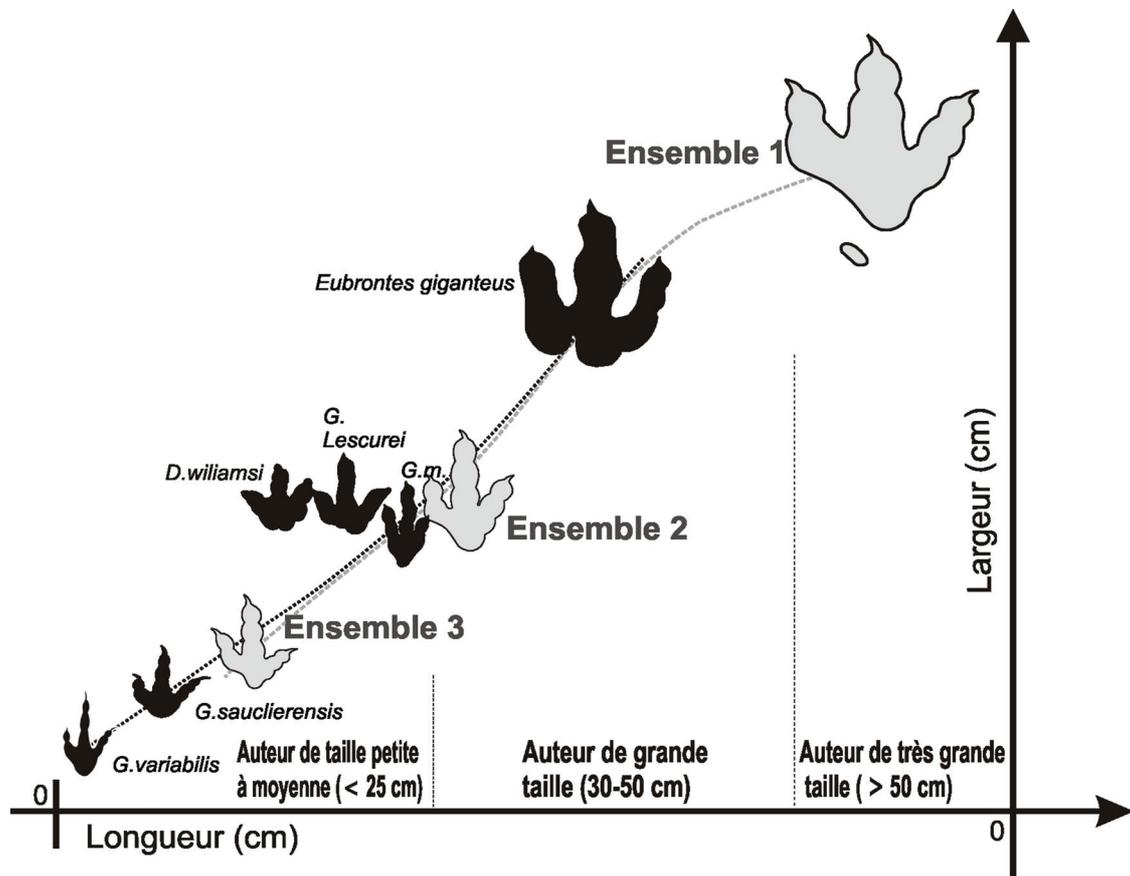


Figure 7.— Morphologie des traces de pas des Ensembles 1-3 comparées avec celles des ichnoespèces liasiques des Causses français.

## A2 - Angle de divarication (II - IV)

### 1 - Analyse de la figure 8

Tout en sachant que la valeur de l'angle de divarication (*sensu* Lull, 1953; Demathieu *et al.*, 2002) mesurée entre le deuxième et le quatrième doigts peut être variable en fonction de la profondeur des empreintes et de la réponse physique du substrat en relation avec l'envergure de l'auteur des empreintes (Thulborn, 1990) et de ses caractéristiques biologiques (cas des ornithoïdes: G. Gand, *in litteris*), l'analyse de cet angle permet de distinguer quatre (04) valeurs (fig. 8):

