

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/271310647>

Triassic to early Liassic continental rifting chronology and process at the southwest margin of the Alpine Tethys (Middle Atlas and High Moulouya, Morocco); correlations with the A...

Article in Bulletin de la Societe Geologique de France · July 2012

DOI: 10.2113/gssgfbull.183.3.233

CITATIONS

14

READS

1,255

4 authors, including:



Driss Ouarhache

Sidi Mohamed Ben Abdellah University

29 PUBLICATIONS 284 CITATIONS

SEE PROFILE



André Charrière

Paul Sabatier University - Toulouse III

105 PUBLICATIONS 1,486 CITATIONS

SEE PROFILE



Françoise Chalot-Prat

University of Lorraine

51 PUBLICATIONS 1,157 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Barremian intracontinental rift and Aptian Atlantic transgression in the northern boundary of the central High Atlas (Morocco) [View project](#)



Central High Atlas, Geology of the anticline ridges, mining exoloration by remote sensing. [View project](#)

Chronologie et modalités du rifting triasico-liasique à la marge sud-ouest de la Téthys alpine (Moyen Atlas et Haute Moulouya, Maroc) ; corrélations avec le rifting atlantique : simultanée et diachronisme

DRISS OUARHACHE¹, ANDRÉ CHARRIERE², FRANÇOISE CHALOT-PRAT³ and MOHAMED EL WARTITI⁴

Mots-clés. – Rifting intracontinental, Rift atlasique, Cycles tectono-sédimentaires, Volcanisme fissural et explosif, Trias, Lias inférieur, Atlas, Maroc.

Résumé. – Apparu à l'est du rift continental atlantique, un rift continental téthysien s'est développé sur le domaine atlasique du Maroc au cours du Trias et du début du Jurassique. Dans le transect étudié du Moyen Atlas et de la Haute Moulouya (MAHM), ce début du rifting téthysien, le « rifting initial », comporta 3 étapes majeures.

Au Trias supérieur, apparut une première génération de bassins syn-rift (sr1) continentaux et détritiques, associés au rejeu extensif de certaines sutures hercyniennes ; cette phase se poursuivit avec une transgression laguno-marine généralisée dans un stade post-rift (pr1) au Carnien supérieur-Norien.

Au voisinage de la limite Trias-Lias, se produisit une effusion de trapps basaltiques aériens à subaquatiques ; la région subit ensuite une phase d'érosion.

Au début du Lias, se différencia une deuxième génération de bassins syn-rift (sr2) continentaux ou laguno-marins, extensifs ou transtensifs, associés à un volcanisme explosif localisé sur quatre zones faillées (faille d'Adarouch, accident du Tizi n'Trettène, accident Sud Moyen atlasique, faille de Ksabi-Ahouli) ; cette phase se clôtura avec l'arrivée de la mer dans un stade post-rift (pr2) débutant au Sinémurien supérieur-Carixien inférieur.

La zone du MAHM eut une histoire différente des régions occidentales du domaine atlasique, qu'il s'agisse d'un autre segment du rift atlasique (Haut Atlas de Marrakech) ou d'une bordure du rift atlantique (Haut Atlas occidental).

Pendant le rifting ante-trapp, alors que ces bassins occidentaux ont été structurés par plusieurs séquences tectono-sédimentaires successives étagées du Permien supérieur au Trias supérieur, les bassins du MAHM n'enregistrèrent qu'une seule mégaséquence sédimentaire triasique. Ainsi, les rifts continentaux atlantique et Ouest atlasique furent initiés, simultanément (?), dès le Permien supérieur, tandis que le rift continental de l'Atlas central et oriental n'apparut vraisemblablement qu'au Trias supérieur. La déchirure du rift atlasique migra ainsi vers l'est de la fin du Primaire au début du Secondaire.

Durant la période post-trapp, alors que les bassins occidentaux étaient le siège d'un calme tectonique relatif, une fracturation majeure affecta le MAHM, générant de nouveaux bassins sédimentaires associés à un second épisode volcanique, de nature explosive cette fois. Cette poursuite du rifting, après les dernières effusions basaltiques et avant l'arrivée de la mer jurassique, préfigura les découpages tectoniques qui continuèrent de se manifester dans les parties centrale et orientale du rift atlasique jusqu'au Jurassique moyen.

Triassic to early Liassic continental rifting chronology and process at the southwest margin of the Alpine Tethys (Middle Atlas and High Moulouya, Morocco); correlations with the Atlantic rifting, synchronous and diachronous

Key-words. – Intracontinental rifting, Atlasic rift, Tectono-sedimentary cycles, Fissural and explosive volcanism, Triassic, Lower Liassic, Atlas, Morocco.

Abstract. – In Morocco from Triassic to Early Liassic times, continental Atlantic and Tethys rifting processes have interfered (fig. 1). On the future southwest tethyan margin, the "Atlasic", continental rift formation was recorded in the "Middle Atlas" and "High Moulouya" basins (MAHM) within the central part of the Moroccan Atlasic domain. The study of their sedimentary infilling in relationships with tectonic and volcanism, from Upper Trias to Lower Lias, enables to distinguish several major steps of the rifting process on this tethysian margin segment.

Successive rifting steps (fig. 2 and 5)

R1, the Carnian-Norian first generation sedimentary basins (G1). The opening of the Triassic first intracontinental basins (SE of Tazekka, Kerrouchen.) resulted in extensive processes along some tectonic sutures (NMAF and SMAF). These first half grabbens consist in syn-rift series made of continental detritic deposits (see plate I, ph. 1-2): piedmont conglomerates and arkoses, fluvial sandstones and argillaceous siltstones. Later, the whole domain was covered with rather homogeneous lagunal-marine sediments corresponding to a slight sea water rising and/or a slight subsidence as-

1. U.S.M.B.A., F.S.D.M., Département de Géologie, BP 1796 Atlas, Fès - Maroc (drissouarhache@yahoo.fr)

2. Université Toulouse III ; 26, Rue Jean Pierre Chabrol 34740 Vendargues (andre.charriere73@orange.fr)

3. CRPG-CNRS, Nancy Université, 15 rue Notre Dame des Pauvres, 54501 Vandoeuvre les Nancy cedex (chalot@crpg.cnrs-nancy.fr)

4. Université Mohammed V Agdal, Faculté des Sciences, Rabat, (wartiti@hotmail.com)

Manuscrit reçu le 26 juin 2010 ; accepté après révision le 15 décembre 2011.

sociated with a first post-rift relaxation. Nevertheless, throughout this period, a number of faults remained active generating more subsiding zones with clays and evaporites and more stable zones with clays and siltstones (fig. 3 and 6A).

R2, the Triassic-Liassic basaltic trapps (fig. 5C), synchronous with major crustal fractures. The emplacement of basaltic trapps all over the atlasic domain was coeval with the beginning of the formation of the Central Atlantic magmatic province. In the studied area, the trapp sequence (up to 150 m), (pl. I, ph. 3-4) include about twenty aerial to subaqueous (fresh water, exceptionally sea water) lava-flows (5 m to 10 m in thickness).

R3, the Early Liassic volcano-sedimentary basins of second generation (G2). At that time, the whole domain emerged. Continental erosion became active close to some old and new faults. A new extensive or transtensive tectonic event lead to the dislocation of basaltic trapps and the formation of intracontinental grabbens along four major faults (fig. 5D). This "second generation" basins (fig. 6B) either superposed to the "first generation" basins (Boufekrane; fig. 4B) with a lagunal-marine sedimentation, or could be independent and remained strictly continental (Taggounite, Bou Tkoubay, Ahouli). The corresponding series formed within new syn-rift basins. They always included a continental positive megasequence with proximal deposits, then fluvio-lacustrine deposits and, at last, supratidal carbonates (pl. I, ph. 5 to 7). Within this megasequence, when the sedimentation was detritic and fine, pyroclastic products interstratified. They consisted in ash and lapilli tufs and tuffites (pl. II), which means that volcanic explosions were subaerial while deposits were either subaerial or subaquatic and sometimes reworked in the fluvio-lacustrine sediments (fig. 4A). The volcanic craters were proximal, rather localized and probably formed at some fault crosscutting. These volcano-sedimentary basins formed new syn-rift basins. The following marine post-rift event (fig. 5E) began during the Upper Sinemurian to Lower Carixian times.

Correlations (fig. 7)

At the scale of Morocco, this three-step rifting evolution is dramatically different from this of the southwestern Atlasic domain, which includes both the westwards Atlasic rift (Telouet, Haut Atlas de Marrakech) and the edge of the Atlantic rift (Argana, Haut Atlas occidental).

Indeed the eastwards MAHM pre-trapp basins (G1) recorded only one sedimentary megasequence (probably Upper Trias), whereas several sedimentary sequences (Upper Permian to Upper Trias) formed successively westwards. The R1 rifting occurred later eastwards than on both the western Tethyan and Atlantic domain.

The post-trapp basins (G2) du MAHM, where the only one sedimentary megasequence was synchronous with explosive basaltic volcanism, are known only in this area. By the fact, whereas the western sites were the witnesses of a tectonic relaxation, a second generation of syn-rift basins, synchronous with explosive eruptions, was individualizing eastwards. Thus the Early Liassic evolution was also dramatically different eastwards, as the rifting (R3) went on but below sea level.

Conclusions

Our study evidences that in the Middle Atlas and the High Moulouya domains, a second continental rifting phase associated with explosive basaltic eruptions occurred after the enormous fissural basaltic eruptions and before the post-rift marine transgression. The Atlasic rift formation is necessarily polyphased from Trias to Early Lias with two sedimentary syn-rifts periods R1 and R3 separated by a dramatic eruptive phase R2.

The comparison of the Trias-Lias geological evolution of the MAHM with that of the western zones of the Atlasic domain highlights the following points:

1- the genesis of the Atlantic and Tethys continental rifts probably began synchronously westwards during Upper Permian times. The continental rifting process went on eastwards more probably from Upper Triassic times;

2- the fact that this continental rifting process hold on after the huge effusive event and until the Jurassic marine transgression, is a specificity of the central and eastern parts of the Atlasic rift. Besides, this rifting activity went on but below sea level and from time to time until Middle Jurassic.

It comes that the Atlasic continental rifting was active a more long time eastwards (Middle Atlas and High Moulouya) than westwards close to the Central Atlantic margin.

INTRODUCTION

Au début du Mésozoïque, la partie NW du continent africain a été affectée par une fracturation initiale associée aux premiers stades de l'ouverture de l'Atlantique central. A l'est de ce rift atlantique, s'est développé un rift atlasique [Laville and Piqué, 1991 ; Piqué and Laville, 1993 et 1995 ; Medina, 1999 ; El Arabi, 2007 ; Frizon de Lamotte *et al.*, 2008] à l'emplacement du système atlasique central et oriental marocain (fig. 1A). Dans cette zone de faiblesse crustale, liée à l'hétérogénéité du substratum hercynien [Michard *et al.*, 2008, Fig. 3.16], les structures extensives vont se développer et guider la transgression de la Téthys alpine, venant du NE [du Dresnay, 1988 ; Oujidi *et al.*, 2000].

Les terrains triasiques du rift atlasique sont souvent recouverts par les formations jurassiques et corrélativement

les premiers épisodes du rifting atlasique sont mal connus. Toutefois, dans les régions du Moyen Atlas et de la Haute Moulouya (MAHM), les affleurements triasiques sont relativement continus pour permettre des corrélations significatives. Sur la base [Ouarhache, 2002] de nombreuses et nouvelles observations stratigraphiques, sédimentologiques, tectoniques et pétrologiques, nous proposons des reconstitutions paléogéographiques et dynamiques des premiers bassins et documentons ainsi le rifting continental téthysien dans la partie médiane du domaine atlasique marocain. Après une présentation du cadre géologique, les données significatives seront exposées. Celles-ci seront confrontées à d'autres données enregistrées dans des parties occidentales du domaine atlasique, ce qui conduira à discuter de la chronologie du rifting triasico-liasique à travers le domaine atlasique marocain.

CADRE GÉOLOGIQUE

La chaîne du Moyen Atlas, formée essentiellement par des terrains mésozoïques (Trias et Jurassique dominant), est encadrée par des bassins néogènes, le Saïs au nord et celui de la Haute Moulouya au sud (fig. 1B). Ce dernier est superposé à un haut fond jurassique séparant les sillons haut- et moyen-atlasiques. Le Moyen Atlas est subdivisé en deux domaines morpho-structuraux : le Moyen Atlas tabulaire au nord et le Moyen Atlas plissé au sud.

La structure du Moyen Atlas et de la Haute Moulouya est caractérisée par des zones faillées (dénommées accidents dans la littérature) séparant des panneaux tabulaires ou de larges aires synclinales majoritairement orientés SW-NE (fig. 1B). Ces accidents, correspondant pour la plupart à un héritage hercynien, furent réactivés en contexte extensif pendant le Mésozoïque, puis repris en compression lors des serrages alpins et demeurent souvent le siège d'une activité néotectonique [Charrière, 1990]. La faille d'Adarouch (FA) marque la limite nord du Moyen Atlas tabulaire. L'accident du Tizi n'Trettène (ATT) recoupe le Moyen Atlas tabulaire. L'accident Nord Moyen atlasique (ANMA) sépare généralement le Moyen Atlas tabulaire et le Moyen Atlas plissé. L'accident Sud Moyen atlasique (ASMA) marque la limite entre le Moyen Atlas et la Haute Moulouya. La faille de Ksabi-Ahouli (FKA) sépare la Haute

Moulouya et la Moyenne Moulouya. L'accident Nord Haut-atlasique (ANHA) correspond au décro-chevauchement du Haut Atlas sur la Haute Moulouya [Morel *et al.*, 1993]. Cette structuration directionnelle, généralement N040°, est affectée de décalages transverses : dans le Moyen Atlas septentrional et central ceux-ci sont généralement de direction N110° à N120°, alors que dans le Moyen Atlas méridional, les directions subméridiennes dominent.

La série triasique affleure pour l'essentiel à la bordure des massifs paléozoïques, notamment le Massif hercynien central, le Tazekka et la Haute Moulouya. Elle est constituée de dépôts, essentiellement détritiques et argilo-éva-poritiques, encadrant un ensemble basaltique médian. L'empilement sédimentaire, épais d'une vingtaine de mètres dans certaines parties du Moyen Atlas tabulaire (nord d'Azrou), atteint environ 400 m dans le bassin de Kerrouchen (fig. 1B).

