

# Reconnaissance des caractères sédimentaires et ichnofaciés des grès triasiques de Tighadwine, Haut-Atlas de Marrakech-Maroc

Ibrahim Konotio<sup>(1)</sup>, Abdeouahed Lagnaoui<sup>(2)</sup>, El Hassane Chellai<sup>(1)</sup>,  
Ivan Fabuel-Perez<sup>(3)</sup> et Jonathan Redfern<sup>(3)</sup>

(1) Université de Marrakech, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc  
konotio@gmail.com; chell@uca.ma

(2) Institut de Géologie et Petroleum Technologies, Kazan fédérale (région de la Volga), Université, Kazan, Russie ;  
Faculté des Sciences, Université Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc  
abdelouahedlagnaoui@gmail.com

(3) Université de Manchester, Manchester, Manchester, UK  
Ivanfabuelperez@manchester.ac.uk; Jonathajonathanredfern@manchester.ac.uk

## RÉSUMÉ

Dans le Haut-Atlas de Marrakech (Maroc), la succession des dépôts triasiques fournit un analogue d'affleurement pour les systèmes continentaux à influence marine au sein d'un bassin de rift avorté ; et permettent l'étude des faciès et le contrôle de la tectonique et du climat sur les dépôts. Cette étude se focalise sur l'analyse de la formation de grès de Tighadwine qui sont l'équivalent des grès de l'Oukaimeden (F5) sur l'ensemble des Hauts-Plateaux du versant nord du Haut-Atlas de Marrakech. Elle montre une formation dominée par des dépôts fluviatiles à influence de marées. L'analyse sédimentologique permet la description et l'interprétation des faciès détaillée.

La formation de grès de l'Oukaimeden est composée de corps gréseux chenalisés alternant avec des dépôts silteux argileux lenticulaires formant des barres de grès fluviatiles et de faciès de débordement. En alternance avec les faciès fluviatiles, des grès éoliens et des dépôts de cônes alluviaux, des dépôts à influence de marées sont également observés.

Cette formation comprend trois membres : Le membre inférieur déposé dans un système fluviatile éphémère. Le membre médian enregistre un changement des conditions fluviatiles en tresses vers des conditions plus humides. Le membre supérieur est caractérisé par le retour à des conditions éphémères combinées avec l'apparition de dunes éoliennes. Ce dernier montre l'enregistrement d'une aridité croissante. La partie supérieure du présent membre montre une influence de la marée, suite à une incursion marine dans le bassin. Ceci se confirme et persiste lors de la mise en place de la formation marine de faible profondeur F6. L'ensemble de la série triasique est coiffé par un événement volcanique attribué à la CAMP (Central Atlantic Magmatic Province). Quelques mesures pétrophysiques sur les grès de l'Oukaimeden en relation avec le caractère réservoir de ces formations seront présentées ainsi que les ichnofaciés.

Mots clef: Trias, Ichnofaciés, sédimentation silicoclastique continentale et lagunaire Haut-Atlas, Marrakech, Maroc

## ***Reconocimiento de los caracteres sedimentarios e icnofacies de las areniscas triásicas de Tighadwine, Alto Atlas de Marrakech, Marruecos***

### RESUMEN

*En el Alto Atlas de Marrakech (Marruecos), la sucesión de depósitos triásicos proporciona un análogo de afloramiento para los sistemas continentales con influencia marina en el seno de una cuenca de rift abortado, y permite el estudio de las facies y del control de la tectónica y el clima sobre los depósitos. Este estudio se focaliza en el análisis de la formación de areniscas de Tighadwine, que son el equivalente de las areniscas de Oukaimeden (F5) en el conjunto de los Altos Plateaux de la vertiente norte del Alto Atlas de Marrakech. Se trata de una formación dominada por depósitos fluviales con influencia de mareas. El análisis sedimentológico permite la descripción e interpretación detallada de las facies.*

*La formación de areniscas de Oukaimeden se compone de cuerpos arenosos canalizados alternando con depósitos limo arcillosos lenticulares formando barras de areniscas fluviales y de facies de desbordamiento. En alternancia con las facies fluviales, se observan también areniscas eólicas y de depósitos de conos aluviales, así como depósitos con influencia de mareas. Esta formación comprende tres miembros: El miembro inferior depositado en un sistema fluvial efímero. El miembro intermedio registra un cambio de las condiciones fluviales de cursos entrelazados hacia condiciones más húmedas. El miembro superior se caracteriza por la vuelta a condiciones efímeras combinadas con la aparición de dunas eólicas. Este último muestra el registro de una aridez creciente. La parte superior de este miembro muestra una influencia de la marea, seguida de una incursión marina en la cuenca. Esto se confirma y persiste durante el emplazamiento de la formación marina de poca profundidad F6. El conjunto de la serie triásica está coronado por un acontecimiento volcánico atribuido a la CAMP (Central Atlantic Magmatic Province). Se presentan algunas medidas petrofísicas en las areniscas del Oukaimeden relacionadas con el carácter de reservorio de estas formaciones, así como las icnofacies.*

*Palabras clave: Trias, icnofacies, sedimentación siliciclástica, continental, lagunar, Alto Atlas, Marrakech, Marruecos*

## VERSIÓN ABREVIADA EN CASTELLANO

### **Introducción y situación geográfica**

*En el Alto Atlas de Marrakech (Marruecos), la sucesión de los depósitos triásicos proporciona excelentes afloramientos de sistemas continentales con influencia marina en el seno de una cuenca de rift intramontañoso y permiten el estudio de las facies y del control de la tectónica y del clima sobre los depósitos.*

*Este estudio se focaliza en el análisis de la formación de areniscas del Oukaimeden (F5) en el conjunto de los Altos Plateaux de la vertiente norte. Se trata de una formación dominada por depósitos fluviales depositados en el marco de un rift activo. El análisis sedimentológico permite la descripción y la interpretación detallada de las facies. La zona de Tighadwine está situada entre las longitudes 7°45' y 7°30' Oeste y las latitudes 31°15' y 31°30' Norte. La zona de Elle se encuentra en el flanco norte del Alto Atlas occidental, en su parte conocida con el nombre de Alto Atlas de Marrakech (Figura 1). Los trabajos de campo han sido efectuados en la zona de Ait Wiyksin, situada a unos 15 km del pueblo de Tighadwine, el cual se encuentra a unos sesenta kilómetros al SE de Marrakech. El acceso a la zona se ve facilitado por una red de carreteras y pistas circulables. La carretera asfaltada S 513 que lleva de Marrakech hacia el valle del Oued Ourika, la atraviesa en su parte suroeste. El acceso hacia el Este se hace por la pista circulable P31d, ligada a la carretera P31 (Marrakech - Ouarzazate). Existen numerosas pistas, algunas de las cuales figuran en el mapa topográfico y otras no por ser más recientes.*

### **Metodología**

*Hemos actuado sobre el terreno como lo hicieron Fabuel-Perez et al. (2009) para las areniscas del Oukaimeden. En nuestro caso se trataba de estudiar las variaciones verticales y laterales de facies. Los datos analizados se referían esencialmente al tamaño de los granos, las litofacies, las estructuras sedimentarias y las informaciones relativas a las paleocorrientes. Nuestro objetivo era determinar las diferentes asociaciones de facies y deducir el ambiente y/o un modelo probable de depósito.*

*Facies y asociaciones de facies:*

*Hemos podido distinguir varias asociaciones de facies :*

- *La asociación de las facies fluviales (FA1):*
  - *Conglomerados y areniscas finas a medias, con laminación planar a cruzada (1A), (Lámina 1-A).*
  - *Areniscas finas a medias, con laminación plana cruzada a horizontal (1B), (Lámina 1-B).*
  - *Areniscas finas a medias, no bioturbadas, con laminación inclinada (tangente en la base y secante en el techo) (1C), (Lámina 1-C).*
- *La asociación de las facies de desbordamiento (FA2):*
  - *Representadas por arcillas y limos (Lámina 1-D).*

- Arcillas y limolitas masivas bioturbadas (2A).
- Arcillas y limolitas masivas a laminadas no bioturbadas (2B).
  