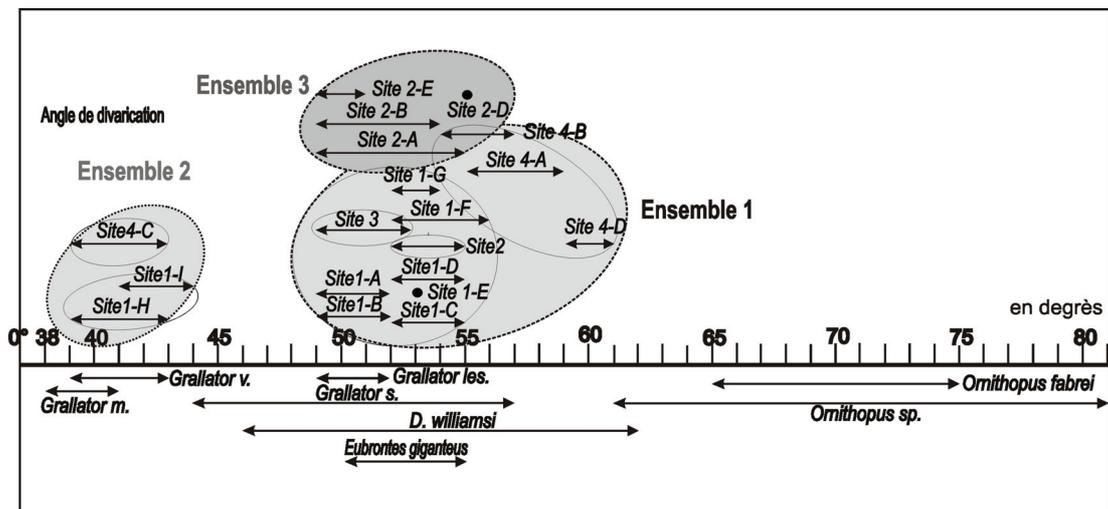


Figure 8.— L'amplitude de l'angle de divarication des empreintes de pas de dinosaures de la région d'El Bayadh en comparaison avec celui mesuré chez quelques ichnoespèces du Lias inférieur des Causses français.

*Grallator v.*= *Grallator variabilis*; *Grallator les.*= *Grallator lescurei*; *Grallator m.*= *Grallator minusculus*; *Grallator s.*= *Grallator sauclierensis*. Les cercles correspondent aux sites 1-4 et aux Ensembles 1-3.

#### Site 1 El Bayadh (El Grarij amont)

1. **Pistes H et I:** les mensurations sont comparables, en partie, (limite des bornes 1 et 2 au seuil de 5% *In* Demathieu *et al.*, 2002) à celles de *Grallator variabilis* de Lapparent & Montenat, 1967 et de *G. minusculus* Demathieu, Gand, Sciau et Freytet, 2002.

2. **Pistes A, B:** ces empreintes ont un angle de divarication exactement comparable à celui noté chez *Grallator lescurei* Demathieu, 1990. Il s'inscrit à l'intérieur des bornes de *G. sauclierensis* Demathieu et Sciau, 1992, de *Dilophosauripus williamsi* Welles, 1971 et atteint la borne inférieure d'*Eubrontes giganteus* (Hitchcock, 1845).

3. **Pistes C, D, E, F, G:** l'angle de divarication est proche de celui de *G. sauclierensis* (limite supérieure de la borne 2). Il s'inscrit à l'intérieur des bornes de *Dilophosauripus williamsi* et de *Eubrontes giganteus*.

Les mesures effectuées sur les empreintes des autres sites 2, 3 et 4 sont les suivantes:

**Site 2** d'El Bayadh (El Mouilah): les valeurs de l'angle de divarication (pistes A, B, E, D) sont contenues à l'intérieur des bornes de *Grallator lescurei*, *Eubrontes giganteus*, *G. sauclierensis*, et *Dilophosauripus williamsi*.

**Site 3** d'El Bayadh (Abattoirs): l'angle est situé dans l'intervalle de valeurs de *Grallator lescurei*, de *G. sauclierensis*, de *Dilophosauripus williamsi* et la partie inférieure de la borne 1 appartenant à *Eubrontes giganteus*.

**Site 4** de Brézina (El Mezioued): trois groupes d'angle de divarication d'empreintes sont individualisés: il s'agit des pistes C (premier groupe), A et B (deuxième groupe) et D (troisième groupe). Le premier est identique à celui du site 1 d'El Bayadh (El Grarij amont: pistes H et I) dont les mesures se confondent avec celles des ichnoespèces *Grallator variabilis* et *G. minusculus*. Le deuxième groupe présente des angles contenus dans l'intervalle de *Dilophosauripus williamsi* ainsi que les parties supérieures de la borne 2 d'*Eubrontes giganteus* et de *Grallator sauclierensis*. Le troisième groupe possède un angle de divarication situé dans la partie supérieure de la borne 2 de *Dilophosauripus williamsi*.

## 2 - Conclusion

Il ressort de cette analyse que l'on peut parler de trois ensembles distincts. L'un a un angle de divarication situé à l'intérieur des bornes 1 et 2 de l'ichnogenre *Grallator* (*G. variabilis*, *G. minusculus*), comparable à celui des pistes H et I du site 1 d'El Bayadh (El Grarij). Ce groupe vérifie la dénomination de l'Ensemble 2. En revanche, le deuxième groupe possède des mesures d'angle centrées autour de *Grallator* et *Eubrontes*, tout en intégrant les valeurs de *Dilophosauripus williamsi*. Décrit dans le site 2 d'El Bayadh (El Mouilah), ce groupe correspond à l'Ensemble 3. Il possède des bornes comparables, du point de vue angle, à celles enregistrées dans le site 3 d'El Bayadh (Abattoirs) et le site 1 d'El Bayadh (El Grarij) appartenant à l'Ensemble 1. Le troisième groupe (pistes A, B, D du site 4) vérifie les mesures d'angles notées dans les ichnogenres *Grallator* (*G. sauclierensis*), *Eubrontes* (*E. giganteus*) et *Dilophosauripus* (*D. williamsi*). Il correspond aux limites de l'Ensemble 1.

