

II. B. Exemple : Série du Mésozoïque (Secondaire)

EXEMPLE 2 : L'ATLAS SAHARIEN ALGERIEN

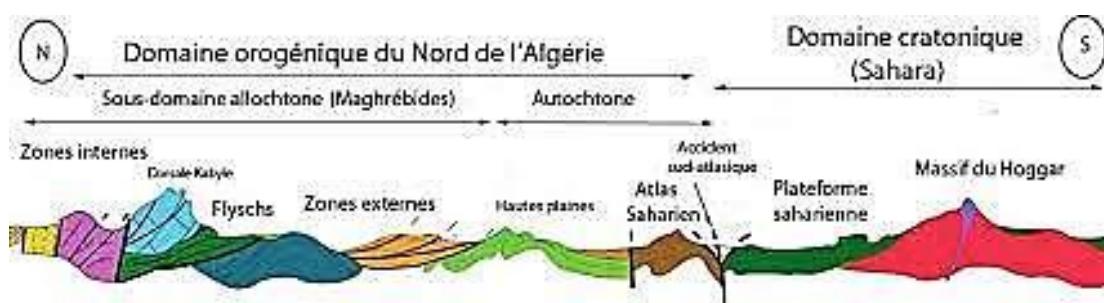
I. Introduction:

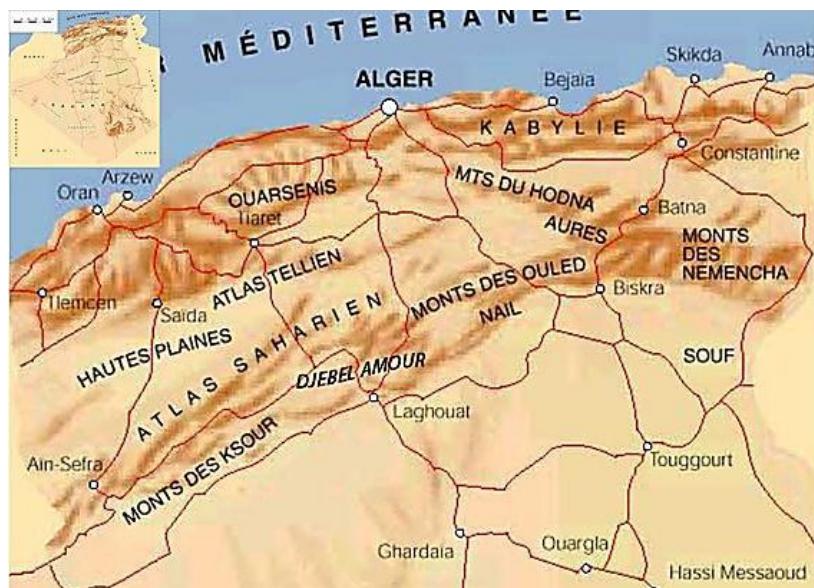
L'Atlas saharien est la partie algérienne d'un vaste ensemble montagneux s'allongeant sur près de 2000 Km depuis la région d'Agadir (au Maroc) jusqu'à la Tunisie.

Cet Atlas est composé de chaînons allongés orientés généralement Sud-Ouest– Nord-Est ou Ouest-Sud-Ouest – Est-Nord-Est se succédant en relais sur une largeur de l'ordre de 100 à 200Km.



Il est affecté par deux grandes lignes structurales, entre les Plaines sahariennes au Sud et les Hautes Plaines au Nord, correspondant respectivement aux accidents sud et nord atlasiques.





II. Cadre géologique général de l'Atlas saharien :

L'Atlas saharien est constitué d'un alignement de reliefs orientés sensiblement NE-SW, depuis le Haut Atlas marocain jusqu'aux Aurès (fig.). C'est un édifice dont le style structural est particulier : ce sont des structures plissées souvent simples (reliefs en chenilles processionnaires).

L'Atlas saharien s'organise suivant deux directions structurales : l'une longitudinale (NE-SW), l'autre transversale (N-S). C'est une chaîne affectée par deux accidents majeurs : La faille bordière **Nord atlasique** et **Sud atlasique**, beaucoup plus nette.

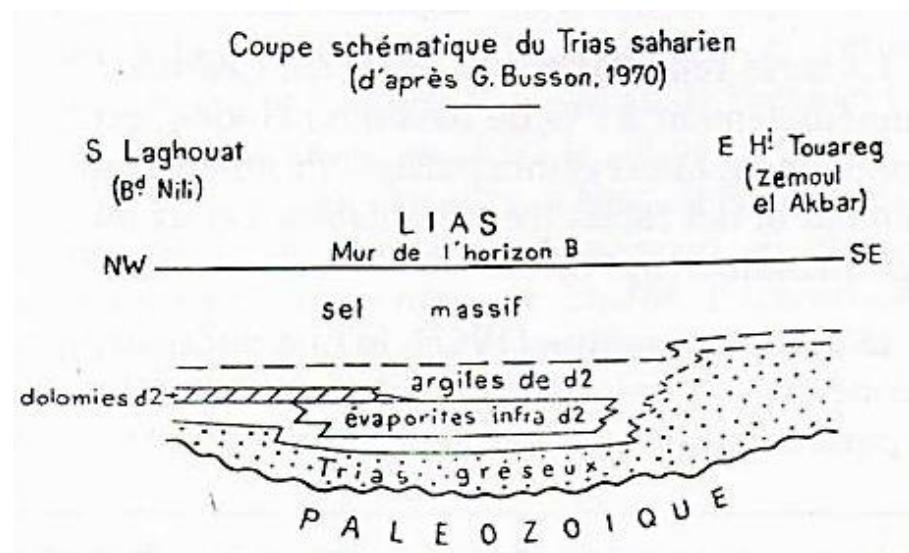
Sur le plan géologique, l'Atlas saharien s'est formé à l'emplacement d'un sillon subsident où se sont accumulés durant le **Mésozoïque** et une partie du **Cénozoïque** de puissants dépôts marins et continentaux.