- La asociación de las facies eólicas (F3A):
  - Areniscas muy finas a medias, bien clasificadas, no bioturbadas, con laminación planar cruzada, con granos de cuarzo redondeados (3A), (Lámina 2-A).
  
- La asociación de las facies de marea (FA4):
  - Areniscas finas a medias con laminación sigmoidal (4A).
  - Areniscas finas a medias y arcillas interestratificadas y bioturbadas, con marcas de corriente (4B).
  - Areniscas finas a gruesas, bien clasificadas, con laminación paralela (4C), (Lámina 2-B).
  
- La asociación de las facies de cono aluvial (FA5):
  - Conglomerados con cantos y areniscas muy gruesas (matriz-soportada a clasto-soportada), masivas, con laminación cruzada.

### **Sedimentología, estudio microscópico de las muestras y análisis de paleocorrientes**

El estudio sedimentológico nos ha permitido clasificar las facies litológicas en tres grandes grupos (Tabla 2).

El estudio microscópico conduce a la determinación del tipo de arenisca basándose en la clasificación de Pettijohn et al. (1972). Esta clasificación se basa en los elementos formados (la mineralogía, la granulometría, la clasificación, la forma de los granos, el contacto intergranular y otras particularidades), y el cemento (el tipo de cemento, su mineralogía y su abundancia respecto a los elementos formados), para determinar el tipo de arenisca y estimar su madurez (Tabla 3).

En total se han realizado 75 medidas de paleocorrientes en el conjunto de la zona de estudio. Se trata esencialmente de medidas de la dirección y la pendiente de laminaciones cruzadas, de marcas de corriente y de dunas eólicas. Su análisis muestra tres grupos de paleocorrientes ligadas a cuatro procesos de depósito (Figura 4):

- El primer grupo está representado por las facies fluviales y las facies con influencia de marea. Las direcciones están comprendidas entre 20 y 175°N y la orientación predominante es NNW-SSE.
- El segundo grupo de medidas ha sido efectuado en las facies eólicas, con valores comprendidos entre 176 y 282°N, presentando como orientación predominante N-S.
- Las medidas efectuadas en las facies de cono aluvial presentan direcciones que varían de 20 a 170°N y orientación predominante NE-SW a NW-SE.

### **Reconstrucción paleogeográfica**

Las informaciones recogidas en la zona de estudio son parecidas a las obtenidas en el estudio de las areniscas del Oukaimeden por Fabuel-Pérez et al. (2009) y apuntan a un medio de transición sometido a influencia fluvial y marina. Para la reconstrucción paleoambiental y la propuesta del modelo de depósito, nos hemos basado en los datos obtenidos de paleocorrientes, las icnofacies y las asociaciones de facies.

#### **a. La influencia marina:**

Se pone en evidencia a partir de los conjuntos de sigmaides que aparecen en la asociación de facies de marea y también por la presencia de *Thalassinoides* (Lámina 2-B y C), icnofacies (Lámina 3) reconocidas como dejadas por los crustáceos.

#### **b. La influencia fluvial**

Las icnofacies reconocidas en el campo (*Arenicolites*, *Scoyenia* et *Planolites*), propias de medios fluviales y lagunares, muestran una colonización de facies fluviales expuestas durante los periodos de no depósito.

#### **c. Modelo de depósito**

Las facies de la formación areniscosa areniscas del Oukaimeden, se han depositado en tres estadios :

- Estadio 1: Emplazamiento de las formaciones F3 y F4 debido a ríos efímeros con periodos de no depósito bastante largos para permitir a los organismos colonizar los sedimentos fluviales (presencia de *Arenicolites* y de *Scoyenia*).
- Estadio 2: Este estadio está marcado por el cambio significativo de los estilos de depósito. Una serie de depósitos de varias etapas, debidos a una asociación de canales trenzados y de barras encima de superficies erosivas, marcan el rejuvenecimiento de un sistema fluvial. Durante este

*periodo, el sistema fluvial como Des dépôts de plusieurs étages issus d'une association de chenaux en tresse et de barres au-dessus de surfaces érosives marquent le rajeunissement d'un système fluvial. Durant cette période, le système fluvial se reconstruit comme pérenne, mais que éfímero, y los sedimentos provienen del SO. Esto estaría ligado al cambio de las condiciones climáticas, que se volvieron más húmedas, y a un aumento ulterior de la arroyada, en condiciones tropicales a subtropicales.*

- *Estadio 3: Este estadio está caracterizado por el aumento de los sedimentos finos y por depósitos de llanura de inundación, sugiriendo la vuelta a condiciones fluviales efímeras. Los sedimentos provienen siempre del SW. La combinación de las facies eólicas con las facies fluviales se explicaría por el cambio de las condiciones climáticas, que se volvieron más áridas. La dirección de las corrientes en el seno de las facies eólicas es N-S. La identificación de facies de marea hacia el techo de la secuencia, indica el paso a condiciones marinas.*

## **Conclusiones**

*El presente trabajo describe el corte arenoso de Tighadwine atribuido a la formación de Oukaimeden, de predominancia fluvial, y pone en evidencia su similitud con las areniscas del Oukaimeden descritas por Fabuel-Pérez et al. (2009).*

*Las cinco asociaciones de facies descritas por Fabuel-Pérez et al. (2009) han sido reconocidas en la zona de estudio, con la misma sucesión, probablemente controlada por las condiciones climáticas y tectónicas. El estudio de láminas delgadas y los resultados de las paleocorrientes sugieren fuentes de sedimentos próximos a la cuenca sedimentaria y sedimentos con procedencia mayoritaria del N-S (Meseta y Anti-Atlas). Las areniscas pueden constituir reservorios de hidrocarburos, los ensayos geotécnicos contribuyen a poner en evidencia el potencial como reservorio de estos últimos. Sin embargo, no corresponden a un muy buen reservorio.*

*Si no se tiene un muy buen reservorio, los valores de la porosidad nos indican un proceso diagenético que es la compactación, habiendo reducido la porosidad. La intensidad de la compactación puede ser puesta en evidencia a partir del contacto de los granos en el microscopio.*

## **Introduction**

Dans le Haut-Atlas de Marrakech (Maroc), la succession des dépôts triasiques fournit d'excellents affleurements de systèmes continentaux à influence marine au sein d'un bassin de rift intramontagneux et permet l'étude des faciès et du contrôle de la tectonique et du climat sur les dépôts.

Cette étude se focalise sur l'analyse de la formation de grès de l'Oukaimeden (F5) qui couvrent l'ensemble des Hauts-Plateaux du versant nord. C'est une formation dominée par des dépôts fluviaux déposés dans le cadre d'un rift actif. L'analyse sédimentologique permet la description et l'interprétation détaillées des faciès.

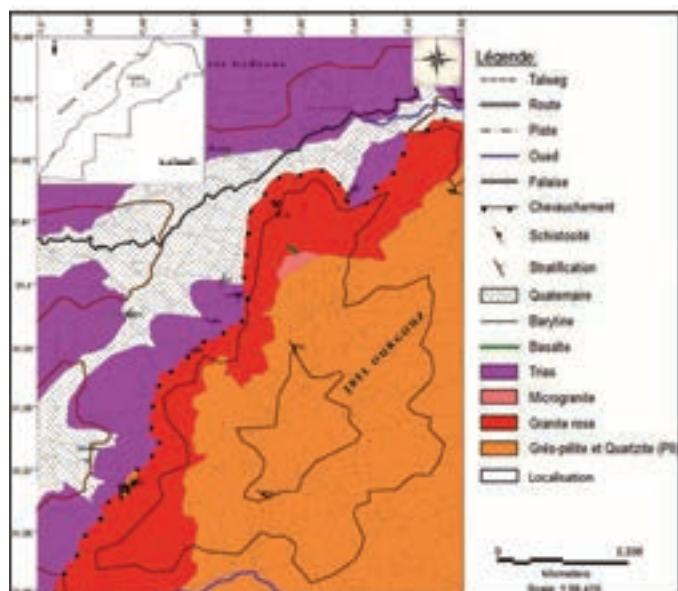
## **Situation géographique**

La zone de Tighadwine est située entre les longitudes 7°45' et 7°30' Ouest et les latitudes 31°15' et 31°30' Nord. Elle se trouve sur le flanc nord du Haut-Atlas occidental, dans la partie connue sous le nom du Haut-Atlas de Marrakech. Les travaux de terrain ont été effectués dans la zone d'Ait Wyksin,

située à environ 15 km de du village de Tighadwine, lui-même situé à une soixantaine de kilomètres au SE de Marrakech. L'accès à la zone est facilité par un réseau de routes et de pistes carrossables. La route goudronnée S. 513 qui mène de Marrakech vers la vallée de l'Oued Ourika, la traverse dans sa partie sud-ouest. L'accès vers l'Est se fait par la piste carrossable P31d, lié à la route P31 (Marrakech - Ouarzazate). De nombreuses pistes existent, certaines figurent sur la carte topographique, d'autres plus récentes n'y figurent pas.