En conclusion, la comparaison des données de l'angle de divarication des Ensembles 1, 2 et 3 de la région d'El Bayadh et des ichnoespèces liasiques des Causses français, permet d'envisager un rapprochement avec les ichnogenres *Grallator* et *Eubrontes*; *Dilophosauripus* peut être exclu en raison du fait qu'il possède des bornes d'angle très larges.

### A3 - Le caractère D

Ce caractère représente la longueur de la partie distale de l'orteil III déterminée à sa base par la droite joignant les extrémités des orteils II et IV.

Les mesures de ce caractère sont exprimées dans le tableau 6 qui montre des

comparaisons avec des ichnoespèces d'âge liasique des Causses français (Demathieu *et al.*, 2002).

Pour les empreintes de grande taille, les pistes du site 1 d'El Bayadh (El Grarij amont: A, B, C, D, E, F, G, K, L), du site 2 de Brézina (El Mezioued: A, B, D, E) et du site 3 d'El Bayadh (Abattoirs), appartenant à l'ensemble 1, présentent une tendance nette à l'allongement du doigt médian par rapport aux doigts latéraux (II et IV). Cette dernière est perceptible chez *Grallator minusculus* (sites 1, 3, 4) et *Eubrontes giganteus* (site 1).

Les empreintes de petite taille de la piste C du site 4 de Brézina (El Mezioued) présentent quelques traits de comparaison avec celles des ichnoespèces *Or. fabrei* et *G. sauclierensis*, pouvant atteindre *Or. sp.* et *D. williamsi* pour le site 1 d'El Bayadh (El Grarij amont) ou *G. lescurei* et *G. minusculus* pour le site 2 d'El Bayadh (El Mouilah).

En conclusion, l'analyse du caractère D suggère un rapprochement des Ensembles 1, 2 et 3 avec les *Grallator* et les *Eubrontes*. Cette comparaison n'exclue pas les ichnogenres *Ornithopus* et *Dilophosauripus* pour les empreintes de grande taille notamment.

Sites de la région d'El Bayadh	Taille des empreintes	Ensembles	Bornes du Caractère D (mm) chez les Ensembles fossiles	Bornes au seuil 5% des ichnoespèces de référence (Demathieu <i>et al.</i> , 2002).
Site 4, Brézina (El Mezioued) : piste C	Forme de petite taille	Ensemble 2	60-70	<i>Or. fabrei</i> (47-62), <i>G. sauclierensis</i> (52-75)
Site 1, El Bayadh (El Grarij amont) : pistes H et I			70-110	<i>Or. sp.</i> (86-106), <i>D. williamsi</i> (75-117)
Site 2, El Bayadh (El Mouilah)		Ensemble 3	90-110	<i>G. lescurei</i> (97-103), <i>G. minusculus</i> (102-111)
Site 4, Brézina (El Mezioued) : pistes A, B, D et E	Forme de grande taille	Ensemble 1	100-120	<i>G. minusculus</i> (102-111)
Site 3, El Bayadh (Abattoirs)			110-120	<i>G. minusculus</i> (102-111)
Site 1, El Bayadh (El Grarij amont) : pistes A, B, C, D, E, F, G, K et L			110-170	<i>G. minusculus</i> (102-111), <i>E. giganteus</i> (133-141)

Tabl. 6: Caractère D des ichnites des sites de la région d'El Bayadh et comparaisons avec les ichnoespèces des Grands-Causses de France.

## B. Formes sauropoïdes

Les ichnites dont les caractéristiques sont précisées partiellement dans le tableau 1, correspondent à l'Ensemble 4 d'âge Valanginien (site 1 d'El Bayadh-El Grarij aval: fig. 3, piste J; pl. 2.11-12; pl. 3.2). Il s'agit d'une population qui évoque, par ses caractéristiques biométriques, des auteurs quadrupèdes assez grands dont l'enjambée atteint 2,60 m avec un écartement très large (1,40 m) des empreintes latérales par rapport à l'axe de déplacement. Des formes d'empreintes comparables ont été décrites par Lockley *et al.* (1994) qui, sur la base de l'écartement des empreintes latérales, distinguent des écartements étroit (*narrow-gauge*: type du Colorado et du Portugal) et

large (*wide-gauge*: type du Texas); ils les rapportent, respectivement, aux ichnogenres *Parabrontopodus* Lockley, Farlow et Meyer, 1994 et *Brontopodus* Lockley, Farlow et Meyer, 1994. La forme de la demi lune et la présence d'ongles sont autant de caractères qui permettent de distinguer ces grands groupes (Carrano et Wilson, 2001; Farlow, 1992; Wilson, 2005; Whright, 2005). Par conséquent, l'Ensemble 4 d'El Grarij peut être rangé dans la catégorie à large écartement d'empreintes (*wide-gauge*) décrite au Texas et rattaché à l'ichnogenre *Brontopodus*. L'Ensemble 4 est marqué par un ratio de surface main-pied égal à 1: 2 (identique à celui calculé pour les empreintes du Portugal: Santos *et al.*, 1992; Santos *et al.*, 1994), un angle de pas atteignant 100° (100-120° chez *Brontopodus*: Farlow, 1992), des empreintes de pas longues de 41 cm (bornes des longueurs notées chez *Brontopodus*: 40-50 cm selon Farlow *et al.*, 1989; Farlow, 1992; Lockley, 1991) et un pas (1,57 m) trois fois plus long que l'empreinte du pied (normes décrites par Farlow, 1992).

