

## PALÉORIVAGES, DUNES CÔTIÈRES ET OCCUPATIONS HUMAINES À L'EMBOUCHURE DE L'OUED TAMRI, MAROC ATLANTIQUE, AU PLÉISTOCÈNE SUPÉRIEUR (SIM 5).

### LATE PLEISTOCENE (MIS 5) SEA-LEVELS, COASTAL DUNES AND HUMAN SETTLEMENTS AT THE OUED TAMRI MOUTH, ATLANTIC MOROCCO.

A. OUAMMOU<sup>1</sup>, A. WEISROCK<sup>2</sup>, S. BALESCU<sup>3</sup>, A. EL OUAHIDI<sup>1</sup>, B. GHALEB<sup>4</sup>, G. GUERIN<sup>5</sup>, F. HARDY<sup>6</sup>, J. MANGAS-VIÑUELA<sup>7</sup>, S. ABDESSADOK<sup>2</sup>, A. CHARIF<sup>8</sup>, L. ROUSSEAU<sup>2</sup>, M. LAMOTHE<sup>6</sup>, C. FALGUERES<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Ibn Zohr, FLSH, Département de Géographie, Labo. GEAMD, Cité Dakhla, BP 29/8, Agadir, Maroc,

<sup>2</sup> Museum National d'Histoire Naturelle, Département Hommes et Environnements, UMR 7194 CNRS, 1 rue René-Panhard, 75013 Paris, France,

<sup>3</sup> Université de Lille, Labo. HALMA, UMR 8164 CNRS, Bâtiment de Géographie, 59655 Villeneuve d'Ascq, Cedex, France,

<sup>4</sup> Université du Québec à Montréal, Labo. GEOTOP, succursale 8888, H3C 3P8, Montréal, Canada,

<sup>5</sup> Laboratoire LSCE, UMR 8212, 91191 Gif-sur-Yvette cedex, France,

<sup>6</sup> Université du Québec à Montréal, Labo. de datation par luminescence LUX, H3C 3P8, Montréal, Canada,

<sup>7</sup> Instituto de Oceanografía y Cambio Global, IOGAG, Edificio de Ciencias Básicas, Campus de Tafira, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, ULPGC, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, Espagne,

<sup>8</sup> Université Cadi Ayyad, Faculté polydisciplinaire de Safi, Labo. GEGEL, BP 4162, 46000 Safi, Maroc.

Corresponding author email: [andre.weisrock@wanadoo.fr](mailto:andre.weisrock@wanadoo.fr)

Received: May 5, 2018, Accepted: December 6, 2018, Online: June 17, 2019

#### RESUME

A l'embouchure de l'oued Tamri, rive gauche, un paléorivage de faciès marin et fluvio-marin (unité U1) culmine aux environs de + 6m a.s.l. Une coquille marine de *Patella sp.* prélevée dans cette unité U1 (faciès marin) a été datée 100,02 ± 1,662 ka et 101,188 ± 1,339 ka par la méthode U/Th (SIM 5.3). La dune surincombante (série Sx) a été datée par OSL 84 ± 4 ka (SIM 5.1). A Tighrine Imkssawne, à 200 m au Sud de l'embouchure, ce paléorivage est surmonté d'une séquence de dépôts dunaires et colluviaux de plus de 20 m d'épaisseur. Ces derniers renferment plusieurs paléosols rubéfiés interstratifiés et des encroûtements, témoins de périodes humides et de ruissellements, qui permettent de distinguer trois unités principales (unités U2, U3, U4) :

(U2), unité d'accumulation interdunaire inférieure où dominent les faciès détritiques continentaux de colluvionnement/ruissellement. Elle renferme de nombreux Hélicidés et de rares témoins d'outillage lithique.

(U3), unité d'accumulation éolienne moyenne, à séries dunaires encroûtées où la série (S5) a été datée par OSL 92 ± 6 ka (SIM 5.3 ou SIM 5.2), et où le paléosol rubéfié (S6) a fourni une industrie à proto-hachereaux.

(U4), unité d'accumulation éolienne supérieure à séries friables, séparée de la précédente par une paléo-surface encroûtée (S6/S7) à industrie probablement épipaléolithique, et où des coquilles d'œufs d'Autruche de la série (S8) sont datées par radiocarbone à plus de 30 ka. BP

Les analyses géomorphologiques, sédimentologiques et pétrographiques aboutissent à un modèle sédimentaire d'accumulation de pied de falaise morte qui permet de répondre aux contradictions apparentes entre la position de l'industrie lithique et des datations.

**Mots-clés** : Pléistocène supérieur, SIM 5, Maroc atlantique, Paléorivages, Dunes littorales, Datations U/Th, OSL, <sup>14</sup>C, Industries lithiques, hachereau.

## ABSTRACT

At the left side of the Oued Tamri mouth, a palaeo-sea-level (Unit 1) consists of marine and fluvio-marine deposits at ca. + 6 m a.s.l. The U/Th dating method applied to one marine shell of *Patella* sp. has yielded ages of  $100,02 \pm 1,662$  ka and  $101,188 \pm 1,339$  ka (MIS5.3) The overcoming dune (Sx) is dated at  $84 \pm 4$  ka by OSL (MIS5.1). At Tighrine Imksaoun (200 m South of the mouth) the same MIS 5.3 palaeo-sea-level is covered by coastal dune sands and colluvial deposits on more than 20 m thickness. The latter show numerous interstratified red palaeosoils and calcretes which indicate run-off at intermediate moisture-periods, and enable to distinguish three main units (U2, U3, U4): (U2), lower Aeolian interdune accumulation Unit, mainly of colluvial and run-off detritic facies, numerous land-snails, and scarce lithic artefacts; (U3), middle aeolian accumulation Unit, with several series of dunes separated by palaeosoils and calcretes; the dune (S5) is dated at  $92 \pm 6$  ka (MIS5.3 or MIS5.2) by OSL, and the palaeosoil (S6) contains a lithic industry with cleavers; (U4), upper, not well consolidated, aeolian accumulation Unit, lying on a calcreted basal palaeosurface (S6/S7) where Epipalaeolithic (?) artefacts are found; the uppermost serie (S8) was 14C dated at more than 30 ka on Ostrich eggs. The geomorphologic, sedimentologic and petrographic analyses helped us to build a sedimentary model of accumulation at the foot of a dead-cliff, model that is expected to resolve the apparent inconsistency between the position of the lithic industries and the dating results.

**Key-words:** Upper Pleistocene, MIS 5, Atlantic Morocco, palaeo-Sea-levels, Coastal dunes, U/Th, OSL and 14C dates, lithic Industries, cleaver.

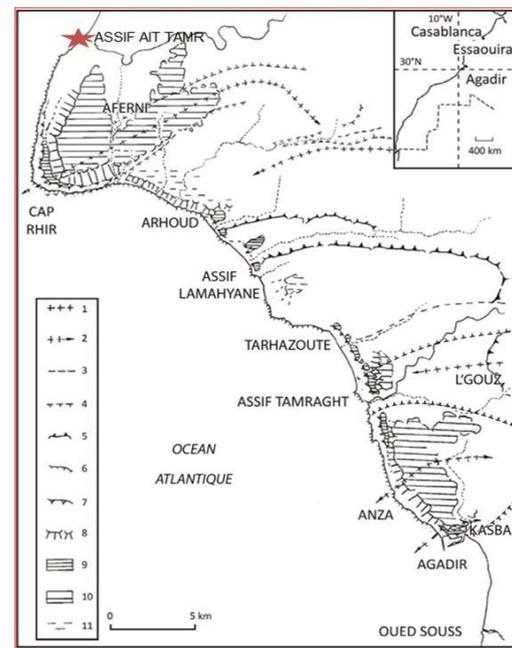
## 1. INTRODUCTION

Le littoral atlantique du Maroc est considéré aujourd'hui comme un important couloir de circulation de l'Homme préhistorique et plus particulièrement de l'Homme moderne (Barton & al., 2009 ; El Hajraoui & al., 2012 ; Bouzougar & al., 2017 ). Or le milieu côtier, dans la partie méridionale du Maroc aujourd'hui aride et semi-aride, est réputé répulsif, notamment à cause des grandes accumulations dunaires qui le recouvrent (Weisrock, 1980 ; Weisrock & al., 2001). L'objet de cette

étude est de replacer précisément les nombreux indices de peuplement (industries lithiques) qui s'y trouvent au sein de leur environnement côtier. L'exemple choisi pour établir la relation entre les industries lithiques et les paysages morphologiques contemporains, mis en place depuis la dernière grande transgression du SIM 5, est celui de l'embouchure de l'oued Tamri, à 50 km au Nord d'Agadir.

## 2. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE REGIONAL

Le littoral atlantique au Nord d'Agadir (Fig. 1) est celui de l'Atlas Atlantique, terminaison occidentale du Haut-Atlas (Weisrock, 1980 ; El Ouahidi, 2008). Il est favorable à l'étude des paléorivages quaternaires pour deux raisons : d'une part, il est affecté par le soulèvement atlasique toujours actif (Weisrock, 1981), et d'autre part, sa ligne de rivage est disposée de façon presque perpendiculaire à la structure. Cela se traduit morphologiquement par un littoral à gradins avec des paléorivages étagés (Weisrock, 2012) et une individualisation des caps au niveau des axes anticlinaux et des crêtes, alors que les plages coïncident avec les synclinaux.