## **Cadre géologique**

Dans la zone d'étude (Ait Wyksin), deux matériaux sont prédominants: les grès de Tighadwine (qui seraient l'équivalent de ceux de l'Oukaimeden), faisant l'objet de cette étude, et le massif granitique en contact anormal avec les grès. Ce massif est constitué de granites roses et affectés de nombreuses fractures de directions variables ENE-WSW à EW. Ces granites seraient du Protérozoïque supérieur (PIII), encaissés dans le Protérozoïque moyen (PII) et se seraient mis en place il y a 570 ± Ma (Baouch, 1984).



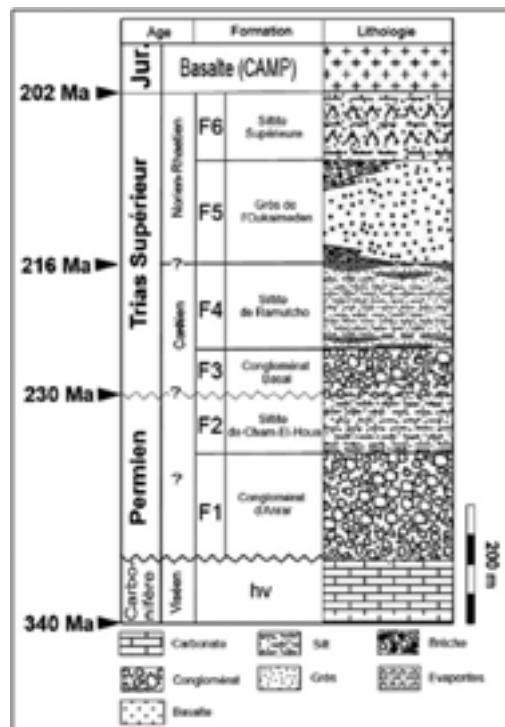
**Figure 1.** Cadre géologique de la zone d'étude.  
**Figura 1.** Marco geológico de la zona de estudio.

### Stratigraphie de la série triasique dans le Haut-Atlas:

Dans le domaine atlasique, la série du Permo-Trias apparaît dans la région de l'Ourika et fut subdivisée en six formations (Mattis 1977 ; Biron, 1982). La figure 2 résume la succession des différentes formations dans le Haut-Atlas. Les grès de Tighadwine sont l'équivalent des grès de l'Oukaimeden (F5) sur l'ensemble des Hauts-Plateaux du versant nord du Haut-Atlas de Marrakech (Plateaux de Timenkar et de Yagour). La formation de grès de l'Oukaimeden est composée de corps gréseux alternant avec des dépôts silteux, argileux, lenticulaires formant des barres de grès de faciès de débordement. En alternance avec des faciès fluviaux, des grès éoliens et des dépôts de cônes alluviaux sont également observés.

La formation de grès de l'Oukaimeden est composée de corps gréseux chenalisés alternant avec des dépôts silteux argileux lenticulaires formant des barres de grès fluviaux de faciès de débordement. En alternance avec les faciès fluviaux, des grès éoliens et des dépôts de cônes alluviaux sont également observés. Cette formation comprend trois membres :

Le membre inférieur déposé dans un système fluvial éphémère. Le membre médian enregistre un changement des conditions fluviales en tresses, en réponse à la tectonique qui se combine avec un changement climatique vers des conditions plus humides. Le membre supérieur est caractérisé par le retour à des conditions éphémères combinées avec l'apparition de dunes éoliennes. Ce dernier montre



**Figure 2.** Lithostratigraphie du Permo-Trias dans le Haut-Atlas central (Dutuit (1976) ; Cousminer et Manspeizer (1976); Van Houten (1977) ; Mattis (1977) ; Biron (1982) ; Benaouiss et al. (1996) et Olsen et al., (2000) in Fabuel-Perez et al., (2009).

**Figura 2.** Litoestratigrafía del Permo-Trias en el Alto-Atlas central (Cousminer y Manspeizer (1976), Dutuit (1976), Mattis (1977), Van Houten (1977), Biron (1982), Benaouiss et al. (1996) y Olsen et al., (2000) en Fabuel-Pérez et al. (2009).

l'enregistrement d'une aridité croissante. La partie supérieure de ce membre montre une influence de la marée, suite à une incursion marine dans le bassin. Ceci se confirme et persiste lors de la mise en place de la formation F6 sus-jacente. L'ensemble de la série triasique est coiffé par un événement volcanique attribué à la CAMP (Central Atlantic Magmatic Province). Les caractères pétrophysiques des dépôts en relation avec le caractère réservoir de ces formations seront discutés ainsi que les ichnofaciès.

### Faciès et associations de faciès

#### 1. Méthodologie:

Nous avons procédé sur le terrain comme l'avaient fait Fabuel-Perez et al. (2009) pour les grès de l'Oukaimeden. Il s'agissait, pour nous, d'étudier les variations verticales et latérales de faciès. Les données analysées portaient essentiellement sur la taille des

grains, les lithofaciès, les structures sédimentaires et les informations relatives aux paléocourants. Notre but était de déterminer les différentes associations de faciès et d'en déduire l'environnement et/ou un modèle probable de dépôt.

## 2. Faciès et associations de faciès:

L'analyse sédimentologique des grès de l'Oukaïmeden a permis à Fabuel- Perez *et al.* (2009) de déterminer cinq (05) associations de faciès, qu'ils ont noté FA (Facies Associations). Chaque association est caractérisée par une combinaison de lithofaciès et de structures sédimentaires qui définissent des processus sédimentaires particuliers de dépôt. Dans le grès de Tighadwine, la reconnaissance et la distinction des associations de faciès sont rendues difficiles à cause de l'état des affleurements et de discontinuités d'affleurement qui rendent plusieurs niveaux invisibles. Cependant nous avons pu distinguer plusieurs associations de faciès:

### 2.1. L'association des faciès fluviaux (FA1) :

#### 2.1.1. Conglomérat et grès fins à moyens à litage creux à planaire entrecroisé (1A):

Description. Le faciès 1A (Planche 1 – A) est représenté par des unités d'épaisseurs comprises entre 0.8 à 3.5 m. Les unités montrent des bases érosives, au niveau desquelles se trouvent des grès ou des conglomérats à éléments grossiers. Le sommet de chaque unité est normalement horizontal. Les conglomérats de base sont du type « matrix-supported » à éléments caillouteux (de 2 à 10 cm de diamètre), avec des éléments subangulaires à subarrondis (principalement des quartzites et des carbonates).

Interprétation. Les faciès indiquent le creusement, le remplissage et l'abandon d'un système de chenaux confinés (Fabuel-Perez *et al.*, 2009). Les chenaux recourent fréquemment des sédiments à prédominance d'argiles et montrent des surfaces basales concaves. Au-dessus de cette surface d'érosion fluviale, s'est mis en place un conglomérat correspondant au dépôt rapide d'un lit de charge d'éléments mal classés.