Il ressort de cette analyse que l'Ensemble 4 (site 1 d'El Bayadh-El Grarij aval) est ainsi classé dans le groupe à large écartement d'empreintes (*wide-gauge*) décrite au Texas. Nous le rattachons donc à l'ichnogenre *Brontopodus*. Par ailleurs, l'absence de trace d'ongle sur les empreintes (pied, main) permet de constater que l'Ensemble 4 de la région d'El Bayadh est nettement différent de l'ichnoespèce *B. birdi* (Farlow *et al.*, 1989) du Texas. Cette forme algérienne peut être considérée comme une ichnopopulation propre à la localité d'El Bayadh El Grarij aval.

### 3 - Conclusion

L' étude morphométrique de quatre caractères pédieux: la taille (Longueur x largeur), dimension de la partie distale de l'orteil III (D) et de l'angle II-IV ont permis de mettre en évidence quatre ensembles de traces dinosauroïdes (théropoïde, sauropoïde).

En effet, l'Ensemble 1 d'El Bayadh (El Grarij amont) regroupe des traces de pas morphologiquement comparables, mais plus grandes, par rapport à celles décrites chez *Eubrontes giganteus sensu* Demathieu *et al.*, 2002 (fig. 4 et 6; tabl. 3). Nous suggérons, à titre provisoire, de rapprocher cet Ensemble au type-*Eubrontes*. Cette attribution provisoire est aussi liée à l'âge de l'ichnogenre *Eubrontes*, en sachant que cette forme n'est pas connue postérieurement au Jurassique inférieur (Hichckok, 1845; Romeo Molina *et al.*, 2003).

L' Ensemble 2 contient les pistes H et I du site 1 d'El Bayadh (El Grarij amont), la piste C du site 4 de Brézina (El Mouilah) et les ichnites isolées de ce dernier site. Il présente quelques caractères (fig. 4 et 6 et tabl. 4) en commun avec les *Grallator*, les *Dilophosauripus* et les *Ornithopus* (*G. sauclierensis*, *D. williamsi* et *Or. sp.* du Lias français: Demathieu *et al.*, 2002). Le fait que la trace du hallux ne soit pas visible dans les deux sites écarte, au moins provisoirement, tout rapprochement avec l'ichnogenre *Ornithopus*. La longueur des empreintes de cet ensemble permet de le rapprocher beaucoup plus de l'ichnogenre *Grallator* (*G. lescurei* et *G. minusculus* des Grands Causses français).

L' Ensemble 3 appartenant au site 2 d'El Bayadh (El Mouilah) présente, comme l'ensemble précédent, des empreintes pédieuses où la trace de l'hallux n'est pas visible. Ceci exclue, au moins provisoirement, son rapprochement avec l'ichnogenre

*Ornithopus*. En revanche, il montre morphologiquement (caractères L x l et T: fig. 4 et 6) des traces intermédiaires entre les ichnoespèces liasiques *Grallator sauclierensis* et *Dilophosauripus williamsi sensu Demathieu et al.* (2002). Ce dernier ichnogenre ne peut être retenu si l'on tient compte du caractère D des ichnites (tabl. 6) qui rapproche davantage l'Ensemble 3 à l'ichnogenre *Grallator*.

Par conséquent, les Ensembles 2 (site 1 d'El Bayadh-El Grarij amont et site 4 de Brézina-El Mezioued) et 3 (site 2 El Bayadh-El Mouilah) sont rattachés provisoirement à l'ichnogenre *Grallator*.

L' Ensemble 4 (site 1 d'El Bayadh-El Grarij aval) est représenté par des empreintes à large écartement comparables à celles décrites au Texas (Lockley *et al.*, 1994). L'importance primordiale de ce caractère permet de rattacher cet ensemble à l'ichnogenre *Brontopodus*. D'autres caractères morphologiques (taille des empreintes, l'enjambée et l'angle du pas) permettent d'appuyer cette attribution.

Les auteurs des Ensembles 1, 2 et 3 sont attribués à des Dinosaures théropodes; le groupe brontopoides (*Brontopodus*) l'étant à des sauropodes.

Cette faune est associée à des chéloniens, des crocodiliens et des poissons qui ont vécu au Crétacé inférieur (Valanginien), dans un milieu peu profond de type laguno-saumâtre avec des zones marécageuses. Sa nature est attestée par les données sédimentologiques: dépôts salins, présence de rides de courant, de bivalves de petite taille et de débris végétaux.

