

DÉCOUVERTE D'UN NOUVEAU GISEMENT DE STÉGOCÉPHALES D'UNE CONSERVATION EXCEPTIONNELLE DANS LE TRIAS D'IN AMENAS (BASSIN D'ILLIZI, ALGÉRIE).

Ahmed NEDJARI*, Rachid AÏT OUALI*, Lhacène BITAM*, Jean-Sébastien STEYER**,
Philippe TAQUET**, Renaud VACANT**, et Bilal KEDADRA******

RÉSUMÉ

Dans la région d'In Amenas, au Nord du Bassin d'Illizi, un nouveau gisement d'Amphibiens fossiles d'une richesse et d'une conservation exceptionnelle vient d'être mis au jour.

Il est localisé à la base (Formation I de 10m d'épaisseur) de la série argilo-gréseuse de Zarzaïtine attribuée au Trias, et dont la coupe de référence est relevée au lieu dit "La Reculée", dans un intervalle correspondant à un remplissage de sebkhia (Lagerstätte).

Le site paléontologique, de 10x10m, a livré des crânes bien conservés, empilés les uns sur les autres, ainsi que quelques éléments post-crâniens associés, dont des côtes et des vertèbres. Il témoigne d'une mortalité en masse.

L'identification préliminaire du spécimen décrit ici, laisserait croire qu'il s'agit d'une nouvelle espèce de Paracyclotosaure, groupe des Capitosaures (Amphibiens Temnospondyles).

Cette découverte permet :

- de confirmer l'âge triasique inférieur-moyen de la base de la série de Zarzaïtine;
- de conclure à un paléoclimat local caractérisé par l'alternance de périodes sèches et de périodes humides devenant plus aride;
- de proposer que ce site soit protégé.

Une deuxième note viendra compléter la présente et portera particulièrement sur l'étude systématique, phylogénétique et paléobiologique des Stégocéphales récoltés.

Mots clés - Amphibiens fossiles - Capitosaures - Lagerstätte - Mortalité en masse - Formation de Zarzaïtine - Trias - Sahara algérien.

*Laboratoire de Géodynamique des Bassins Sédimentaires et des Orogènes, FSTGAT- USTHB, BP. 32, El Alia, Bab Ezzouar, Alger.

**Centre de Recherches sur la Paléobiodiversité et les Paléoenvironnements, USMO203-UMR 7207 CNRS, Muséum National d'Histoire Naturelle, Département Histoire de la Terre, CP38, 8, rue Buffon, F-75005, Paris.

***ANGCM, Service Géologique National, Val d'Hydra, Tour B, Alger. 16000.

****SONATRACH, Division Production, Direction Régionale d'In Aménas.

- *Manuscrit déposé le 02 Novembre 2009, accepté après révision le 26 Novembre 2009.*

DISCOVERY OF A NEW STEGOCEPHALIA DEPOSIT OF EXCEPTIONAL PRESERVATION IN THE IN AMENAS TRIAS (ILLIZI BASIN, ALGERIA).

ABSTRACT

In the In Amenas area, in the North part of the Basin of Illizi, an exceptional new fossil Amphibia deposit as regards richness and conservation has been discovered.

It is localized at the base (Formation I of 10m thickness) of the Triassic argilo-sandy series of Zarzaitine of which the reference cross section is plotted in the place called «La Reclée» in an interval corresponding to a sebkha filling (Lagerstätte).

The paleontological site extended over 10x10m delivered well preserved skulls, piled up the ones on the others, as well as some associated post-cranial elements, of which ribs and vertebrae. It testifies to a mass mortality.

The preliminary identification of the specimen described in this paper would let believe that it is about a new species of Paracyclotosaure, Capitosaures groups (Temnospondyle Amphibia).

This discovery allows:

- to confirm the Lower- Middle Triassic age of the basis of the «série de Zarzaitine»,
- to show a local paleoclimate characterized by alternation from dry to humid periods and ending into dry,
- to propose that this site must be protected.

Another paper will complete this one and will be in relation, particularly, with the systematic, phylogenetic and paleobiological study of the collected stegocephalia.

Keywords - Fossil Amphibia - Capitosaures - Lagerstätte - Mass mortality - Formation de Zarzaitine - Trias - Algerian Sahara.

ABRIGED VERSION

A newly discovered and exquisite deposit from the Triassic of Algeria is presented and its palaeontological content preliminary described.

The new deposit is located in the Southern part of the Illizi Basin, In Amenas region, where the only Triassic rocks of the Saharan Platform are outcropping. It belongs to the clay-sandstone Series of Zarzaitine, the lower section of which being indeed considered to be Triassic in age (Busson, 1967, 1972 et 1989; Lehmann 1957 et 1971; Jalil, 1993; Aït Ouali et Nedjari, 2009).

The paleontological content of this «Zarzaitine inférieur» series consists of numerous

Stegocephalia (fossil Amphibia) remains and some reptile fragments, both preliminary described by Lehman (1965, 1971) and revised by Jalil (1993, 1994) who also mentioned possible lungfish teeth (*Ceratodus*) and shark spines (*Hybodus*).

From the top to the bottom of this stratigraphic series, the reptiles are represented by Aetosaurs and Phytosaur osteoderms (Lehmann, 1971) and are considered to be Late Triassic in age; whereas the Stegocephalia assemblages, represented by Capitosaurians and fragments of Trematosaurians and Brachyopods, are considered to be Early/Middle Triassic in age. The Capitosaurian type-specimens, housed in the

DÉCOUVERTE D'UN NOUVEAU GISEMENT DE STÉGOCÉPHALES D'UNE CONSERVATION EXCEPTIONNELLE
DANS LE TRIAS D'IN AMÉNAS (BASSIN D'ILLIZI, ALGÉRIE).

MNHN, Paris, are under systematical revision by Jalil, Steyer and Janvier (in prep.).

In the Illizi Basin, multidisciplinary and international fieldworks have been led by the «Laboratoire des Bassins Sédimentaires et des Oro-gènes (FSTGAT-USTHB, Algérie)», the «Laboratoire de Paléontologie (Centre de Recherches en Paléobiodiversité et Paléoenvironnements)» (MNHN-CNRS Paris), the «Service Géologique National-Algérie (ANGCM-MEM), and the Sonatrach (DP In Amenas, Algérie) since 2006.

Despite the great palaeontological discoveries described below, these joint fieldworks also led to a new lithostratigraphical subdivision of the Triassic Series of the «Zarzaïtine inférieur» (50m at the «Reculée falaise») in four Formations. These Formations, of different thicknesses, are separated by palaeosoils and/or complex crests. From the bottom to the top :

- Formation I (10m), characterized by associations of small dunes, large channels of flat bottom, and flood plains which often turn into small sebkhas of eolian and evaporitic sedimentation, affected by frequent mudcracks and tepees. These associations suggest a desertic and relatively flat palaeo-landscape. The sedimentation is often stopped by different crests; from gypsum- to ferri-crests. The top of this Formation corresponds to a clay-sand layer with tepees and ferricrests.

- Formation II (15 à 20 m), characterized (from the bottom to the top), by unconsolidated sands, of probable Eolian origin, and coarse, channelized sandstones with clay and quartz pebbles at their basis. The channels are large, of decametric lateral extension. They are surrounded by Eolian dunes and regs. The top of the Formation corresponds to a siltcrest with well visible kerbous in surface, suggesting a palaeoreg.

- Formation III (15 m.), characterized by clays and sands of playa type, with gypsum and small channels of laminated siltstones. Plant remains

are present in small and marshy depressions. Above, sandstones and micro-conglomerates fill erosive channels comprising decimetric ferricrest fragments and quartz pebbles. They result from frequently crusted palaeoregs and palaeosoils. The last sequence is composed of very coarse elements transported in a fluvial context, and turning into marshy sandstones with iron tubules of plant remains. An unconformity is closing this Formation.

- Formation IV (10 m.), characterized, at the basis, by ferri-, calc- or/and silt-crests covered by palaeoregs. Above, clay and evaporites of sebkha type are replaced by gypsum crests and tepees, and correspond to a major unconformity closing the Triassic Series.