#### 2.1.2. Grès fins à moyens, à litage planaire entrecroisé à horizontal (1B):

Description. Ce faciès (Planche 1 – B) est formé d'unités de 70 cm à 2 m d'épaisseur, chaque unité présentant

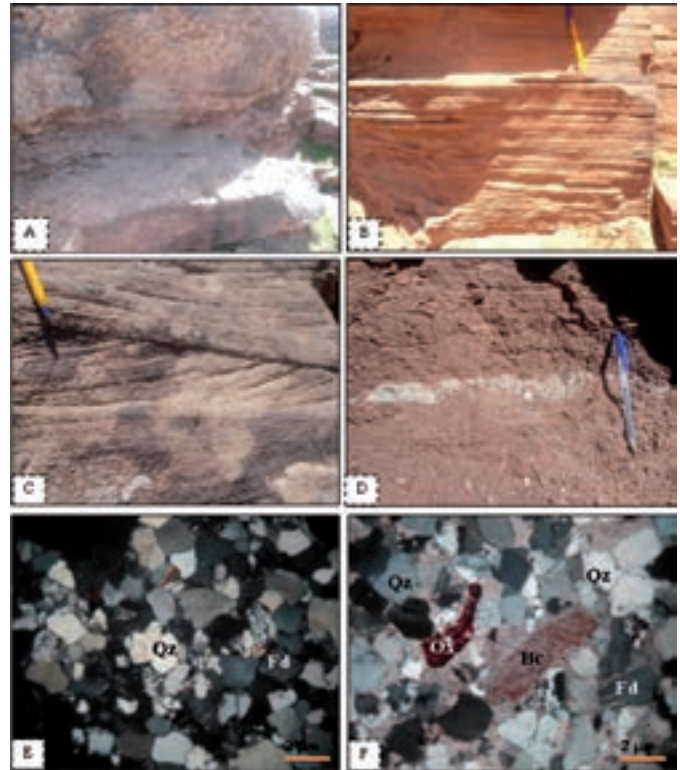


Planche 1. Photographies des associations de faciès. A – faciès F1A, B – faciès F1B, C – faciès F1C, et D – faciès FA2, E et F – photographies des lames minces (LM1 et LM2). Bc : bioclaste, Fd : feldspaths, Ox: oxydes et Qz : quartz.

Lámina 1: Fotografías de las asociaciones de facies. A: facies F1A, B: facies F1B, C: facies F1C, y D: facies FA2, E y F: fotografías de las láminas delgadas (LM1 y LM2). Bc: bioclasto, Fd: feldspatos, Ox: oxydes, y Qz: quartz.

une base et un sommet irréguliers à concaves. Les unités sont de couleur grise à rouge pâle, et formées de grains fins à moyens, subangulaires, bien classés.

Interprétation. Les faciès 1B sont interprétés comme des dépôts de barres fluviales, caractéristiques d'un système fluviale en tresses, (Fabuel-Perez *et al.*, 2009). Les géométries progradantes observées sur ces faciès suggèrent des barres d'accrétion en aval de ruisseaux (ou au milieu d'un chenal), Miall, 1996 (*in* Fabuel-Perez *et al.*, 2009). Chaque unité peut être subdivisée en plusieurs sous unités (de 0.1 à 0.9 m d'épaisseur), et la direction dans laquelle les unités progradent est parallèle ou subparallèle au paléocourant.

#### 2.1.3. Grès fins à moyens, non bioturbés, à litage incliné (tangent à la base et sécant au sommet) (1C):

Description. Ils présentent le même aspect lithologique que les faciès 1B, mais différent de ces derniers

par la géométrie des unités, qui montrent des formes à litage incliné (tangent à la base et sécant au sommet). Ces faciès (Planche 1–C) sont généralement localisés au contact des faciès 1B.

Interprétation. Les faciès 1C sont interprétés comme étant des barres d'accrétion latérale (Miall, 1996, in Fabuel-Perez *et al.* (2009)). Ils sont fréquemment juxtaposés aux faciès 1B et sont produits lorsque les barres d'accrétion en aval de ruisseaux (1B) changent d'orientation et commencent à migrer latéralement (Allen, 1983 ; Miall 1994 ; in Fabuel-Perez *et al.*, 2009). Ils se sont déposés perpendiculairement au paléocourant local.

## 2.2. L'association des faciès de débordement (FA2) :

Ces faciès sont représentés par des argiles et de siltites (Planche 1–D).

### 2.2.1. Argiles et siltites massifs bioturbés (2A) :

Description. Les faciès 2A sont constitués d'unités de 2 à plus de 15 m d'épaisseur. Les affleurements de ce type de faciès sont d'aspect massif et montrent des taches blanchâtres de formes variables.

Interprétation. Les faciès 2A sont considérés comme des dépôts de débordement mis en place dans la plaine d'inondation d'un chenal. L'absence de lamines au sein de ce faciès résulte de la bioturbation subie par ce dernier en plus d'un processus de pédogenèse (tâches blanchâtres-verdâtres).

### 2.2.2. Argiles et siltites massifs à lités, non bioturbés (2B):

Description. Formé d'unités de 2 à plus de 10 m d'épaisseur, avec une alternance de lamines d'argiles et de siltites. Les bioturbations sont rares ou inexistantes.

Interprétation. Ces niveaux sont interprétés comme des dépôts mis en place dans la plaine d'inondation d'un chenal.

## 2.3. L'association des faciès éoliens (F3A):

2.3.1. Grès très fins à moyens, bien classés, non bioturbés, à litage planaire entrecroisé, à grains de quartz ronds mats (3A):

Description (Planche 2–A). Ces faciès affleurent mieux vers l'ouest de la zone d'étude et sont constitués d'unités de grès dont, l'épaisseur est supérieure à 2 m (parfois difficile à estimer à cause de la végétation). Ils sont de couleur rouge foncée. Les unités sont formées de grains bien classés et ronds mats, et elles présentent une base et un sommet irréguliers. Chaque unité est constituée de la superposition de plusieurs sets.

Interprétation. Les grès du faciès 3A sont interprétés comme des dépôts de dunes éoliennes en se basant sur la présence de grains très fins à moyens, bien classés et bien arrondis, mats, et de larges sets montrant des litages planaires entrecroisés (Hunter, 1977; Kocurek and Dott, 1981) in Fabuel-Perez *et al.* (2009).

## 2.4. L'association des faciès de marées (FA4):

### 2.4.1. Grès fins à moyens à litage sigmoïdal (4A):

Description. Les faciès 4A sont constitués d'unités de grès fins à moyens, de 20 cm à plus de 1 m d'épaisseur. Les unités sont de couleur grise à rouge pâle, et constituées d'une superposition de plusieurs sigmoïdes, avec une base et un sommet irréguliers. L'épaisseur de chaque sigmoïde est comprise entre 0,06 à 0,3 m.

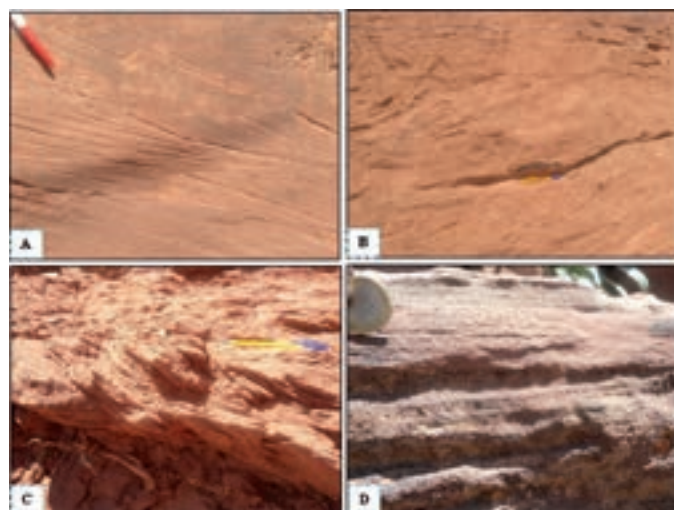


Planche 2. Photographies des associations de faciès. A – faciès éoliens (FA3), B et C – faciès de marée (F4C et F4B) et D – faciès de cône alluvial (FA5).

Lámina 2. Fotografías de las asociaciones de facies. A: facies eólicas (FA3), B y C: facies de marea (F4C y F4B) y D: facies de cono aluvial (FA5).

Interprétation. Les grès à litage sigmoïdal (reconnus pour la première fois par Benaouiss *et al.*, 1996, dans les grès de l'Oukaimeden) sont interprétés comme des dépôts de marées, mis en place et modifiés en réponse aux fluctuations de marées (Boersma and Terwindt, 1981 ; Allen and Homewood, 1984) in Fabuel-Perez *et al.* (2009).