## CONCLUSION GENERALE

Près de 350 empreintes de pas de dinosaures associées à des ossements de poissons, de crocodiliens, de chéloniens, de mollusques et de débris végétaux, d'âge Crétacé inférieur, ont été mises en évidence dans quatre localités à proximité de la ville d'El Bayadh et au Nord de Brézina. Ces traces de pas sont observées sur des dalles gréseuses ou de calcaires argileux.

Répartis sur plusieurs sites, quatre ensembles d'empreintes de pas sont mis en évidence dans la région d'El Bayadh; Ensemble 1 (sites 1, 2, 3 et 4), Ensemble 2 (sites 1 et 4), Ensemble 3 (site 2) et Ensemble 4 (site 1) qui révèlent la présence de formes vertébrées tri-et téradactyles bipèdes dinosauroïdes (Ensembles 1-3) et quadrupède sauropode (Ensemble 4).

L'analyse biométrique préliminaire de ces traces (longueur, largeur, T, et D) permet de rapprocher, provisoirement, les formes dinosauroïdes de la région d'El Bayadh aux ichnogenres liasiques *Grallator* et *Eubrontes* (type-*Grallator*, type-*Eubrontes*) décrits dans les Grands Causses français, tout en sachant que ces formes ne dépassent guère le Jurassique inférieur. La forme sauropoïde est attribuée à l'ichnogenre *Brontopodus* connu au Jurassique et au Crétacé.

En Afrique du Nord, la présence de ces dinosaures sauropodes et théropodes au Crétacé est étayée par de nombreuses données ostéologiques signalées notamment en

Algérie dans le continental intercalaire du Sahara et de l'Atlas saharien (de Lapparent, 1959). Les ichnites de dinosaures, connues et celles décrites dans ce travail, se localisent toutes dans ce dernier domaine géologique.

La présence de ces théropoïdes et sauropoïdes Crétacés constitue un jalon important dans la connaissance des faunes reptiliennes vivant en lisière de milieu laguno-saumâtre et ayant colonisé une vaste aire paléogéographique située sur la bordure méridionale de la Téthys et ce, depuis le début de l'Ere Secondaire.

#### REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement Messieurs Gand G. et Pérez-Lorente F. pour leurs critiques constructives du manuscrit, Demathieu G., Le Loeuff J., Hauthier L., Taquet Ph., Tabuce R. et Madame Vianey-Liaud M. pour leurs conseils et soutiens bibliographiques. Monsieur B. Bekkara est également remercié pour nous avoir signalé (mai 2004) le site 1 d'El Grarij ainsi que les nombreux habitants de la ville d'El Bayadh qui nous ont facilité le travail durant les campagnes de fouille. Les auteurs sont redevables envers les autorités locales d'El Bayadh et le bureau d'études B.A.T.A.U. qui ont mis tous les moyens humains et matériels pour la réussite de leur mission. Les travaux de terrain n'auraient pas pu avoir lieu sans l'aide précieuse et généreuse de Monsieur Boukarabila D. (ancien Wali d'El Bayadh).

#### BIBLIOGRAPHIE

- BASSOULLET, J. -P. (1971). — Découverte d'empreintes de pas de Reptiles dans l'Infra-Lias de la région d'Am Séfra (Atlas saharien, Algérie). *C. R. Somm. Soc. géol. France*, Paris, (7), pp. 358-359, 1 fig.
- BASSOULLET, J. P. (1973). — Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas saharien occidental (Algérie). *Thèse d'état*, Paris, 497 p.
- BARCO, J. L. CANUDO, J. I., RUIZ-OMENACA, J. I. & RUBIO, J. L. (2005). — Evidencia icnologia de un dinosaurio teropodo gigante en el Berriasiense (Cretacico inferior) de Laurasia (Las villasecos, Soria, Espana). *Revista Espanola de Paleontologia*, pp. 59-71.
- BASSOULLET, J. P. & ILIOU, J. (1967). — Découverte de Dinosauriens associés à des Crocodiliens et des Poissons dans le Crétacé inférieur de l'Atlas saharien (Algérie). *C. R. Somm. Soc. géol. France*, Paris, (7), p. 294.
- BELLAIR, P. & LAPPARENT, A. F. DE (1948). — Le Crétacé et les empreintes de pas de Dinosauriens d'Amoura (Algérie). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord*, **39**, p. 168-175.
- BROIN, F. DE, GRENOT, C. & VERNET, R. (1971). — Sur la découverte d'un nouveau gisement de vertébrés dans le continental intercalaire saharien: le Gara Samani (Algérie). *C. R. Acad. Sc.*, Paris, **272**, pp. 1219-1221, 1 fig.
- CORNET, A. (1950). — Carte géologique au 1/200 000 de Géryville. *Serv. Carte . géol., Algérie*.
- CORNET, A. (1952). — L'Atlas saharien sud-oranais. *19e Congr. géol. intern.*, Alger, *Monogr. région.*, 1ère sér., n° 12, 51 p., 1 pl. h.t.
- CARRANO, M. T. & WILSON, J. A. (2001). — Taxon distributions and the Tetrapod track record. *Paleobiology*, **27**, 3, pp. 564-582.
- DEMATHIEU, G. (1990). — Problems in discrimination of tridactyl dinosaur footprints, exemplified by