Les mêmes assises sont de plus en plus continentales et anciennes de l'Est vers l'Ouest. La phase **distensive** du Trias a permis l'installation, au Lias (jurassique inférieur), de plates-formes carbonatées internes disloquées suivie par l'ouverture du bassin.

1. Le Trias:

Il est de type germanique, est représenté par des argiles bariolées versicolores, du sel et des roches vertes.

Il affleure, généralement, à la faveur d'accidents à Ain Ouarka (Monts de Ksour) et Kérakda (Djebel Amour).



L'apparition de récifs et d'épandage de nappes détritiques annonce, dès le Bajocien, le début d'un grand et long cycle deltaïque (Delfaud, 1974b) progradant d'Ouest vers l'Est. Ce cadre dynamique préfigure les fluctuations des limites des domaines marins et continentaux et durera jusqu'au Crétacé supérieur (Albien supérieur).

2. Le Bathonien (Dogger):

Formé par des grès et des dolomies à Aïn Ourka à l'Ouest, et par des calcaires et des marnes à ammonites à El Bayadh.

3. Le Callovien (Dogger):

Gréseux et dolomitique dans les Monts de Ksour, débute par des marnes et des marno-calcaire à ammonites du bassin à El Bayadh.

4. Le Kimméridgien (Malm inf.) :

Gréseux à l'Ouest jusqu'à Mécheria, ne l'est que partiellement à El Bayadh.

Dans cette dernière localité, il débute par des calcaires bleus fossilifères évoluant, dans sa partie supérieure, à des grès avec des intercalations de passages de marnes vertes. Celles-ci sont plus fréquentes et rougeâtres vers le sommet.

5. L'Infra-Crétacé :

Il est totalement gréseux depuis Aïn Ouarka à l'Ouest jusqu'à Mecheria et montre des niveaux marneux vers son sommet à El Bayadh.

6. Le Valanginien (Crétacé inf.) :

Transgressif, matérialisé par des marnes à gypse, des dolomies et des calcaires argileux à El Bayadh. Son épaisseur diminue progressivement vers l'Ouest où les grès prennent de plus en plus d'importance. Vers l'Est, il devient plus marneux (Aflou) puis complètement calcaire (Laghouat).

7. L'Hautérivien (Crétacé inf.) :

Complètement gréseux à l'Ouest, représenté par des grès continentaux suivis de marnes et calcaires marins depuis El Bayadh jusqu'à Aflou et réapparaît gréseux, plus à l'Est (Laghouat).

8. Au Barrémien-Aptien-Albien (Crétacé inf.)

La série est entièrement détritique et continentale aussi bien dans les Monts des Ksours que dans le Djebel Amour. En revanche, elle montre une incursion marine ayant déposé des calcaires et des marnes, plus à l'Est dans les Ouled Nail.

La phase orogénique alpine post-Lutétien met fin au cycle secondaire (Ritter, 1902).

III. Découpage lithostratigraphique des formations atlasiques :

Les nombreux travaux géologiques effectués sur l'Atlas saharien ont permis de dresser un important découpage lithostratigraphique.

Cependant, les attributions stratigraphiques des différentes formations définies varient d'un auteur à un autre.

1. Dans les Monts des Ksours :

Dans les Monts des Ksours, la série mésozoïque type (Bassoullet, 1973) montre une succession lithologique allant du Trias au Cénomanien supérieur-Turonien inférieur.

Dans cette région, le Rhétien-Hettangien (trias-Lias) est représenté par des marno-calcaires à fente de dessiccations appartenant à la plate-forme carbonatée interne proximale.