**Fig. 1. Littoral de l'Atlas atlantique entre Agadir et Oued Tamri (Assif n'Aït Ameur) (Weisrock et al., 2013).**

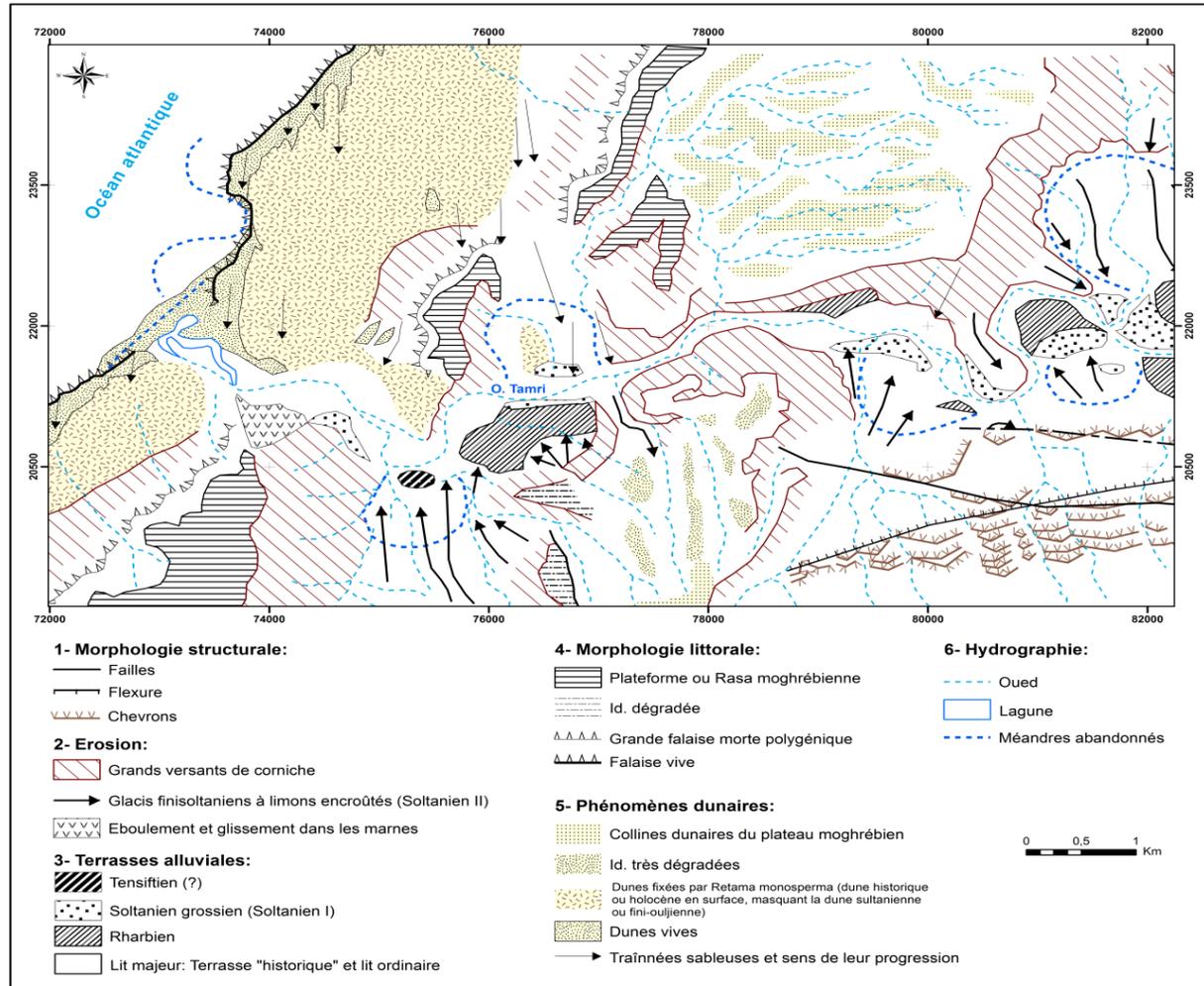
1 anticlinal ; 2 périclinal ; 3 synclinal ; 4 flexure ; 5 crête ; 6 falaise ; 7 première falaise morte ; 8 falaise morte pléistocène principale ; 9 terrasse marine 3 (+50m) ; 10 plateforme ou «rasa moghrébiene» ; 11 id., disséquée.

**Fig. 1. Atlantic Atlas coastline between Agadir and Oued Tamri (Assif n'Aït Ameur) (A.Weisrock and al., 2013).**

1 anticline; 2 periclinal; 3 synclinal; 4 flexure; 5 crest; 6 cliff; 7 first ancient cliff; 8 ancient cliff Pleistocene; 9 marine terrace 3 (+ 50m); 10 platform or "moghrebiana rasa"; 11 id., dissected.

Sur ce littoral, deux grands oueds se déversent dans l'océan Atlantique à Tamri et à Tamraght. Le

plus important étant oued Tamri qui draine un large bassin versant d'une superficie de 1734 km<sup>2</sup>, et il est sujet à d'imposantes crues (Weisrock & al., 2006). En dépit d'imposantes accumulations dunaires, l'embouchure de cet oued est une zone très attractive (Fig.2).



**Fig. 2. Croquis morphologique de la basse vallée de l'oued Tamri (Weisrock, 1980).**

**Fig. 2. Morphological sketch of the Oued Tamri lower valley (Weisrock, 1980).**

Aujourd'hui, sous climat aride et en situation océanique globalement transgressive, les vents dominants de secteur Nord amassent le sable en rive droite, obturant la basse vallée. L'embouchure est barrée par un cordon de galets et de sables retenant à l'amont un petit lagon marécageux. La rive gauche élevée (ancien versant de vallée et/ou falaise morte entaillant la retombée nord de l'anticlinal du Cap Rhir) bloque les sables résiduels un peu moins abondants. Ceux-ci proviennent des accumulations de rive droite, de la plage et de la basse vallée elle-même. Celle-ci a pu

fonctionner en estuaire au cours des transgressions du SIM 5, mais elle s'est surtout étendue considérablement sur le plateau continental lors de la régression globale des SIM 4-3-2. Une falaise morte dominait alors une large plaine côtière où se sont développés les systèmes dunaires, le tout étant aujourd'hui presque entièrement submergé, comme sur l'ensemble des littoraux (Cawthra & al., 2018). C'est en fonction de ces données morphostructurales et des processus climatiques fondamentaux agissant sur la dynamique marine, fluvia-

tile et éolienne, qu'il faut interpréter la situation des artefacts préhistoriques.

### 3. LA COUPE DE TIGHRINE IMKSAWNE.

#### Géomorphologie et choix de la coupe

La coupe principale étudiée « Tighrine Imksawne » a été relevée sur la falaise vive actuelle de raccordement avec le niveau marin, à 200 m au sud de l'embouchure de l'oued Tamri. A cet endroit, le dispositif morphologique est celui d'une « racine d'oulja » puisque le sommet d'une falaise morte façonnée par un haut niveau marin antérieur est ici apparent à 200m vers l'intérieur où il marque un ressaut dans la topographie. C'est contre cette falaise morte et ses dépôts de pied de versant antérieurs que la formation de Tighrine Imksawne est adossée. Le choix de cette coupe est justifié non seulement par son accessibilité (les divers niveaux sont accessibles pour l'échantillonnage pétrographique), son épaisseur, mais également par le nombre de termes distincts qu'elle renferme, avec plusieurs générations de dunes et de paléosols intercalaires déposées contre la falaise morte. D'autre part, à la base de la coupe apparaît le substrat géologique hauterivien, recouvert par une plage du SIM 5 et sa dune de haut de plage. Au-dessus se trouvent plusieurs générations d'éolianites séparées par des paléosols plus au moins pédogénisés, colluvionnés et remaniés par le ruissellement hydrique. Le front de la falaise vive est scellé par un dépôt franchement dunaire puis, un peu en retrait, par des dépôts éoliens beaucoup moins compacts qui forment la partie sommitale de la coupe et atteignent parfois le sommet de la falaise morte. Enfin, le choix est motivé parce que plusieurs paléosols interdunaires recèlent des artefacts préhistoriques associés à des Hélicidés et parfois à des fragments de coquilles d'œufs d'Autruche.

#### Stratigraphie et subdivisions de la coupe (Fig. 3)

La coupe entière est considérée comme une formation sédimentaire, en l'occurrence la formation de Tighrine Imksawne. Celle-ci est subdivisée dans

un premier temps en unités morphologiques (U) facilement discernables sur le terrain. Chaque unité présente une homogénéité quant à son aspect extérieur, indifféremment de l'origine génétique des dépôts. Chaque unité est elle-même subdivisée en séries (S), c'est ainsi par exemple que l'unité U1 renferme une série marine à la base surmontée par une série d'origine éolienne. Chaque série peut contenir un ou plusieurs niveaux sédimentaires, ainsi la série S7 est constituée de trois niveaux : deux niveaux de dunes séparés par un paléosol.

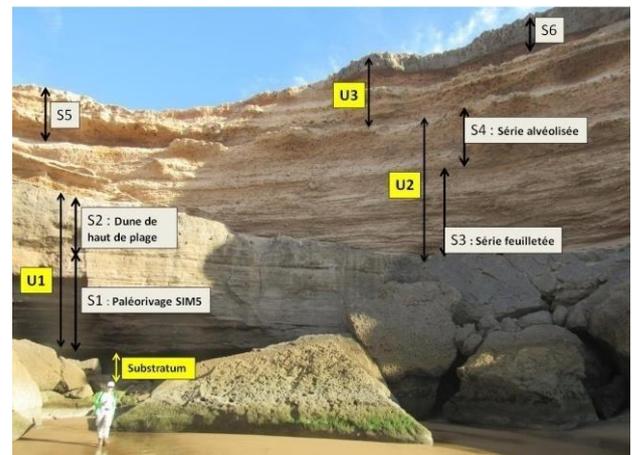


Fig. 3. Subdivisions du front de la coupe de Tighrine Imksawne.