The new fossiliferous locality is located in the lower part of the Formation I, in gypsum, unconsolidated sand, filling a small sebkha (about 10x10 m). It yielded a remarkable and unique stegocephalia fauna consisting of several temnospondyl skulls and associated postcranial elements. The skulls are exceptionally well preserved, in 3D.

A skull is preliminary described. A more complete systematical, phylogenetical and palaeobiological analysis is expected after the preparation of additional material.

The skull, ZAR-03B5 from the collections of the «Centre de Conservation et de Diffusion de l'Information Géologique de l'ANGCM, Algérie» is subcomplete and medially broken. It is subtriangular in shape and shows a typical adult temnospondyl ornamentation. The skull has straight lateral margins, relatively small orbits, and elongated nostrils, Its elongated and flattened snout, its robust palatine ramus of the pterygoid, together with its laterally extended quadrate and transversal trochlea suggest a capitosaurian (=mastodonsaurian) assignment. Moreover, its concave posterior margin, composed of postero-laterally oriented postparietal and tabular, and its ante-

riorly rounded but posteriorly constricted otic notches are typical of a paracyclotosaurid. As this skull apparently differs from the others paracyclotosaurs, it could correspond to a new taxon.

The sedimentological and taphonomical context of this locality suggests a drying temporary pool in which numerous aquatic amphibians were surviving under a seasonal local climate.

The morphology of this skull may suggest a Lower Triassic age, which could fit with the location of the fossiliferous layer in the lower section of the Triassic Series. It corresponds to the most complete fossil amphibian from Algeria, and therefore addresses our knowledge on time and space distribution of the group just after the «mother of mass-extinction». If the Early

Triassic age will be indeed confirmed, the locality would correspond to a new window toward a better understanding of the PT crisis recovery.

For all these reasons, we think this new site deserves to be ranked as a geosite.

I. INTRODUCTION ET RAPPEL HISTORIQUE

Introduction

Dans la partie septentrionale du Bassin d'Illizi, la région d'In Amenas demeure le seul endroit de la Plate-forme Saharienne où le Trias est connu à l'affleurement. Sur les cartes géologiques (fig. 1), il apparaît en une bande de 10 à 30 km de large qui s'étend de la frontière algéro-libyenne à l'est pour s'enfoncer sous l'Erg Isauane

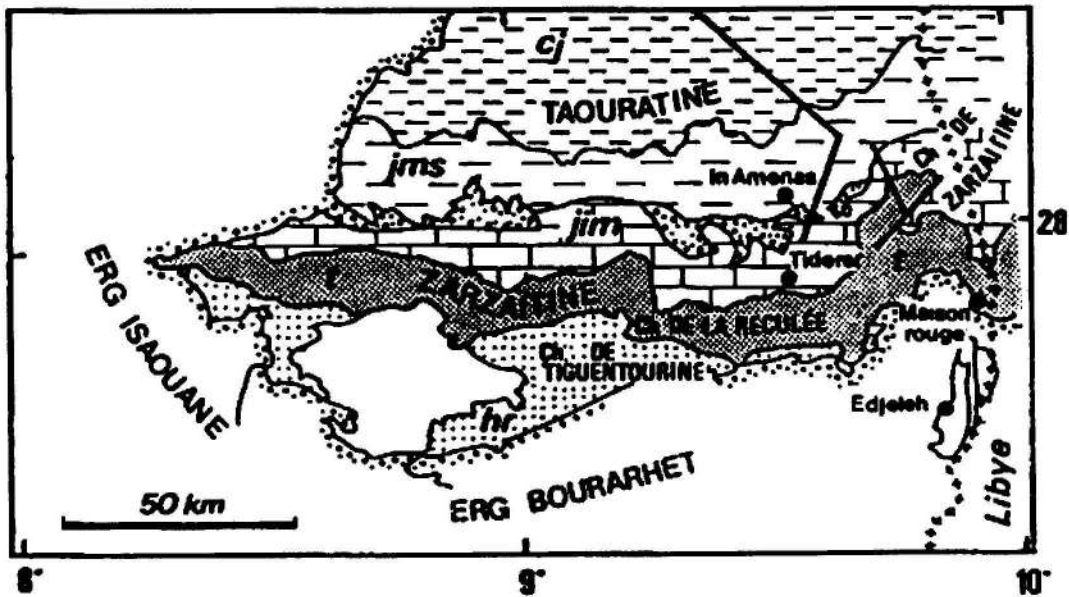


Fig. 1 - Esquisse géologique de la région de Zarzaitine -Taouratine au Sud-Est de la Hamada de Tihert (d'après Busson, 1972).

Geological map of the Zarzaitine-Taouratine region, South-East of the Tihert Hamada (map, after Busson, 1972).

hr : Carbonifère (Tiguentourine) (*Carboniferous (Tiguentourine)*); t : Trias (Zarzaitine inférieur) (*Triassic («Zarzaitine inférieur»)*); jim : Lias-Dogger inférieur (Zarzaitine moyen-supérieur) (*Liassic and Lower Dogger («Zarzaitine moyen-supérieur»)*); Jms : Jurassique moyen supérieur (Taouratine inférieur) (*Middle and Upper Jurassic («Taouratine inférieur»)*); Cj : Jurassique supérieur-Crétacé inférieur (Taouratine supérieur) (*Upper Jurassic- Lower Cretaceous («Taouratine supérieur»)*).

DÉCOUVERTE D'UN NOUVEAU GISEMENT DE STÉGOCÉPHALES D'UNE CONSERVATION EXCEPTIONNELLE
DANS LE TRIAS D'IN AMÉNAS (BASSIN D'ILLIZI, ALGÉRIE).

vers l'ouest. Ces terrains correspondent à la série argilo-gréseuse dite de Zarzaitine, dont les termes inférieurs sont attribués au Trias (Busson 1958; Lehman 1971).

Afin d'affiner la stratigraphie et la paléontologie de cette série, une recherche associant le «Laboratoire des Bassins Sédimentaires et des Orogènes (FSTGAT-USTHB, Algérie)», le «Laboratoire de Paléontologie (ou Centre de Recherches en Paléobiodiversité et Paléoenvironnements) (MNHN-CNRS Paris)», le «Service Géologique National (ANGCM-MEM, Algérie)» et, la «Sonatrach (DP, In Amenas)» y est menée depuis 2006 avec pour principaux résultats :

- une nouvelle subdivision lithostratigraphique;
- la découverte en 2007, d'un crâne complet de Stégocéphale «amphibien fossile» dans l'équivalent latéral du gisement de Busson (1958);
- la description de la discordance hercynienne (Nedjari et al., 2009) récemment mise au jour grâce à des travaux d'excavation;
- la découverte, en mai 2008, d'un important gisement de Stégocéphales situé en dessous de celui signalé par Busson (1958) et étudié par Jalil (1993). Il est d'une richesse et d'une conservation exceptionnelle et à protéger.

Cette note présente les résultats paléontologiques préliminaires de la mission de janvier 2009. Ce gisement est replacé dans son contexte lithostratigraphique au sein de la série de Zarzaitine. Une deuxième note sera consacrée à l'étude systématique, phylogénétique et paléobiologique des Stégocéphales récoltés.

Rappels de biostratigraphie

Depuis les travaux de Lehman (1957, 1971), la série dite du Zarzaitine Inférieur ou Grés de Zarzaitine de la classique coupe de "La Reculée" (figs. 2 et 3) est rapportée au Trias supérieur

(in Aït Salem et Hellal, 1993; Aït Salem et Hellal, 1993, et Aït Salem et al., 1998).

Malheureusement, ces auteurs ne fournissent ni coupe détaillée, ni localisation précise des récoltes. Toutefois, nous retiendrons le gisement 5003 où les fossiles sont décrits comme entiers, dans une croûte ferrugineuse, donc une ferricrète, qu'il est possible de positionner sur une coupe de détail, très probablement à la fin de la Formation I du nouveau découpage proposé par Aït-Ouali et al. (à paraître).

Une partie de ce matériel a été étudié par Coudron (1961, DEA non publié). Le reste fut déterminé par Lehman en 1965 puis 1971; cet auteur s'intéresse à la faune de reptiles et d'amphibiens. Il attribue les restes de reptiles à des Procolophonides.