DONNEES GEOLOGIQUES REGIONALES

Les premiers bassins triasiques intramontagneux (G1)

Le bassin de Kerrouchen

Dans le Moyen Atlas méridional, les premiers termes de la sédimentation post-hercynienne affleurent à la faveur d'une

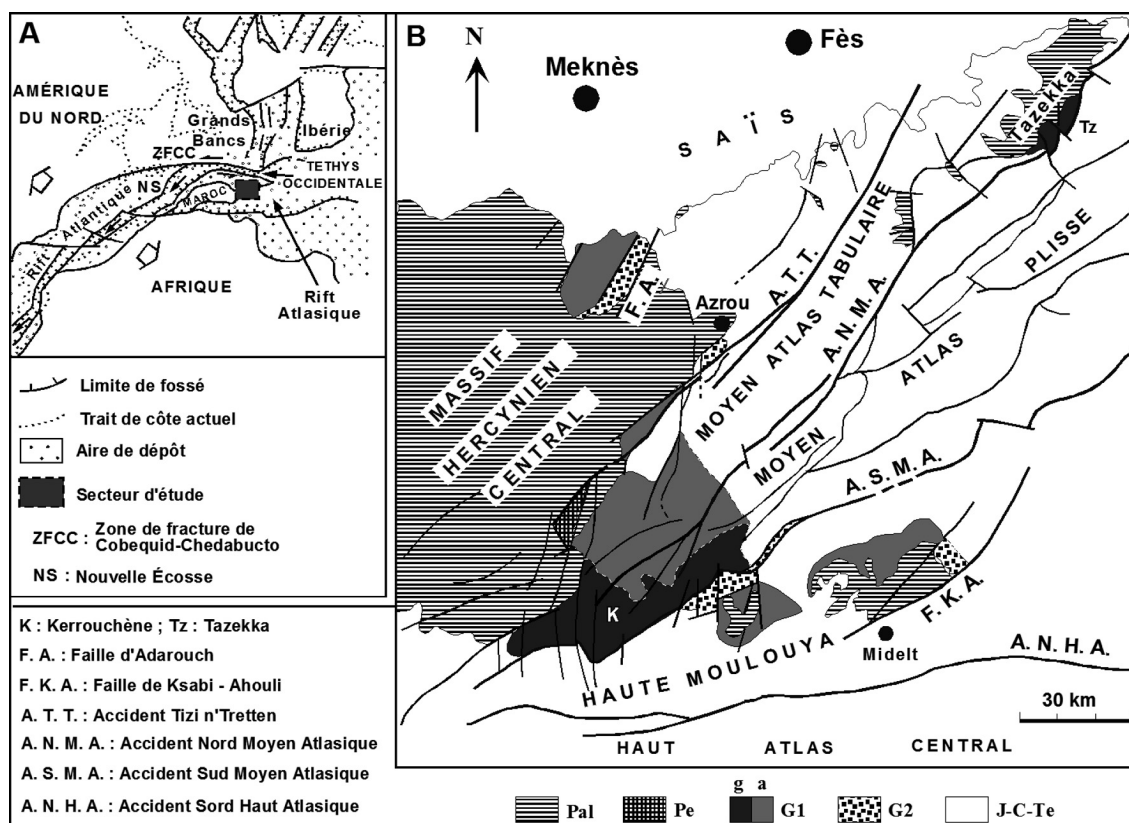


FIG. 1. – Cadre structural. A) Schéma des rifts continentaux triasiques au NW du craton africain [d'après Medina, 1999] et localisation du secteur d'étude. B) Schéma structural régional montrant la position des bassins associés au rifting continental. Pal : substratum hercynien ; Pe : Permien ; G1 : bassins détritiques de première génération (g : conglomérats, arkoses et grès rouges ; a : argiles évaporitiques) ; G2 : bassins de deuxième génération à remplissage volcano-sédimentaire ; J-C-Te : couverture jurassique à tertiaire.

FIG. 1. – Structural framework. A) Outline of the NW African Triassic continental rifts [from Medina, 1999] and location of the studied area. B) Regional structural pattern showing the location of the sedimentary basins linked to the continental rifting event. Pal: Hercynian basement; Pe: Permian; G1: first generation basins with a coarse detritic infilling (g: conglomerates, arkoses, sandstones; a: evaporitic clays); G2: second generation basins with a volcano-sedimentary infilling; J-C-Te: Jurassic to Tertiary sedimentary cover.

importante boutonnière déterminée par la vallée de l'Oued Srou (fig. 2) qui recoupe sur une trentaine de kilomètres le bassin de Kerrouchen. C'est un bassin continental [Lorenz, 1976 et 1988 ; Charroud *et al.*, 1996] présentant de nombreux indices d'émersions : paléosols, fentes de dessiccation (pl. 1, ph. 2), traces de racines et fragments de tiges de végétaux ; des faunes d'ostracodes (*Darwinula* sp.) indiquent un milieu de dépôts limnique à oligohalin. Son remplissage, associé à une dynamique fluviale dominante, présente une forte dissymétrie avec les dépôts les plus grossiers et les plus épais (environ 250 m), localisés à l'est, à proximité de l'ASMA. De plus, ces dépôts détritiques de

base ont une composition différente selon qu'on se situe à l'ouest ou à l'est du bassin.

Partie occidentale du bassin de Kerrouchen (fig. 3E)

La série, épaisse d'environ 150 m, débute par quelques mètres de dépôts conglomératiques, intercalés d'un niveau lenticulaire de calcaire lacustre micritique saupoudré de grains de quartz. Elle se poursuit avec des grès massifs à ciment carbonaté, présentant d'abord un faciès grossier puis passant à des grès moyens à fins. Ces grès sont lenticulaires et montrent de nombreuses structures sédimentaires, telles que

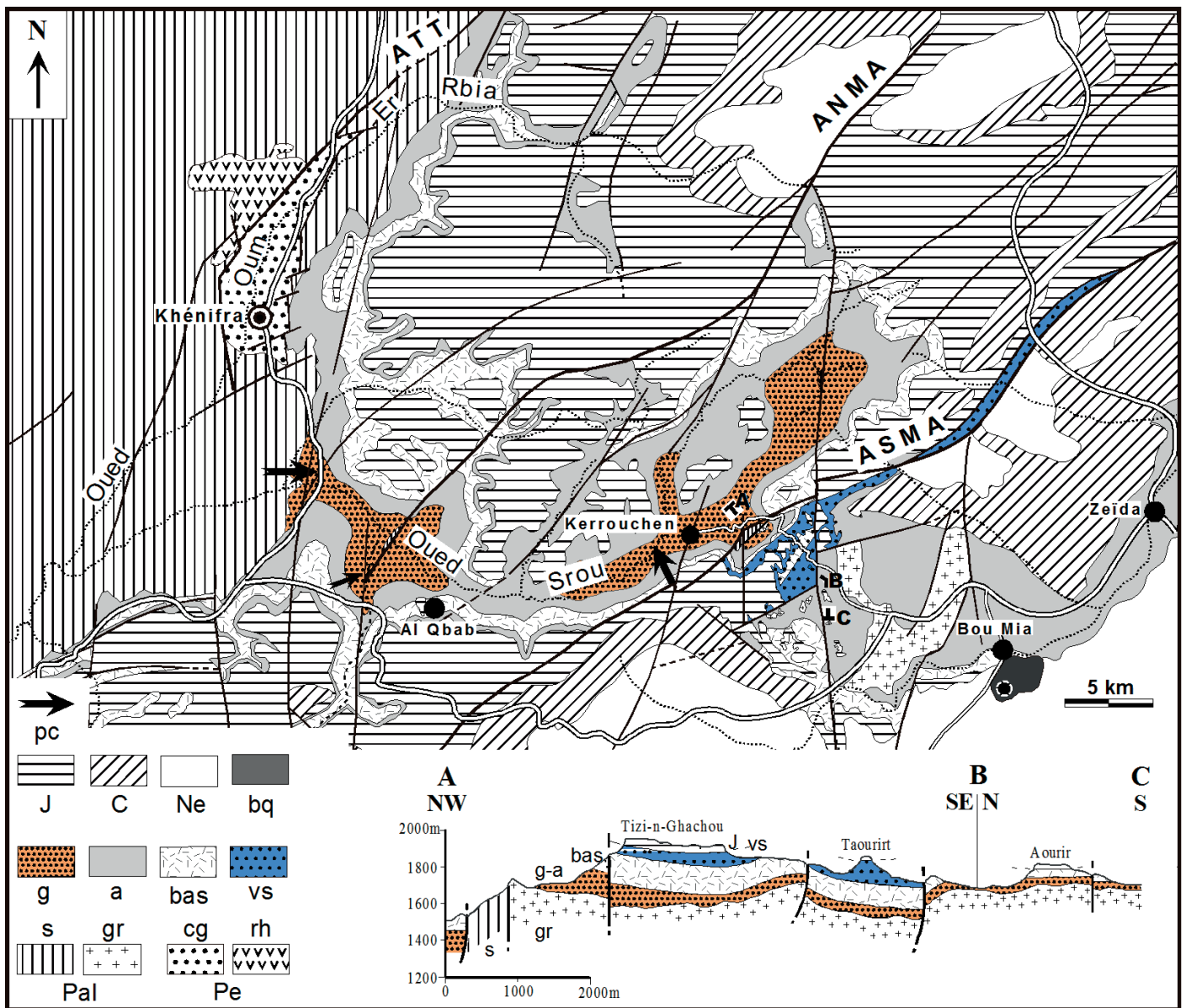


FIG. 2. – Situation des bassins sédimentaires du Trias (G1) et du Lias inférieur (G2) dans le Moyen Atlas méridional. Pal : substratum hercynien (s : schistes métamorphiques ; gr : granite rose de la Moulouya) ; Pe : Permien (cg : dépôts conglomératiques ; rh : volcanites rhyolitiques) ; g : dépôts de base (conglomérats, arkoses, grès) dans le bassin triasique de Kerrouchen (G1) ; a : dépôts silteux et argilo-évaaporitiques ; bas : trapps basaltiques ; vs : dépôts volcano-sédimentaires du bassin du Tizi-n-Ghachou (G2) ; J : calcaires et dolomies du Jurassique ; C : calcaires et marnes du Crétacé ; Te : dépôts tertiaires ; bq : volcanites quaternaires ; pc : paléocourants.

FIG. 2. – Location of the Triassic (G1) and Lower Liassic (G2) sedimentary basins in the southern Middle Atlas. Pal: Hercynian basement (s: metamorphic schists; gr: pink granite of the High Moulouya area); Pe: Permian (cg: conglomeratic deposits; rh: rhyolitic volcanic rocks); g: first deposits (conglomerates, arkoses, sandstone) in the Kerrouchen Triassic basin (G1); a: siltstones and evaporitic clays; bas: basaltic traps; vs: volcano-sedimentary Tizi-n-Ghachou Lower Liassic Basin (G2); J: Jurassic limestones and dolomites; C: Cretaceous limestones and marls; Te: Tertiary series; bq: Quaternary volcanic rocks; pc: Paleocurrents.

des lamines horizontales, des stratifications obliques arquées, des surfaces de ravinement, des rides de courant et des rides en auge. Dans les grès grossiers, dominant des grains de quartz et de schistes, avec peu de matrice argileuse ou carbonatée. Des siltites argileuses peu consolidées présentent des intercalations de bancs de grès fins et localement de calcaire micritique et de marnes grises fossilifères. Ces dépôts fins sont parfois disséqués par des chenaux microconglomératiques à stratifications obliques, correspondant à des dépôts de crue. Les stratifications obliques, et l'orientation des axes de chenaux fluviaux montrent des paléocourants dirigés vers l'est et le nord-est, ce qui indique que le matériel détritique provenait du Massif hercynien central. La granulométrie fine des décharges détritiques et leur nature lithologique dénotent un faible relief de ce domaine au début de la création du bassin triasique.

Parties centrale et nord orientale du bassin (fig. 3F)

Dans la partie centrale du bassin de Kerrouchen (pl. I, ph. 1), la série visible débute par des conglomérats et des grès

grossiers, à éléments de schistes, de quartzites, de granite et de quartz filonien. La sédimentation grés-conglomératique s'organise en séquences élémentaires positives de type fluviale, débutant par des conglomérats de fond de chenaux, et se terminant par des dépôts fins de plaines d'inondation. Les chenaux et les structures sédimentaires (pl. I, ph. 2) indiquent ici des paléocourants dirigés vers le NW.

Dans la partie orientale, la formation détritique de base, discordante sur le paléozoïque, est dominée par des arkoses [Arsicault, 1973]. Un conglomérat métrique est surmonté d'arkoses roses, peu consolidées, à stratification diffuse, contenant des galets dispersés de schistes, de quartzites et de quartz filonien. Au-dessus se développe un deuxième ensemble d'arkoses à bancs granoclassés. La série se poursuit avec des siltites et des sables rouges, puis par des bancs de grès lie-de-vin, bien stratifiés, grano-décroissants. Ces dépôts arkosiques et gréseux dessinent un éventail sédimentaire ouvert vers le SE, avec des épaisseurs passant de 100 à 150 m. L'immaturation et le mauvais tri du matériel basal évoque des coulées de débris déposées dans un cône de déjection alimenté par un massif granitique (Boumia), situé dans la Haute Moulouya au-delà de l'ASMA (fig. 2).