- the Hettangian trackways, The Causses, France. *Ichnos*, **1**, pp. 97-110, 9 figs., 2 tabl.
- DEMATHIEU, G., GAND, G., SCIAU, J. & FREYTET, P. (2002). — Les traces de pas de dinosaures et autres archosaures du Lias inférieur des Grands Causses, Sud de la France. *Palaeovertebrata*, Montpellier, **31** (1-4), pp. 1-143.
- DEMATHIEU, G. & 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, **315**, 2, pp. 1561-1566.
- ELLENBERGER, F., ELLENBERGER, P. & GINSBURG, L. (1970). — Les dinosaures du Trias et du Lias en France et en Afrique du Sud, d'après les pistes qu'ils ont laissées. *Bull.Soc.Géol.France*, **7**, 22, pp. 151-159.
- ELLENBERGER, P. (1974). — Contribution à la classification des pistes de vertébrés du Trias: Les types Stormberg d'Afrique du Sud (IIème Partie: Le Stormberg supérieur -I. Le biome de la zone B/1 ou niveau de moyeni: ses biocénoses). *Palaeovertebrata*, 141 p., 57 pl.h.t.
- FARLOW, J. O. (1992). — Sauropod tracks and trackmakers: integrating ichnological and skeletal records. *Zubia*, **10**, pp. 89-138.
- FARLOW, J. O., PITTMAN, J. G. & HAWTHORNE, J. M. (1989). — *Brontopodus birdi*, Lower Cretaceous Sauropod footprints from the U.S. Gulf coastal plain In Gillette D. D. et Lockley M. G. Eds, Dinosaur Tracks and traces, *Cambridge University Press*, pp. 371-394.
- GAND, G., GARRIC, J., DEMATHIEU G. & ELLENGERGER, P. (2000). — La palichnofaune de vertébrés tétrapodes du Permien supérieur du bassin de Lodève (Languedoc, France). *Palaeovertebrata*, **29**, 1, p. 1-82.
- GAND, G., VIANEY-LIAUD, M., DEMATHIEU, G. & GARRIC, J. (2000). — Deux nouvelles traces de pas de Dinosaures du Trias supérieur de la bordure cénévoles (La Grande-Combe, Sud-Est de la France). *Geobios*, **33**, 5, pp. 599-624.
- HITCHCOCK, E. (1845). — An attempt to name, classify, and describe, the animals that made the fossil footmarks of New England. *Proc. 6th Ann. Meeting, Assoc. Amer. Geolog. and Natural.*, New Haven, Connecticut, pp. 23-25.
- HITCHCOCK, E. (1858). — Ichnology of New England. A report on the sandstone of Connecticut Valley, especially its fossil footmarks. *White Edit.*, Boston, 220 p.
- LAPPARENT, A. F. DE (1959). — Les Dinosauriens du « continental intercalaire » du Sahara central. *Mém. Soc. Géol. France*, nouv. sér., n° 88, 56 p., 11 pl.
- LAPPARENT, A. F. DE & LUCAS, G. (1957). — Vertèbres de Dinosauriens sauropodes dans le Callovien moyen de Rhar Rouban (frontière algéro-marocaine du Nord). *Bull. Soc. Hist. Natur. Afrique du Nord*, Alger, **48**, pp. 234-236.
- LAPPARENT, A. F. DE & MONTENAT, C. (1967). — Les empreintes de pas de reptiles de l'Infralias du Veillon (Vendée). *Mém.Soc.Géol.France*, **46**, 2, 43 p.
- LOCKLEY, M. G. (1991). — Tracking dinosaurs: a new look at an ancient world. *Cambridge University Press*, Cambridge, 238 p.
- LOCKLEY, M. G., FARLOW, J. O. & MEYER, C. A. (1994). — *Brontopodus* and *Parabrontopodus* ichnogen.nov. and the significance of wide-and narrow-gauge sauropod trackways. *Gaia*, **10**, pp. 143-147.
- LOCKLEY, M. G., MEYER, C. A. & SANTOS, V. F. DOS (1998). — *Megalosauripus* and the problematic concept of Megalosaur footprints. *Gaia*, **15**, pp. 313-337.
- LULL, R. S. (1904). — Fossil footprint of the Jura-Trias of North America. *Mém.Boston Soc.Nat.Hist.*, **5**, pp. 461-557.
- LULL, R. S. (1915). — Triassic life of the Connecticut Valley. *Com.State Geol. and Nat. Hist. Surv. Bull.*, **24**, pp. 1-285.