Jalil (1990, 1993) a repris l'étude des récoltes de ses prédécesseurs (Lehman, 1957; 1971 et Busson, 1972). Il arrive à la conclusion que la position stratigraphique des vertébrés demeure imprécise mais reconnaît trois assemblages fauniques distincts et définis par les taxons suivants:

- le Capitosaure *Wellesaurus bussoni* et un Trématosaure lonchorhynchinae (Lehman, 1971; Welles, 1993);
- un Brachyopode et le Capitosaure "*Parosaurus*" *lapparenti* Lehman, 1971, espèce récemment attribuée au paracyclotosaurien *Stanocephalosaurus* par Schoch et Milner (2000);
- des reptiles Aétosaures et Phytosaures représentés par des ostéodermes (Lehman, 1971).

Les deux premiers assemblages fauniques sont attribués respectivement au Spathien supérieur et à l'Anisien inférieur. Le troisième peut être daté du Trias supérieur.

Par ailleurs, Jalil (1993), reconsidérant les travaux de Busson et Cornée (1989) sur le

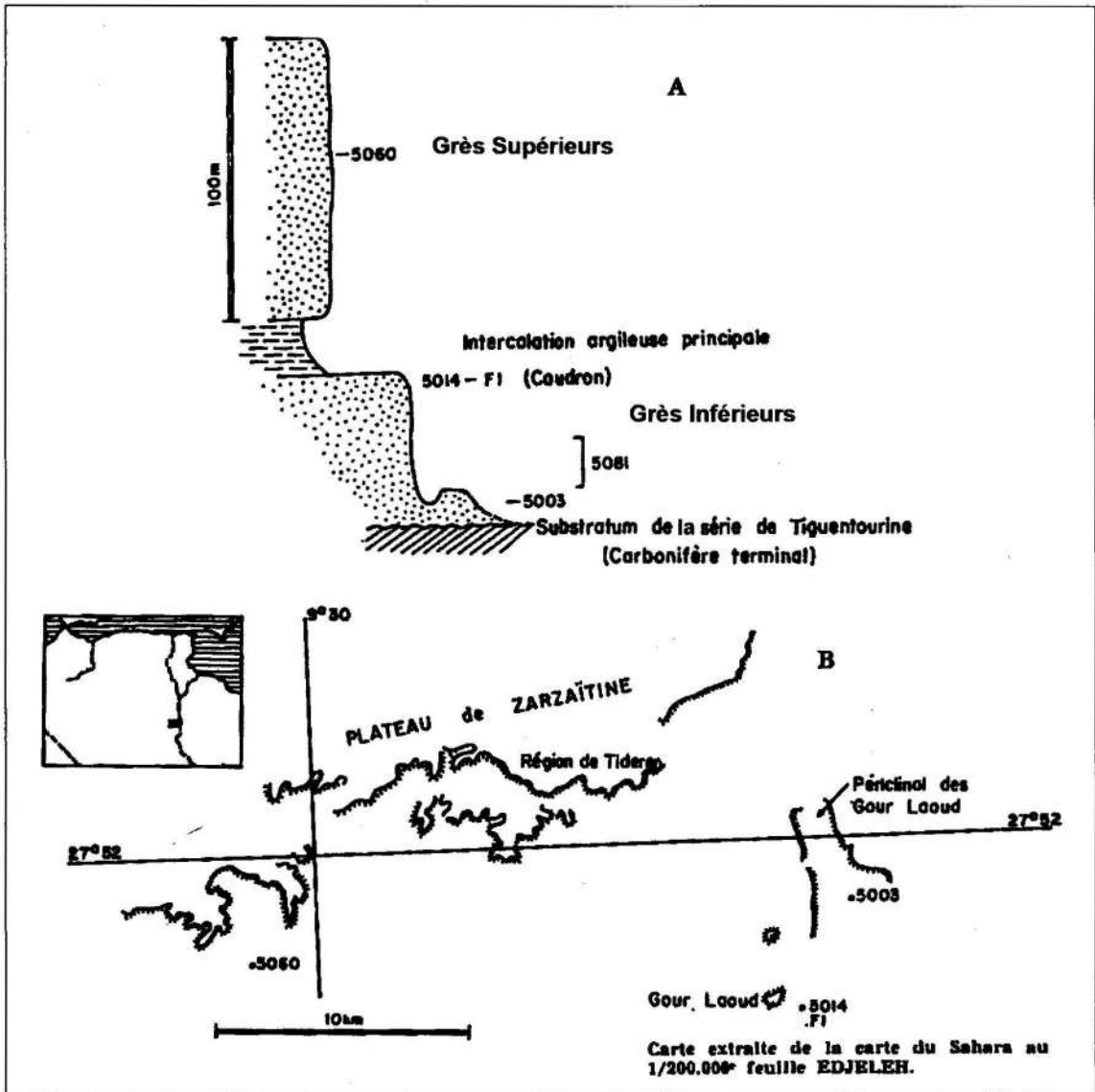


Fig. 2 - Coupe synthétique de la série de Zarzaïtine (A) et emplacement des principaux gisements récoltés (in Lehman 1971).

Synthetic cross section of the Zarzaïtine Series (A) and location of the main amphibian deposits (in Lehman 1971).

gisement F1, signale la présence de dents de Dipneustes (*Ceratodus cf. tigidensis* Tabaste, 1963) et d'épines de poissons sélaciens du genre *Hybodus* «fournissant la seule indication de tendance marine dans les Grès inférieurs à Stégocéphales». Ces faunes mêlées à celle du Trias pourraient être crétacées. Ceci ne peut être expliqué que par l'analyse de la structure d'ensemble montrant des placages de Crétacé

(Albien) en superstructure à des altitudes variables.

Jalil, dans une étude plus récente (1994), analyse à nouveau cette faune et, en particulier, quatre crânes de Capitosaures. Les Capitosaures des collections du MNHN (Paris) sont actuellement en cours de redescription et révision systématique par Jalil, Steyer et Janvier.

DÉCOUVERTE D'UN NOUVEAU GISEMENT DE STÉGOCÉPHALES D'UNE CONSERVATION EXCEPTIONNELLE
DANS LE TRIAS D'IN AMÉNAS (BASSIN D'ILLIZI, ALGÉRIE).

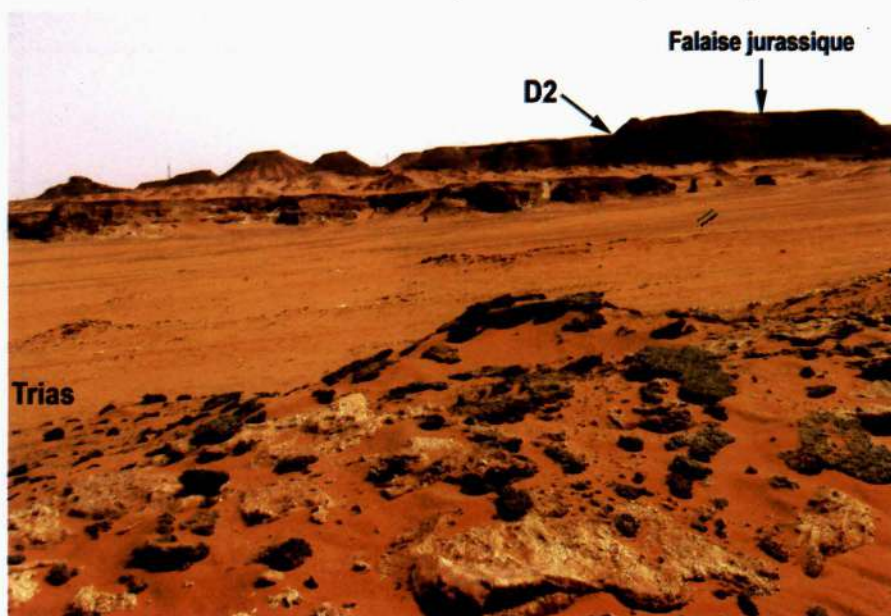


Fig. 3 - La Reculée, vue d'ensemble

General view of La Reculée

II. LE TRIAS D'IN AMENAS

Dans la région de Zarzâitine (fig. 4), la coupe de référence dite de "La Reculée", rappelons-le (figs. 2 et 3), montre des terrains essentiellement argilo-gréseux désignés sous l'appellation de Série de Zarzâitine (Lehman, 1957; Busson, 1967; 1972). Seule la partie basale, le Zarzâitine inférieur, est attribuée au Trias. Cette "formation" est comprise entre la discordance hercynienne développée sur un substratum stéphano-autunien (Attar et *al.*, 1981), la formation de Tiguentourine et le premier banc carbonaté, un repère d'extension régionale, considéré comme l'équivalent du repère D2 des pétroliers et daté de l'Hettangien (Achab, 1970) dans le Sahara septentrional et l'Illizi.