Fig. 3. Subdivisions in front of the Tighrine Imksawne Section.

La formation de Tighrine Imksawne se compose de quatre unités (Fig. 3 et 4)

L'unité inférieure U1 forme un soubassement rocheux et se subdivise en deux séries :

La série S1 : c'est une plage «ouljienne» du SIM 5 avec une épaisseur maximale de 8 à 10 m. Elle repose directement en discordance sur le substrat géologique constitué par les marnes hauteriviennes qui sont tranchées (ici vers + 3m) par une surface d'abrasion marine relativement plane hormis quelques ravinelements. Cette surface d'abrasion marine ouljienne, dégagée par l'affouillement des marnes sous-jacentes, montre un relèvement léger vers l'E-SE (Figure 5), ce qui est conforme à la structure.

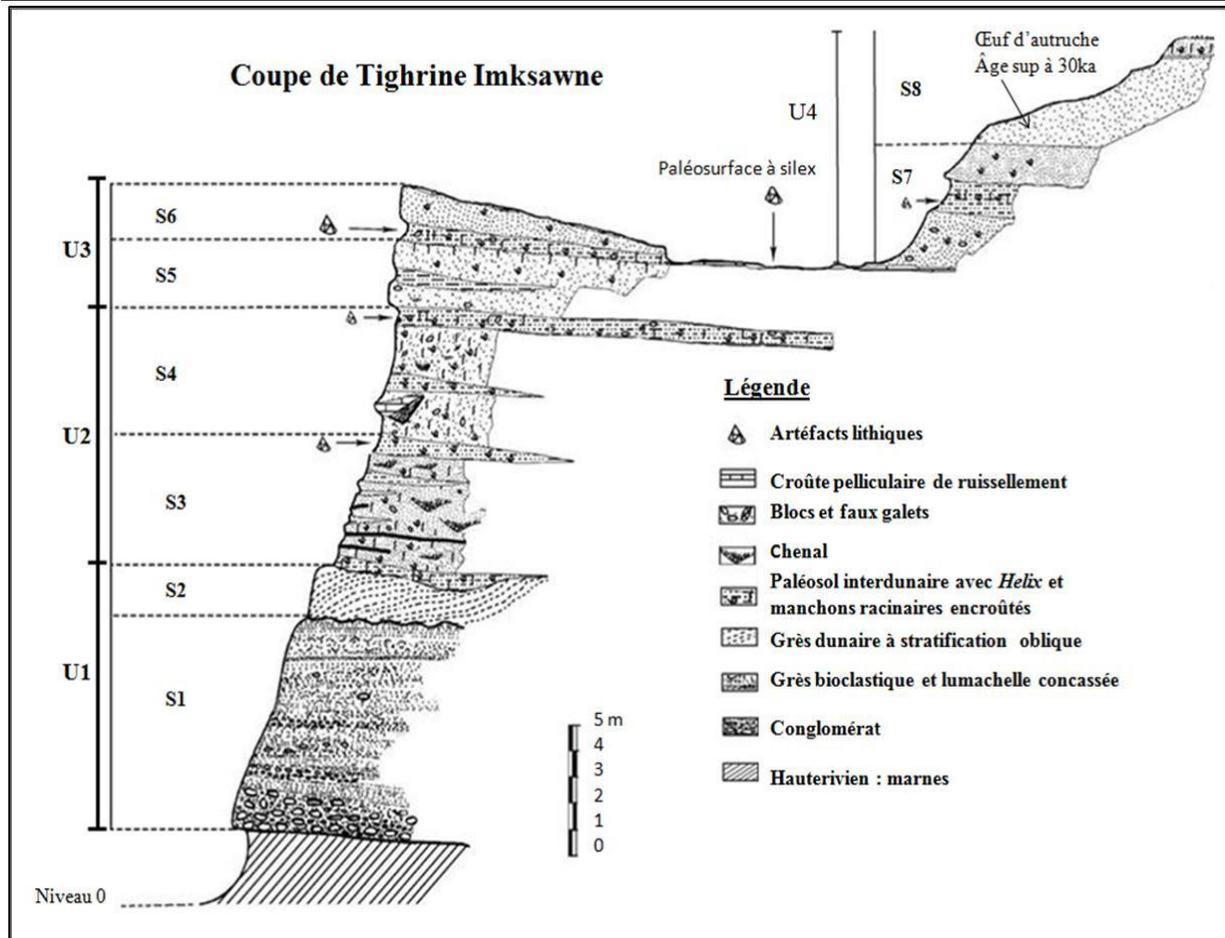


Fig. 4 : Coupe de Tigrine Imksawne (N 30°42' 404 ; W 9°51'757).

Fig. 4. Tigrine Imksawne Section (N 30 ° 42 '404, W 9 ° 51'757).

Le paléorivage est constitué à la base par un conglomérat de 3 m d'épaisseur, plutôt monogénique, avec essentiellement des galets calcaires aplatis. D'abord de taille moyenne, ces galets deviennent de plus en plus petits (granoclassement décroissant) vers le sommet. On note une stratification apparente horizontale dans ce conglomérat et on passe progressivement vers le haut à des grès bioclastiques qui s'interstratifient avec des microconglomérats de petits galets calcaires, de rhyolites et de silex. Par endroits apparaissent des niveaux de lumachelle finement concassée et en fin des grès avec quelques coquilles de *Mytilus sp.* Des niveaux de concentration de minéraux ferromagnésiens donnent une coloration noirâtre à cette partie supérieure de S1, sur environ 6 m d'épaisseur moyenne.

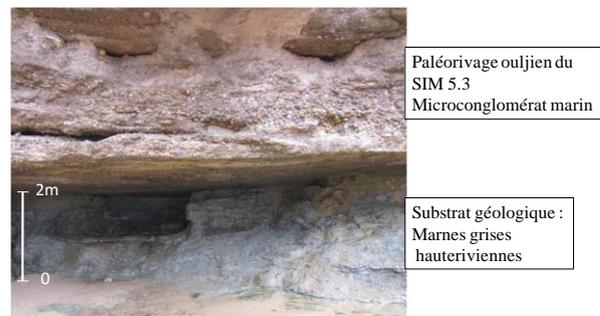


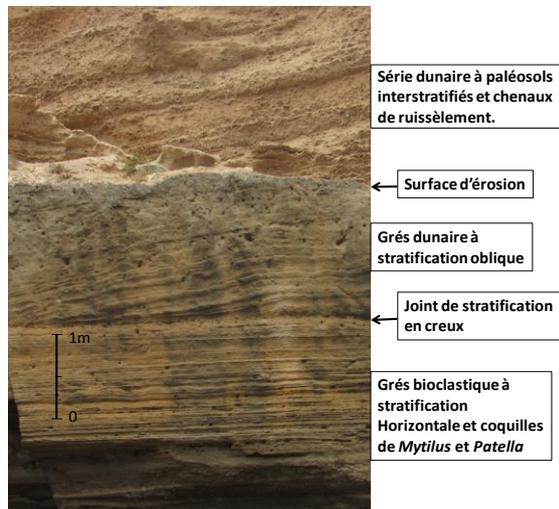
Fig. 5. T.I., surface d'abrasion marine entre le substratum hauterivien et le paléorivage du SIM 5.3 (Unité 1, série S1).

Fig. 5. T.I., marine abrasion surface between the hauterivian bedrock and the SIM 5.3 palaeo-sea-level (Unit 1, series S1).

**La série S2 :** Il s'agit d'un dépôt dunaire stratifié, continu, sur une épaisseur moyenne de 2 m à Tigrine Imksawne. Sur le front de coupe, le contact avec la série S1 est mis en évidence par l'érosion sélective, sous la forme d'une encoche continue. Cette ligne de contact est parfois ondu-

lée, marquant une surface de ravinement avec des manchons racinaires encroûtés à la base.

Par ailleurs, la stratification de cette série dunaire est oblique et marque un certain contraste avec la plage plutôt à stratification horizontale (Fig. 6A).



Cette dune (S2) gagne en épaisseur (jusqu'à une dizaine de mètres de hauteur) vers l'embouchure : elle figure nettement la forme d'une dune classique de haut de plage (*incipient foredune*, Hesp, 2002) installée au-devant de la falaise morte (Fig. 6B).

Fig. 6 A: T.I., Unité 1, contact entre la plage S1 du SIM 5.3 (strates horizontales) et la dune de haut de plage, S2, (strates obliques).

Fig. 6 A: T.I., Unité 1, contact between the SIM 5.3 beach, S1 (horizontal strata) and the near-shore dune, S2, (oblique strata).