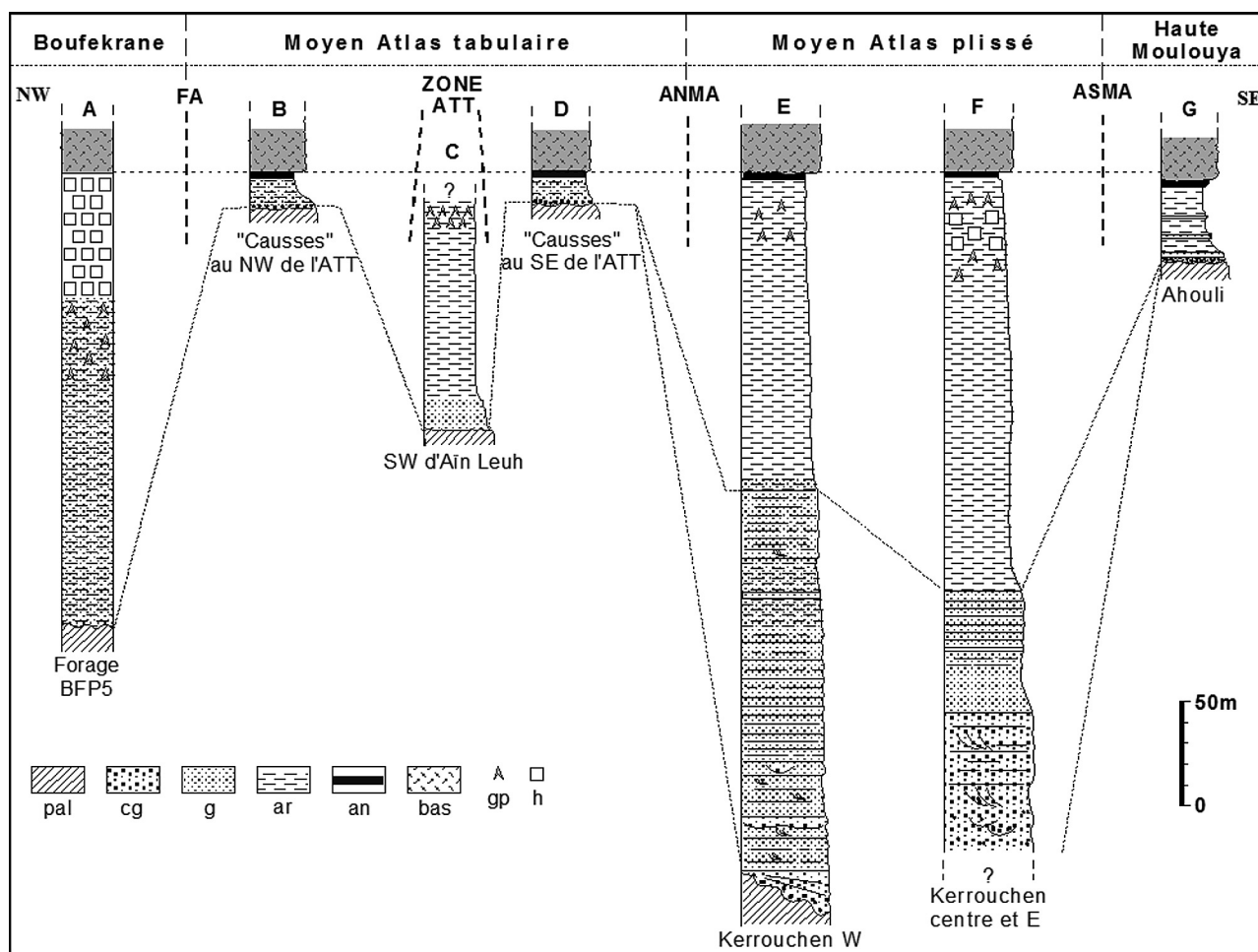
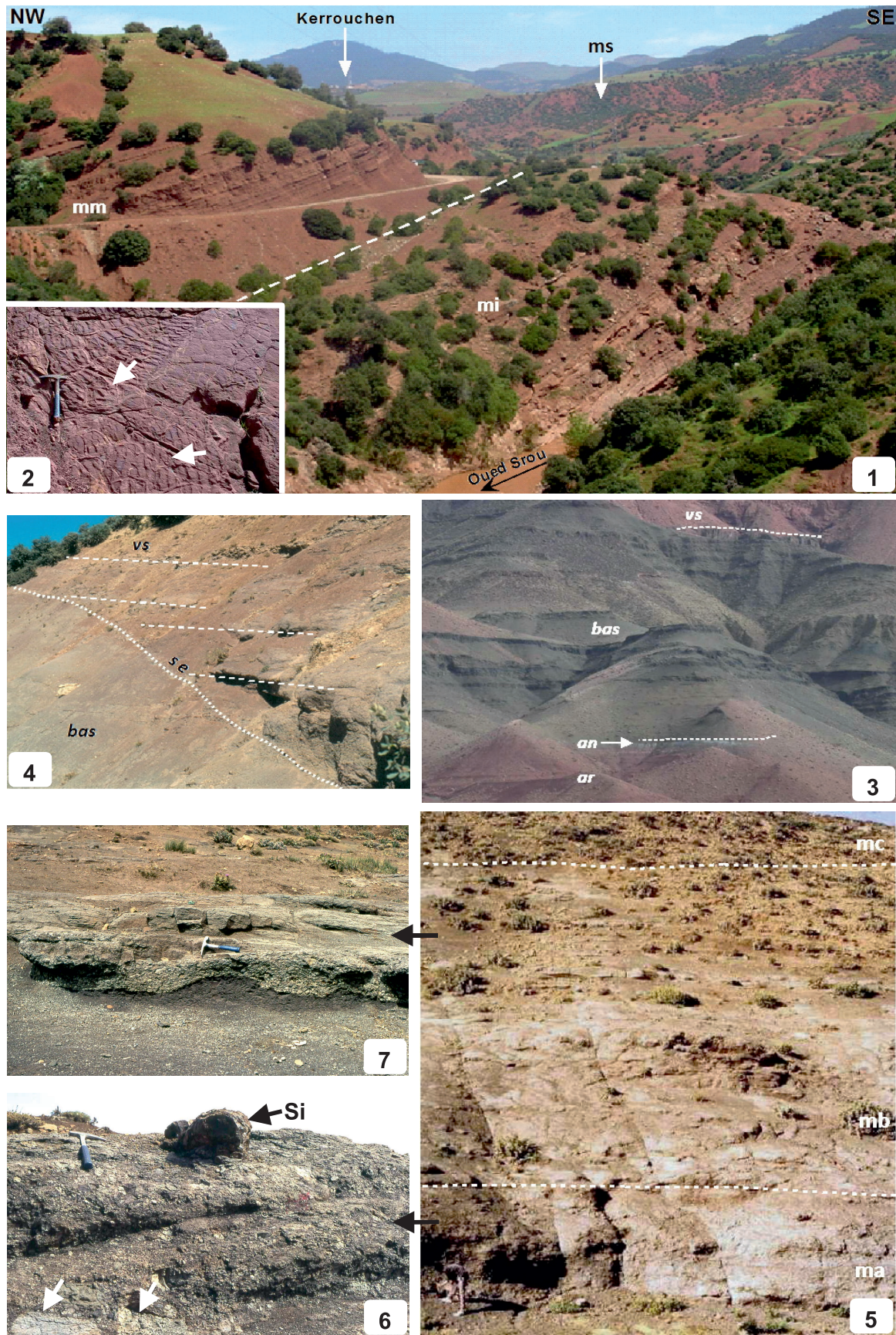


FIG. 3. – Enregistrement sédimentaire (mégaséquence I) associé à la première phase de rifting (Trias supérieur) à travers le Moyen Atlas et la Haute Moulouya (localisation des logs A à G, voir fig. 6A). Pal : Paléozoïque ; cg : conglomérats et arkoses ; g : grès moyens et silt ; ar : argiles rouges ; an : argiles noires sommitales ; bas : basaltes ; g : gypse ; h : halite.

FIG. 3. – Sedimentary Upper Triassic record (megasequence I) across the Middle Atlas and the High Moulouya during the first rifting stage (see fig. 6A for location A to G logs). Pal: Paleozoic; cg: conglomerates and arkoses; g: mid-grained sandstones and silt; ar: red clays; an: uppermost black clays; bas: basalts; g: gypsum; h: halite.



Secteur sud oriental du Tazekka

Dans le Moyen Atlas septentrional, les premiers dépôts discordants sur les terrains paléozoïques [Sabaoui, 1998] sont localisés à la bordure SE du massif du Tazekka (fig. 1B). Le terme basal conglomératique est riche en éléments silico-clastiques hétérométriques et anguleux. Il est surmonté d'une série gréseuse en bancs massifs, à litages sédimentaires (souvent obliques) bien marqués et à grains de quartz très matures. Au-dessus se développe une succession de grès massifs alternant avec des grès friables et des siltites sombres dont l'importance croît vers le haut. Cette mégaséquence détritique continentale, inexistante à la bordure NW du Tazekka, apparaît et s'épaissit progressivement (jusqu'à 70 m) vers le SE, en longeant l'ANMA.

L'uniformisation des bassins triasiques de première génération

La sédimentation silteuse et argilo-évaporitique des bassins infrabasaltiques

Postérieurement aux premiers bassins détritiques localisés, se développe une première génération de vasières recouvrant l'ensemble du Moyen Atlas et de la Haute Moulouya, mais également le Haut Atlas et les domaines mesetiens marocains. Cette extension généralisée est associée à une homogénéisation des faciès caractérisée par le développement des « argilites rouges inférieures » auxquelles se trouvent souvent associées des évaporites. Le caractère marin des évaporites [Et-Touhami, 1994] dénotent un premier épisode transgressif [Salvan, 1984] généralisé sur l'ensemble du domaine atlasico-mesetien [Oujidi *et al.*, 2000].

Repérages stratigraphiques donnés par palynologie

Sur la quasi-totalité du secteur étudié, la sédimentation se termine par 20 cm à 2 m d'argilites gris sombre ou noires (pl. I, ph. 3), riches en matière organique (an, cf. fig. 3). Cet environnement réducteur a localement livré des associations palynologiques donnant des indications d'âge variable : Carnien en bordure NE du Moyen Atlas tabulaire [Baudelot *et al.*, 1990], Carnien supérieur en bordure SW du Moyen Atlas tabulaire (région d'Azrou) et Norien dans le Moyen

Atlas méridional et la Haute Moulouya [Lachkar *et al.*, 2000]. L'absence de discontinuité avec la sédimentation sous-jacente, organisée en une seule mégaséquence (I) positive, suggère que les bassins anté-trapps ont essentiellement fonctionné durant le Carnien-Norien p.p.

Les différenciations paléogéographiques, reflet de la poursuite du découpage tectonique

L'uniformisation d'ensemble des dépôts s'accompagne toutefois de différenciations locales [Ouarhache, 2002] visualisables selon un transect NW-SE (fig. 3). Au NW du Moyen Atlas, le bassin de Boufekrane (A) se caractérise par une série argilo-salifère, connue uniquement par sondage, épaisse de plusieurs centaines de mètres [du Dresnay et Suter, 1975]. Le Moyen Atlas tabulaire se caractérise généralement par une série plus silteuse et d'épaisseur parfois réduite à une dizaine de mètres (B, D). Dans le faisceau de l'ATT, s'observent de forts contrastes d'épaisseur et de faciès entre des séries silteuses limitées à une dizaine de mètres et une série gypsifère puissante d'une centaine de mètres (C). Dans le bassin de Kerrouchen (E, F), la série à dominante argilo-évaporitique conserve des épaisseurs avoisinant une centaine de mètres. Elle culmine toutefois à 250 m au niveau d'Al Qbab où elle présente des intercalations de sel gemme. Inversement, elle se réduit et devient argilo-silteuse à l'est, à l'approche de l'ASMA. Dans la Haute Moulouya (G) la série est homogène et se limite généralement à une vingtaine de mètres. Il s'agit de siltites argileuses rouges, mal stratifiées, débutant localement avec des conglomérats, des arkoses ou des grès quartzeux. La présence de moulages de cristaux de sel gemme dans ces grès fins en plaquettes atteste le caractère laguno-marin de la transgression sur ce haut-fond paléogéographique.

Les trapps basaltiques

Aspects régionaux

Ces épanchements sont de règle dans le « Trias atlasico-mesetien » marocain [Oujidi *et al.*, 2000]. Sur le domaine étudié, la formation demeure d'épaisseur sensiblement constante (120 à 150 m), avec un maximum au SE de la Haute Moulouya

PL. I. – 1 : Vue d'ensemble sur la série détritique infrabasaltique (mégaséquence I) du bassin de Kerrouchen (G1). mi : membre inférieur dominé par des conglomérats et grès grossiers ; mm : membre moyen formé par des grès moyens à fins ; ms : membre supérieur argilo-évaporitique (partie centrale du bassin) ; 2 : surface de « muds cracks » recoupant des rides asymétriques au toit d'un banc gréseux du mi ; les flèches indiquent les paléocourants ; 3 : Trapps basaltiques (bas) formés de coulées superposées, surmontant les argilites rouges gypsifères (ar) par l'intermédiaire d'un horizon d'argilites noires (an) et surmontés d'une série volcano-sédimentaire (vs) (Ahouli, Haute Moulouya) ; 4 : partie sommitale érodée du complexe basaltique (bas) ; la surface d'érosion (s e) est recouverte en « onlap » par une série volcano-sédimentaire (vs) (Causse d'Ito, Moyen Atlas tabulaire) ; 5 : vue d'ensemble sur la série suprabasaltique (mégaséquence II) du bassin du Tizi-n-Ghachou (G2) constituée d'une série volcano-sédimentaire (formation du Tizi-n-Ghachou) de 3 membres. ma : conglomératique, mb : grésopélitique, mc : pélitique et carbonaté (site de Bou Tkhoubay, Zone de l'ASMA) ; 6 : conglomérats de base remaniant des blocs pluridécimétriques de basaltes (flèches) et accessoirement de calcaires silicifiés (Si) (dépôts proximaux du membre a) ; 7 : chenaux grésos-conglomératiques à bases ravinantes et toits plans (dépôts fluviaux du membre b).

PLATE I. – 1: General view of the detrital infrabasaltic series (megasequence I) of Kerrouchen basin (G1). mi: lower member with coarse sandy-conglomerate; mm: middle member with sandstones and siltstones; ms: Upper member with red evaporitic clays (central part of the basin); 2: "Muds cracks" superimposed to the asymmetric ripple marks at top of the sandstone level (mi); arrows: fluvial paleocurrent directions; 3: Basaltic trapps (bottom) with successive lava-flows, overlying the red gypsiferous argilites (ar) through a black argillite horizon (an), and overlain by a volcano-sedimentary series (Ahouli, High Moulouya); 4: eroded upper part of the basaltic complex (bottom). Note the onlap of the volcano-sedimentary series (vs) above the erosive surface (se) (Ito Causse, Tabular Middle Atlas); 5: general view of the volcano-sedimentary suprabasaltic series (megasequence II) of Tizi-n-Ghachou basin (G2) including 3 members: ma: conglomeratic lower member (proximal deposits); mb: sandy-pelitic middle member (fluvial deposits); mc: clayish-carbonated upper member (littoral playa) (Bou Tkhoubay, Tizi-n-Ghachou Formation in the South Middle Atlasic fault.); 6: basal conglomerates reworking basaltic blocks (arrows) and silicified limestone blocks (Si) (proximal deposits of the member a); 7: Sandy conglomeratic channels building with erosive bottoms and flat tops (fluvial deposits of the member b).