MILIEUX	PLATE-FORME INTERNE			BARRIERE	PLATE-FORME EXTERNE	
ETAGE	Supratidal (supralittoral)	Intertidal (méiolittoral)	Subtidal (infra-littoral)	Barre ou Barrière (Récif)	Marin ouvert (circalittoral)	
					HAUTE MER	
					BASSE MER	
					L.I.A.V.T. (*)	
ENERGIE	variable	moyenne à basse	basse	très forte	moyenne	basse
FAUNE	limnique saumâtre ou sursalée	oligospécifique benthique plus variée		constructeurs ou désert oolithique	benthique et pélagique Bryozaires Echinodermes	
FLORE	Characées	Cynobactéries Stromatolites	Algues vertes Oncolites		Algues rouges	

(*) Limite Inférieure d'Action des Vagues de Tempête

2. Dans Djebel Amour :

Dans cette partie de l'Atlas saharien, Cornet (1952) décrit dans la série du Secondaire:

- le Kimméridgien, matérialisé par 100 m de calcaire récifal et des calcaires bleus riches en Brachiopodes. Ces dépôts sont surmontés par une alternance marno-calcaire et marno-gréseuse présentant des rides de courant;
- le Barrémien-Aptien-Albien, une série de 700 à 1500 m d'épaisseur ; cette unité est essentiellement gréseuse de type fluvio-deltaïque ;
- le Cénomanien-Turonien, particulièrement calcaire, montre parfois des structures fenestrées, à sa base, puis des niveaux à ammonites.

3. Dans les Monts des Ouled Naïl : (Djelfa)

Les assises secondaires offrant les sites à ichnites (les Pas de Dinosaures) sont matérialisées par 220 m d'épaisseur de calcaires et de marnes attribuables au Cénomanien (Flandrin, 1952).

La base des calcaires montre des surfaces condensées de bivalves et de fentes de dessiccation.

IV. LES GISEMENTS A DINOSAURES DANS ATLAS SAHARIEN ALGERIEN :

1. Djebel Amour :

C'est le domaine le plus riche en sites à ichnites et dont la wilaya d'El Bayadh renferme le plus grand nombre. Il s'agit de huit (08) sites découverts ces dernières années.

Le site le plus important est celui de :

*** Sites de Brézina (El-Bayad) :**

Au Sud de la ville d'El Bayadh, dans la commune de Brezina, 5 sites à empreintes de pas de dinosauriens ont été dénombrés (fig.)

2. Monts des Ouled Naïl : (Djelfa) :

Les sites de la région d'Amoura : Il s'agit de 3 sites, situés à 80 km au Sud-Est de Djelfa (fig.) et circonscrits au niveau de Ksar d'Amoura (fig.) :

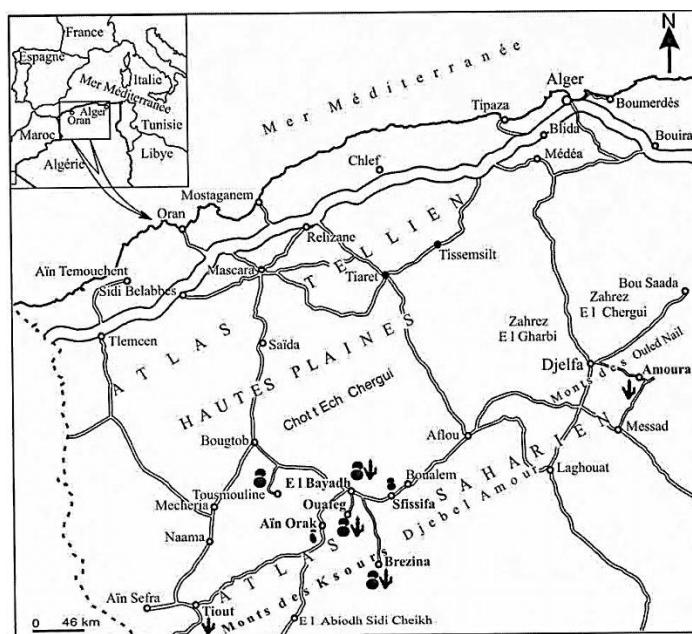


Fig. 22 : Localisation géographique des sites à ichnites de dinosaures.