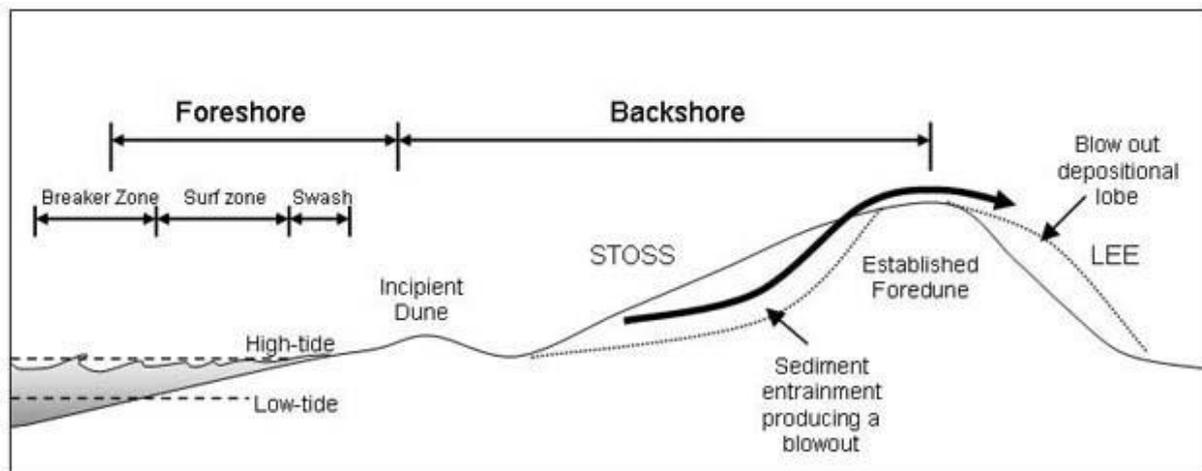


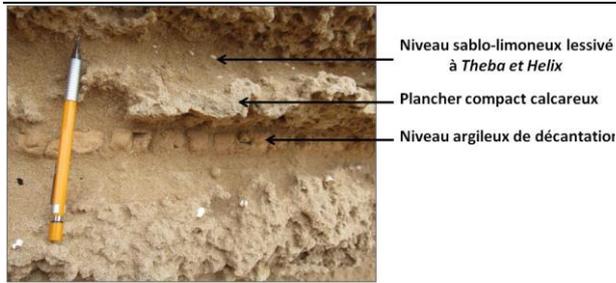
Fig. 6B : Schéma d'une foredune (Hesp, 2002).

Fig. 6B: Diagram of a foredune (Hesp, 2002).

L'unité 2 (U2), à l'inverse de S2, elle prend à Tigrine Imksawne un maximum d'épaisseur, 12 m, alors qu'ailleurs elle ne dépasse guère 2m. Cette unité affectée par la pédogenèse contraste avec la précédente car elle est constituée dans l'ensemble par un dépôt colluvial et éolien de couleur rose qui s'est accumulé dans la dépression séparant la foredune de la falaise morte. Elle est constituée par deux séries, S3 et S4.

La série S3 présente un aspect feuilleté dû à la succession de plusieurs lentilles roses limono-argileuses plus ou moins étendues qui

s'interstratifient avec des dépôts calcaires plus compacts en relief. On note à sa base (Fig. 7) des niveaux argileux de décantation avec de petits fragments de charbons ; les dépôts calcaires sont parfois grossiers, englobant des nodules calcaires, des fragments anguleux de croûte calcaire et de grès ainsi que des *Helix* et des *Theba*.



**Fig. 7. T.I., Unité 2, série S3, détail des niveaux compacts en relief et friables en creux.**

**Fig. 7. T.I., Unit 2, S3 series, details of the compacted embossed solid levels and the friable hollowed ones.**

Les encroûtements racinaires s'observent conjointement dans l'ensemble de cette série.

La série S4 est davantage affectée par la pédogenèse que la série S3, elle paraît alors plus homogène et plus massive. Un paléosol limoneux rose plus étendu que les précédents marque le sommet de cette série et a fourni deux petits éclats taillés, l'un sur rhyolite et l'autre sur silex. Ce niveau contient également des coquilles d'*Helix* et des traces de racines.

L'unité 3 (U3) se distingue par son aspect en bancs sableux éoliens plus ou moins consolidés continus, sub-horizontaux, formant le sommet de la falaise vive, et par son alvéolisation. Elle se compose de deux séries, S5 et S6.

La série S5 présente elle-même deux niveaux de sables éoliens plus ou moins consolidés, séparés par une lentille de sol rose peu évolué. Le banc inférieur comporte à sa base des petits chenaux avec graviers et galets calcaires remaniant des éléments gréseux et, dans sa partie supérieure, un sable éolien homogène légèrement consolidé. Cette série éolienne est riche en fragments de coquilles continentales, elle présente aussi quelques racines encroûtées et de grosses coquilles d'*Helix*. Le banc supérieur de S5 est un grès bioclastique avec des *Helix* et de gros manchons racinaires qui partent du sommet du dépôt. On remarque l'absence de chenaux, c'est pourquoi ce banc paraît plus homogène. L'épaisseur maximale de toute la série S5 est de 3m.

La série S6 commence par un niveau de paléosol rose limono-argilo-sableux assez bien développé sur 1,20 m d'épaisseur. On y a récolté deux hacheaux, un fragment d'un troisième et de gros éclats, tous façonnés sur calcaire gréseux vert du

Vraconien (*Infra*). Un banc de grès dunaire compact à coloration superficielle noirâtre recouvre ce paléosol et scelle le sommet de la falaise. A sa surface s'est formé un encroûtement calcaire zonaire typique des ruissellements. Cette paléo-surface, aujourd'hui partiellement exhumée de sa couverture dunaire (Unité 4), a été fréquentée par le préhistorique qui y a laissé des éclats de silex non retouchés assez abondants.

La paléo-surface supporte l'unité U4 (U4), constituée de l'empilement de deux séries dunaires : S7 et S8.

La série S7 comporte à la base un dépôt sableux bioclastique massif de couleur jaune clair, légèrement *taffonisé*, avec très peu d'*Helix* et quelques nodules encroûtés. L'épaisseur est de 1 à 1,50 m. On passe verticalement à un paléosol rubéfié limono-argileux à *Helix* et traces de racines encroûtées avec une épaisseur de 1,20 m. Le sommet de S7 est formé par un niveau dunaire durci en relief sur une épaisseur de 1,50 m ; le passage est progressif tant vers le bas que vers la série supérieure.

La série S8 forme la partie sommitale de la coupe, elle est constituée de deux niveaux :

La dune inférieure épaisse de 5m, durcie et de couleur rose, a fourni des fragments de coquilles d'œufs d'autruche concentrés à surface d'une aire de déflation.

On passe progressivement à la dune supérieure limono-sableuse, friable, de couleur grise blanchâtre. Dans cette série, une pellicule calcaire sépare une partie supérieure - avec davantage d'*Helix* et de traces de racines - d'une partie inférieure. L'accumulation se termine par une seconde pellicule de croûte zonaire de ruissellement, relativement démantelée, formant le glacis sommital.

#### **Coupe de l'embouchure de l'oued Tamri, rive gauche.**

La coupe de Tighrine Imksawne a dû être complétée par des prélèvements effectués en bordure de l'embouchure pour des récoltes plus favorables (*Infra*). A cet endroit, l'Unité 1 définie à Tighrine (S1 et S2), est recouverte par une dune Sx, non encore corrélée à la coupe principale.

#### 4. ANALYSES ET RESULTATS

##### 4.1. Sédimentologie et pétrographie sédimentaire

Nous avons procédé à une analyse granulométrique classique d'échantillons de chaque série par tamisage à sec après une attaque ménagée à l'HCl 10%. Pour le matériel très consolidé, en l'occurrence les séries S5 et S6 sommet, le tamisage n'a pu être réalisé qu'après une décalcification complète. La morphoscopie est effectuée à la loupe binoculaire pour la fraction de 250 µm et le contenu microfossilifère est noté. L'étude pétrosé-

dimentaire débutant seulement, on a choisi de traiter en priorité deux échantillons de dunes : la dune de haut de plage située dans l'oued, au-dessus du paléorivage (désignée Sx par commodité) et la dune de la série S5 (Unité 3, deuxième «grande dune» de la formation de Tighrine Imksawne). Ces deux échantillons ont bénéficié dans le même temps de datations OSL (*Infra*). Par ailleurs, la calcimétrie a été réalisée à l'aide d'un calcimètre Bernard. Les résultats des analyses sont consignés sur le tableau récapitulatif (Fig. 8).

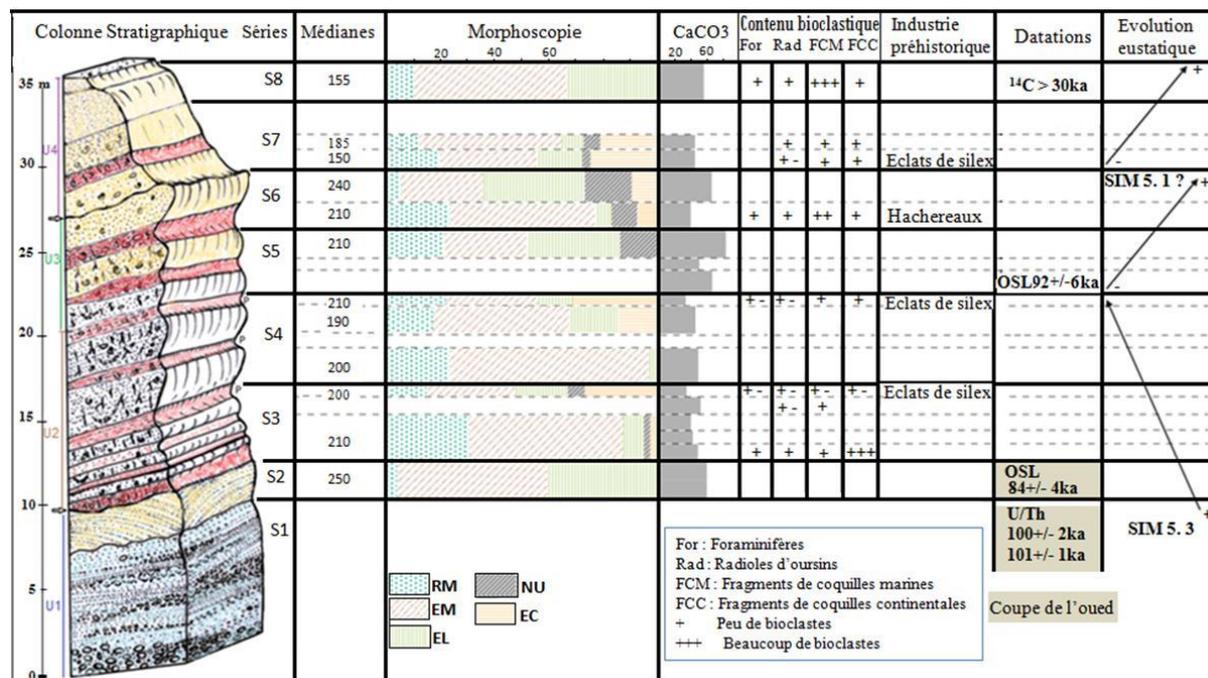


Fig. 8. Coupe de Tighrine Imksawne, tableau récapitulatif des résultats. NB : dans la colonne datations, les résultats surlignés correspondent à la coupe de l'embouchure.