(pl. I, ph. 3). L'ensemble est constitué d'un empilement de coulées plurimétriques à décamétriques. Le premier épanchement basaltique est parfois précédé d'une coulée boueuse remaniant du matériel sédimentaire proximal. Les coulées sus-jacentes se sont majoritairement épanchées à l'air libre comme en témoigne la présence de coulées prismées, de brèches lahariques, d'intercalations de bois carbonneux. Certaines se sont mises en place sous faible profondeur d'eau comme le prouvent : (i) la présence de langues de lave en coussins (sur 1 à 3 niveaux selon les coupes) ; (ii) quelques intercalations métriques de niveaux carbonatés et siliceux et/ou argileux au sein de la série, dans une position stratigraphique variable selon les secteurs, lesquelles traduisent des interruptions du volcanisme associées à l'installation temporaire d'une sédimentation dulçaquicole [Baudelot *et al.*, 1986] ; (iii) un niveau de lave en coussins (ouest de la boutonnière de Boumia [Ouarhache, 2002]), reposant sur une surface taraudée à terriers de lamellibranches, soulignant ici l'existence de conditions marines littorales entre deux épisodes effusifs.

Ages

Aux repères précédents (cf infra), situés immédiatement au-dessous de la première coulée, s'ajoutent les indications biostratigraphiques données par la palynologie dans les niveaux sédimentaires intercalés dans l'empilement basaltique : Lias inférieur [Baudelot *et al.*, 1990] au N du Moyen Atlas tabulaire ; Norien inférieur à moyen [Baudelot *et al.*, 1986] au NW du Moyen Atlas (El Hajeb) ; Carnien terminal / Norien inférieur à moyen (sources de l'Oum Er Rbia dans le Moyen Atlas tabulaire) ; Norien dans le Moyen Atlas méridional et Haute Moulouya [Lachkar *et al.*, 2000]. En fonction de ces données palynologiques, la période majeure des éruptions serait au Norien.

Les données géochronologiques de Fiechtner *et al.* [1992] situent les épanchements entre 210.4 ± 2.1 Ma et 200.2 ± 1.0 Ma (Norien *p.p.* et Rhétien dans l'échelle de Gradstein *et al.* [2004]). Elles fournissent également des âges de 195.5 ± 6.5 Ma dans la partie W de la Haute Moulouya et 193.7 ± 6 Ma (Sinémurien) au niveau des sources

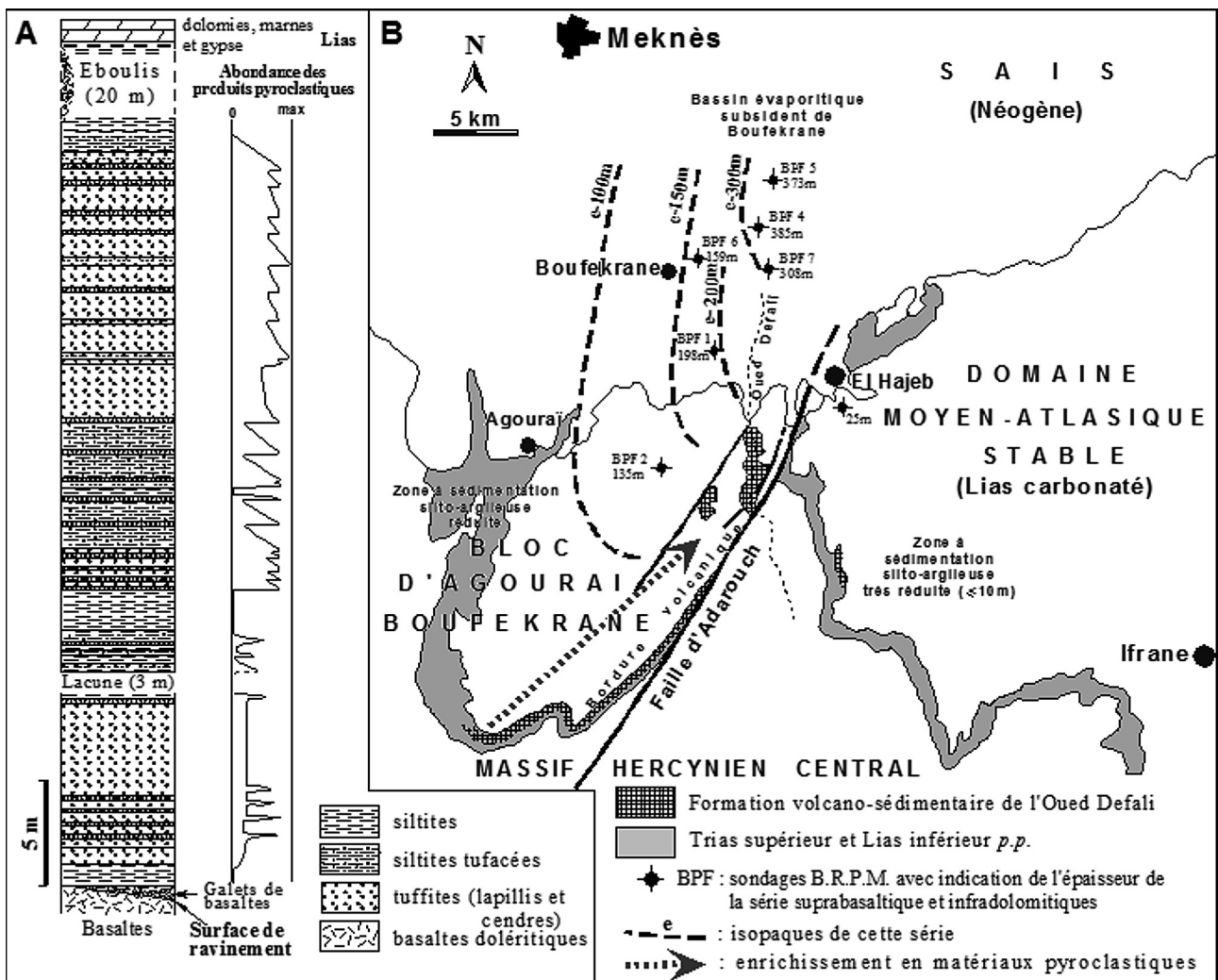


FIG. 4. – Découpage tectonique, sédimentation et volcanisme associés sur la bordure NE du Moyen Atlas au début du Lias. A : lithostratigraphie de la formation volcano-sédimentaire suprabasaltique ; B : carte schématique illustrant la différenciation du bassin (G2) de Boufekrane-Oued Defali.
 FIG. 4. – Tectonic segmentation, sedimentation and related volcanism on the NE area of the Middle Atlas during Early Liassic times. A: log of the supra-basaltic volcano-sedimentary sedimentation; B: schematic map showing the differentiation of the Boufekrane-Oued Defali basin (G2).

de l'Oum Er Rbia. Les éruptions de lave auraient donc eu lieu entre le Norien et la limite Trias-Lias, voire pendant le Lias inférieur.

Les bassins liasiques de 2^{ème} génération

La discontinuité majeure observée dans l'empilement des séries du Trias-Lias inférieur dans la plupart des secteurs étudiés, correspond à une surface émergitive et érosive affectant le toit des basaltes. L'enregistrement sédimentaire reprend ultérieurement et une 2^{ème} génération (G2) de bassins se différencie. Il s'agit parfois de bassins argilo-salifères subsidents. Ceux-ci sont majoritairement situés au NW du Moyen Atlas (Boufekrane) et de la Meseta centrale (Khémisset), mais se rencontrent aussi au sein du Moyen Atlas (ex. Oum Er Rbia). Un autre type de bassin, décrit ci-dessous, constitue l'originalité du secteur étudié : ce sont des bassins volcano-sédimentaires associés à certaines zones d'accidents régionaux.

NW du Moyen Atlas (bassin de Boufekrane – Oued Defali associé à la faille d'Adarouch)

Dans cette zone (fig. 4) avait été décrit [Chalot-Prat *et al.*, 1986] une formation volcano-sédimentaire nommée « Formation de l'Oued Defali », épaisse d'une trentaine de mètres. Elle surmonte les coulées basaltiques et passe vers le haut à des marnes jaunes associées à des plaquettes dolomitiques et à des passées évaporitiques. Au NW de la faille (FA), la série volcano-détritique (fig. 4A) ravine la dernière coulée basaltique et renferme une vingtaine de niveaux de retombées de projections basaltiques. Ce sont essentiellement des tuffites de lapillis et cendres, parfois de blocs. Les niveaux les plus fins renferment quelques horizons de pisolites volcaniques (pl. II, ph. 1-2). L'ensemble est interstratifié dans la séquence sédimentaire silteuse. Les pisolites, lapillis de cendres accrétonnées en présence de vapeur d'eau, sont les témoins d'éruptions volcaniques aériennes.

Ce volcanisme explosif, géométriquement associé à la faille bordière du Moyen Atlas (FA), s'intègre dans le contexte régional de basculement d'un bloc (Agourai-Boufekrane) [Charrière, 1990], individualisé au NW du Moyen Atlas (fig. 4B). L'apex affleurant est affecté d'une activité volcanique alors que la zone affaissée (bassin de Boufekrane), essentiellement connue par sondages, demeure le siège d'une importante accumulation argilo-évaporitique. Ce secteur montre ainsi la liaison entre un bassin subsident argilo-évaporitique (Boufekrane) et une bordure volcanique (Oued Defali).

Au SE de la FA, en bordure du Moyen Atlas tabulaire, la série supra-basaltique est généralement réduite à quelques mètres d'argilites rouges. Le toit de la dernière coulée basaltique est raviné et la série sédimentaire sus-jacente repose localement en « onlap » sur cette surface érosive (pl. I, ph. 4). La base de la série, remaniant des éléments basaltiques, constitue un ensemble volcano-sédimentaire localisé. Dans la partie moyenne, les dépôts pélitiques dominent, puis passent progressivement vers le haut à une sédimentation dolomitique. La base de la dalle dolomitique a livré une association de brachiopodes d'âge sinémurien supérieur-lotharingien inférieur [Colo, 1961].

Moyen Atlas tabulaire (bassin de Tagounite dans la zone de l'Accident du Tizi n'Trettène)

Au SW d'Azrou, dans la zone de l'ATT, une série fortement imprégnée en hématite ravine le toit de la dernière coulée basaltique. Sa partie inférieure est constituée de bancs décimétriques de « litharénites » à stratifications obliques et de petits chenaux microconglomératiques. Ces arénites à matrice argilo-silteuse renferment des lapillis et cendres de verre basaltique (contours déchiquetés intacts), le tout ayant été consolidés par un ciment ferrugineux [Ouarhache, 2002].

Ces dépôts d'extension limitée constituent le « bassin de Tagounite », situé dans une zone d'intersection de l'ATT avec un décrochement transverse subméridien (fig. 6B).

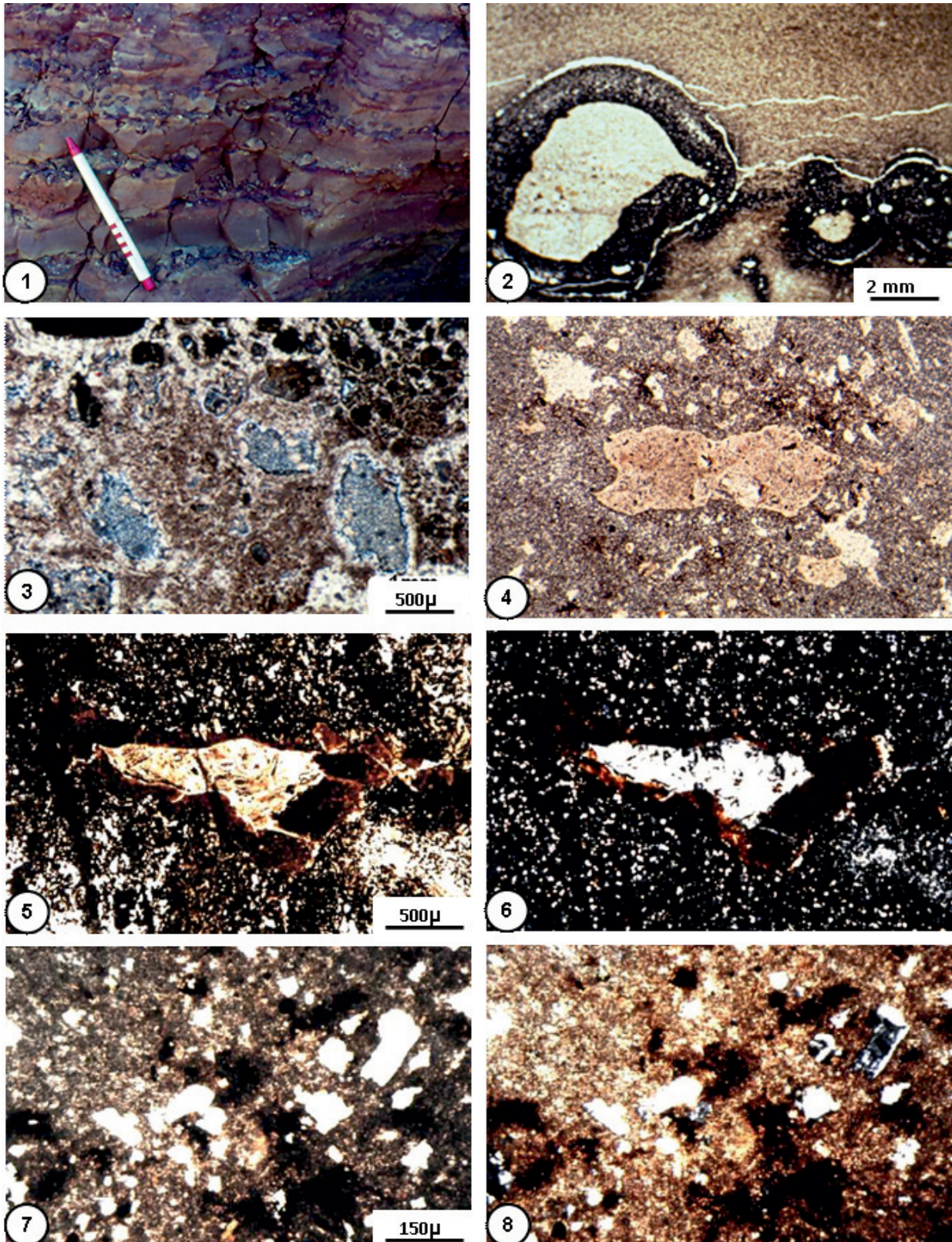
Limite Moyen Atlas plissé-Haute Moulouya (bassin du Tizi-n-Ghachou dans la zone de l'Accident Sud Moyen Atlasique)

Au sein des fractures de l'ASMA (fig. 2, carte et coupe), un bassin étroit et allongé (Tizi-n-Ghachou) [Ouarhache *et al.*, 2000] s'est individualisé postérieurement aux derniers épanchements basaltiques. Son remplissage par des dépôts terrigènes et volcano-clastiques (une centaine de mètres d'épaisseur), constitue une mégaséquence positive de trois membres (pl. I, ph. 5) avec de bas en haut : ma, mb, mc.