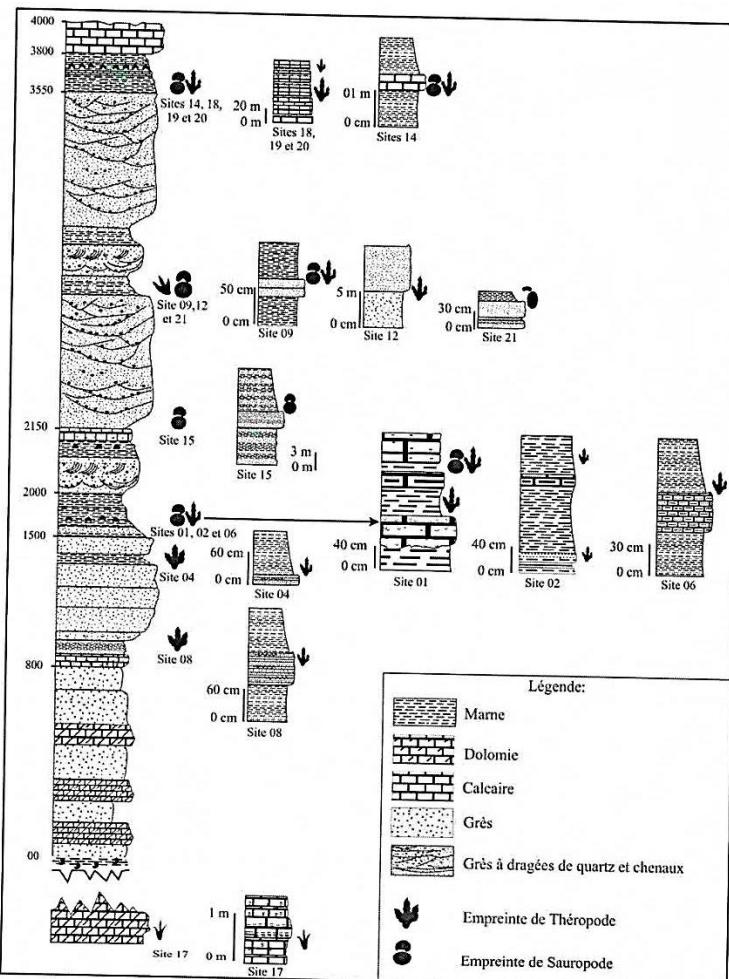


Fig. 32 : Position lithostratigraphique des principaux sites à empreintes de dinosaures dans la coupe synthétique de l'Atlas saharien (Comet, 1952 ; Bassoulet, 1973 ; modifiée).

V. LITHHOLOGIE DES NIVEAUX A ICHNITES

1. Site d'El Bayadh-(El Kheneg 3):

Au niveau de cette localité, la sédimentation est matérialisée par la succession suivante du bas vers le haut (fig.) :

- des marnes vertes surmontées par des marnes rouges ;
- un ensemble gréseux (0,60 m) formé de grès moyens à fins et constitué de deux bancs (0,30 m chacun).

*Le premier, à la base, montre des rides de courants fines parallèles et régulières alors que le deuxième, de même granulométrie et même couleur, est marqué à sa surface supérieure par des fentes de dessiccation et deux empreintes.

*La surface à empreintes est surmontée par une succession de marnes rouges, marnes vertes puis des grès rouge brun à rides de courant. Tous ces dépôts sont datés du sommet du Kimmeridgien (jurassique supérieur).

2. Site de Brezina-(Garet Echiheb) :

Il apparaît, sur une surface rougeâtre au sommet d'un ensemble (1,5 m) de bancs gréseux jaunâtres, décimétriques, à stratifications obliques.

Cette surface à empreintes est couverte d'une fine couche de marnes vertes (0,10 m). Ces deux faciès sont attribués, respectivement, aux grès et calcaires de l'Hauterivien (Crétacé inférieur).

3. Site de Brezina-(Mouilah El Fougani) :

Les empreintes sont conservées sur une surface rougeâtre du sommet d'un banc gréseux verdâtre. Il est surmonté d'un banc gréseux jaunâtre fin (0,05 m), suivi d'une succession de bancs gréseux à grains fins jaunâtre.

Le niveau à empreinte est localisé vers le sommet du premier tiers de la série gréseuse d'âge Barrémien-Aptien-Albien (sommet du crétacé inférieur).

4. Site de Brezina-(Hamiet Boulafea) :

Il est situé sur un banc (0,20 m) calcaire blanc micritique au début de la formation de Ghoundjaïa, du Cénomanien supérieur-Turonien inférieur (base du crétacé supérieur).

5. Site de Brezina-(Daiet Sid El Arbi):

Les empreintes apparaissent sur une surface durcie, au sommet d'un banc (0,40 m) calcaire micritique à fentes de dessiccation.

Ce banc est précédé, de bas en haut, par :

- une importante épaisseur de grès grossiers jaunes, blancs ou roses à dragées de quartz et quelques passées de marnes rouges sableuses
- des marnes vertes (2 m) ;

- des grès jaunes et blancs à stratifications obliques et à galets mous (7 m).
- Le niveau à empreintes est suivi de marnes vertes et rouges (3 m) sur lesquelles reposent, des bancs gréseux blancs à chenaux (5 m), ayant livré des restes de crocodiliens et de dinosauriens.
- Stratigraphiquement, le site est situé au sommet du Continental Intercalaire et serait d'âge Albien supérieur-Cénomanien (fin crétacé inférieur-début crétacé supérieur).

VI. LES ENVIRONNEMENTS DES SITES A EMPREINTES :

1. Introduction:

Les bancs à empreintes de dinosaures présentent généralement des surfaces supérieures rubéfiées ou condensées voire à fentes de dessiccation.

Les faciès minéralogiques (détritiques ou carbonatés) et les structures qui leur sont associées (fentes de dessiccation, condensation, ..., etc.), composant des séquences fluviatiles, fluvi-deltaïques et côtières, laissent envisager des milieux particuliers, pouvant favoriser la conservation des empreintes.

2. Les milieux de fossilisation d'empreintes :

L'emplacement des empreintes bien conservées est celui situé en limites des domaines marin et continental.

En effet, les secteurs de l'Atlas saharien des Monts de Ksour, au Trias et ceux des Ouled Nail au Cénomanien, connaissent une plateforme carbonatée interne proximale

Des empreintes sont également localisées dans des milieux côtiers où le domaine marin pénètre dans le domaine continental suite à un épisode transgressif

D'autres sites à empreintes sont situés dans le domaine supra-deltaïque en zone de plaines inondées lors des crues

Les faciès deltaïques (grès des Ksours) montrent, d'Ouest en Est, une évolution paléogéographique et stratigraphique progressive, des faciès de mer ouverte vers des faciès continentaux

Le cycle deltaïque débute avec des faciès pro-deltaïques (calcaires oolithiques, dolomies et marnes alternant avec des grès). Ces dépôts évoluent vers des termes détritiques (alternances de grès grossiers parfois à dragées de quartz et de marnes sableuses) de milieu médio à supra-deltaïques.