Fig. 8. Tighrine Imksawne Section, simplified Table of results. NB: in the dates column, the highlighted results correspond to the Oued Tamri mouth Section.

Ce tableau montre que la formation de Tighrine Imksawne est essentiellement sableuse et limoneuse, avec des médianes qui varient entre 150 et 250 µm et de nombreux indices d'éolisation des grains de sable. L'ensemble des niveaux de la coupe est riche en CaCO<sub>3</sub>, bien que les niveaux rubéfiés en contiennent moins que ceux franchement dunaires. Les lames minces de la série S5 (Unité 3) et de la dune Sx surmontant le paléorivage (Unité 1) dans l'oued (Fig. 9A et 9B) montrent que dans ces éolianites, les carbonates proviennent principalement des ciments et des grains

bioclastiques (coquilles marines et/ou continentales, matre algale). Pour les ciments, la différence entre les deux dunes provient du pourcentage de ciment carbonaté isopaque autour des grains (27% dans Sx et 36% dans S5). La porosité initiale du sédiment était donc plus forte dans S5, ce qui est un argument en faveur de son dépôt éolien originel. Dans le contenu de ces deux dunes, la principale différence provient du pourcentage de bioclastes (33% dans la dune Sx contre 26% dans S5, ce qui est dû à un pourcentage beaucoup plus élevé de coquilles de Mollusques marins et de

mattes d'algues rouges coralliennes dans la première : 23% des éléments figurés, contre 13% dans S5). La dune Sx a également une médiane de 250 µm, plus élevée que celle de S5 (220 µm) et sa morphologie indique bien (*supra*) qu'il s'agit d'une dune classique de haut de plage directement liée au rivage. En revanche, la liaison directe entre S5 et une plage n'est pas établie, mais on peut penser que lors du dépôt de S5, le rivage ne devait pas être très éloigné. La granulométrie et la morphoscopie montrent également qu'après le dépôt de la dune de haut de plage (Md à 250 µm), les séries S3 et S4 (Unité 2) correspondent à un matériel plus fin (Md à 200 µm), plus éolisé, avec une forte augmentation du pourcentage des RM et des EM. Le dépôt de l'Unité 2 a donc lieu alors que la ligne de rivage s'éloignait durant une phase régressive. Dans l'Unité 3, avec le dépôt de S5, on note une nette progression des EL et l'apparition notable des grains NU, ce qui annonce sans doute une phase transgressive et/ou un assèchement du climat. Le trait de côte se rapproche encore lors de la mise en place de la série S6, avec une augmenta-

tion de la médiane (240 µm), une augmentation du pourcentage des grains EL et NU et une nette diminution du pourcentage des RM.

En l'absence de lames, il n'est pas possible de donner une interprétation de l'Unité 4 ; elle s'installe après une phase d'érosion qui détruit par endroits une partie des séries antérieures ; les séries S7 et S8 sont de granularité fine (150 µm) et se trouvent en retrait par rapport au front de la falaise vive actuelle. Mais, alors que la série S7 correspond à une régression (avant 30 ka), la partie sommitale de la série S8 témoigne d'un rapprochement nouveau du rivage, peut-être holocène ? En effet, bien que cette dernière série soit constituée par un sable fin, ce dernier est à 90% composé de bioclastes marins. Sa médiane faible (155 µm) pourrait être expliquée par la présence d'une falaise vive côtière, à l'exemple de ce qui se passe aujourd'hui : seules les particules fines et légères, soufflées par le vent, peuvent franchir la barrière.

Aspect microscopique de grès (partie supérieure). MA: matre algaire; Mol: mollusque; For: foraminifère; Cim: ciment; Por: porosité; Qz: quartz; Fel: Feldspath; Ox: oxyde de fer; Epi: Epidote; Fr R: Fragments de roche. Abondance des éléments de la roche en % (partie inférieure)

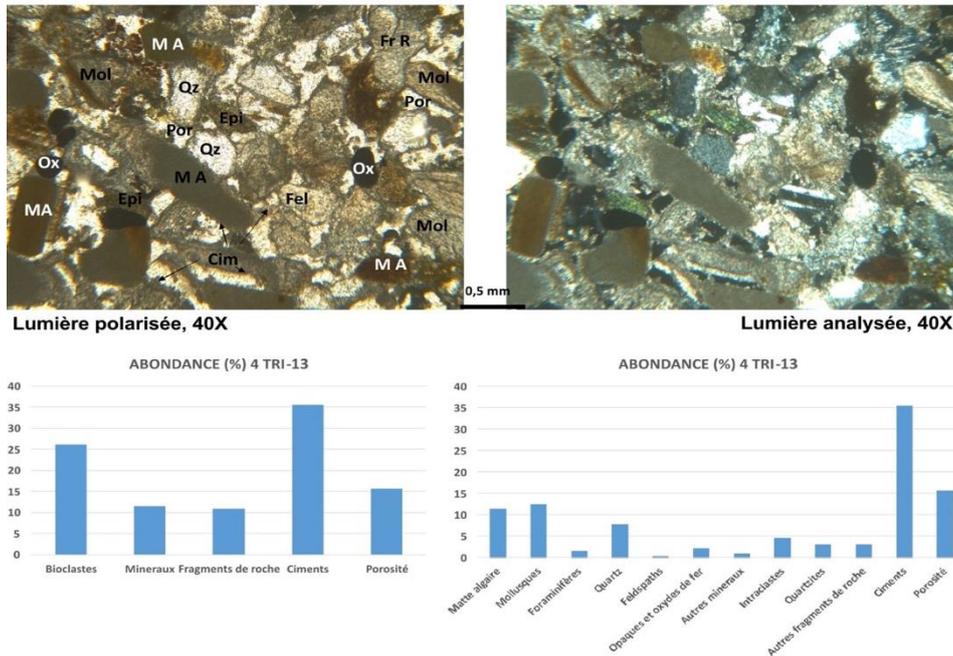


Fig. 9 A. Tighrine Imksawne, étude pétrographique de l'échantillon 04-TRI-13, partie inférieure de la série S5 (Unité 3).

Fig. 9A. Tighrine Imksawne, petrographic study of the 04-TRI-13 sample, lower part of the S5 series (Unit 3).

Aspect microscopique de grès (partie supérieure). MA: matie algiaire; Mol: mollusque; For: foraminifère; Cim: ciment; Por: porosité; Qz: quartz; Ox: oxyde de fer; Int: intraclaste. Abondance des éléments de la roche en % (partie inférieure)

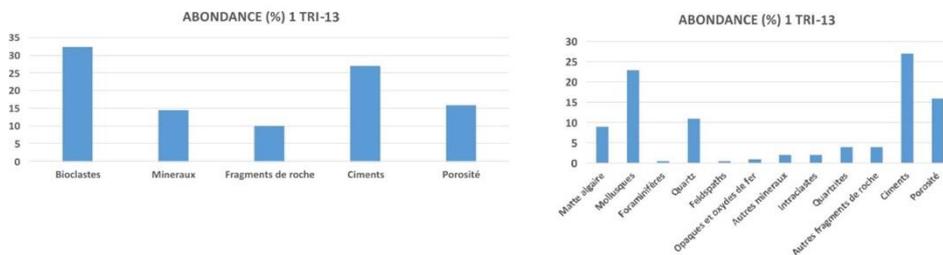
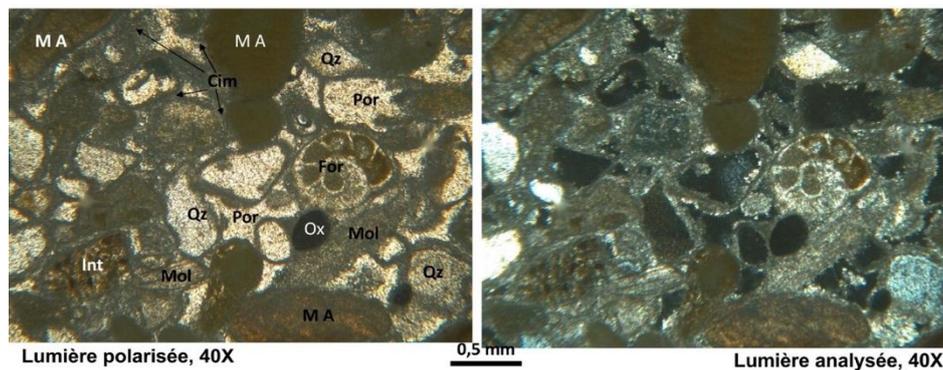


Fig. 9 B. Oued Tamri, rive gauche, étude pétrographique de l'échantillon 01-TRI-13, série Sx (Les corrélations entre les deux coupes de Tighrine Imksawne et de l'Oued Tamri ne sont pas encore fermement établies).

Fig. 9 B. Oued Tamri, left bank, petrographic study of the 01-TRI-13 sample, Sx series (The correlations between the two sections of Tighrine Imksawne and Oued Tamri are not yet firmly established).