« ma » est formé d'un conglomérat grossier de 5 à 10 m d'épaisseur. Les éléments arrondis ou parfois anguleux, de taille variant entre 4 cm et 80 cm (pl. I, ph. 6), sont presque exclusivement basaltiques. S'y associent des galets de calcaires siliceux originaires d'un niveau-repère intercalé vers le 1/3 supérieur de l'empilement basaltique. La matrice est microconglomératique à litharénitique, composée d'éléments basaltiques mêlés à quelques rares grains de quartz émoussés. Le ciment est dolomitique, parfois ferrugineux. Les structures sédimentaires sont rares et se limitent à des stratifications obliques de grande taille et à de rares imbrications de galets, surtout vers le sommet. Ces caractères indiquent un faible transport et une sédimentation basale d'un cône de piedmont, dont la mise en place est associée [Ouarhache *et al.*, 2000] à un graben orienté SW-NE.

« mb » est organisé en séquences élémentaires positives de 1 à 4 mètres d'épaisseur (pl. I, ph.7). Les conglomérats, à base ravinante, y sont moins grossiers et contiennent des éléments mieux classés que ceux du membre a. Ils correspondent à un système de chenaux généralement étroits (2 à 3 m), peu profonds (20 à 50 cm) et fréquemment emboîtés. Chaque séquence élémentaire comprend de bas en haut : un conglomérat à galets basaltiques bien triés et une matrice litharénitique à éléments basaltiques ; des litharénites à laminations horizontales ou litages obliques ; enfin des argilites et siltites de couleur noire ou verte, à restes de végétaux, constituant des dépôts de décantation auxquels se surimposent des structures pédogénétiques.

« mc » est formé de sédiments terrigènes fins associés en fin de séquence à des carbonates supralittoraux : dolomies, calcaires oolithiques dolomités jaunâtres, parfois calcaires microbréchiques à fragments siliceux ou basaltiques. Des restes de lamellibranches et de gastéropodes apparaissent dans les carbonates. L'enchaînement vertical des faciès montre le passage de dépôts fluviaux à une sédimentation de type playa littorale ou sebkha côtière.



PL. II. – Microphotographies de facies de pyroclastites associées à la sédimentation des bassins (G2) du Lias inférieur. 1 : dépôts stratifiés de cinérites à pisolites volcaniques (formation de l'Oued Defali) ; 2 : pisolites volcaniques ; 3 : écharde de verre basaltique argilisé, à contours déchiquetés et inclus dans une gangue dolosparitique (L.P., formation du Tizi-n-Ghachou) ; 4 : écharde de verre recristallisé (L.N., formation du Tizi-n-Ghachou) ; 5 et 6 : écharde de verre (5 : L.N. ; 6 : L.P.) ; 7 et 8 : cristaux de plagioclase, euhédral ou en éclat, dans une dolomicrite (formation du Tizi-n-Ghachou, 7 : L.N. ; 8 : L.P.)

PLATE II. – Microphotographies of pyroclastic facies associated with the Lower Liassic sedimentation (G2 basins) : stratified deposits of volcanic pisolite cinerites (Oued Defali Formation) ; 2 : volcanic pisolites ; 3 : basaltic glass shards with jagged contours, argilised, and included within a dolosparitic cement (L.P., Tizi-n-Ghachou Formation) ; 4 : Microcrystallized glass shard (L.N., Tizi-n-Ghachou Formation) ; 5 and 6 : glass shards (5: L.N.; 6: L.P.); 7 and 8 : plagioclase crystals, euhedral or as shard, scattered within a dolomitic cement (7: L.N.; 8: L.P.)

A cette sédimentation détritique se surimposent, notamment dans les membres *b* et *c* des projections volcaniques (pl. II, ph. 3-8) aériennes de lapillis et cendres épandues sur sol sec ou sous faible tranche d'eau. Ainsi, la série volcano-sédimentaire est constituée à la fois de dépôts épyclastiques provenant du remaniement des coulées basaltiques exposées à l'érosion, et de matériaux pyroclastiques.

Les associations palynologiques identifiées [Lachkar *et al.*, 2000] dans la partie supérieure de la série indiquent une fourchette d'âge large : Norien/Rhétien/Lias inférieur. Dans les premiers bancs calcaires sus-jacents, les brachiopodes récoltés : *Calcirhynchia* (?) *plicatissima* (QUENSTEDT), *Gibbirhynchia curviceps* (QUENSTEDT), *Cuneiryhynchia oxynoti* (QUENSTEDT), *Spiriferina betacalcis* (QUENSTEDT), *Tauromenia tenuiplicata* (DUBAR) (diagnoses Y. Alméras) datent un intervalle de temps précis incluant le Lotharingien supérieur et le Carixien inférieur (zone à *Jamesoni*).

En raison de la continuité apparente de la sédimentation sous-jacente (mégaséquence II), le fonctionnement du bassin est attribuable au début de la période liasique.

Limite Haute Moulouya-Moyenne Moulouya (bassin d'Ahouli, associé à la faille de Ksabi-Ahouli) (fig. 6B)

Dans la partie nord de la boutonnière d'Ahouli, les dolomies liasiques reposent directement ou par l'intermédiaire de quelques mètres de siltites sur les trapps basaltiques. Par contre, dans sa partie orientale, apparaît, encadrée entre deux failles, une série volcano-sédimentaire supra basaltique épaisse de 30 à 40 mètres.

La séquence comporte à la partie inférieure des matériaux épyclastiques grossiers provenant du démantèlement des coulées basaltiques sous-jacentes, dans la partie médiane des tufs, tuffites et sédiments tuffacés et dans la partie supérieure des sédiments argilo-silteux.

Dans le détail, les éléments figurés, dispersés dans un liant pélitique et ferrugineux, sont à la fois des fragments de roches, de cristaux et de verre. Les fragments de roches sont pluri-millimétriques, à contours déchiquetés et à bordure oxydée (forme typique de pyroclastes). Ce sont pour 90 à 95 % des basaltes doléritiques et des dolérites à augite et plagioclases ; 5 à 10 % sont des fragments de micrite partiellement dolomitisée. Les fragments de plagioclases sont anguleux, à bordure oxydée, et souvent extinction roulante, typique de phénoclastes issus de l'explosion d'un magma. S'y ajoutent de nombreux fragments de verre argilisé, microcristallin ou encore ferruginisé. Les contours déchiquetés des fragments de cristaux et verre, ou de basalte attestent un processus d'explosion pyroclastique, lié à l'explosion des bulles formées dans le magma au cours de son ascension. Un certain nombre de fragments provient aussi de la pulvérisation de dépôts préexistants (coulées antérieures et sédiments) lors de l'ouverture des événements. Il n'existe pas de témoin d'éruption phréatomagmatique.

L'importance volumétrique des projections varie selon les niveaux échantillonnés : dans la partie moyenne de la série, elle est de l'ordre de 50 % ; elle décroît jusqu'à 1 % dans la partie supérieure, juste au-dessous de la première lentille silto-carbonatée ; les termes sus-jacents en sont dépourvus. L'activité volcanique paraît ainsi décroître globalement au cours du temps.

A proximité de la faille limitant ce bassin au nord, les trapps basaltiques sous-jacents sont recoupés par de

nombreux filons minéralisés qui pourraient correspondre à d'anciens conduits d'alimentation.

Il faut par ailleurs signaler que des forages effectués en bordure SE de la FKA ont recoupé jusqu'à 400 m de conglomérats à galets de basalte [Dagallier, 1977] intercalés entre les trapps basaltiques et les carbonates liasiques. L'émergence et l'érosion post-trapps apparaissent ainsi tout aussi importantes en bordure de la FKA qu'au niveau de l'ASMA.

INTERPRETATIONS ET DISCUSSIONS

Le « rifting initial » polyphasé

A partir des données précédentes, on peut esquisser une chronologie (fig. 5) des épisodes de fracturation ayant affecté le Moyen Atlas et la Haute Moulouya avant la transgression jurassique.

Phase R1 : différenciation et ennoyage des bassins sédimentaires détritiques de première génération (G1) (Carnien-Norien p.p.)

Syn-rift 1 : bassins intramontagneux localisés (fig. 5A)

Le jeu normal de l'ASMA individualise au SE le horst de la Haute Moulouya qui demeurera un haut fond durant la période jurassique et au NW le graben subsident du bassin triasique de Kerrouchen. Le sous-bassin oriental alimenté par le compartiment de la Haute Moulouya, est installé à l'emplacement de ce qui deviendra la zone de subsidence maximale (Moyen Atlas plissé) au cours du jurassique. Le sous-bassin occidental alimenté à partir de la Meseta centrale, recouvre une partie du Moyen Atlas tabulaire. La zone de l'ANMA sépare ces deux sous-bassins et au NE, contrôle par ailleurs la sédimentation du bassin du Tazekka. Le positionnement et la géométrie des premiers bassins triasiques sont ainsi inféodés au jeu extensif de certaines sutures hercyniennes directionnelles ANMA et surtout ASMA pour le graben dissymétrique de Kerrouchen.

Post-rift 1 : bassins laguno-marins triasiques de première génération (fig. 5B)

Cette sédimentation de vasières épicontinentales d'extension quasi généralisée sur le domaine atlasique peut évidemment être associée à la période d'élévation eustatique du Carnien-Norien [Hardenbold *et al.*, 1998], mais peut également être interprétée comme une sédimentation post-rift associée à un début de subsidence d'ensemble du domaine. L'apparition d'un milieu réducteur en fin de sédimentation peut également relever d'événements climatiques, environnementaux et/ou tectoniques, tel un ralentissement du rifting (R1) entraînant un isolement et un confinement accentué des bassins.

L'analyse détaillée de la nature, de l'épaisseur et de la répartition des dépôts (fig. 3 et 6I) indique cependant une paléogéographie contrastée, indice d'une poursuite du découpage tectonique du secteur. Ainsi, le fonctionnement de l'ASMA continue à individualiser la zone surélevée de la Haute Moulouya de la zone subsidente de Kerrouchen. Dans le Moyen Atlas tabulaire, la reprise de l'activité du Tizi n'Trettène se marque par une sédimentation très contrastée selon les lanières du faisceau de failles. La tectonique la plus

active se manifeste à la bordure NW du Moyen Atlas tabulaire avec la naissance d'un premier bassin salifère subsident (Boufekrane) au NW de la FA. Dans la mesure où un autre bassin analogue (Khémisset) apparaît au nord de la Meseta centrale [Salvan, 1984 ; Et-Touhami, 1994], on peut considérer que le Trias supérieur marque le moment de séparation du bloc atlasico-mesetien relativement stable au sud, d'un couloir marin téthysien subsident septentrional.

Dans tous les bassins étudiés le remplissage sédimentaire antérieur aux premières coulées basaltiques est constitué par une seule mégaséquence sédimentaire positive (mégaséquence I) débutant avec du détritique grossier continental et se terminant par des dépôts argilo-évaporitiques marins ; un seul cycle sédimentaire se trouve ainsi enregistré durant cet épisode de rifting ante-trapp dans le Moyen Atlas et la Haute Moulouya.

Phase R2 : basaltes fissuraux (voisinage de la limite Trias-Lias) (fig. 5C).

Il s'agit de l'épisode caractéristique de la CAMP (Central Atlantic Magmatic Province) dont les manifestations débordent largement sur les domaines mesetien et atlasique, notamment dans le Moyen Atlas [Mahmoudi et Bertrand, 2007]. Les datations géochronologiques récentes [Marzoli *et al.*, 2004 ; Vérati *et al.*, 2007 ; Nomade *et al.*, 2007] dans l'Atlas de Marrakech et dans le Maroc nord oriental situent cet événement au voisinage de 200 Ma et remettent de ce fait en question l'hétérochronisme des coulées antérieurement admis par la plupart des auteurs [Salvan, 1984 ; Baudelot *et al.*, 1990 ; Oujidi *et al.*, 2000].

Dans le MAHM, aucun argument ne nous permet de rattacher directement ces effusions magmatiques au réseau structural régional. Les fractures d'émission peuvent être masquées par les épanchements basaltiques eux-mêmes [Vanderkluyzen *et al.*, 2011]. Dans le Haut Atlas au SW de Marrakech, une faille de direction N120 [De Patchère *et al.*, 1985] a pu alimenter des éruptions locales. D'importants filons gabbroïques N040 situés au nord de l'Anti Atlas et datés à 200 Ma sont parfois invoqués [El Arabi E. H., 2007 ; Frizon de Lamotte *et al.*, 2008] comme fissures d'émissions possibles des coulées. Leur éloignement (300-400 km) est tout à fait compatible avec ce qui est connu dans les trapps du Dekkan [Vanderkluyzen *et al.*, 2011].