#### 2.4.2. Grès fins à moyens et argile interstratifiés et bioturbés avec des rides de courant (4B):

**Description (Planche 2 – C).** Ce sont des unités d'épaisseur inférieure à 1 m. Constituées d'alternance de grès fins à moyens et d'argiles, épaisses respectivement de 5 à 15 cm et de 5 à 20 mm. Parmi les unités du faciès 4B, il est fréquent d'observer des unités du faciès 4A à petite échelle, qui alternent avec les premières. Elles montrent les mêmes caractéristiques pétrographiques que les faciès 4B.

Interprétation. Ces faciès sont interprétés comme des dépôts d'environnement de «Tidal-flat » (Thomas *et al.*, 1987 ; Rahmani, 1998 ; Shanley *et al.*, 1992 ; Dalrymple *et al.*, 1992, in Fabuel-Perez (2009). Les rides de courant observées dans les unités gréseuses suggèrent des courants bidirectionnels sous des conditions de faible décharge fluviale et probablement durant les marées hautes (Shanley *et al.*, 1992) in Fabuel-Perez *et al.* (2009).

#### 2.4.3. Grès fins à grossiers, bien classés à litage parallèle (4C):

Description (Planche 2 – B). Les unités constituant ce faciès présentent une épaisseur comprise entre 50 cm et 1 m, avec un aspect tabulaire et une base et un sommet irréguliers. Les grès sont de couleur grise à rouge pâle, avec des grains fins à grossiers, bien arrondis, modérément à bien classés. Intérieurement,

les unités montrent une certaine stratification constituée d'une alternance de lamines de grès fins et de lamines de grès grossiers. Ces lamines sont horizontales sauf, occasionnellement, quelques-unes entrecroisées avec un angle faible. Certaines lamines montrent un granoclassement croissant vers le sommet.

Interprétation. Le matériel remanié, bien arrondi, du faciès 4C, montrant une stratification planaire à faiblement oblique, avec des surfaces de troncature d'angle faible et un granoclassement inverse serait le produit de remaniements et de processus de dépôt caractéristiques des dépôts de sables de forte énergie (Coe *et al.*, 2003 in Fabuel-Perez (2009)) similaires aux dépôts de plage (Thompson, 1937; van den Berg, 1977; Howard and Reineck, 1979; Schole and Spearing, 1982 in Fabuel-Perez *et al.* (2009). Pour confirmer l'appartenance de l'association FA4 aux dépôts de marées, une série de mesure d'épaisseur des lots de sigmoïdes a été effectuée et les valeurs obtenues sont représentées dans la figure 3.

#### 2.5. L'association des faciès de cône alluvial (FA5):

##### 2.5.1. Conglomérats à cailloux-granules et grès très grossiers (matrix-supported à clast-supported) massifs à litage entrecroisé:

Description. Ce faciès affleure en unités tabulaires de 20 cm à plus de 3 m d'épaisseur et chaque unité est constituée de plusieurs sets d'épaisseur comprise entre 10 cm et 70 cm. Du point de vue granulométrique, une grande variété de taille de grains caractérise ce faciès, allant des grès grossiers aux conglomérats à cailloux et granules au sein du même affleurement. Les clastes sont principalement intraformationnels et constitués essentiellement de carbonates lacustres et de moindre quantité de quartz.

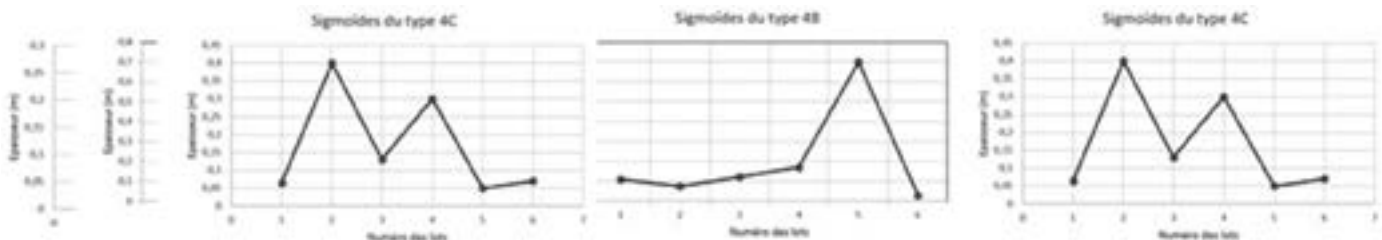


Figure 3. Représentation graphique des épaisseurs de sigmoïdes.  
Figura 3. Representación gráfica de los espesores de sigmoïdes.



**Tableau 1.** Classification lithologique des grès de l'Oukaimeden (Fabuel- Perez et al., 2009).

**Tabla 1.** Clasificación litológica de las areniscas del Oukaimeden (Fabuel- Pérez et al., 2009).

Interprétation. Selon Miall (1996) in Fabuel-Perez et al. (2009), le faciès 5A correspondrait à des conglomérats déposés dans un cône alluvial. Les dépôts massifs à matrix/clast-supported sont interprétés comme déposés par un écoulement hyperconcentré en sédiments (Miall, 1996), avec un ratio sédiment/eau très élevé (Mack and Leeder, 1999 in Fabuel-Perez et al. (2009) situé entre un écoulement visqueux et laminaire (Smith, 1986 ; Miall, 1996 in Fabuel-Perez (2009). Les travaux de terrain nous ont permis d'établir un log lithostratigraphique (Figure 3) nous permettant de voir les variations de faciès dans la série. Des échantillons ont été également pris pour les analyses géotechniques, les analyses des argiles aux rayons X et la confection des lames minces.

Sédimentologie et figures sédimentaires. L'étude sédimentologique nous a permis de classer les faciès lithologiques en trois grands groupes selon ce qui a été fait par Fabuel-Perez et al., (2009) (Tableau 2).

Etude microscopique des échantillons. Pour l'étude microscopique des échantillons, nous avons confectionné cinq (05) lames minces afin de caractériser pétrographiquement les faciès. L'étude microscopique porte sur la détermination du type de grès en nous basant sur la classification de Pettijohn et al., 1972. Cette classification se base sur les éléments figurés (la minéralogie, la granulométrie, le classement, la

Critères	Éléments figurés						Liant		Nom	Maturité
	Lames	Otz + Fds	Lithites	Granulométrie	Classement	Formes des grains	Contact	Type		
<b>LM1</b>	Quartz (<90%) Feldspaths (10-20%): Microcline	Muscovite Oxydes	Moyenne	Mauvais	Anguleux	Linéaire Concavo-convexe	Matrice	Calcaire	Grès quartzueux à matrice calcaire	Immature
<b>LM2</b>	Quartz (<90%) Feldspaths (10-20%): Plagioclase Microcline Orthose	Débris d'échinoderme Muscovite Lithoclaste Oxydes	Moyenne	Mauvais	Emoussés	Linéaire Concavo-convexe	Ciment	Calcaire	Grès feldspathique à ciment calcaire	Mature
<b>LM3</b>	Quartz (<90%) Feldspaths (<10%): Orthose Plagioclase	Muscovite Oxydes	Faible	Bon	Emoussés	Linéaire	Matrice	Calcaire	Grès quartzueux à matrice calcaire	Immature
<b>LM5</b>	Quartz (<90%) Feldspaths (10-20%): Plagioclase Orthose	Muscovite Oxydes	Faible	Bon	Anguleux	Linéaire Ponctuel	Matrice	Calcaire	Grès feldspathique à matrice calcaire	Immature
<b>LM8</b>	Quartz (<90%) Feldspaths (10-20%): Plagioclase Orthose	Biotite Muscovite Oxydes	Moyenne	Moyen	Emoussés	Linéaire Concavo-convexe	Matrice	Calcaire	Grès quartzueux à matrice calcaire	Immature

**Tableau 2.** Classification de Pettijohn et al., 1972 appliquée aux grès étudiés.

**Tabla 2.** Clasificación de Pettijohn et al. (1972) aplicada a las areniscas estudiadas.

forme des grains, le contact intergranulaire et d'autres particularités), et le liant (le type de liant, sa minéralogie et son abondance par rapport aux éléments figurés), pour déterminer le type de grès et estimer sa maturité (Tableau 3).