#### 4.2. Géochronologie :

##### Datation U/Th du paléorivage (Unité 1, série S1)

La méthode U/Th a été appliquée à des coquilles de mollusques marins prélevées dans les dépôts marins et fluviomarins sur la rive gauche de l'Oued Tamri. Une des problématiques essentielles est l'attribution d'un âge précis au paléorivage «ouljien». A l'endroit de la coupe de Tighrine Imksawne, la plage «ouljienne» ne renferme pas de matériel approprié à la datation, les coquilles sont surtout des *Mytilus*, très fines et fragiles, prises dans une gangue très consolidée. C'est pourquoi nous avons suivi ce paléorivage jusqu'à la rive gauche de l'oued Tamri où la malacofaune est beaucoup plus abondante, avec des coquilles de Patelles, de *Mytilus* et de *Thais*. A cet endroit, la plage «ouljienne» se dépose en discordance sur un conglomérat fluviomarín grossier, alors que le substratum géologique n'est plus visible. La datation U/Th concerne deux prélèvements, une coquille de Patelle à la base du paléorivage et une coquille de *Thais* à la partie supérieure de la nappe fluviomarín. Pour la plage ouljienne, la datation de la Patelle a donné deux résultats : 100,02 ±

1,662 ka et 101,188 ± 1,339 ka, ce qui suggère que ce paléorivage correspond au stade SIM 5.3. Par contre la coquille récoltée à la partie sommitale du conglomérat fluviomarín a donné un âge U/Th de 204,519 ± 5,786 ka (SIM 7). Il y a bien une discordance entre les deux dépôts (plage et dépôt fluviomarín), mais on peut supposer que cette dernière datation a été faite sur une coquille qui pourrait provenir du remaniement d'un paléorivage plus ancien (SIM 7) situé plus en amont dans la basse vallée.

##### Datation OSL de dépôts dunaires de Tighrine Imksawne (Unité 3, série S5) et de l'Oued Tamri (série Sx)

Datation OSL de la «deuxième grande dune» de Tighrine Imksawne :

La méthode OSL (Murray et Wintle, 2000) a été appliquée aux grains de quartz (200-250 microns) du dépôt sableux éolien de la partie inférieure de la série S5. La paléodose des quartz est estimée par la technique de régénération  $\beta$  sur aliquotes uniques («Single Aliquote Regenerative-dose technique» ou technique SAR, Murray et Wintle, 2000).

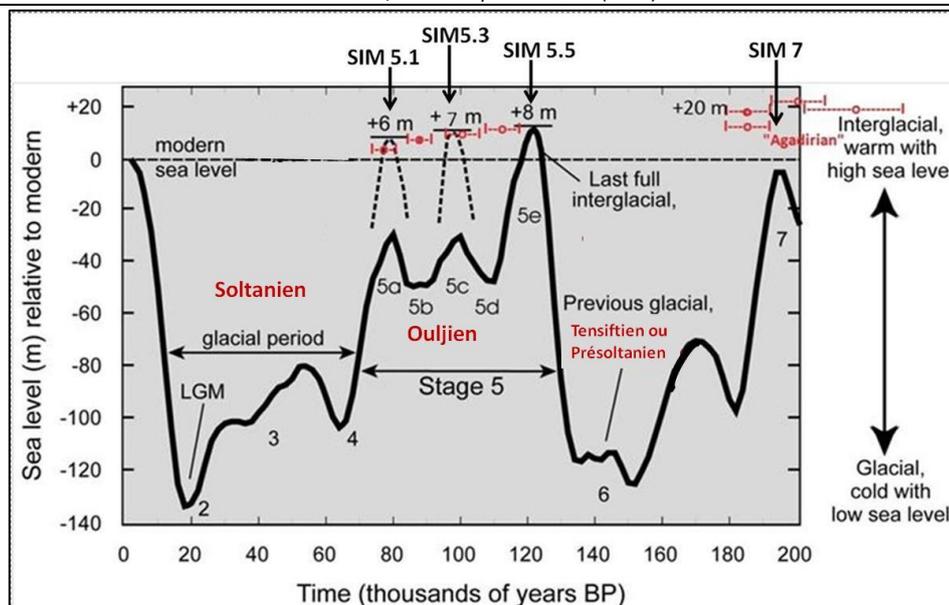


Fig. 10. Stades et sous-stades isotopiques marins (d'après P.R. Parham *et al.*, 2007), Enregistrements des hauts niveaux marins des derniers 240ka à Agadir (en rouge) (Weisrock *et al.*, 2013).

Fig. 10. Marine isotopic stages and sub-stages (after P.R. Parham and al., 2007), Recordings of the last 240ka high marine levels at Agadir (in red) (Weisrock and al., 2013).

La date OSL obtenue :  $92 \pm 6$  ka, suggère un âge du SIM 5.3 - SIM 5.2 indifférencié. La précision de la méthode n'autorise en effet aucune discrimination entre les SIM 5.3 et SIM 5.2, S5 correspondrait donc soit à la fin du SIM 5.3, soit au début du SIM 5.2., période de haut niveau marin de la deuxième transgression du SIM 5, restée probablement un peu plus bas que les précédentes (Fig. 10, d'après Parham *et al.*, 2007). Cet âge est en bon accord avec la situation géomorphologique et les caractères sédimentologiques de ce dépôt (*supra*). Dans ces conditions, l'Unité 3 représenterait un dépôt dunaire assez proche du rivage, soit déposé lors du pic du SIM 5.3, soit au début du SIM 5.2, en contexte aride.

Datation OSL de la dune « Sx » qui surmonte le paléorivage dans la coupe de l'Oued Tamri :

La date obtenue :  $84 \pm 4$  ka, suggère un âge du SIM5.1 aussi bien que du SIM5.2. Elle indique que cette dune n'est pas forcément liée directement au paléorivage du MIS5.3 qu'elle recouvre. Restent à établir les corrélations précises entre les deux coupes pour conforter ou infirmer cette hypothèse.

#### Datation $^{14}\text{C}$ dans l'Unité 4

A Tighrine Imksawne, des fragments de coquille d'œuf d'autruche provenant d'une aire de déflation à la base de la série supérieure S8 de l'Unité 4

ont été datées par  $^{14}\text{C}$  (G. Delibrias, *in* Weisrock 1980). L'âge obtenu,  $> 30\,000$  ans B.P, paraît trop ancien. En effet, la dune qui contenait les fragments datés est assez friable et est postérieure à la paléo-surface S6/S7 qui contient des artefacts au mieux épipaléolithiques. Les fragments de coquille dégagés par la déflation ne sont donc certainement pas en place.

#### 4.3. Industrie préhistorique

Plusieurs niveaux de la coupe recèlent des artefacts préhistoriques. En plus de petits éclats sur rhyolithe et silex dans divers niveaux roses de l'Unité 2, deux hachereaux et le fragment d'un troisième ainsi que de grands éclats, ont été récoltés dans le paléosol à la base de S6 (Unité 3). Par ailleurs, la paléo-surface dégagée au-dessus de S6 (à la limite U3/U4) a fourni un ensemble homogène de petits éclats de silex.

#### Eclats de taille de l'Unité 2

Il s'agit de rares petits éclats sur rhyolithe ou sur silex, malheureusement trop rares ou peu caractéristiques pour être significatifs.

#### Industrie à hachereaux du niveau rose à la base de S6 (Unité 3)

Les hachereaux (Fig. 11) sont façonnés sur des galets de calcaire gréseux vert du Vraconien. Leurs tranchants résultent de la rencontre de la surface

naturelle du galet avec la surface du débitage, ce sont donc des «proto-hachereaux» (Tixier, 1956). Pour mieux les équilibrer, le préhistorique les a repris par des retouches normales scalariformes et parfois semi-envahissantes sur les deux bords. Sur l'un des hachereaux, il a procédé à quelques retouches inverses sur le bord droit et également à un amincissement du bulbe. Le deuxième hache-

reau paraît être débité par un percuteur tendre et ne présente pas de bulbe proéminent. Le talon est préparé pour l'un et partiellement naturel pour l'autre. Ces hachereaux, ainsi que les gros éclats trouvés dans le paléosol à la base de S6, sont toujours partiellement encroûtés ; l'encroûtement est superficiel, pelliculaire, englobant des sables grossiers et des fragments de coquilles.

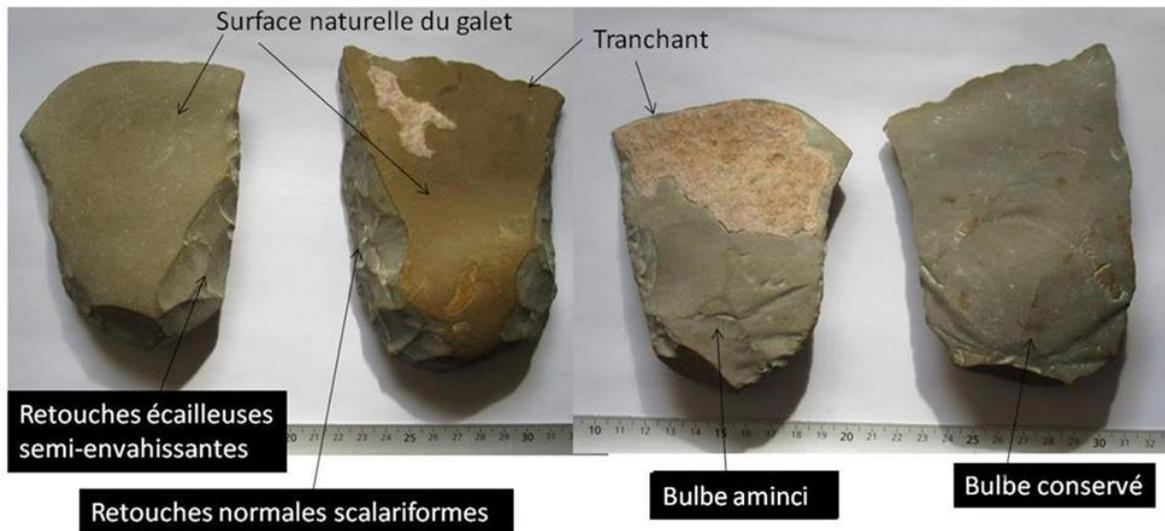


Fig. 11. Tigrine Imksawne, proto-hachereaux sur galets de l'Unité 3, série S6.