De par la composition et le volume considérable du magma en jeu, cet événement effusif, qui ne permet qu'une installation provisoire et localisée de la sédimentation entre certains épanchements, doit être considéré comme un événement majeur dans le contexte géodynamique du domaine atlantique et atlasique. Il correspond à une étape paroxysmale de l'évolution du processus de rifting continental. En effet le style éruptif suggère que l'énorme volume de magma soit remonté très rapidement à la surface depuis sa source mantellique au travers d'un réseau étendu de fissures. Ces éruptions fissurales supposent une fracturation multiple et majeure de la croûte continentale, synchrone et probablement interdépendante d'une production énorme de magma et d'une fusion partielle significative du manteau lithosphérique [Chalot-Prat *et al.*, 2007 ; Mc Cann *et al.*, 2010].

Phase R3 : différenciation des bassins volcano-sédimentaires de deuxième génération (G2) et volcanisme explosif (essentiellement Lias inférieur)

Cette phase succède à un épisode érosif affectant les trapps basaltiques dont l'empilement peut être profondément affouillé à proximité de certains accidents (au moins le 1/3 supérieur des trapps érodé en bordure de l'ASMA). Cet épisode d'érosion suggère une mise en relief significative des trapps au terme de leur mise en place.

Syn-rift 2 : bassins volcano-sédimentaires associés à une réactivation crustale (fig. 5D)

Ce stade est caractérisé par l'apparition d'un nouveau type de bassins : des bassins volcano-sédimentaires (fig. 6II). Ces bassins syntectoniques sont parfois superposés aux bassins triasiques antérieurs (Boufekrane), mais également néoformés (Tagounite, Tizi-n-Ghachou, Ahouli) et associés à un nouveau découpage dans un contexte extensif ou transtensif.

L'évolution de ces bassins volcano-sédimentaires est complexe et diversifiée. L'enregistrement sédimentaire débute souvent par un détritisme grossier, nourri par le démantèlement, localement considérable, des coulées basaltiques. La sédimentation argilo-silteuse s'installe souvent de façon provisoire et s'enrichit vers le haut en évaporites ou en carbonates. La sédimentation syn-rift se trouve, de plus, alimentée par des projections de lapillis et de cendres (*cf pl. II*) qui peuvent se produire de façon relativement cyclique ou bien momentanée, avec une intensité variable. Cette interférence d'un volcanisme explosif dans la sédimentation constitue, en l'état actuel des connaissances, une spécificité liée à certains accidents (FA, ATT, ASMA et FBK) du Moyen Atlas et de la Haute Moulouya. Plus précisément, ces éruptions explosives apparaissent focalisées dans des « nœuds » correspondant à des zones de virgation brutale des accidents directionnels ou à des points d'intersection avec des accidents transverses. En tout état de cause, ce volcanisme implique la réouverture de fractures majeures à l'échelle crustale. Le dynamisme explosif d'origine pyroclastique et l'absence de coulées pendant cette phase syn-rift R3 suggèrent que la remontée des basaltes ne fut pas aussi rapide que pendant l'événement effusif R2. Sans doute l'ouverture des fractures ne fut-elle pas aussi aisée que pendant R2.

Post-rift 2 (Sinémurien supérieur-Carixien inférieur) (fig. 5E)

La sédimentation marine carbonatée s'installe progressivement et se généralise sur l'ensemble du domaine en recouvrant uniformément tous les bassins et structures antérieurement différenciés. Cette sédimentation marque un terme au découpage synsédimentaire précédent et constitue clairement un ensemble de dépôts post-rift [Beauchamp, 1988 ; Laville *et al.*, 1995 ; Charroud *et al.*, 1996]. Les données paléontologiques fournies par les premiers niveaux marins situés en base de ces dépôts conduisent à faire débiter ce stade post-rift dans l'intervalle Sinémurien supérieur-Carixien inférieur. Cet épisode n'est que transitoire car de nouveaux découpages synsédimentaires se produiront ultérieurement dans le Moyen Atlas [Charrière, 1990], notamment au Toarcien-Aalénien [El Arabi *et al.*, 1999 ; 2001 ; El Hammichi *et al.*, 2002] et au Dogger [Zizi, 2002]. Ils représentent toutefois un stade important clôturant ce

que l'on peut considérer comme le « rifting initial » du rift continental atlasique, lequel avorta finalement vers la fin du Dogger.

Corrélations et discussion

Une synthèse très schématique du début du rifting dans le MAHM (fig. 7A) permet une comparaison avec le déroulement du rifting dans les secteurs occidentaux du domaine atlasique.

Une série de référence du « rifting atlasique » : le bassin triasique de Telouet (Haut Atlas de Marrakech) (fig. 7C)

Des études structuro-sédimentaires récentes [El Arabi *et al.*, 2006 ; El Arabi, 2007] permettent de considérer ce bassin comme un secteur de référence pour interpréter la formation et l'évolution du rift atlasique. Ce bassin résulte d'un empilement de 13 lithofaciès (LF, fig 7C) regroupés en séquences tectono-sédimentaires (TS I à TS V), discordantes entre elles, étagées du Permien supérieur au Norien-Rhétien. Parmi les 4 premières séquences, seule TS IV paraît

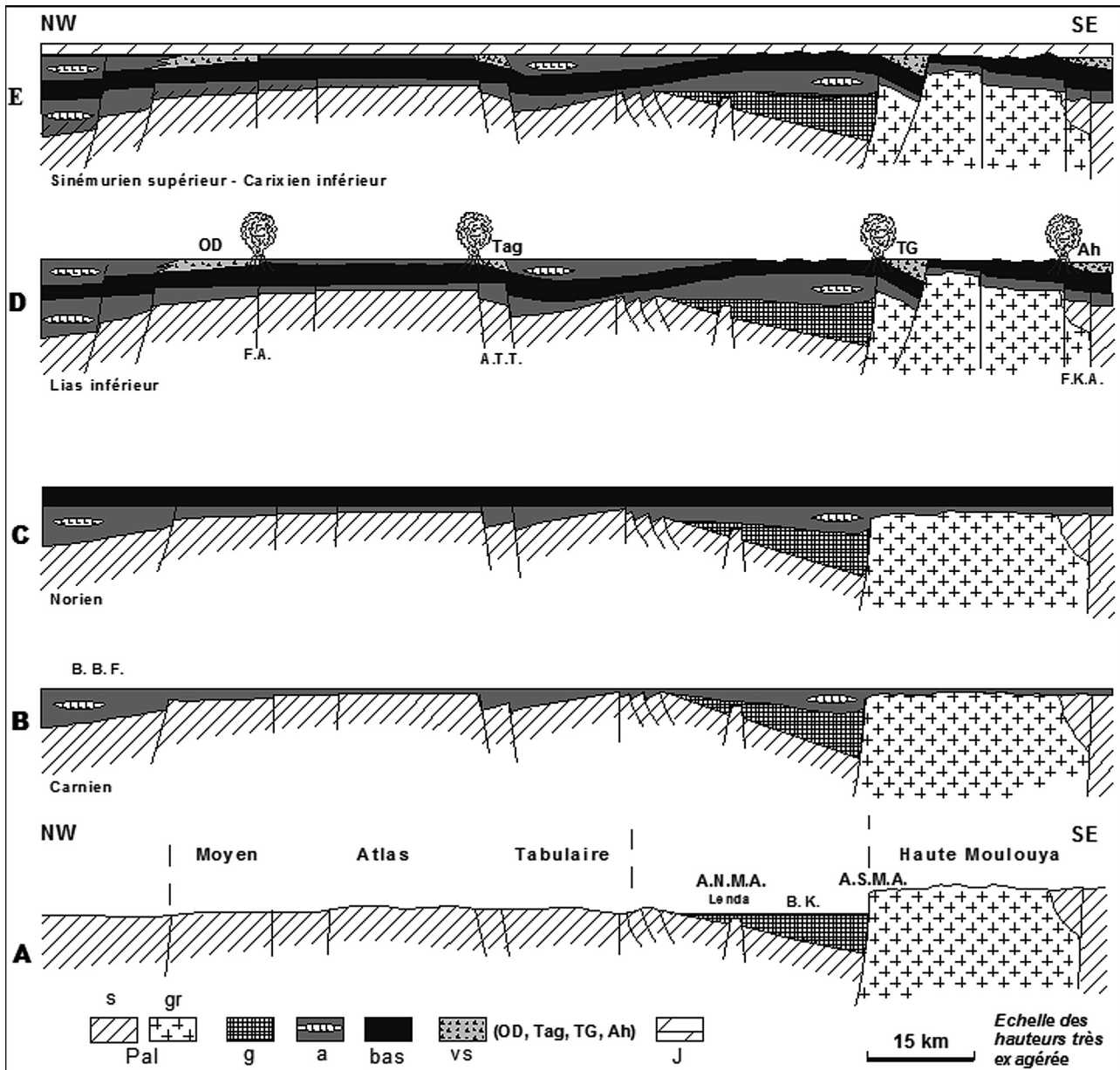


FIG. 5. – Reconstitution des étapes successives du rifting du Trias supérieur au Lias inférieur sur une transversale recoupant le Moyen Atlas et la Haute Moulouya. Pal : substratum paléozoïque (s : schistes métamorphiques ; gr : granite rose du bloc de la Haute Moulouya) ; g : conglomérats, arkoses et grès rouges (bassins de 1^{ère} génération G1) ; a : argilites rouges évaporitiques ; bas : basaltes doléritiques ; vs : dépôts volcano-sédimentaires (bassins de 2^{ème} génération G2) ; J : calcaires et dolomies du Lias ; B.B.F. : bassin de Boufekrane ; B.K. : bassin de Kerrouchen ; F.A. : faille d'Adarouch ; A.T.T. : accident du Tizi n'Trettène ; A.N.M.A. : accident Nord Moyen Atlasique ; A.S.M.A. : accident Sud Moyen Atlasique ; F.K.A. : faille de Ksabi-Ahouli.

FIG. 5. – Successive events from the Late Triassic to the Early Liassic rifting along a transverse cross section in the Middle Atlas and the High Moulouya. Pal: Paleozoic basement (s: metamorphic schist; gr: pink granite of the High Moulouya block); g: conglomerates, arkoses and red sandstones (first sedimentary basins G1); a: evaporites red clays; bas: doleritic basaltic flows; vs: volcano-detrinitic series (volcano-sedimentary basins G2); J: Liassic limestones and dolomites; B.B.F.: Boufekrane basin; B.K.: Kerrouchen basin; F.A.: Adarouch fault; A.T.T.: Tizi n'Trettène fault; A.N.M.A.: North Middle Atlasic fault; A.S.M.A.: South Middle Atlasic fault; F.K.A.: Ksabi-Ahouli fault.

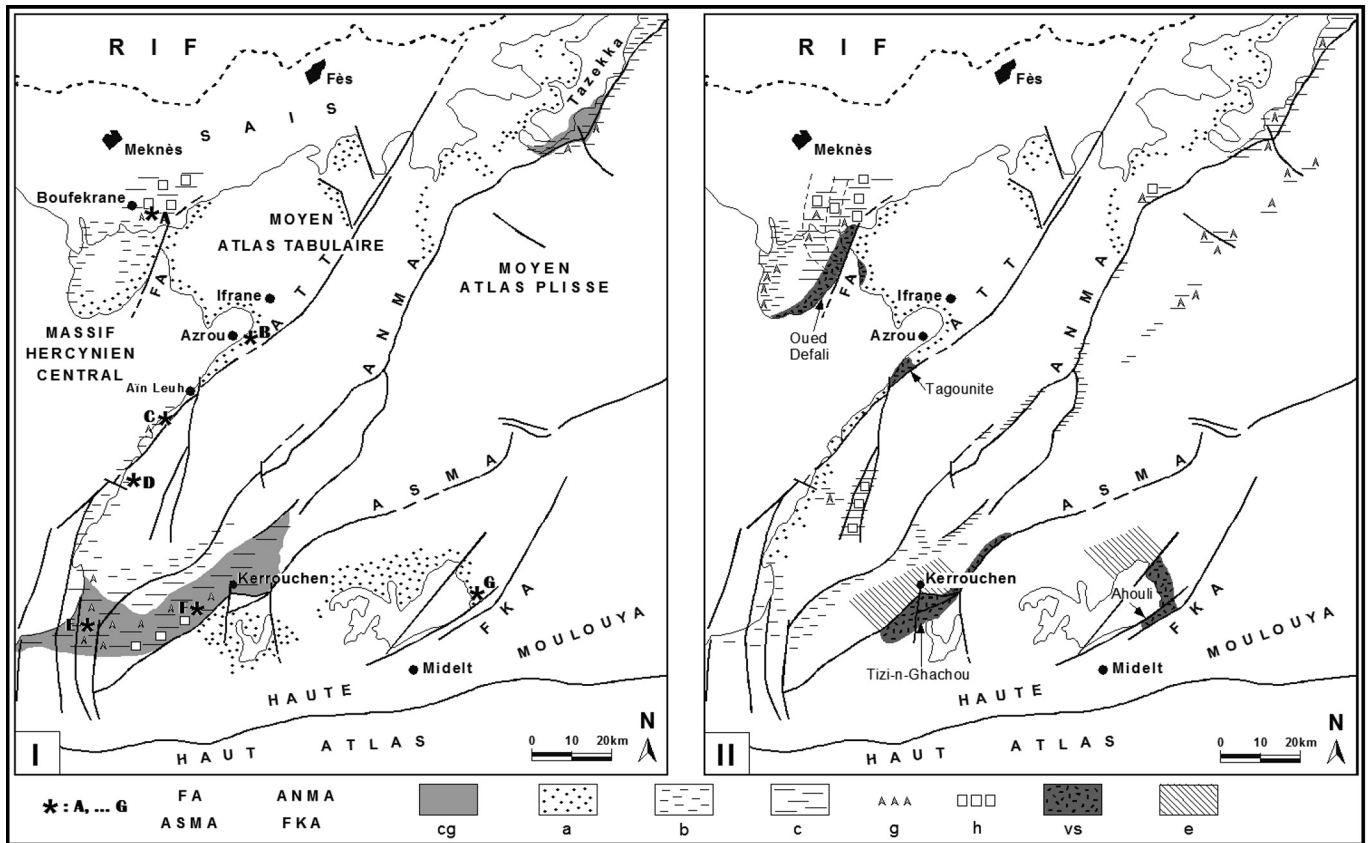


FIG. 6. – Cartes de répartition des faciès du Trias supérieur et du début du Lias dans le Moyen Atlas et la Haute Moulouya. I : période de rifting ante-trapps (Carnien-Norien) ; II : période de rifting post-trapps (Lias inférieur). A à G : position des logs de la figure 3 ; cg : premiers bassins détritiques ; a : séries silto-argileuses de faible épaisseur (max 20 m) ; b : séries argileuses épaisses de 20-50 m ; c : séries argilo-éaporitiques (épaisseur supérieure à 50 m) ; g : gypse ; h : halite ; vs : dépôts volcano-sédimentaires ; e : zone émergée ; FA : faille d'Adarouch ; ANMA : accident Nord Moyen Atlasique ; ASMA : accident Sud Moyen Atlasique ; FKA : faille de Ksabi-Ahouli.