**Analyse des paléocourants.** Au total, 75 mesures de paléocourants ont été effectuées sur l'ensemble de la zone d'étude. Ce sont essentiellement des mesures sur la direction et le pendage des litages entrecroisés, des rides de courant et des dunes éoliennes. Leur analyse montre trois (03) groupes de paléocourants liés à quatre processus de dépôt (Figure 4):

Le premier groupe est représenté par les faciès fluviaux et les faciès sous l'influence des marées. Les directions sont comprises entre 20 et 175°N et l'orientation préférentielle est NNW – SSE.

Le deuxième groupe de mesures a été effectué sur les faciès éoliens avec des valeurs comprises entre 176 et 282°N, avec N-S comme direction d'orientation préférentielle.

Les mesures effectuées sur le faciès de cône alluvial montrent des directions variant de 20 à 170°N et d'orientation préférentielle NE – SW à NW-SE.

**Contrôle tectonique.** Plusieurs mesures de directions et de pendage ont été effectuées au niveau des failles et fractures à la surface de la formation étudiée. Ces données révèlent une orientation préférentielle WNW – ESE.

Ainsi que d'autres auteurs (Biron, 1982 ; Baudon C. et al., (2009 et 2012), on a observé des indices de

tectoniques syn-sédimentaires soulignant le caractère distensifs de cette dernière durant cette période, tels que : mini-grabens, variation latérale d'épaisseurs, objets striateurs, épaissement latérale d'épaisseur...

**Paléontologie.** La formation étudiée est pauvre en reste d'organismes. Cependant quelques ichnofaciès, traces d'organismes et traces de racines, ont été observés au sommet et au sein des bancs de la formation étudiée (Planche 3). Ces ichnofaciès seront utilisés pour la reconstitution paléogéographique. Par ailleurs des débris d'échinodermes ont été observés au microscope et ont été interprétés comme remaniés à partir des dépôts du Viséen turbiditique de la zone subatlasique sus-jacente.

**Pétrophysique et minéralogie:**

**Caractérisation des grès.** Dans le but de mettre en évidence le potentiel réservoir des grès de Tighadwine, des échantillons ont prélevés afin de réaliser des analyses pétrophysiques. Au total, sept (07) échantillons de grès ont été analysés au sein du Laboratoire d'Expertises, d'Etudes et d'Essais (L3E) – Marrakech. Ces échantillons ont été pris au sein de niveaux lithostratigraphiques différents. Les analyses réalisées portent sur la détermination de la masse spécifique, de la porosité, du coefficient d'absorption et de la teneur en eau des échantillons. Les résultats de ces analyses figurent dans le Tableau 5.

Mesures Echantillons	Masse spécifique (T/m <sup>3</sup> )	Coefficient d'absorption	Masse spécifique imbibée	Porosité (%)	Teneur en eau (%)
E13	2,10	6,13	2,23	12,86	0,08
E08	2,20	4,72	2,30	10,37	0,06
E05	2,24	4,93	2,35	11,05	0,07
E12	2,25	3,55	2,33	7,99	0,04
E10	2,46	2,99	2,53	7,35	0,05
E09	2,19	4,47	2,28	9,77	0,06
E02	2,61	0,75	2,63	1,96	0,02

**Tableau 3.** Tableau récapitulatif des caractéristiques pétrophysiques des échantillons de grès de Tighadwine.  
**Tabla 3.** Tabla recapitulativa de las características petrofísicas de las muestras de arenicas de Tighadwine.

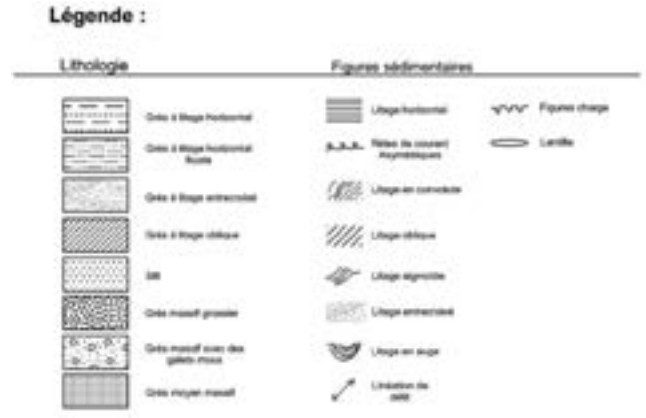
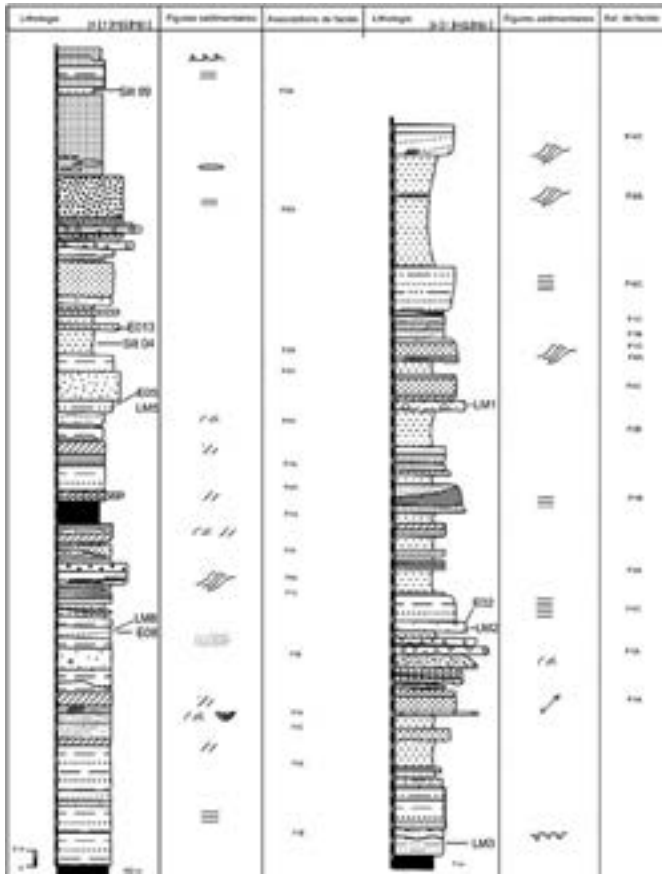


Figure 4. Coupe lithostratigraphique de la formation étudiée.  
 Figura 4. Corte litostratigráfico de la formación estudiada.

Caractérisation des argiles. L'analyse des argiles aux rayons X a permis de déterminer plusieurs phases minérales argileuses dont les plus importantes sont: l'allophane, l'halloysite, la kaolinite, la piézotite, nacrite et la pyrophyllite.

Vu la mauvaise cristallisation des pics de ces minéraux, on les a interprétés comme des minéraux remaniés soit à partir de l'Anti-Atlas, soit de la Meseta. La présence de la piézotite pourrait aussi être attribuée à l'impact d'une météorite de l'époque.

**Discussions**

Reconstitution paléogéographique. Les informations récoltées dans la zone d'étude sont semblables à celles obtenues dans l'étude des grès de l'Oukaimeden par Fabuel-Perez et al. (2009) et penchent en faveur d'un milieu de transition soumis aux influences fluviale et marine. Dans la reconstitution du paléoenvironnement et la proposition du modèle de dépôt, nous nous sommes basés sur les données obtenues sur les palécourants, les ichnofaciès et les associations de faciès.