Fig. 11. Tigrine Imksawne, Unit 3, S6 Series: archaic cleavers on pebbles.

#### Industrie de la paléosurface S6/S7 (ou U3/U4)

Il s'agit d'un ensemble homogène de petits éclats de silex relativement abondants. La matière première est assez homogène car le silex le plus utilisé est de couleur gris cendre et provient sans doute des bancs du Crétacé ou du Jurassique supérieur, comme au Cap Rhir voisin. Malheureusement, en l'absence d'outils, on ne peut pas trancher quant à l'attribution catégorique de ces éclats à l'Épipaléolithique ou au Néolithique.

#### 5. DISCUSSION

##### Inadéquation apparente entre la position des industries lithiques et les âges OSL et <sup>14</sup>C

La situation des petits éclats de silex et de rhyolite, toutefois assez rares dans les séries S3 et S4, dans un contexte stratigraphique antérieur à celui de l'industrie à hachereaux pose problème : ces artefacts semblent en effet être plus récents que l'industrie à hachereaux sus-jacente.

Bien que «le hachereau puisse apparaître occasionnellement au Paléolithique moyen» (Inizan et al., 1995), l'industrie à hachereaux de Tigrine

Imksawne, si elle est bien «acheuléenne» (Biberson, 1961 ; Alimen, 1977), pose problème par sa présence dans un contexte stratigraphique relativement récent (SIM 5.3-SIM 5.2). La base de S6, paléosol rose clair où on a recueilli cette industrie, est en effet postérieure à la dune littorale du SIM 5.3-SIM 5.2 (série 5 de l'Unité 3), datée à  $92 \pm 6$  ka. Dans le paléosol rose, on a remarqué des nodules de croûte calcaire et des fragments de grès, ainsi que plusieurs gros éclats de la même matière première que les hachereaux. Cela porte à croire que ce matériel a pu être remanié, mais aussi qu'il ne doit pas provenir de bien loin car il ne porte aucune trace de choc ou de cassure plus récente.

A l'inverse, l'industrie épipaléolithique ou néolithique de la surface U3/U4 est certainement plus récente que la date de plus de 30 ka, donnée pour une dune qui fossilise cette surface.

##### Hypothèse sur la mise en place des artefacts et outils remaniés de l'(U2) et de l'(U3)

Pour tenter d'expliquer le contexte stratigraphique apparemment trop récent des proto-

hachereaux, un modèle géomorphologique a été élaboré (Fig. 12). En effet, on doit prendre en considération la présence d'une falaise morte située en retrait de 200 m par rapport au rivage actuel. Le sommet de cette ancienne falaise est visible, vers +50 m dans l'arrière-pays, conservé par une dalle calcaire épaisse ; comme en d'autres lieux proches, à Cap Rhir, à Assif Lamahyane ou à Agadir (Weisrock, 2012), il est probable que cette falaise morte soit polygénique, façonnée au SIM 7 et remaniée au SIM 5. Plusieurs systèmes transgressifs/régressifs sédimentaires plage-dune-colluvions se recouvrent, ou sont emboîtés au pied de la falaise morte. Notons que la présence supposée d'un témoin de la plage de SIM 7 au pied de cette falaise est rendue plus vraisemblable par la datation à 200 ka de coquilles marines à l'embouchure (*supra*). On peut donc penser que les outils aient pu être fabriqués longtemps avant la transgression du SIM 5.3 (Unité 1) et fossilisés au pied de la falaise morte. Les séries S3 et S4 de l'Unité 2 se seraient mises en place assez rapidement (lors du SIM 5.3), avec des inclinaisons fortes, pour combler la lette entre la *foredune* du SIM 5.3 et la falaise morte. Des éclats taillés à ce moment-là au pied de la falaise morte ont pu être mêlés aux colluvions

de (S3) et (S4). L'évolution du front de falaise s'est poursuivi ensuite, mais avec des pentes plus faibles, pour la mise en place de l'Unité 3 (séries S5 et S6) à la fin du SIM 5.3 ou au début du SIM 5.2 ; des artefacts plus anciens, jusque-là fossilisés, ont alors été dégagés et déplacés plus lentement à la surface d'un glaciais de régularisation (base de S6) initié par le retrait du rivage. Autrement dit, la position des outils préhistoriques s'explique par le principe de la sédimentation inverse de part et d'autre d'un «knick». C'est ce dispositif qui ferait que des outils réputés acheuléens se retrouvent incorporés dans un sédiment datant de la fin du SIM 5.3. Les outils et les grands éclats ont toujours une face ou un bord recouvert de croûte calcaire pelliculaire, faciès de croûte lié typiquement à des ruissellements (Alonzo-Zarza & Wright, 2010). La croûte incorpore à sa surface des sables coquilliers grossiers, probablement meubles lors du dépôt ultime des artefacts. La répartition spatiale des outils et des éclats, ainsi que leur fabrication, n'ont toutefois pas été étudiées en détail, ce qui ne permet pas de caractériser à coup sûr le mode de transport : par gravité, glissement et/ou ruissellement ? (Lenoble, 2005).

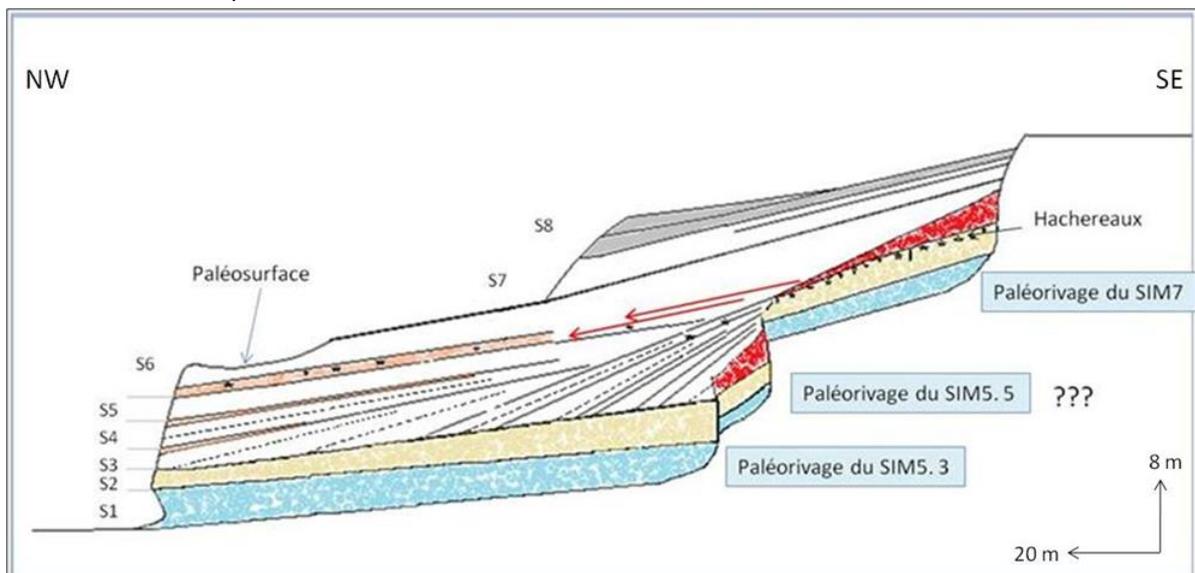


Fig. 12. Dispositif géomorphologique probable et mise en place des accumulations dunaires et colluviales au front d'une falaise morte polygénique. (Les flèches rouges indiquent le trajet des outils préhistoriques fossilisés à la base de S6).

Fig. 12. Probable geomorphological feature of aeolian and colluvial accumulations at the front of a polygenic dead cliff. (The red arrows indicate the path of fossilized prehistoric tools at the base of S6).

#### Limite U3/U4 : une industrie épipaléolithique à néolithique antérieure à 30 ka ?

Seule cette industrie paraît être en place car elle jalonne une surface d'érosion fossilisée par un encroûtement zonaire très consolidé qui marque la

limite U3/U4. L'âge  $^{14}\text{C}$  des fragments de coquilles d'œufs d'Autruche recueillis dans la dune surincombante (U4, S8) n'est probablement pas inexact. On peut expliquer cet âge - qui ne peut être attribué à l'industrie - par le fait que, lors de la fabrication de cette dernière, la surface d'érosion (anté-

rieure à 30 ka) était probablement déjà partiellement exhumée.

## 6. CONCLUSIONS PROVISOIRES

### Interprétations paléogéographiques ; sitologie de l'industrie lithique et conséquences sur l'occupation humaine du pied de falaise morte.

Autour de 100 ka, la transgression marine du SIM 5.3 vient raboter le substratum marneux et pénétrer vers l'intérieur du continent pour raviver une falaise polycyclique située actuellement à 200 m dans l'arrière-pays. Les témoins de cette période de haut niveau marin forment l'(U1) : des témoins de plage grossiers dans l'embouchure, mais plus fins à Tighrine Imksawne (S1), surmontés par des sables bioclastiques bien stratifiés (S2) de haut de plage, déposés dans une ambiance sèche et formant une *foredune* classique entre la plage et la falaise polycyclique.