FIG. 6. – Maps of Upper Triassic and Early Liassic facies distribution in the Middle Atlas and the High Moulouya areas. I: during pre-trapps rifting (Carnian-Norian); II: during post-trapps rifting (Early Liassic). A to G: location of the logs drawings in figure 3; cg: first detrital basins; a: silt and clay thin series (max 20 m); b: argillaceous series (20 m-50 m); c: thick clay-evaporite series (more than 50 m); g: gypsum; h: halite; vs: volcano-sedimentary deposits; e: emerged area; FA: Adarouch fault; ATT: Tizi n'Trettène fault; ANMA: North Middle Atlasic fault; ASMA: South Middle Atlasic fault; FKA: Ksabi-Ahouli fault.

corrélable avec la série ante-trapp du MAHM. La coupe de Telouet montre que les dépocentres migrent au cours du temps en relation avec des découpages et des basculements progressifs de blocs du NW vers le SE, dynamique interprétée comme résultant du jeu d'une faille de détachement profond pentée vers le NW [El Arabi, 2007]. On ne retrouve pas dans cette région les découpages post-trapps dont l'importance apparaît d'emblée sur un transect synthétique équivalent (fig. 5E) à travers le MAHM.

La série de référence du « rifting atlantique » exposée dans la région d'Argana (Haut Atlas occidental) (fig. 7B)

Les dépôts atteignant 6000 m d'épaisseur sont étagés du Permien au Lias inférieur. Depuis Tixeront [1974], on distingue 8 formations infrabasaltiques (t1 à t8) qui ont été regroupées en 3 cycles tectono-sédimentaires majeurs (TS) séparés par des discordances, découpage qui se retrouve dans l'Est canadien [Olsen, 1997 ; Olsen *et al.*, 2000].

Le Permien (cycle TSI) débute par une épaisse série conglomératique puis une puissante série gréseuse ayant livré des vertébrés du Permien supérieur [Jalil, 1996]. Le cycle TSII présente une sédimentation de base conglomératique où

des traces chirothéroïdes ont permis d'identifier (partie inférieure de t3) le Trias inférieur (Olénékien) [Tourani *et al.*, 2010] ; la série sus-jacente à dominante gréseuse et silteuse est datée (base de t4) du Trias moyen par micropaléontologie [Medina *et al.*, 2001] et (partie supérieure de t5) du Carnien moyen à supérieur avec des vertébrés [Jalil, 1996]. Le cycle TSIII débutant par des grès et se poursuivant par une puissante série silto-argileuse et évaporitique du Carnien supérieur-Norien paraît seul corrélable avec la mégaséquence ante-trapps du MAHM. L'ensemble des coulées basaltiques et des niveaux sédimentaires associés est rapporté à un cycle TS IV.

Bilan comparatif

Les bassins du Moyen Atlas et de la Haute Moulouya (MAHM) montrent une évolution sensiblement distincte (fig. 7A) de celle des bassins occidentaux (fig. 7B et 7C) proches de l'Atlantique.

La sédimentation ante-trapp enregistrée dans les bassins de Telouet et d'Argana, débute au Permien supérieur et comporte plusieurs mégaséquences infrabasaltiques distinctes, séparées par des discordances, qui ne se retrouvent pas dans le MAHM. Dans ce secteur n'existe qu'une seule mégaséquence

positive dont le toit est daté palynologiquement du Carnien supérieur ou du Norien et que nous attribuons au Trias supérieur. Aucun indice des premiers cycles de dépôts du Trias inférieur et moyen n'a été trouvé et la base de la série ne comporte pas de Permien dont les faciès sont aisément repérables sur le terrain. Le Permien inférieur existe pourtant à proximité, dans le bassin sur décrochement de Khenifra (fig. 2) [El Wartiti, 1990], lequel s'est individualisé antérieurement au rifting.

Ainsi, le découpage débute plus tardivement (probablement au Trias supérieur) dans le MAHM que dans les secteurs occidentaux du domaine atlasique, qu'il s'agisse d'un autre segment du rift atlasique (Haut Atlas de Marrakech) ou du rift atlantique (Haut Atlas occidental) qui commencèrent à se différencier dès le Permien supérieur.

D'autre part, alors que la sédimentation post-trapp est généralement associée à un calme tectonique à l'ouest, elle

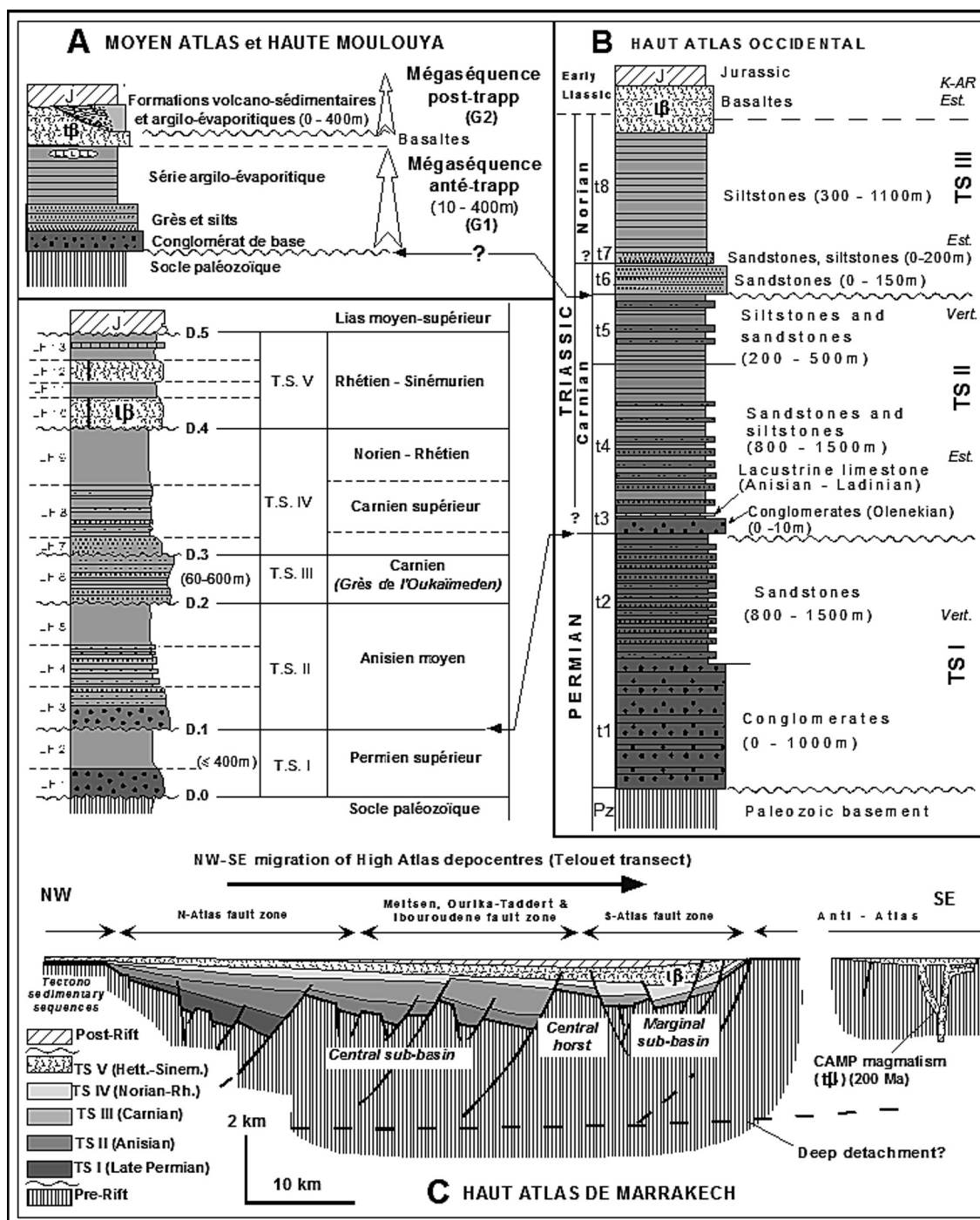


FIG. 7. – Enregistrement sédimentaire du « rifting initial » (Trias supérieur-Lias inférieur) dans le Moyen Atlas et la Haute Moulouya (A) et comparaison avec la succession classique du rift atlantique d'Argana (B) [d'après Frizon de Lamotte *et al.*, 2008, complété] et avec la série du rift atlasique occidental (C) [d'après E. H. El Arabi, 2007 : log simplifié et coupe de Telouet].

FIG. 7. – Sedimentary record of the « initial rifting » (Late Triassic-Early Liassic) in the Middle Atlas and the High Moulouya (A) and comparison with the classical Argana Atlantic rift series (B), [from Frizon de Lamotte *et al.*, 2008, completed] and with the western Atlasic rift (C) [from E. H. El Arabi, 2007 : simplified log and Telouet cross section].

est clairement syn-tectonique dans le Moyen Atlas et la Haute Moulouya où naît une nouvelle génération de bassins (fig. 5D). Cette réactivation tectonique fut alors associée à la remontée et l'éruption explosive de magma basaltique selon plusieurs fractures majeures. Ce volcanisme explosif syn-tectonique du MAHM pourrait être le pendant du « volcanisme récurrent » de type fissural décrit dans le Haut Atlas de Marrakech [De Patchère *et al.*, 1985] et daté [Vérati *et al.*, 2007] de 196.6 ± 0.6 Ma (voisinage limite Hettanien – Sinémurien).

CONCLUSIONS

Le résultat majeur et innovant de cette étude est d'avoir établi, sur la base de données stratigraphiques, sédimentologiques, tectoniques et pétrologiques, qu'une nouvelle phase de rifting continental a affecté le domaine atlasique central (Moyen Atlas/Haute Moulouya ou MAHM), postérieurement aux épanchements basaltiques fissuraux et antérieurement à la transgression marine jurassique. De ce fait, la genèse du rift atlasique ne peut plus se schématiser en un simple stade de découpage syn-rift suivi d'une relaxation post-rift. Ce rifting atlasique a comporté deux périodes de dépôts syn-rifts, encadrant l'éruption des trapps basaltiques.

La phase (R1) (Carnien-Norien *p.p.*) généra les premiers bassins syn-rift intracontinentaux en relation avec le jeu extensif de sutures hercyniennes ; elle fut suivie d'un stade post-rift avec ennoyage laguno-marin de l'ensemble du domaine, concurremment à la poursuite d'un découpage tectonique. L'épisode (R2) correspond aux vastes éruptions

basaltiques fissurales sur le domaine atlasico-mesétien. Il est généralement suivi d'une période d'émersion associée à une érosion significative des trapps. La phase (R3) (Lias inférieur) caractérise un nouvel épisode extensif ou localement transtensif, générant de nouveaux bassins syn-rifts, associés à un volcanisme explosif, événement spécifique, en l'état actuel des données publiées, au secteur étudié.

A l'ouest du domaine atlasique, dans les régions proches de l'Atlantique central, l'enregistrement tectono-sédimentaire permet d'envisager une naissance quasi simultanée des rifts atlasique (Haut Atlas de Marrakech) et atlantique (Haut Atlas occidental) dès le Permien supérieur. Le début du découpage syn-sédimentaire, seulement au Trias et vraisemblablement au Trias supérieur dans le MAHM, traduit une migration avec le temps, de la déchirure du rift atlasique vers l'est.

Après les dernières effusions de trapps basaltiques, le processus de rifting continental se poursuit au Lias inférieur jusqu'à l'individualisation des sillons marins jurassiques sur le Moyen Atlas et le Haut Atlas central et oriental. Postérieurement à ce « rifting initial », ces domaines seront intégrés à la marge sud-téthysienne, jusqu'à l'avortement final du rift atlasique en fin de Dogger.

Remerciements. – Les auteurs remercient vivement Monsieur Y. Alméras (Université de Lyon) pour les diagnostics des brachiopodes datant la base de la série marine jurassique. Nos remerciements s'adressent également au Professeur A. Michard (ENS Paris), à un second rapporteur anonyme, ainsi qu'à N. Bellahsen (Rédacteur S.G.F.) pour leurs remarques constructives sur le fond et la forme de l'article.