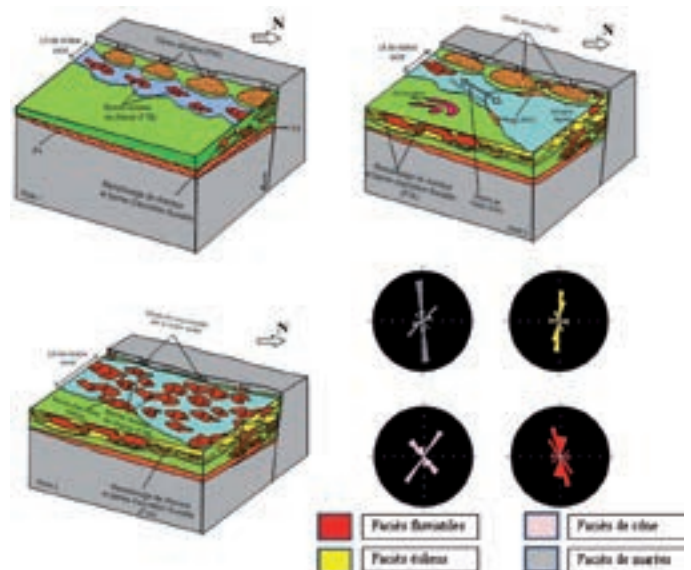
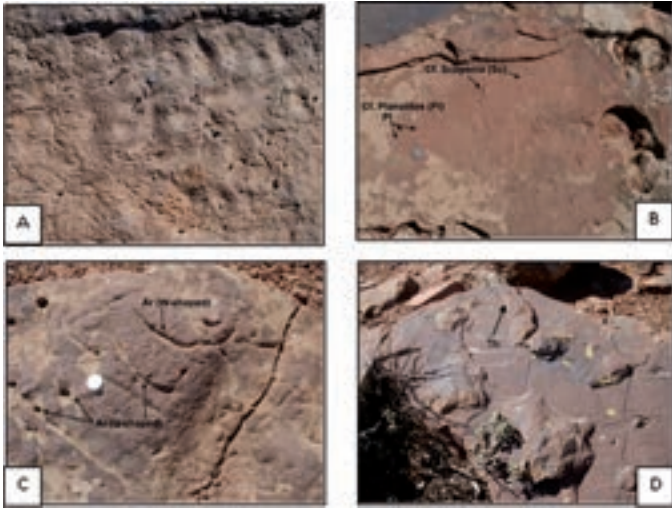


Figure 5. Stades d'évolution du milieu de dépôt (Fabuel-Perez et al., 2009) et les directions préférentielles des courants.  
 Figura 5. Etapas de evolución del medio de depósito (Fabuel-Pérez et al., 2009) y las direcciones preferenciales de las corrientes.



**Planche 3.** Photographies des ichnofaciès reconnus dans la zone d'étude. A : *Planolites* (PI), *Arenicolites* (Ar), *Scoyenia* (Sc) ; B : *Planolites* (PI), *Scoyenia* (Sc) ; C : *Arenicolites* (en forme de U et W) ; D : *Thalassinoides* (Th).

**Lámina 3.** Fotografías de las icnofacies reconocidas en la zona de estudio. A: *Planolites* (PI), *Arenicolites* (Ar), *Scoyenia* (Sc), B: *Planolites* (PI), *Scoyenia* (Sc); C: *Arenicolites* (en forma de U y W); D: *Thalassinoides* (Th).

L'influence marine. Elle est mise en évidence par la présence des lots de sigmoïdes apparaissant dans l'association de faciès de marées et aussi par la présence de *Thalassinoides* (Planche 2 – B et C), ichnofaciès (Planche 3) reconnus comme laissés par les crustacés.

L'influence fluviatile. Les ichnofaciès reconnus sur le terrain (*Arenicolites*, *Scoyenia* et *Planolites*) propres aux milieux fluviatile et lagunaire montrent une colonisation des faciès fluviatiles exposés pendant les périodes de non-dépôt.

Modèle de dépôt. Les faciès de la formation gréseuse grès de l'Oukaimeden, se sont déposés en 3 stades :

Stade 1. Mise en place des formations F3 et F4 suite à des rivières éphémères avec des périodes de non-dépôt assez longues pour permettre aux organismes de coloniser les sédiments fluviatiles (présence d'*Arenicolites* et de *Scoyenia*).

Stade 2. Ce stade est marqué par le changement significatif des styles de dépôt. Des dépôts de plusieurs étages issus d'une association de chenaux en tresse et de barres au-dessus de surfaces érosives marquent le rajeunissement d'un système fluviatile. Durant cette période, le système fluviatile est

reconnu comme constant plus tôt qu'éphémère et les sédiments proviennent toujours du SW. Ceci serait lié au changement des conditions climatiques qui deviennent plus humides et à une augmentation ultérieure du ruissellement sous des conditions tropicales à subtropicales.

Stade 3. Ce stade est caractérisé par l'augmentation des sédiments fins et par des dépôts de plaine d'inondation, suggérant le retour des conditions fluviatiles éphémères. Les sédiments proviennent toujours du SW. La combinaison des faciès éoliens avec les faciès fluviatiles serait expliquée par le changement des conditions climatiques redevenant plus arides. La direction des courants au sein de ces faciès éoliens est NS. L'identification de faciès de marées vers le sommet de la séquence indique le passage à des conditions marines.

## Conclusion

Le présent travail décrit la coupe des grès de Tighadwine attribué à la formation d'Oukaimeden à dominance fluviatile et met en évidence sa similitude avec les grès de l'Oukaimeden décrits par Fabuel-Perez et al. (2009).

Les cinq (05) associations de faciès décrites par Fabuel-Perez et al. (2009) ont été reconnues dans la zone d'étude avec la même succession, probablement contrôlée par les conditions climatiques et tectoniques. L'étude des lames minces et l'analyse des résultats des paléocourants suggèrent des sources des sédiments proches du bassin sédimentaire et une provenance en majorité du NS (Meseta et Anti-Atlas). Les grès pouvant constituer des réservoirs d'hydrocarbures, les essais géotechniques visaient à mettre en évidence le potentiel réservoir de ces derniers. Cependant, les valeurs obtenues quant à la porosité (9% en moyenne) sont faibles et ne peuvent pas correspondre à un très bon réservoir.

À défaut d'avoir un très bon réservoir, les valeurs de la porosité nous renseignent sur un processus diagénétique qui est la compaction qui a réduit la porosité. L'intensité de la compaction peut être mise en évidence en se basant sur le contact des grains au microscope.

## Remerciements

La traducción al castellano del resumen y la versión abreviada ha sido realizado por Jerónimo López de la Universidad Autónoma de Madrid.