3. En résumé

- La série atlascique générale évolue suivant trois mégaséquences :
- la première, **transgressive**, se met en place à partir du Rhétien-Hettangien et jusqu'au Bajocien avec l'arrivée des premières décharges détritiques ;
 - la deuxième, **régressive**, lui succède depuis le Bajocien jusqu'à l'Albien terminal, représentant la mise en place et le développement du delta des Monts de Ksours.
 - la troisième cénomanien est **transgressive**.

Au cours de ce long cycle deltaïque culminant avec la grande transgression cénomanienne, le delta a connu des périodes de progradation (Bajocien-Kimméridgien, infra-Crétacé, Hauterivien gréseux, Barrémien, Albien) et des périodes de rétrogradation (Kimméridgien supérieur, Valanginien à Berriasien, Hauterivien «calcaire», Aptien).

Par ailleurs, des phases de stabilisation (Tithonique supérieur : Delfaud, 1975) sont observables et pendant lesquelles les limites entre le domaine marin et deltaïque sont immobiles.

Cette dynamique offre des fluctuations des limites des domaines marins et continentaux, sièges privilégiés pour la conservation d'empreintes de dinosaures.

En effet, les limites des séquences relatives à l'évolution géodynamique du bassin atlascique, coïncident assez bien avec l'emplacement des niveaux à empreintes (discontinuités) :