Busson (1970 et 1980) subdivise la Formation de Zarzâitine inférieur en trois membres qui sont, de bas en haut (fig. 4) :

- les Grés inférieurs ou "Grés à Stégocéphales" (30 à 50 m);
- la combe argileuse principale (40 m), considérée comme azoïque;

- les Grés supérieurs (100 m) coiffés par un banc dolomitique de 5 m, dont la surface structurale au sommet de la falaise forme le Plateau de Zarzâitine.

La Formation de Zarzâitine inférieur a fourni des restes de vertébrés relativement abondants. Un important matériel a été récolté par de Laparent et Busson en 1958 dans la région de Gour Laoud, puis confié au Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris). Plusieurs niveaux ont été échantillonnés, avec notamment le gisement 5003 (fig.2) à la base des Grés inférieurs, le F1 à la base de la série et le F2 en position un peu plus élevée, entre autres.

Sur la base des données biostratigraphiques (Lehmann, 1957; Busson, 1967; 1972; 1980; Jalil, 1993) et du nouveau découpage lithostratigraphique proposé (Aït Ouali et Nedjari, 2009), il est permis de considérer que seuls "Les Grés inférieurs ou "Grés à Stégocéphales" appartiennent au Trias.

Par ailleurs, à Tiguentourine, des travaux récents de décapage ont mis au jour des affleure-

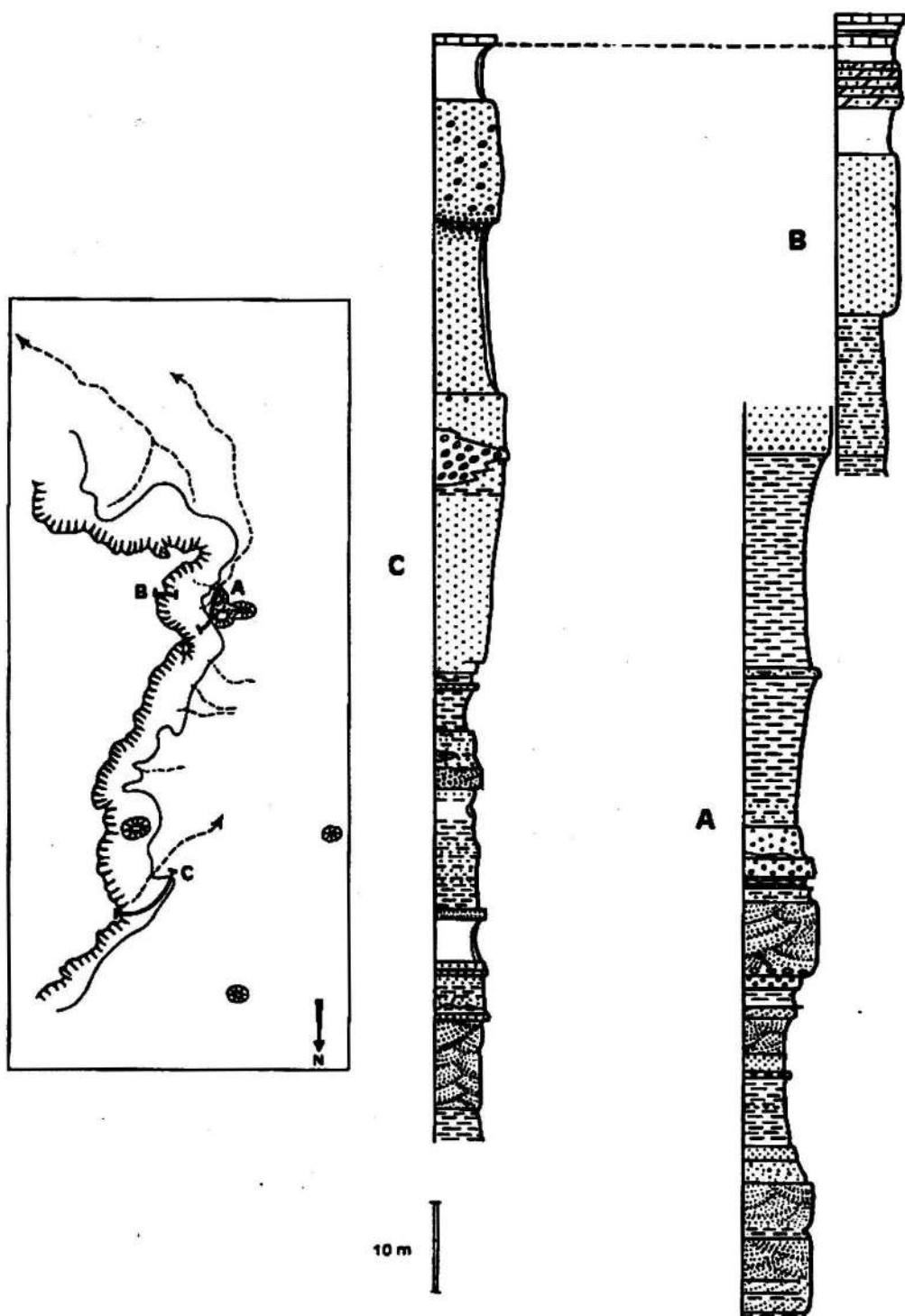


Fig. 4 - Les Grès de Zarzaitine. La Reculée (Busson, 1972). Les coupes A, B et C, à droite, sont localisées sur la carte.

The «Grès de Zarzaitine» «La Reculée» (Busson, 1972). The cross sections A, B and C, on the right side, are located on the map.

DÉCOUVERTE D'UN NOUVEAU GISEMENT DE STÉGOCÉPHALES D'UNE CONSERVATION EXCEPTIONNELLE
DANS LE TRIAS D'IN AMÉNAS (BASSIN D'ILLIZI, ALGÉRIE).

ments frais de la discordance hercynienne et des premiers dépôts du Trias. L'analyse de ces affleurements montre sous la discordance hercynienne, un ensemble peu épais marqué par des processus pédogéochimiques. Il s'agit d'un profil d'altération triasique développé sur les Argiles de Tiguentourine sous les premiers sédiments triasiques.

Le profil d'altération à Tiguentourine

Sous la discordance hercynienne, s'observe un ensemble argileux plus ou moins décoloré, peu épais (moins de 2 m), et clôturé par plusieurs ferricrêtes millimétriques à centimétriques qui montrent quelques ondulations et fractures témoignant de phases d'instabilité. A la surface de la dernière croûte (une ferricrête-silcrête) s'est développé un paléoreg à dreikanter, à traces de racines et fentes de dessiccation profondes de 20 à 50 cm, sièges de circulations de fer et remplissage sableux grossier.

Cette unité, bien que peu épaisse, en raison de sa lithologie argileuse qui limite les circulations de fluides, est l'équivalent de l'ensemble-profil d'altération et altérites - défini dans les sondages (Nedjari et *al.*, 2006) et qui représente le début de l'histoire triasique.

Les formations triasiques de la coupe de "La Reculée"

La série Triasique (fig. 5) est très réduite et ne dépasse pas 50m à la coupe de "La Reculée". Elle est encadrée par deux discontinuités majeures :

- la discordance hercynienne à la base, non visible à cet endroit mais que l'on peut décrire un peu plus au nord, proche de la base de Tiguentourine à la faveur de travaux d'excavation;

- une discontinuité complexe au sommet et caractérisée par :

* une surface de ravinement, des dépôts grossiers et chenalisés du Jurassique présumé;

* un changement brutal de la sédimentation souligné par des arrivées de sables rouges grossiers succédant à des sables fins souvent éoliens;

- localement, s'observe une légère discordance angulaire.

Cette série est subdivisée de la base au sommet en quatre formations d'épaisseurs inégales séparées par des paléosols et/ou des croûtes complexes.