Rédacteur associé SGF : Nicolas Bellahsen

Références

- ARSICAULT G. (1973). – Socle schisteux et arkoses permo-triasiques d'Imi-Ourn (Moyen Atlas, Maroc). – *Notes Serv. géol. Maroc*, 34, **254**, 109-112.
- BAUDELLOT S., COLIN J.P. & OUARHACHE D. (1986). – Le niveau sédimentaire associé aux basaltes triasiques sur la bordure septentrionale du Causse d'El Hajeb (Maroc) : données palynologiques et micropaléontologiques. – *Rev. paléobiol.*, Genève, **5**, 2, 281-287.
- BAUDELLOT S., CHARRIÈRE A., OUARHACHE D. & SABAOU A. (1990). – Données palynologiques nouvelles concernant l'Ordovicien et le Trias-Lias du Moyen Atlas. – *Géol. Méditerran.*, **XVII**, 263-277.
- BEAUCHAMP J. (1988). – Triassic sedimentation and rifting in the High Atlas (Morocco). In : W. MANSPEIZER, Ed., Triassic-Jurassic rifting : Continental breakup and the origin of the Atlantic ocean and passive margins. – *Dev. Geotect.*, **22**, 477-497.
- CHALOT-PRAT F., CHARRIÈRE A. & OUARHACHE D. (1986). – Découverte d'un volcanisme explosif fini-triasique sur la bordure occidentale du Moyen Atlas (Maroc). In : PICG-UNESCO 183, Marrakech, 1985. – *Bull. Fac. Sci. de Marrakech*, sect. Sci. Terre, **2**, 127-141.
- CHALOT-PRAT F., TIKHOMIROV P.L. & SAINTOT A. (2007). – Devonian and Triassic basalts from the southern continental margin of the East European platform, tracers of a same heterogeneous lithospheric mantle source. – *J. Earth Syst. Sci.*, **116**, 469-492
- CHARRIÈRE A. (1990). – Héritage hercynien et évolution géodynamique alpine d'une chaîne intracontinentale : le Moyen Atlas au SE de Fès (Maroc). – Thèse Sci., Univ. P. Sabatier, Toulouse, 589 p. (déposé SGF).
- CHARROUD A., CHARROUD M., FEDAN B., LAVILLE E., RIOULT M., PIQUÉ A. & DRESNAY R. du (1996). – Dynamique sédimentaire des formations triasiques du Moyen Atlas méridional. In : F. MEDINA, Ed., Le Permien et le Trias du Maroc : état des connaissances. – *Pumag*, 269-289.
- COLO G. (1961). – Contribution à l'étude du Jurassique du Moyen Atlas septentrional. – *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, Rabat, **139**, 226p.
- DAGALLIER G. (1977). – Une série carbonatée littorale : Le Lias moyen (à Pb-Ba) de Mibladen (Maroc). – *Sci. Terre*, Nancy, **XXI**, 1, 53-101.
- DRESNAY R. du (1988). – Recent data on the geology of the Middle-Atlas. In : V.H. JACOBSHAGEN, Ed., The Atlas system of Morocco. – Springer Verlag, Berlin, **15**, 294-320.
- DRESNAY R. du & SUTER G. (1975). – Carte géologique du Maroc à 1/100 000^{ème}, feuille : El Hajeb. – *Notes Mém. Serv. géol. Maroc*, Rabat, **160**.
- EL ARABI E.H. (2007). – La série permienne et triasique du rift haut-atlasique. Nouvelles datations et évolution tectono-sédimentaire. – Thèse Sci., Univ. Hassan II, Casablanca, 220 p. (déposé Univ. Casablanca).
- EL ARABI E.H., HAFID M., FERRANDINI J. & ESSAMOUD R. (2006). – Interprétation de la série syn-rift haut atlasique en terme de séquences tectono-stratigraphiques, transversale de Telouet, Haut Atlas (Maroc). – *Notes Mém. Serv. géol. Maroc*, Rabat, **514**, 93-102.
- EL ARABI H., CHARRIÈRE A., SABAOU A., OUHHABI B., KERCHAOU S., BOUTAKIOUT M. & LAADILA M. (1999). – Le Toarcien et l'Aalénien dans le nord du Moyen Atlas plissé (Maroc) : diversité de l'enregistrement sédimentaire et reconstitution du contexte paléogéographique. – *Bull. Soc. géol. Fr.*, **170**, 629-641.

- EL ARABI H., OUHABI B. & CHARRIÈRE A. (2001). – Les séries du Toarcien-Aalénien du SW du Moyen-Atlas (Maroc) : précisions stratigraphiques et signification paléogéographique. – *Bull. Soc. géol. Fr.*, **172**, 723-736.
- EL HAMMICH F., ELMI S., FAURE-MURET A. & BENSILHI KH. (2002). – Une plate-forme en distension, témoin de phases pré-accrétion téthysienne en Afrique du Nord pendant le Toarcien-Aalénien (synclinal Iguer Awragh-Afennoir, Moyen Atlas, Maroc). – *C. R. Geoscience*, **334**, 1003-1010.
- EL WARTITI M. (1990). – Le Permien du Maroc mésétien : étude géologique et implications paléogéographiques. – Thèse Sci., Univ. Mohammed V, Rabat, 501p. (déposé Univ. Rabat).
- ET-TOUHAMI M. (1994). – Le Trias évaporitique du bassin de Khémisset (Maroc central). – *Notes Mém. Serv. géol. Maroc*, Rabat, **373**, 211p.
- FIECHTNER L., FRIEDDRICHSEN H. & HAMMERSCHMIDT K. (1992). – Geochemistry and geochronology of early Mesozoic tholeiites from Central Morocco. – *Geol. Rundsch.*, Stuttgart, **81/1**, 45-62.
- FRIZON DE LAMOTTE D., ZIZI M., MISSENERD Y., HAFID M., EL AZOUZI R.C., MAURY R., CHARRIÈRE A., TAKI Z., BENAMMI M. & MICHARD A. (2008). – The Atlas system. In : A. MICHARD, O. SADDIQUI, A. CHALOUAN & D. FRIZON DE LAMOTTE, Eds, Continental evolution : The geology of Morocco. – *Lecture Notes in Earth Sciences*, Springer Verlag, Berlin, **116**, 133-202.
- GRADSTEIN F. M. *et al.*, (2004). – International stratigraphic chart, <http://www.stratigraphy.org/chus.pdf>, Stratigraphy I.C.O. Ed.
- HARDENBOLD J. (Coord.) (1998). – Mesozoic and Cenozoic cycle charts. In : P.C. de GRACIANSKY, J. HARDENBOLD, T. JACQUIN, A. FARLEY & P.R. VAIL, Eds, Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European basins. – *SEPM Spec. Publ.*, **60**, 583-622.
- JALIL N.E. (1996). – Les vertébrés permien et triasiques de la formation d'Argana (Haut Atlas occidental) : liste faunique préliminaire et implications stratigraphiques. In : F. MEDINA, Ed., Le Permien et le Trias du Maroc : état des connaissances. – *Pumag*, 227-250.
- LACHKAR G., OUARHACHE D. & CHARRIÈRE A. (2000). – Nouvelles données palynologiques sur les formations sédimentaires associées aux basaltes triasiques du Moyen Atlas et de la Haute Moulouya (Maroc). – *Revue Micropal.*, **43**, 4, 281-299.
- LAVILLE E. & PIQUÉ A. (1991). – La distension crustale atlantique et atlasique au Maroc au début du Mésozoïque : le rejeu des structures hercyniennes. – *Bull. Soc. géol. Fr.*, **162**, 6, 1161-1171.
- LAVILLE E., CHARROUD A., FEDAN B., CHARROUD M. & PIQUÉ A. (1995). – Inversion négative et rifting atlantique : l'exemple du bassin triasique de Kerrouchen. – *Bull. Soc. géol. Fr.*, **166**, 4, 365-373.
- LORENZ J.C. (1976). – Triassic sediments and basin structure of the Kerrouchen basin, Central Morocco. – *J. Sedim. Petrol.*, **46**, 4, 897-905.
- LORENZ J.C. (1988). – Synthesis of late Paleozoic and Triassic red bed sedimentation in Morocco. In : V.H. JACOBSSHAGEN, Ed., The Atlas system of Morocco. – Springer Verlag, Berlin, **15**, 139-168.
- MC CAN T., CHALOT-PRAT F. & SAINTOT A. (2010). – The Early Mesozoic evolution of the western Greater Caucasus (Russia) : Triassic-Jurassic sedimentary and magmatic history. – *Geol. Soc., London, Sp. Publ.*, **340**, 181-238.
- MAHMOUDI A. & BERTRAND H. (2007). – Identification géochimique de la province magmatique de l'Atlantique central en domaine plissé : exemple du Moyen Atlas marocain. – *C. R. Geosciences*, **339**, 545-552.
- MARZOLI A., BERTRAND H., KNIGHT K.B., CIRILLI S., BURATTI N., VÉRATI C., NOMADE S., RENNE P.R., YOUBI N., MARTINI R., ALLENBAKH K., NEUWERTH R., RAPAILLE C., ZANINETTI L. & BELLINI G. (2004). – Synchronism of the Central Atlantic magmatic province and the Triassic-Jurassic boundary climatic and biotic crisis. – *Geology*, **32**, 973-976.
- MEDINA F. (1999). – Dislocation de la Pangée du côté de l'Atlantique. In : Maroc, mémoire de la terre. – MNHN, Paris, 112-117.
- MEDINA F., VACHARD D., COLIN J.-P., OUARHACHE D. & AHMAMOU M. (2001). – Charophytes et ostracodes du niveau carbonaté de Taourirt Imzilen (Membre d'Aglegal, Trias d'Argana) : implications stratigraphiques. – *Bull. Inst. Sc.*, Rabat, **23**, 21-26.
- MICHARD A., FRIZON DE LAMOTTE D., SADDIQUI O. & CHALOUAN A. (2008). – An Outline of the geology of Morocco. In : A. MICHARD, O. SADDIQUI, A. CHALOUAN A. & D. FRIZON DE LAMOTTE, Eds, Continental evolution : the geology of Morocco. – *Lecture Notes in Earth Sciences*, Springer Verlag, Berlin, **116**, 1-31.
- MOREL J.-L., ZOUINE EL M. & POISSON A. (1993). – Relations entre la subsidence des bassins moulouyens et la création de reliefs atlasiques (Maroc) : un exemple d'inversion tectonique depuis le Néogène. – *Bull. Soc. géol. Fr.*, **164**, 1, 79-91.
- NOMADE S., KNIGHT K.B., BEUTEL E., RENNE P.R., VÉRATI C., FÉRAUD G., MARZOLI A., YOUBI N. & BERTRAND H. (2007). – Chronology of the Central Atlantic magmatic province : Implications for the Central Atlantic rifting processes and the Triassic-Jurassic biotic crisis. – *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleocol.*, **244**, 326-343.
- OLSEN P.E. (1997). – Stratigraphic record of the early Mesozoic breakup of Pangea in the Laurasia-Gondwana rift system. – *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, **25**, 337-441.
- OLSEN P.E., KENT D.V., FOWELL S.J., SCHLISCHE R.W., WITHJACK M.O. & LETOURNEAU P. M. (2000). – Implications of a comparison of the stratigraphy and depositional environments of the Argana (Morocco) and Fundy (Nova Scotia, Canada) Permian-Jurassic Basins. In : M. OUIDI & M. ET-TOUHAMI, Eds, Le Permien et le Trias du Maroc. – *Actes de la Première Réunion du Groupe Marocain du Permien et du Trias*, Oujda, 165-183.
- OUARHACHE D. (2002). – Sédimentation et volcanismes (effusif et explosif) associés au rifting triasique et infra-liasique dans le Moyen Atlas sud-occidental et la Haute Moulouya (Maroc). – Thèse Sci., Univ. Mohammed V, Rabat, 282p. (déposé Univ. Rabat).
- OUARHACHE D., CHARRIÈRE A., CHALOT-PRAT F. & EL WARTITI M. (2000). – Sédimentation détritico continentale synchrone d'un volcanisme explosif dans le Trias terminal à Infra-Lias du domaine atlasique (Haute Moulouya, Maroc). – *J. Afr. Earth Sci.*, **31**, 3-4, 555-570.
- OUIDI M., COUREL L., BENAOUISS N., EL MOSTAINE M., EL YOUSSE M., ET-TOUHAMI M., OUARHACHE D., SABAOU A. & TOURANI A. (2000). – Triassic series of Morocco : stratigraphy, paleogeography and structuring of the southwestern peri Tethyan platform. – An overview. In : S. CRASQUIN-SOLEAU & E. BARBIER, Eds, Mem. 5 : new data on Peri-Tethyan synsedimentary basins. – *Mém. Mus. natn. Hist. nat.*, **182**, 23-37.
- PATHERE P. DE, BERTRAND H. & TANE J.-L. (1985). – Mise en évidence de centres d'émission dans la série volcanique fini-triasique du Haut-Atlas de Marrakech (Maroc). – *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **300**, II, 20, 1029-1032.
- PIQUÉ A. & LAVILLE E. (1993). – L'ouverture de l'Atlantique central : un rejeu en extension des structures paléozoïques ? – *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **317**, II, 1325-1332.
- PIQUÉ A. & LAVILLE E. (1995). – L'ouverture initiale de l'Atlantique central. – *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), **166**, 725-738.
- SABAOU A. (1998). – Rôle des inversions dans l'évolution méso-cénozoïque du Moyen Atlas septentrional (Maroc). L'exemple de la transversale El Menzel-Ribat Al Khayr- Bou Iblane. – Thèse Sci., Univ. Mohammed V, Rabat, 432 p. (déposé Univ. Rabat).
- SALVAN H.M. (1984). – Les formations évaporitiques du Trias marocain. Problèmes stratigraphiques, paléogéographiques et paléoclimatologiques. Quelques réflexions. – *Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys.*, (3), **25**, 187-203.
- TIXERONT M. (1974). – Carte géologique et minéralisations du couloir d'Argana, Haut Atlas occidental, 1/100 000. – *Notes Mém. Serv. géol. Maroc*, **205**.
- TERMIER H. (1936). – Etudes géologiques sur le Maroc central et le Moyen-Atlas septentrional. – *Notes Mém. Serv. Mines et Carte géol. Maroc*, **33**, 1566p.
- TOURANI A., BENAOUISS N., GAND G., BOURQUIN S., JALIL N.E., BROUTIN J., BATAIL B., GERMAIN D., KHALDOUNE F., SEBBAN S., STEYER J.-S. & VACANTE R. (2010). – Evidence of an Early Triassic age (Olenekian) in Argana basin (High Atlas, Morocco) based on new chirotheriid traces. – *C. R. Palevol*, **9**, 201-208.
- VANDERKLUYSEN L., MAHONEY J.J., HOOPER P.R., SHETH H.C. & RAY R. (2011). – The feeder system of the Deccan Traps (India) : Insights from dike geochemistry. – *J. Petrol.*, **52**, 315-343.
- VÉRATI C., RAPAILLE C., FÉRAUD G., MARZOLI A., MARZOLI H., BERTRAND H. & YOUBI N. (2007). – Ar-Ar ages and duration of the Central Atlantic magmatic province volcanism in Morocco and Portugal and its relation to the Triassic-Jurassic boundary. – *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleocol.*, **244**, 308-325.
- ZIZI M. (2002). – Triassic-Jurassic extensional systems and their Neogene reactivation in northern Morocco : the "Rides Prérifaines" and Guercif Basin. – *Notes Mém. Serv. Mines et Carte géol. Maroc*, **146**, 138p.