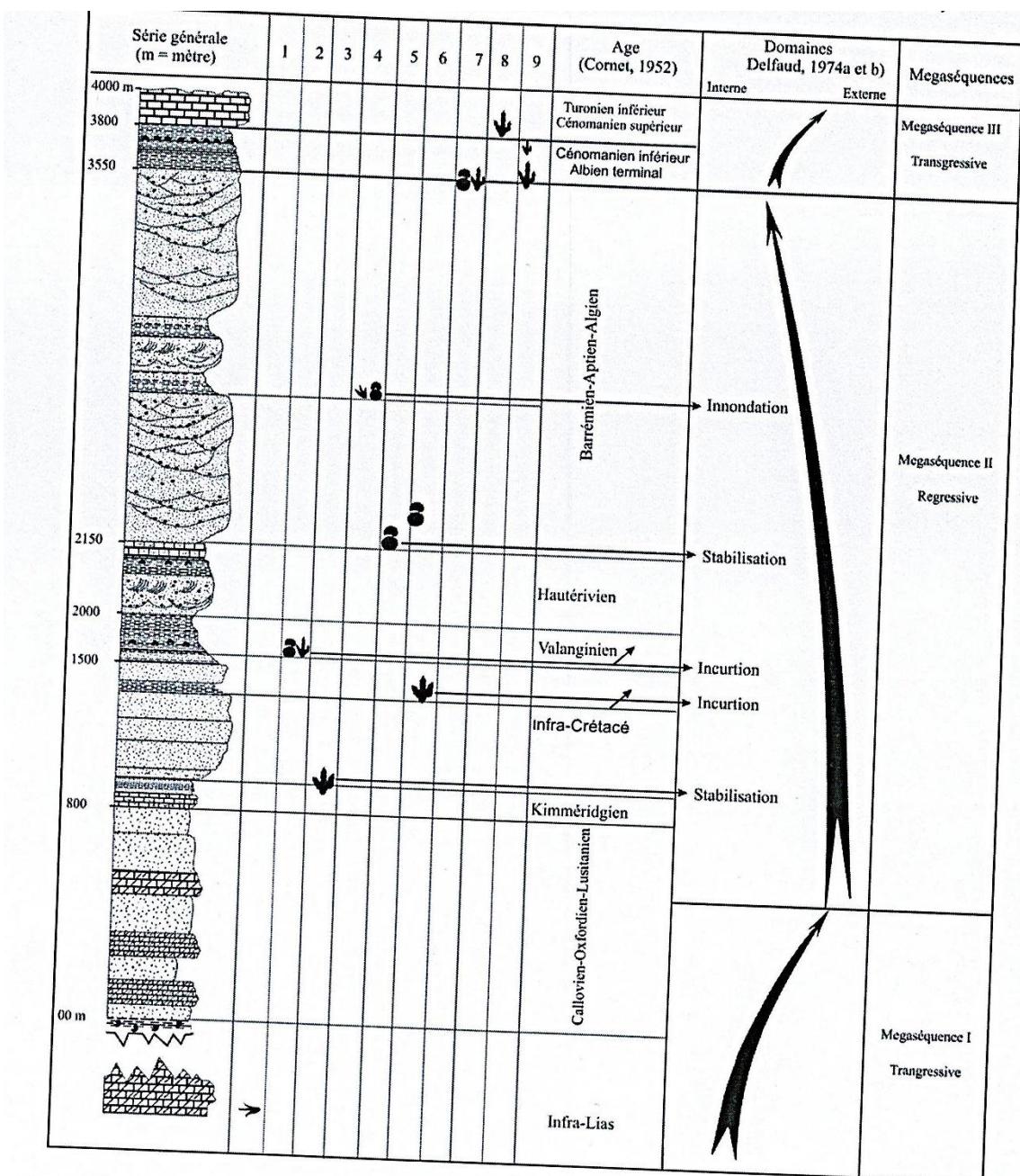
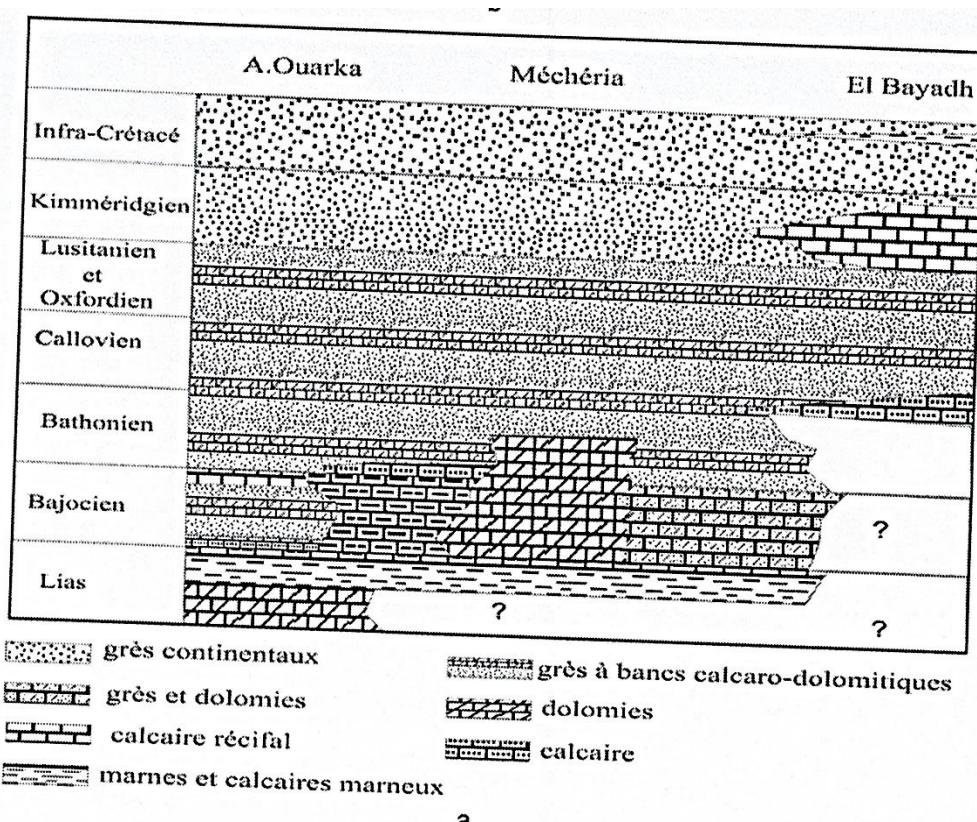
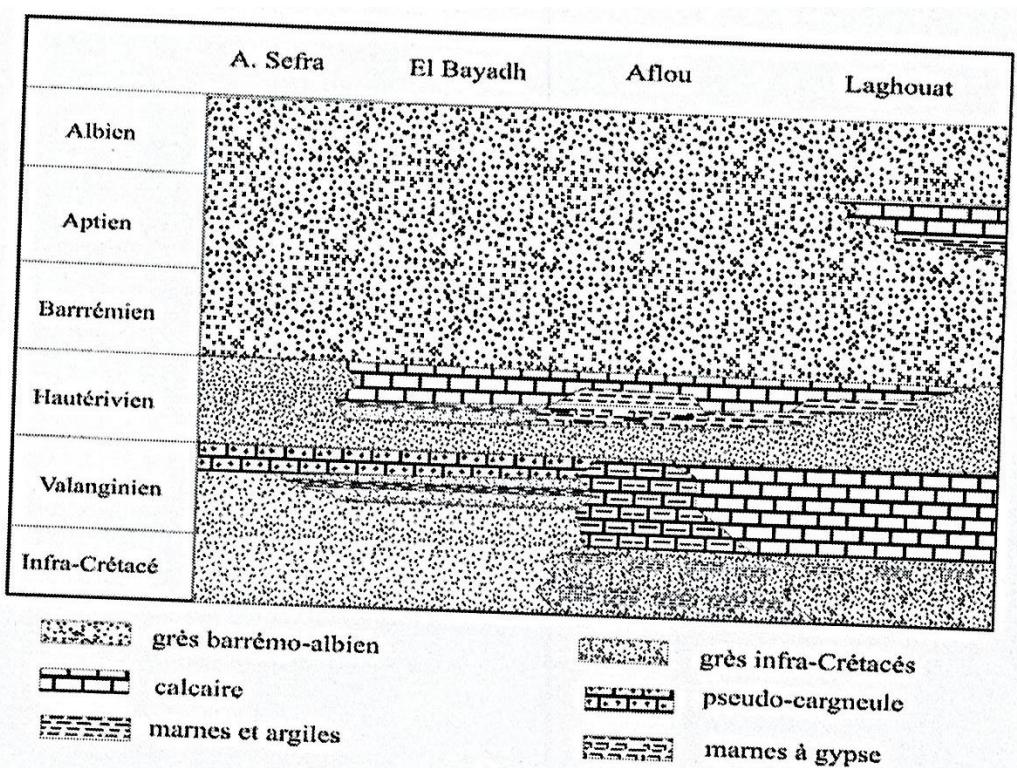