## Références

- Biron, P-E. 1982. Le Permo-Trias de la région de l'Ourika (Haut-Atlas de Marrakech, Maroc), *Lithostratigraphie, Sédimentologie, Tectonique et Minéralisation*. These de 3ème cycle de l'Univ. scientifique et médicale de Grenoble, 2 tomes, 170 p.
- Baouch, S. 1984. *Etude des ignimbrites et roches associées du massif de Tircht (Haut-Atlas occidental)*. Thèse de 3ème cycle, université de Nancy I.
- Baudon, C., Perez, I.F. and Redfern J. 2009. Structural style and evolution of a Late Triassic rift basin in the Central High Atlas, Morocco : controls on sediment deposition. *Geological Journal*. 44, 677–691.
- Baudon, C., Jonathan Redfern and Jean Van Den Driessche 2012. Permo-Triassic structural evolution of the Argana Valley, impact of the Atlantic rifting in the High Atlas, Morocco. *Journal of African Earth Sciences* 65, 91–104.
- Benaouiss, N., Courel, L. and Beauchamp, J. 1996. Rift-controlled fluvial/tidal transitional series in the Oukaimeden Sandstones, High Atlas of Marrakesh (Morocco). *General palaeontology (Palaeoichnology)*, 201-208.
- Boersma, J.R. and Terwindt, J.H.J. 1981. Neap-spring tide sequence of intertidal shoal deposits in a mesotidal estuary. *Sedimentology* 28, 151–170.
- Cheilletz, A., Gasquet, D., Filali F., Douglas A. Archibald and Massimo, N. 2010. A late Triassic 40Ar/39Ar age for the El Hammam high-REE fluorite deposit (Morocco): mineralization related to the Central Atlantic Magmatic Province? *Mineralium Deposita* 45, 323–329.
- Courel, L., Aït Salem, H., Benaouiss, N. et al. 2003. Mid-Triassic to Early Liassic clastic/evaporitic deposits over the Maghreb Platform. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 196, 157-176.
- De Pachtere, P. 1983. Le volcanisme permien et fini-triasique dans le Haut-Atlas de Marrakech (Maroc). *Approche pétrologique et géochimique*. Thèse 3ème cycle, Univ. Grenoble, 203 p.
- Dostal, J., Keppie, J. D., Hamilton, M. A. et al. 2005. Crustal xenoliths in Triassic lamprophyre dykes in western Morocco: tectonic implications for the Rheic Ocean suture. *Geological Magazine* 142(2), 159-172.
- Dutuit, J.M. 1976. Introduction à l'étude paléontologique du Trias continental marocain. Description des premiers Stégocephales recueillis dans le couloir d'Argana (Atlas occidental). *Mémoires du Muséum National d'Histoire naturelle, Paris, Séries C* 36, 1–253.
- El Arabi, El.H. Ferrandini, J. et Essamoud, R. 2003. Triassic stratigraphy and structural evolution of a rift basin: the Eç çour basin, High atlas of Marrakech, Morocco. *Journal of African Earth Sciences* 36, 29–39.
- El Arabi, El. H. Bienvenido Díez J., Broutin J. et Essamoud R. 2006. Première caractérisation palynologique du Trias moyen dans le Haut-Atlas ; implications pour l'initiation du rifting téthysien au Maroc. *C. R. Geoscience* 338, 641–649.
- El Wartiti, M. 1982. Sur les formations argilo-conglomératiques permienues de la bordure NW du Maroc Central (zone de Tiddas-Souk es Sebt). *Colloque Permo-Trias marocain, Faculté des Sciences de Marrakech*, p. 30.
- Enniouar, A., Lagnaoui, A. and Habib, A. 2014. A Middle Jurassic sauropod tracksite in the Argana Basin, Western High Atlas, Morocco: an example of paleoichnological heritage for sustainable geotourism. *Proceedings of the Geologists' Association* 125, 114–119.
- Fabuel-Perez, I. Redfern, J. et Hodgetts, D. 2009. Sedimentology of an intra-montane rift-controlled fluvial dominated succession: The Upper Triassic Oukaimeden Sandstone Formation, Central High Atlas, Morocco. *Sedimentary Geology* 218, 103–140.
- Hafid, M. 2000. Triassic-early Liassic extensional systems and their Tertiary inversion, Essaouira Basin, Morocco. *Marine and Petroleum Geology* 17, 409-429.
- Hminna, A., Voigt, S. Klein, H. et al. 2013. First occurrence of Tetrapod footprints from the continental Triassic of the Sidi Said Maachou area (Western Meseta, Morocco). *Journal of African Earth Sciences* 80, 1–7.
- Hofmann, A. Tourani, A. et Gaupp, R. 2000. Cyclicity of Triassic to Lower Jurassic continental red beds of the Argana Valley, Morocco: implications for palaeoclimate and basin evolution, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 161, 229–266.
- Jalil, N-E. et Peyer, K. 2007. A new rauisuchian (Archosauria, Suchia) from the Upper Triassic of the Argana Basin, Morocco. *Palaeontology*, 50, 2, 417-430.
- Kammerer, C.F., Nesbitt, S.J., Shubin, N.H. 2012. The first silesaurid dinosauriform from the Late Triassic of Morocco. *Acta Palaeontologica Polonica* 57 (2): 277-284.
- Lachkar, N., Guiraud, M., El Harfi, A. et al. 2009. Early Jurassic normal faulting in a carbonate extensional basin: characterization of tectonically driven platform drowning (High Atlas rift, Morocco), *Journal of the Geological Society*, 166, 413-430.
- Lacoste, J. 1934. Etudes géologiques dans le Rif méridional. Tome 1 : Stratigraphie, Sédimentation, Paléogéographie. *Notes et Mémoires N°*, 31, 95-130.
- Le Guerin, M., Sauvage, J.P. et Sauvage, M. 1982. Dynamisme du volcanisme permien dans le Massif central marocain. *Colloque Permo-Trias marocain, Faculté des Sciences, Marrakech*, Résumé p.34.
- Mattis, A.F. 1977. Nonmarine Triassic Sedimentation, Central High Atlas Mountains, Morocco. *Journal of Sedimentary Petrology*, 47, 1, 107-119.
- Olsen, P E., Kent, D. V., Fowell, S. J. et al. 2000. Implication of a comparison of a stratigraphic and depositional environment of the Argana (Morocco) and the Fundy (Nova Scotia, Canada) Permian – Jurassic basins. *Hilal Impression, Oujda*, 165-183.
- Ouarhache, D., Charrière, A. Chalot-Prat, F. et El Wartiti, 2000. Sédimentation détritico et continentale synchrone d'un volcanisme explosif dans le Trias terminal à infra-Lias du domaine atlasique (Haute Moulouya, Maroc). *Journal of African Earth Sciences*, 31, No. 314, 555-570.
- Ouarhache, D., Charrière, A. Chalot-Prat, F. et El Wartiti, 2012. 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 : simultanéité et diachronisme. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2012, t. 183, No. 3. 233-249.
- Oujidi, M. Azzouz, O. et Elmi, S. 2006. Synsedimentary tectonics of the Triassic Carbonate Formation of the Oujda Mountains (Eastern Meseta, Morocco): geodynamic implications. *Geological Society of London, Special Publications*, 262, 75-85.
- Petit, J-P. et Beauchamp, J. 1986. Synsedimentary faulting and palaeocurrent patterns in the Triassic sandstones of the High Atlas (Morocco). *Sedimentology*, 33, 817-829.
- Pettijohn, F.J., Potter, P. E. and Siever, R. 1972. *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag, 618 p.
- Piqué, A. and Laville, E. 1996. The central Atlantic rifting: reactivation of structures ? *Journal of Geodynamics*, 21, 235-255, Elsevier.
- Piqué, A., Le Roy, P. et Amrhar, M. 1998. Transtensive synsedimentary tectonics associated with ocean opening: the Essaouira-Agadir segment of the Moroccan Atlantic margin, *Journal of the Geological Society of London*, 155, 913-928.
- Raji, M. 1988. *Etude structurale des gneiss précambriens de la boutonnière d'Ourika Haut-Atlas- Maroc*. Thèse de 3e cycle. Univ. Caddi Ayyad. Marrakech, 85 p.
- Redfern, J. 2010. An integrated study of Permo-Triassic basins along the North Atlantic passive margin: implication for future exploration. *Petroleum Geology Conference series 7*, 921-936.
- Saidi, A. et al. 2002. États de contraintes et mécanismes d'ouverture et de fermeture des bassins permien du Maroc hercynien. L'exemple des bassins des Jebilet et des Réhamna. *C. R. Geoscience* 334, 221-226.
- Salvan, H.M. 1974. Les évaporites triasiques du Maroc. Caractères généraux, répartition, interprétation. *Colloque Permo-Trias marocain, Faculté des Sciences, Marrakech, Résumé*, p. 40.
- Saura, E., Vergé, J., Martin-Martin, J.D. and Hunt, W. 2014. Syn- to post-rift diapirism and minibasins of the Central High Atlas (Morocco): the changing face of a mountain belt. *Journal of the Geological Society, London*, 171, 97-105.
- Sieffermann, G., Jehlt, G. et Millot, G. 1968. Allophanes et minéraux argileux des altérations récentes des basaltes du mont Cameroun. *Bulletin du Groupe Français des Argiles*, 20, 109-129.
- Tane, J.L, Gasquet, D, et Rocci, G. 1982. Sur l'intérêt des pétrogénétique des spilites de la vallée de l'Ourika (Atlas de Marrakech - Maroc). *9<sup>ème</sup> Réunion Annuelle des Sciences de la Terre, Paris*, p. 651.
- Tourani, A., Benaouiss, N., Gand, G. et Bourquin, S. 2010. Évidence de l'âge Trias inférieur (Olénékien) dans le Bassin d'Argana (Haut-Atlas, Maroc) basée sur des traces chirothéroïdes. *General palaeontology (Palaeoichnology)*, *C. R. Palevol* 9, 201-209.

Recibido: febrero 2015

Revisado: abril 2015

Aceptado: junio 2015

Publicado: julio 2016