- LULL, R. S. (1953). — Triassic life of the Connecticut Valley (revised). *Com. State Geol. and Nat. Hist. Surv. Bull.*, **81**, pp. 1-336.
- MAHAMMED, F., LANG, E., MAMI, L., MEKAHLI, L., BENHAMOU, M., BOUTERFA, B., KACEMI, A., CHERIEF, A., CHAOUATI, H. & TAQUET, Ph. (2005). — The "giant of Ksour", a Middle Jurassic sauropod dinosaur from Algeria. *C.R. Palevol*, **4**, pp. 707-714.
- MAHAMMED, F., MAMI, L., MEKAHLI, L., BENHAMOU, M., BOUTERFA, B., KACEMI, A. & CHERIEF, A. (2002). — Le géant du Ksour: un Dinosauré Sauropode dans le Jurassique moyen de l'Ouest de l'Algérie. *Bull. Ser. géol. Algérie.*, **13**, 1, pp. 3-19, 3 fig., 4 pl.
- MAHBOUBI, M. (1983). — L'étude géologique et paléontologique du Crétacé post-aptien et du Tertiaire continental de la bordure méridionale du Djebel Amour (Atlas saharien central, Algérie). *Thèse de 3ème cycle*, Université d'Oran, 116 p.
- MAHBOUBI, M., BESSEDIK, M., BELKEBIR, L., BENSALAH, M. & ADACI, M (2004). — Découverte des premières empreintes digitales de dinosauriens crétacés dans la région d'El Bayadh. Colloque international «Terre et eau», Annaba, pp. 92-95, 3 fig.
- MAHBOUBI, M., BESSEDIK, M., BELKEBIR, L., ADACI, M., HEBIB, H., BENSALAH, M., MAMMERI, C., MANSOUR, B. & MANSOURI M.-H. (2007). — Première découverte d'empreintes de pas de dinosaures dans le Crétacé inférieur de la région d'El Bayadh (Algérie). *Mém. Bull. Serv. Géol., National, Algérie*, **18**, 2, pp. 127-139.
- MESLE, G. LE & PERON, A. (1880). — Sur les empreintes de pas d'oiseaux observés par M. Mesle dans le Sud de l'Algérie. *C.R. Congrès Association Française pour l'Avancement des Sciences*, Reims, pp. 428-533.
- OSBORN, H. F. (1917). — Skeletal adaptations of *Ornitholestes*, *Struthiomimus*, *Tyrannosaurus*. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* **35**, 733 p.
- OLSEN, P. E. (1980). — Triassic and Jurassic Formations of the Newark basin. In: Field studies of New Jersey Geology and Guide to Field Trips, *Manspeizer Warren (edit.)*, Yale University, New Haven, Connecticut, pp. 1-39.
- OLSEN, P. E., SMITH, J. B. & McDONALD, N. G. (1998). — Type material of the type species of the classic theropod footprint genera *Eubrontes*, *Anchisauripus*, and *Grallator* (Early Jurassic, Hartford and Deerfield basins, Connecticut and Massachusetts, USA). *Journal of Vertebrate Paleontology*, **18**, n° 3, p. 586-601.
- ROMERO MOLINA, M. M., PEREZ-LORENTE, F. & RIVAS CARRERA, P. (2003). — Analisis de la parataxonia utilizada con las huellas de dinosaurio. In: Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos en Espana. Ciencias de la Terra, **26**, pp. 13-32.
- SANTOS, V. F., LOCKLEY, M. G., MORATALLA, J. J. & GALOPIM DE CARVALHO, A. M. (1992). — The longest dinosaur trackway in the world? Interpretations of Cretaceous footprints from Carenque, near Lisbon, Portugal. *Gaia*, **5**, pp. 18-27.
- SANTOS, V. F., LOCKLEY, M. G., MEYER, C. A., CARVALHO, J., GALOPIM DE CARVALHO, A. M. & MORATALLA, J. J. (1994). — A new sauropod tracksite from the Middle Jurassic of Portugal. *Gaia*, **10**, pp. 5-14.
- SERENO, P. C., DUTHEIL, D. B., IAROCHENE, M., LARSSON, H. C. E., LYON, G. H., MAGWERE, M., SIDOR, C. A., VARRICCHIO, D. J. & WILSON, J. A. (1996). — Predatory dinosaurs from the Sahara and Late Cretaceous faunal differentiation. *Science*, **272**, pp. 921-1068.
- STERNBERG, M. (1930). — Dinosaur tracks from Peace River, British Comobia. *Ann. Rep. Nat. Mus. Canada*, p. 59.
- THULBORN, R. A. (1990). — Dinosaur tracks. Chapman Hall (*edit.*), London, 410 p.
- WILSON, J. A. (2005). — Integrating ichnofossil and body fossil record to estimate locomotor posture and spatiotemporal distribution of early sauropod dinosaurs: a stratocladistic approach. *Paleobiology*,

**31**, 3, pp. 400-423.  
WHRIGHT, J. (2005). — Importance of Sauropod tracks *In* Steps in understanding sauropod biology.  
pp. 253-294.