Fig. 81 : Évolution géodynamique de la série atlasique (Cornet, 1952 ; Bassoulet, 1973 ; Delfaud, 1974a et b) et position des niveaux à empreintes de dinosaures

4. Conclusion :

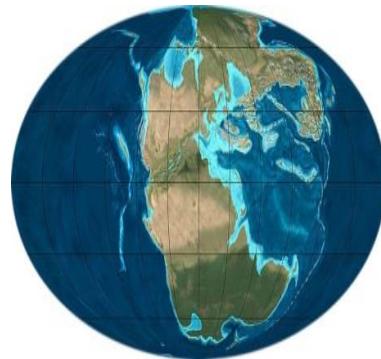
L'emplacement des empreintes de pas de dinosaures au sein de la série atlasique semble coïncider avec des phases d'inondation ou de stabilisation. Ces périodes correspondent aux avancées marines (recul du delta des Ksours) ou encore à des phases de stabilisation des domaines marins et fluvio-deltaïques.



V. Paléogéographie :

Cette partie relate la paléogéographie des dinosaures en fonction de leur présence attestée par leurs empreintes et/ou par leurs ossements dont l'âge est rapporté des travaux correspondants aux secteurs fossilifères étudiés.

Durant le Trias-Lias inférieur, la paléogéographie globale semble permettre le libre passage des faunes de dinosaures entre l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie.

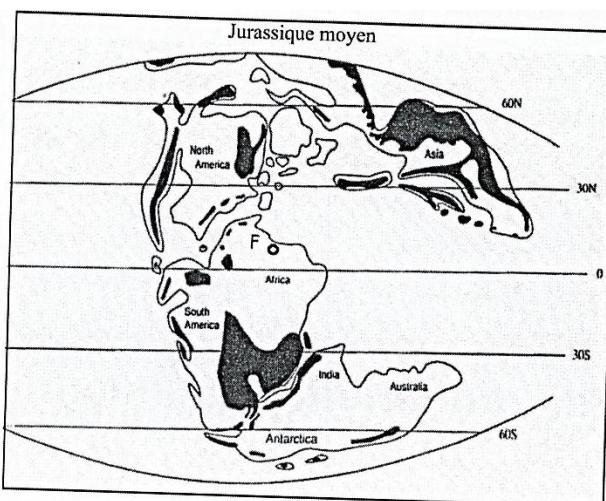


Trias

L'existence de *Grallator* dans le Site 17 d'âge Rhétien-Hettangien laisse envisager des échanges fauniques entre l'Afrique, l'Europe et l'Amérique, régions où l'ichnogenre *Grallator* est très répandu. D'autres empreintes plus récentes (Carixien) sont signalées au Maroc.

Au Jurassique moyen, de vastes aires paléogéographiques émergées pourraient permettre la circulation des faunes continentales au sein du continent africain (fig.).

Ceci explique la présence d'empreintes de pas de dinosaures durant le Bathonien, notamment au Maroc et les restes osseux de même âge au Maroc et en Algérie. Cette paléogéographie semble cependant ne pas permettre des échanges fauniques entre l'Amérique du Nord-Europe et l'Afrique.



Durant le Jurassique supérieur (Oxfordien-Kimméridgien, fig.), l'épisode transgressif est marqué par l'existence de niveaux à empreintes en Amérique, Europe, Asie et en Afrique du nord.

Il semble que l'épisode transgressif ayant conduit à l'inondation des terres sur ces continents a permis la mise en place de ces empreintes.

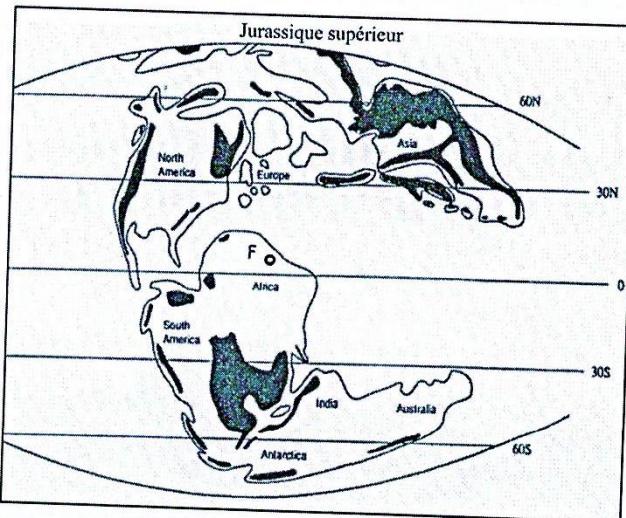
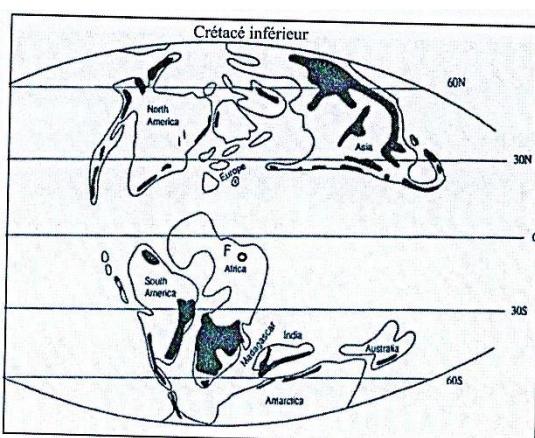