La Formation I (10m.)

Les premiers sédiments de cette Formation s'observent de façon très discontinue dans le vaste replat au sud de la première petite falaise de Zarzaitine.

La nature et l'organisation des corps sédimentaires évoquent un paléopaysage désertique à topographie peu contrastée, associant de petits cordons dunaires de sable fin clair devenant rouge au sommet, de larges chenaux fluviaux à fond plat, des plaines d'inondation évoluant fréquemment en petites sebkhas à sédimentation éolienne et évaporitique, sédimentation affectée par de fréquentes structures de dessiccation, notamment des tepees.

Cette sédimentation est souvent interrompue par le développement de croûtes centimétriques de nature variée : gypseuse, siliceuse, carbonatée puis ferrugineuse. Le sommet de ce premier ensemble, épais de près de 10m, est un intervalle argilo-sableux à marmorisations ocre-jaunes ou violacées, tepees et ferricrêtes millimétriques puis centimétriques.

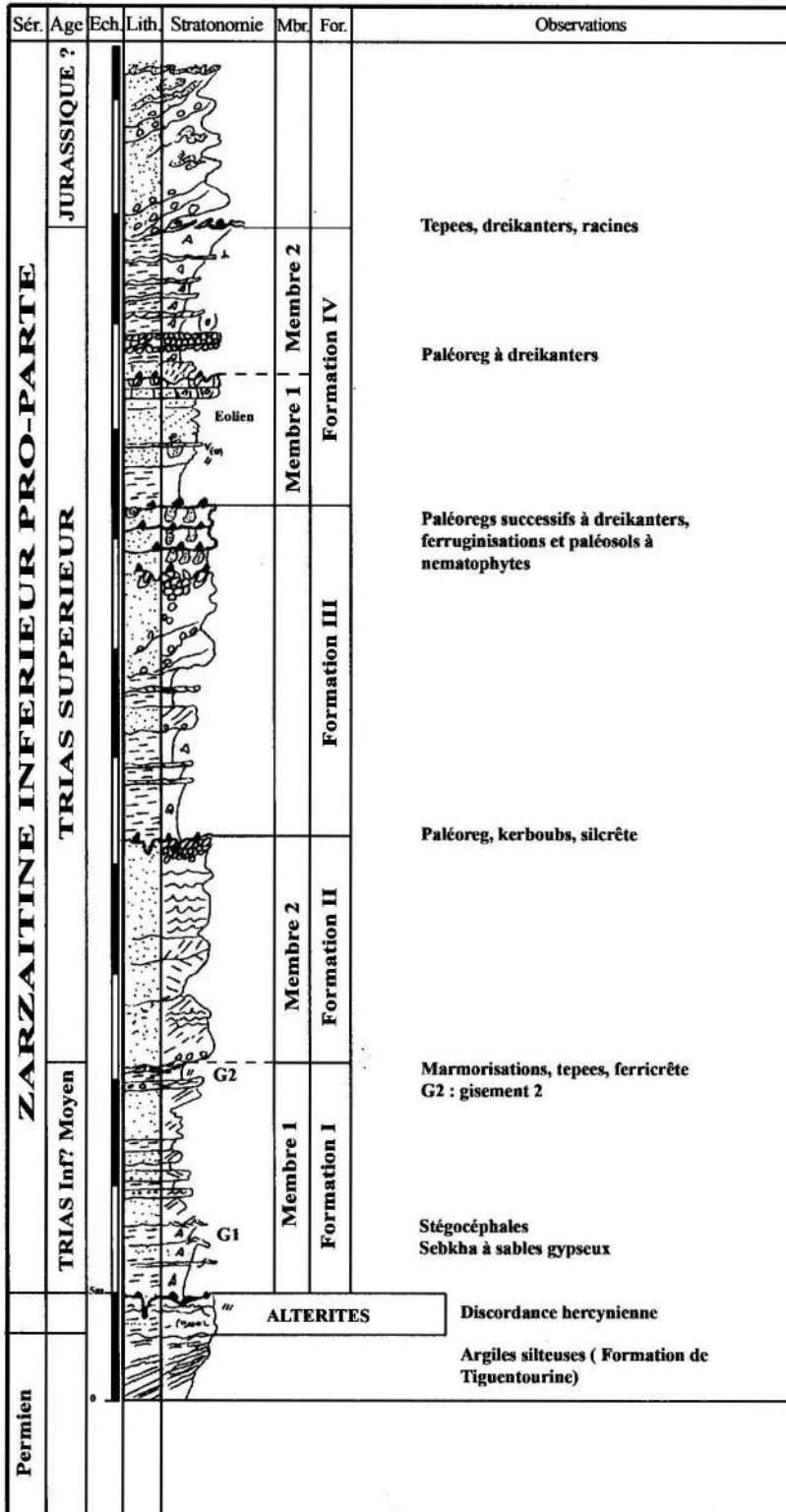


Fig. 5 - Coupe de La Reclée (In Aménas) : nouveau découpage.
La Reclée (In Aménas) cross section : new subdivision.

DÉCOUVERTE D'UN NOUVEAU GISEMENT DE STÉGOCÉPHALES D'UNE CONSERVATION EXCEPTIONNELLE
DANS LE TRIAS D'IN AMÉNAS (BASSIN D'ILLIZI, ALGÉRIE).

C'est vers le bas de cette première formation que se situe le premier gisement important de Stégocéphales (fig. 6) dans un état de préservation exceptionnelle, non signalé auparavant (mandibules, crânes, vertèbres) et objet de la présente étude. Cette accumulation d'ossements en place et bien conservés pourrait s'expliquer par une phase d'assèchement des mares où proliférerait cette faune d'amphibiens.

La Formation II
(15 à 20 m.)

La Formation II débute par des sables friables probablement éoliens dans lesquels se situe un second gisement de Stégocéphales qui a livré un crâne complet de Capitosaure ainsi que de nombreux fragments de Stéréospondyles, associés à quelques restes de reptiles. Il correspond probablement à celui décrit par Lehman (1971) puis Jalil (1993). Puis viennent des grès grossiers chenalisés, dont la base est soulignée par des galets d'argile, remaniés à partir des dépôts de plaine alluviale ainsi que quelques dragées de quartz.

Latéralement à ces chenaux fluviaux, se développent des dunes éoliennes bien conservées ainsi que des regs à dragées de quartz éolisées souvent reprises dans les chenaux.

Dans les espaces interdunaires, des écoulements sporadiques déposent un mélange de sable et de galets argileux parfois décimétriques.

Cette seconde formation se distingue de la précédente par des arrivées de sable plus grossier dans les chenaux d'extension décamétrique et une dynamique fluviale plus importante.

Le sommet est caractérisé par une croûte siliceuse à kerbous, de 30 à 50 cm d'épaisseur, formant un replat de grande extension bien visible dans le paysage. C'est une surface irrégulière diaclasée sur laquelle s'est installé un



Fig. 6 - Gisement de Stégocéphales
au pied de la première falaise

Stegocephalia deposits
at the base of the first cliff

paléoreg à galets et dragées de quartz marquant la fin de la Formation.

La Formation III
(maximum 15m.)

Cette troisième formation d'une quinzaine de mètres tout au plus, est comprise entre la surface à kerbous précédemment décrite, et un second replat sur un petit ressaut topographique parsemé de tubulures ferruginisées qui sont des restes de végétaux. Ces végétaux sont décrits dans une note collective (Arbey et al. à paraître).

Le paysage est d'abord dominé par de vastes playas à sédimentation fine, argilo-sableuse à gypse fréquent et petits chenaux décimétriques à remplissage silteux laminé.

Sur ce matériel piégé dans des dépressions humides, assimilables à des marécages, se sont développés, en bosquets épars et pendant une période assez longue, des végétaux.

Par la suite, cette région reçoit un matériel plus grossier (sableux à micro-conglomératique)

transporté et déposé dans des chenaux ravinants qui remanient des éléments décimétriques de croûtes ferrugineuses, des dragées et galets de quartz éolisés, résultant du développement de paléoregs fréquemment encroûtés.

Ils constituent, sur plus de 3 m, trois niveaux de paléosols d'extension latérale limitée et pouvant passer latéralement à des croûtes ferrugineuses à anneaux de Liesegang.