## LEGENDES DES PLANCHES

## PLANCHE 1

Fig. 1-3: Surfaces à empreintes de pas de dinosaures des sites 1-3 d'El Bayadh; 1= El Grarij (amont); 2 = El Mouilah; 3 = Abattoirs.

Fig. 4: Dalle à ichnites de dinosaures du site 4 de Brézina (El Mezioued).



## PLANCHE 2

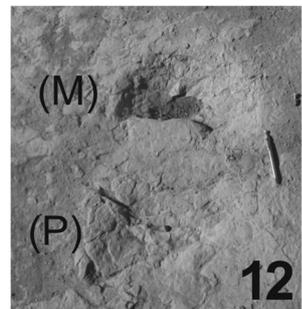
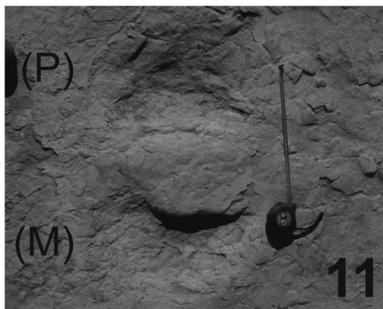
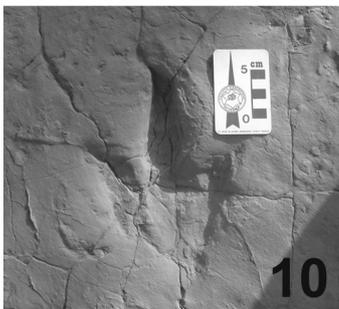
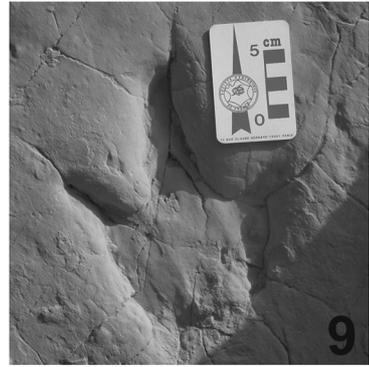
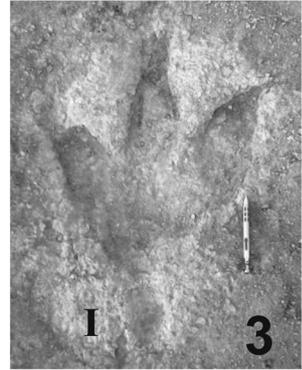
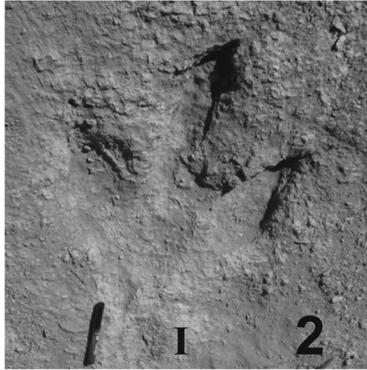
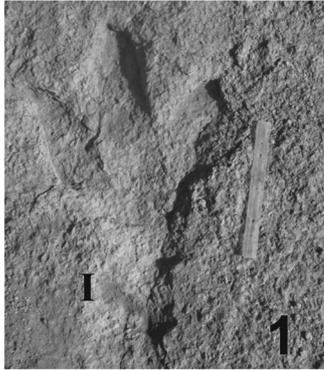
Fig. 1-3: traces de pas de l'Ensemble 1 avec hallux (*Type-Eubrontes*) du site 1 d'El Bayadh (El Grarij-amont).

Fig. 4-6: ichnites de l'Ensemble 1 sans hallux (*Type-Eubrontes*) des sites 2 d'El Bayadh (El Mouilah) et 4 de Brézina (El Mezioued).

Fig. 7 et 8: empreintes de pas de l'Ensemble 2 (*Type-Grallator*) des sites 1 d'El Bayadh (El Grarij-amont) et 4 de Brézina (El Mezioued).

Fig. 9 et 10: traces de pas de l'Ensemble 3 (*Type-Grallator*) du site 2 d'El Bayadh (El Mouilah).

Fig. 11 et 12: empreintes de pas de l'Ensemble 4 (*Brontopodus*) du site 1 d'El Bayadh (El Grarij-aval): P = pied; M = main.



### PLANCHE 3

Fig. 1: surfaces montrant les pistes d'empreintes de pas de dinosaures :

-pistes B, D, F et G appartenant à l'Ensemble 1 (*Type-Eubrontes*) du site 1 d'El Bayadh (El Grarij - amont).

-pistes H et I appartenant à l'Ensemble 2 (*Type-Grallator*) du site 1 d'El Bayadh (El Grarij amont).

Fig. 2: piste J de pas quadrupède (*Brontopodus*) du site 1 d'El Bayadh (El Grarij - aval).

Fig. 3: piste C de l'Ensemble 3 (*Type-Grallator*) du site 2 d'El Bayadh (El Mouilah).

Fig. 4: pistes A et B de l'Ensemble 1 (*Type-Eubrontes*) du site 4 de Brézina (El Mezioued).