Fig. 86 : Paléogéographie du Jurassique supérieur (d'après Farlow, 1992, redessinée de Scotese et Golonka 1992).
En noir : régions montagneuses ; en Blanc : limite des terres émergées ; F : Fossile de dinosaures ; cercle noir : empreintes.

En effet, de vastes terres en Afrique du Nord ont été tantôt exondées tantôt immergées depuis le Haut Atlas (Maroc) jusqu'à l'Atlas saharien central.

La paléogéographie du Crétacé inférieur paraît ne pas permettre de contact terrestre entre l'Amérique du nord, l'Europe et l'Asie (Laurasie) d'un côté et l'Afrique et l'Amérique du Sud (Gondwana) de l'autre (fig. 87).

Au niveau de la région d'El Bayadh, les empreintes apparaissent dans des faciès datés du Valanginien et du Barrémien-Aptien-Albien



Les ossements de dinosaures sont nombreux en Algérie, aussi bien au Sahara (Timimoun, Tinherte) que dans l'Atlas saharien (Brezina).

Le fait nouveau dans la région est la découverte d'empreintes de pas de dinosaures près de Brezina, au sommet du Continental intercalaire dont l'âge est Albien terminal (Vraconnien) cette région (site El Kohol) a livré aussi un Charcarodontosaurus .

Les dépôts des Sites 13, 18, 19 et 20 sont datés du Crétacé supérieur (Cénomanien). C'est au cours de cette même période que des empreintes et des ossements sont citées au Maroc et en Italie.

A cette époque (fig.), les continents américains (Nord et Sud), européen et asiatique étaient déjà séparés de l'Afrique, ce qui suggère que les ichnopaléontologies dinosauroïdes de l'Atlas saharien semblent être typiquement africaine

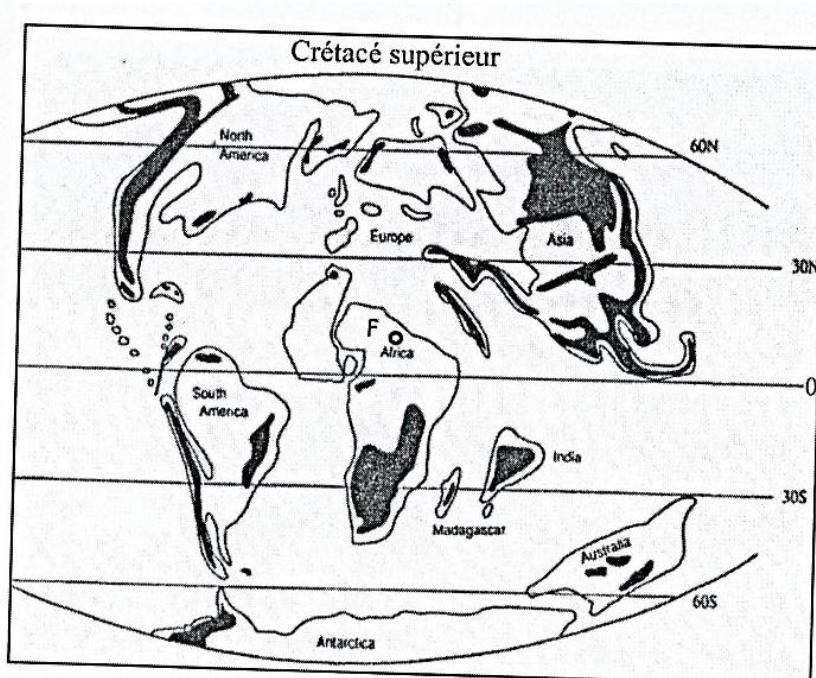


Fig. 88 : Paléogéographie du Crétacé supérieur (d'après Farlow, 1992, redessinée de Scoteș et Golonka 1992).
En noir : régions montagneuses ; en Blanc : limite des terres émergées ; F : Fossile de dinosaure ; cercle noir : empreintes.

Bibliographie :

Ce cours est tiré essentiellement des travaux de :

MAMMERI Cheikh (2017) : **Les empreintes de pas de dinosauriens de l'Atlas saharien (Rhétien à Cénomanien): ichnosystématique et paléogéographie** ; Doctorat en Sciences de la Terre ; Université d'Oran 2