L'ensemble de ces phénomènes est la signature d'une discontinuité importante et complexe qui clôturait la Formation.

A un contexte désertique (Tucker et Benton, 1982) où se sont développés continuellement des paléoregs consolidés par des encroûtements ferrugineux, fait suite une phase moins aride avec des remaniements brutaux de matériel grossier, résultat d'un régime fluvial. L'ensemble évolue en marécages sableux occupés par la végétation.

La Formation IV (10m.)

Sous les falaises gréseuses de la suite de la série (vraisemblablement jurassique), la Formation IV constitue un replat argileux où apparaissent quelques petits ressauts correspondant à des encroûtements de diverse nature.

L'épaisseur de cette formation est de 10 m à peine.

Le paléo-paysage est celui de sebkhas à sédimentation argilo-évaporitique générant des croûtes gypseuses à tepees, sporadiquement envahies par des apports sableux éoliens organisés en petites dunes décimétriques.

A la base, apparaissent des croûtes carbonatées, ferrugineuses ou siliceuses sur lesquelles s'installent des paléoregs. Le plus important, à

6 m de la base de la Formation IV, se développe sur une silcrète (e=50cm) à laquelle succède une calcrète à oïdes.

La fin de la Formation montre, sur environ 2 mètres, une succession de niveaux argilo-sableux à gypse, de croûtes ferrugineuses et de regs.

Cette quatrième formation se distingue des précédentes par une sédimentation de sebkha très réduite et une succession de croûtes variées et regs qui représentent une discontinuité majeure clôturant la série triasique.

Rappelons que le passage à la série suivante décrite plus haut est une paléosurface irrégulière, un reg sur lequel se met en place, en légère discordance angulaire, une sédimentation plus grossière, presque exclusivement fluviale. C'est le début d'une autre histoire plus humide et en contexte plus subsident, une histoire jurassique.

III. LES DÉCOUVERTES PALÉONTOLOGIQUES

Les découvertes effectuées sont uniques tant par la conservation exceptionnelle des spécimens que par leurs implications.

Le Lagerstätte

Le gisement d'amphibiens stégocéphales, objet de cette note, est localisé vers la base de la série triasique de "La Reclée", dans un intervalle de sable gypseux correspondant au remplissage d'une sebkha de dimension réduite. Dans ce contexte, les sebkhas représentent probablement le stade ultime de l'évolution de la plaine alluviale sous climat aride.

La sédimentation éolienne et évaporitique y est fréquemment interrompue par le développement de minces croûtes de diverse nature : gypseuse à tepees, carbonatée, siliceuse et ferru-

DÉCOUVERTE D'UN NOUVEAU GISEMENT DE STÉGOCÉPHALES D'UNE CONSERVATION EXCEPTIONNELLE
DANS LE TRIAS D'IN AMÉNAS (BASSIN D'ILLIZI, ALGÉRIE).

gineuse. Dans cet intervalle, le paléo-paysage correspond à un environnement désertique à petits cordons dunaires entre lesquels se développent des mares temporaires de taille variable.

Le nouveau site paléontologique s'étend sur plus de 100m². Il a livré, en quelques jours d'extraction seulement, des dizaines de crânes et matériel post-crânien associé. Les crânes sont exceptionnellement bien conservés, en trois dimensions. Ils sont littéralement empilés les uns sur les autres, et les uns à côté des autres dans la matrice sédimentaire. Les sutures crâniennes sont bien visibles.

Les éléments post-craniens associés ne sont, en revanche, pas aussi bien préservés : parmi ces éléments, de nombreuses côtes et vertèbres, moins indurées ou perminéralisées, semblent en effet "évaporitisés".

Description et identification préliminaires (fig. 7)

Un crâne subcomplet est préliminairement décrit ici.

Le spécimen, numéroté ZAR-03B5, a été déposé au Centre de Conservation et de Diffusion de l'Information Géologique de l'ANGCM, Alger. Sa préparation, même si elle n'est pas totalement finalisée, laisse déjà entrevoir des caractères morpho-anatomiques très intéressants.

- Préservation

Les deux surfaces crâniennes, dorsale et palatale, sont bien visibles. Seule l'extrémité antérieure du museau n'est pas conservée. Une cassure nette et presque transversale, au niveau des orbites, sépare la région pré- de la région post-orbitaire.

Le crâne, tel qu'il est préservé, mesure 22 cm de long (Sl ou «Skull length» pour la longueur

de la suture médiale). Sa longueur totale estimée (Sl estimée) est d'environ 25 cm.

Le degré d'ossification ainsi que l'ornementation des os du toit crânien, des ptérygoïdes et des parasphénoïdes suggèrent un âge individuel (ou somatique) adulte (Steyer, 2000).

- Toit crânien

La face dorsale du crâne présente une ornementation composée d'alvéoles sub-polygonales au niveau des centres d'ossification qui se transforment plus marginalement en stries rectilignes à sub-triangulaires. Cette ornementation est typique des **temnospondyles**.

Le crâne, longirostre, a un contour globalement triangulaire, avec des bordures marginales bien rectilignes. La région pré-orbitaire, longue et surtout plate, suggère une appartenance au groupe des **Capitosaures** (Capitosauroides *sensu* (Schoch et Milner, 2000, ou Mastodonsauroides *sensu* Damiani, 2001).

Les sillons de la ligne latérale sont bien visibles, comme c'est le cas des sillons infra- et sus-orbitaires. Ces sillons sont caractéristiques d'un mode de vie aquatique (e.g., Steyer, 2003).

Les orbites, ovoïdes, sont relativement petites (environ 26 x 20mm en moyenne) et espacées, en position dorsale sur le toit crânien.

Les narines externes sont allongées (25 minimum x 9 mm en moyenne) et en position latérale. Leur bord externe est rectiligne, tandis que leur bord interne est concave. Leur extrémité antérieure, qui n'est pas préservée en totalité, semble tout de même plus étroite que leur extrémité postérieure. Le foramen pinéal, de taille relativement modeste (5 mm de diamètre), est arrondi. La marge postérieure du crâne, concave, est constituée d'un post-pariétal et d'un tabulaire

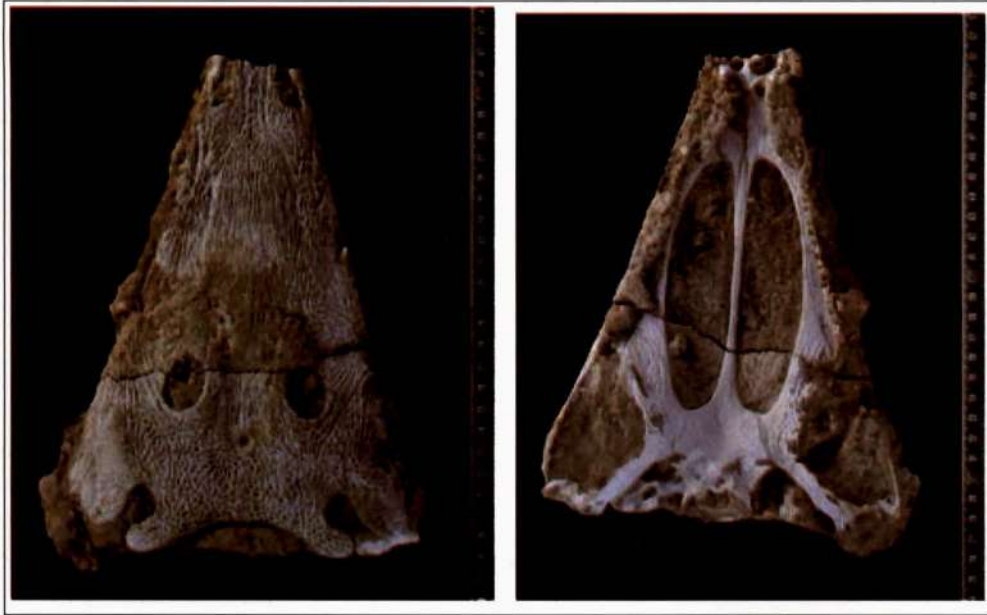


Fig. 7 - Nouveau crâne de *Stegocephalia temnospondyl*, un *Capitosau*re paracyclotosaure du Trias (inférieur - moyen?) de la base de la Formation I de la Série «Zarzaïtine Inférieur», Bassin d'Illizi, Sahara algérien. En vue dorsale (à gauche) et ventrale ou palatale (à droite).

***New skull of a stegocephalia temnospondyl, a paracyclotosaurid capitosau*re from the Lower-Middle (?) Trias of the basis of the Formation I of the Series «Zarzaïtine Inférieur», Illizi Basin, Algerian Sahara. Dorsal (left) and ventral or palatal (right) views**

postéro-latéralement étendus. Cette configuration, associée à la présence d'échancrures otiques antérieurement bien arrondies mais postérieurement comprimées, est caractéristique des **Paracyclotosaures** (*Paracyclotosauriidae sensu* Schoch et Milner, 2000).

Le spécimen présente en outre un post-orbitaire et un pariétal assez réduits postérieurement, autre caractéristique des **Paracyclotosaures**.

- Palais

Le palais est lui aussi exceptionnellement bien préservé et de forme globale subtriangulaire.

Les fenêtres interptérygoïdiennes sont très allongées et ovoïdes. Une ornementation est visible sur les ptérygoïdes et le parasphénoïde où elle demeure moins marquée. Le processus cultriforme est bien rectiligne et très étroit.

Les rangées dentaires internes (sur les ectoptérygoïdes et les palatins) sont composées de petites dents coniques et légèrement aplaties.

Le palais présente clairement plusieurs caractéristiques (ou synapomorphies) des **Capitosau**res : la branche palatine (ou antérieure) des ptérygoïdes est robuste, les carrés sont latéralement étendus et leur trochlée en position transversale, et le bord postérieur de la fenêtre prémaxillaire est transverse. D'autre part, deux petites dents, dépassant de la matrice sédimentaire, au niveau du bord postérieur de la fenêtre prémaxillaire, suggèrent la présence d'une rangée dentaire, autre caractéristique des **Capitosau**res.

- Identification sommaire

Les **Capitosau**res de la famille des **Paracyclotosaures sensu** (Schoch et Milner, 2000) sont représentés par les genres *Stanocephalosaurus*

DÉCOUVERTE D'UN NOUVEAU GISEMENT DE STÉGOCÉPHALES D'UNE CONSERVATION EXCEPTIONNELLE
DANS LE TRIAS D'IN AMÉNAS (BASSIN D'ILLIZI, ALGÉRIE).

(Trias inférieur et moyen d'Algérie - voir ci-dessus-, Australie, Etats-Unis, Inde et Tanzanie) et *Paracyclotosaurus* (Trias moyen (?) d'Australie, avec l'unique espèce *P. davidi* (Watson, 1958).

Le spécimen décrit ici possède des pariétaux et tabulaires postérieurement moins étendus ainsi qu'un contact tabulaire-squamosal plus ornementé que chez *Paracyclotosaurus davidi*.

Ce crâne semble également différent des espèces de *Stanocephalosaurus* déjà décrites. Par exemple, ses fenêtres interptérygoïdiennes ont un contour antérieur moins arrondi que le contour postérieur (la configuration est inverse chez *Stanocephalosaurus pronus*).

Le spécimen décrit ici correspondrait donc à une nouvelle espèce de Paracyclotosaure. Une description plus précise sera effectuée après préparation complète, ainsi qu'une analyse systématique, phylogénétique et paléobiologique détaillée à partir d'autres éléments squelettiques. Une analyse de l'endocrâne par exploration 3D est également prévue.

IV. IMPLICATIONS ET COMPARAISONS

Implications paléoenvironnementales et paléoclimatiques

Comme mentionné plus haut, les sillons de la ligne latérale, visibles sur le toit crânien témoignent bien du mode de vie aquatique de l'animal. D'autre part, la concentration taphonomique en restes osseux, dans cette paléomare (voir plus haut) témoigne d'un paléoclimat local très contrasté avec alternance de périodes sèches et humides.

La disparition des Stégocéphales, qui devaient vivre dans les plans d'eau et se réfugier dans les mares et sebkhas subsistantes, s'expliquerait donc par l'assèchement de ces dernières.

Implications biostratigraphiques possibles

Il est intéressant de noter que le spécimen décrit plus haut présente également, sur le palais, de petites ouvertures paires, latéralement comprimées (3 x 10 mm) et localisées dans la partie postérieure de la suture parasphénoïde - ptérygoïdes. Ce caractère, associé à des échancreures otiques ouvertes, est également retrouvé chez des formes du Trias inférieur. En d'autres termes, la morphologie de ce crâne suggère un âge Trias inférieur-moyen pour la Formation I ayant livré ce site.

Comparaisons

Le crâne étudié, attribué à un Paracyclotosaure peut-être nouveau, correspond au Stégocéphale le plus complet et documenté d'Algérie.

Si la datation du Trias inférieur-moyen est confirmée, ce site est d'autant plus important que les couches de cet âge sont rares et donc que leur contenu paléontologique demeure épars. Cette localité permettrait donc de mieux comprendre les phénomènes de reconquête post-crise en domaine continental.

Des Capitosaures du Trias inférieur sont connus notamment à Madagascar (*Edingerella madagascariensis* (Maganuco et al., 2009; Steyer, 2003), Arizona (e.g., *Stanocephalosaurus birdi* (Brown, 1933), Australie (*Stanocephalosaurus* sp. Welles et Cosgriff, 1965). La présence de ce Paracyclotosaure dès le début du Trias (si confirmé) et dans cette partie de la Pangée, complèterait donc la répartition spatio-temporelle de ce groupe opportuniste déjà bien représenté et diversifié juste après la grande extinction Permien-Trias.

V. CONCLUSIONS

Les travaux de recherche conduits par les auteurs, avec l'appui de leurs institutions d'affi-

liation respectives, dans la reprise de la coupe dite de "La Reculée" aux alentours d'In Aménas, justifient pleinement que cette région soit candidate au statut de localité de référence paléontologique et d'un site à protéger, grâce aux découvertes significatives qui y ont été effectuées.

Le Paracyclotosaure découvert dans cette partie de la Pangée, avec les autres fossiles associés, ouvre une fenêtre nouvelle vers une meilleure compréhension du Trias continental dans le monde et de ses habitants, et compléterait ainsi la répartition spatio-temporelle du groupe des Capito-saures.

Les spécimens mis au jour viendront enrichir le futur Centre de Conservation du Service Géologique National - Algérie (ANGCM) et le musée de l'université (FSTGAT, USTHB).

Remerciements : Les auteurs remercient le Vice-président Amont de la Sonatrach ainsi que le Directeur Régional In Aménas de la Division Production de Sonatrach sans qui les missions de terrain n'auraient pu se dérouler correctement. Egalement, pour leur participation, le Plan Pluri-Formation du MNHN et l'Agence Nationale de la Géologie et du Contrôle Minier.

Les auteurs remercient P. De Wever (MNHN, Paris) pour sa relecture critique du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHAB, A. 1970. Le Permo-Trias saharien. Associations palynologiques et leurs applications en stratigraphie. Thèse 3^{ème} cycle, Faculté des Sciences, Univ. d'Alger, 144 p., 14 fig., 10 pl.
- AIT OUALI, R. ET NEDJARI, A. 1994. La province triasique : 20 ans d'informations géologiques, un bilan critique. *Rapport interne, C.R.D. Sonatrach*, Alger, ronéot.
- AIT OUALI, R. ET NEDJARI, A. 1996. La province triasique saharienne, 20 ans d'informations géologiques : bilan critique et réflexions. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*. Alger. Vol. 7, n°2, pp. 1-18, 5 fig., 16 ph.
- AIT OUALI, R., NEDJARI, A., BITAM, L., TAQUET, PH., TAYEB CHERIF, L. ET BOURAS, R. 2010: Le Zarzaitine inférieur (In Aménas, Sahara Algérien): Derniers développements dans une série du Trias pro parte. *Mémoire du Service Géologique National - Algérie*. n° 17 (à paraître).
- AIT SALEM, H. ET HELLAL, C. 1993 :La série de Zarzaitine, Sédimentologie(Edjelleh-Tiguentourine-La Reculée). Trias Livret guide d'excursion; *Société Algérienne des Sciences Géologiques et Sonatrach*, pp. 4-18.
- AIT SALEM, H., BOURQUIN, S., COUREL, L., FEKIRINE, B., HELLAL, C., MAMI, L. AND TEFIANI, M. 1998. Triassic Series of the Saharian Plateform in Algeria; Peri Tethyan onlaps and related structuration. In: Crasquin-Soleau S., and Barrere E. (eds). Peri-Thetyan memoire 3: Stratigraphy and evolution of Peri-Thetyan Platforms. *Mém. Mus. Hist. Nat.* pp. 177-191.
- ARBAY, F., AIT OUALI, R., NEDJARI, A., BITAM, L., BOUZIDI, W. ET KEDADRA, B. 2010. Découverte de peuplements diversifiés de «thallophytes», champignons, algues, de grande taille, dans les séries continentales triasiques et jurassiques d'In Aménas. *Mém. Serv. Géol. Nat.* n°17 (à paraître).
- ATTAR, A., FABRE, J., JANVIER, PH. ET LEHMAN, J.P. 1981. Les vertébrés de la formation de Tiguentourine (Permo-Carbonifère, bassin d'illizi, Algérie). *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat., Paris*, 4^e sér. 3, section C., pp. 301-309.
- BROWN, B. 1933. A new genus of Stegocephalia from the Triassic of Arizona. *American Museum Novitates*, 640, pp. 1-4.
- BUSSON, G. 1967. Le Mésozoïque saharien. 1^{ère} partie : extrême sud tunisien - *Publ. Cent. Rech. Zones arides, CNRS, Paris, sér. Géol.*, 8., 18 fig., 31 pl., 4 tabl., 3 pl. ph., 4 pl. coul.
- BUSSON, G. 1970. Le Mésozoïque saharien .2^{ème} partie : essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens. *Publ. Cent. Rech., Zone arides, CNRS, Paris, ser. Géol.*, 11 (1 et 2), 810 p., 152 fig., 31 pl. h.t, 3 cartes géol.

DÉCOUVERTE D'UN NOUVEAU GISEMENT DE STÉGOCÉPHALES D'UNE CONSERVATION EXCEPTIONNELLE
DANS LE TRIAS D'IN AMÉNAS (BASSIN D'ILLIZI, ALGÉRIE).

- BUSSON, G. ET CORNEE, A. 1989.** Données sur les paléoclimats déduites de la sédimentation continentale du Mésozoïque saharien. *Publication occasionnelle du Muséum Nat. Hist. Nat. Paris*. 95 p., 25 fig.
- COUDRON, J. 1961.** Etude de quelques vertébrés du Gour Laoud. *Mémoire pour le Dipl. Et. Sup, Univ. Paris 54 p. Et Diplôme de Doctorat, Université de Paris VII*, 170p, 29 fig., 18 pl.
- DAMIANI, R.J. 2001.** A systematic revision and phylogenetic analysis of Triassic mastodonsauroids (Temnospondyli: Stereospondyli). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 133: pp. 379-482.
- JALIL, N.E. 1990.** Sur deux crânes de petits Sauria (Amnoita, Diapsida) du Trias moyen d'Algérie. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 311, série II, pp. 731-737.
- JALIL, N.E. 1993.** Les Vertébrés triasiques de Zarzaïtine (Algérie) : étude anatomique et phylogénique des Amphibiens Temnospondyles et des Diapsides. *Thèse de Doct. Univ. Paris VI (inédit)*.
- JALIL, N.E. ET TAQUET, PH. 1994.** Les vertébrés triasiques de la série de Zarzaïtine (Algérie). Liste faunique et implications stratigraphiques. *Mém. Serv. Géol. Algérie*, n° 6, pp. 99-104, 1 fig.
- LAPPARENT, A.F. DE, CLARACQ, P. ET NOUGARED, F. 1958.** Nouvelles découvertes de Vertébrés dans les séries continentales au Nord d'Edjeleh. (sahara central). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 227, pp. 1106-1108.
- LAPPARENT, A.F. DE 1958.** Nouvelles reconnaissances géologiques entre Ohanet et Bourharet (Sahara central). *Chronique des missions. Trav. Inst. Rech. Sahar.* T XVIII. pp. 213-218.
- LEHMAN, J.P. 1957.** Les Stégocéphales sahariens. *Ann. Paléon., (Vert.) Paris*, 53, p. 139-146.
- LEHMAN, J.P. 1971.** Nouveaux vertébrés du Trias de la série de Zarzaïtine. *Ann. Paléon., (Vert.) Paris*, 57(1), pp. 71-93.
- LUCAS, S.G AND MORALES, M. (eds).** The Nonmarine Triassic. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, n°3.
- MAGANUCO, S., STEYER, J. S., PASINI, G., BOULAY, M., LORRAIN, S., BÉNÉTEAU, A. AND AUDITORE, M., 2009.** An exquisite specimen of *Edingerella madagas cariensis* (Temnospondyli) from the Lower Triassic of NW Madagascar; cranial anatomy, phylogeny and restorations. *Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, XXX, XX-XX.
- NEDJARI, A., AÏT OUALI, R. ET DELFAUD, J. 2002.** Le Trias des bassins sahariens ; mise au point et nouvelle approche. *Mém. Serv. Géol. Alg.*, n° 11, pp. 87-113, 7 fig., 2 tabl., 3pl.
- NEDJARI, A., AÏT OUALI, R., TAQUET, PH., BENHAMOUCHE, A. ET AMROUCHE, F. 2006.** Les phases passives en géologie et leur comptabilisation en stratigraphie. *Mém. Serv. Géol. Nat.*, n° 13, pp. 253-261.
- PERON, S., BOURQUIN, S., PLUTEAU, F. AND GUILLOCHEAU, 2005.** Paleoenvironment and climate simulations of the Early Triassic: Impact of the water and sediments of the preservations of fluvial systems. *Geodynamica Acta*, 18/6, pp. 431-436.
- REYRE, Y. 1973.** Palynologie du Mésozoïque saharien. *Mémoires du Muséum national d'Histoire Naturel*, 27 (C) , pp. 1-284.
- SCHOCH, R.R. AND MILNER, A.R. 2000.** Encyclopedia of Paleoherpetology – Part 3B, Stereospondyli. *Verlag DR. F. Pfeil*, 220 p.
- STEYER, J.S. 2000.** Ontogeny and phylogeny in temnospondyls amphibians : a new method of analysis. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 130(3), pp. 449-467.
- STEYER, J.S. 2003.** A revision of the Early Triassic «Capitosaurs» (Stegocephali, Stereospondyli) from Madagascar, with remarks on their comparative ontogeny. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 23(3), pp. 544-555.

- TAQUET, PH. 1997.** Au temps des crocodiles mésozoïque sahariens. In : R. Billard et I. Jarry (eds) , hommage à Théodore Monod naturaliste d'exception : *Museum Nati. d'Hist. Naturelle, Archives Paris*, pp. 57-72.
- TUCKER, M.E AND BENTON, J.M. 1982.** Triassic environments, climate and reptile evolutions. *Paleogeography, Paléoclimatology, Paleocology*, (40), pp. 361-379.
- WATSON, D. M.S. 1958.** A new labyrinthodont (*Paracyclotossaurus*) from the Upper Trias of New South Wales. *Bulletin of the Bristish Museum (Natural History) Geology* 3 (7), pp. 233-263.
- WELLES, S.P. AND COSGRIFF, J. 1965.** A revision of the labyrinthodont family *Capitossauridae* and a description of *Parotosaurus peabodyi*, n. sp. from the Wupatki member of the Moenkopi Formation of northern Arizona. *University of California Publications, Geological Sciences* 54, pp. 1-148.
- WELLES, S.P. 1993.** A review of the Lonchorhynchiné Trematosours (*Labyrinthodontia*) and a description of new genus and species from the lower Moenkapi formation of Arizona, *Paleobios*, 14 (3), pp. 1-24.
- ZIQUIANG, W. 1993.** Evolutionary ecosystem of Permian-Triassic Redbeds in North China. Nonmarine Triassic. *New Mexico Museum of National History and Science. Bulletin n°3*, pp. 471-478, Lucas and Morales M. eds.