Au début de la régression du MIS5.2, la *foredune* fournit une bonne part du matériel du comblement interdunaire en alternance avec les colluvions en provenance de la falaise morte. Ces dépôts mixtes de colluvions locaux et de sables fins (U2) comblent les creux situés entre la *foredune* du SIM5.3 et la falaise morte. Ce phénomène est amplifié à Tighrine Imksawne où le comblement est conservé. La série S3 montre ainsi un aspect feuilleté dû à une succession de planchers fins calcariés en relief et des niveaux de paléosols roses limoneux lessivés et décalcifiés en redans. Dans l'ensemble, les signes d'écoulement ne manquent pas avec des chenaux, de faux galets (lithoclastes enrobés de croûte zonaire) et des fragments de grès et de croûte. La sédimentation continue avec S4 et correspond toujours à un matériel éolien remanié par les écoulements qui deviennent beaucoup moins fréquents, signe d'un assèchement progressif. Le matériel est très riche en calcaire qui est alors concentré au niveau des manchons racinaires. Enfin, S4 se termine par une phase de pédogenèse rubéfiante impliquant un climat contrasté. Des petits éclats lithiques attestent la présence de l'Homme sur le talus de la falaise morte.

Dans le même temps, autour de  $92 \pm 6$  ka, la ligne de rivage n'est toujours pas très éloignée. Une tendance à l'assèchement du climat se fait sentir lors de la mise en place de l'unité (U3), avec la série S5, puisqu'on passe progressivement d'un

matériel colluvio-éolien à la base vers un sédiment franchement éolien au sommet. La série S6 commence par le deuxième paléosol généralisé dans lequel on a récupéré les hachereaux. Ce paléosol est enfoui sous les dépôts dunaires très consolidés d'une deuxième *foredune* (S6). Dans l'état actuel des recherches, la caractérisation pétrosédimentaire de la série S6 étant encore en cours, on ne peut choisir entre deux interprétations : i) les hachereaux sont en place, contemporains de S6, c'est-à-dire du début de la phase régressive du SIM 5.2, en contexte de niveau marin encore élevé. Il faudrait alors admettre que la pratique de taille du hachereau, qui sous-entend une certaine faculté de prédétermination (Mourre, 2006) a perduré dans le contexte Moustérien et Atérien ; et ii) les hachereaux ne sont pas en place, mais remaniés au sein du paléosol rose de la base de S6. Les hachereaux seraient antérieurs au SIM 5.2, issus d'un dépôt primaire antérieur, et auraient été transportés alors sur une courte distance. Cette option demande à être confirmée en détail par l'étude pétrosédimentaire. Elle implique une durée plus longue pour la formation du paléosol de S6, incluant une phase d'érosion et de transport modérés ; elle autorise à penser que le dépôt de la dune, partie supérieure de S6, serait compatible avec la remontée du SIM 5.1.

Par la suite, une phase d'érosion, sans doute initiée par l'éloignement du trait de côte, a détruit partiellement les dépôts dunaires des SIM 5.3 – SIM 5.2 (et peut-être SIM 5.1) jusqu'à l'affleurement du paléosol sous-jacent. La paléo-surface façonnée par cette phase d'érosion est moulée par un encroûtement zonaire calcaire de ruissellement. Cette paléo-surface sera fréquentée bien plus tard par le préhistorique qui y a laissé des témoins de son passage, probablement au cours de l'Épipaléolithique.

Les séries S7 et S8, beaucoup moins compactes, constituent l'unité morphologique U4, la plus récente de la formation de Tighrine Imksawne, avec toujours des dépôts éoliens plus au moins affectés par la pédogenèse. Leur étude détaillée reste à faire.

Si les similitudes (témoins géomorphologiques de la succession des deux dernières transgressions du SIM 5) sont évidentes avec l'embouchure de l'Assif Tamraght voisin, étudié précédemment (Weisrock

& al., 2016), la différence entre les deux sites réside dans la possibilité offerte à Tamri d'une lecture plus approfondie des dépôts de paléorivages et dunes côtières du SIM 5.3 aujourd'hui entaillés en falaise vive, le trait de côte actuel se rapprochant ici beaucoup plus près de celui de la falaise morte qu'à Tamraght. L'exemple de Tamri – Tighrine Imksawne, bien qu'uniquement documenté par des industries de surface, montre également la pérennité de la fréquentation préférentielle de sites côtiers d'embouchure par l'Homme moderne, au minimum depuis le SIM 5.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions Messieurs Les Doyens A. BELKADI (Faculté des Lettres de l'Université Ibn Zohr, Agadir) et E.H. BOUMAGGARD (Faculté Polydisciplinaire de SAFI) pour leur aide logistique ainsi que le Professeur J.-J. BAHAIN (Directeur de l'UMR 7194 au MNHN Paris) pour la subvention d'une partie des missions effectuées au Maroc. Nos remercions également Mlles Atiki Nadia et Tnourji Hassna pour leur aide technique.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alimen M.-H. (1977) – Considérations sur la chronologie de l'Acheuléen africain. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 74, n°2, 42-51
- Alonzo-Zarza A.M., Wright V.P., (2010) - Calcretes, in: Carbonates in continental settings: Facies, Environments and Processes, *Developments in Sedimentology*, 61, 225-267 doi.org/10.1016/S0070-4571(09)06105-6
- Barton R.N.E., Bouzouggar A., Coll cutt S.N., Schwenninger J.L., Clark-Balzan L. (2009) – OSL datings of the Aterian levels at Dar es Soltan (Rabat, Morocco) and implications for the dispersal of modern *Homo sapiens*. *Quaternary Science Reviews*, 28 (19-20), 1914-1931. DOI: 10.1016/j.quascirev.2009.03.010
- Biberson P. (1961) – *Le Paléolithique inférieur du Maroc atlantique*. Publication du Service des Antiquités du Maroc, 17, 544 p.
- Bouzouggar A., Kühn S., Fernandez P., Collina-Girard J., Mouhiddine M., Hoffmann D., Malek F. (2017) – La grotte de Bizmoune (région d'Essaouira): une nouvelle séquence atérienne au Maroc sud-atlantique. *Bulletin d'Archéologie Marocaine*, 27-38.

- Cawthra H.C., Jacobs Z., Compton J.S., Fisher E.C., Karkanas P., Marean C.W. (2018) - Depositional and sea-level history from MIS 6 (Termination II) to MIS3 on the southern continental shelf of South Africa. *Quaternary Science Reviews* 181, 156-172.
- El Hajraoui M.A., Nespoulet R., Debénath A., Dibble H.L. (2012) – *Préhistoire de la région de Rabat-Témara*. Villes et sites archéologiques du Maroc, Vol. III, Institut National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine, Ministère de la Culture du Royaume du Maroc, 299 p.
- El Ouahidi A. (2008) - *Etude morpho-sédimentaire des héritages pléistocènes et holocènes de la basse vallée de l'oued Tamri, Maroc*. Thèse de doctorat, Université de Nancy2, 228 p.
- Hesp P. (2002) – Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48, 245-268.
- Inizan M.-L., Reduron M., Roche H., Tixier J. (1995) – *Technologie de la pierre taillée*, Meudon, CREP, 198 p.
- Lenoble A. (2005) – *Ruissellement et formation des sites préhistoriques: Référentiel actualiste et exemples d'application au fossile*. British Archaeological Reports, John and Erica Hedges Ltd, Oxford, 221 p.
- Mourre V. (2006) - Émergence et évolution de la prédétermination au Paléolithique, *In : Normes techniques et pratiques sociales de la simplicité des outillages pré- et proto-historiques, XXVI<sup>e</sup> rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*, Éditions APDCA, Antibes, 61-74.
- Murray A.S., Wintle A.G. (2000) - Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements*, 32, 57-73.
- Parham P. R., Riggs S. R., Culver S. J., Malinson D. J., Wehmiller J.F. (2007) - Quaternary depositional patterns and sea-level fluctuations, north eastern North Carolina. *Quaternary Research*, 67, 83–99
- Tixier J. (1956) – Le hachereau dans l'Acheuléen nord-africain. Notes typologiques. *In Congrès Préhistorique de France, XV<sup>e</sup> session*, 914-923.
- Weisrock A. (1980) – Géomorphologie et Paléo-environnements de l'Atlas Atlantique, Maroc. Thèse, Paris, *in Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 1993, 332, 487 p.

- Weisrock A. (1981) – Neotectonic and coastal morphology in the Atlantic Atlas, Morocco. *Zeitschrift für Geomorphologie*, SB 40, 175-182.
- Weisrock A. (2012) – Late Middle-Pleistocene, Late Pleistocene and Holocene palaeo-sea-level records at Agadir and the Atlantic Atlas coastal reach, Morocco: an updated overview. *Quaternaire*, 23, (3), 211-225.
- Weisrock A., Adele B., Charif A., Tannouch-Bennani S. (2002) – Dunes littorales et dunes continentales au Maroc atlantique semi-aride (29-30°S) du Pléistocène supérieur à l'Actuel. *Cuaternario y Geomorfología*, 16, 43-56.
- Weisrock A., Wahl L., Ouammou A., Chakir L. (2006) - Systèmes fluviaux du Sud-Ouest marocain et leur évolution depuis le Pléistocène supérieur, *Géomorphologie, relief, processus, environnement*, 4, 229-248, DOI 10.4000/geomorphologie.11119
- Weisrock A., Ouammou A., Balescu S., Rousseau L., Falguères C., Abdessadok S. (2013) – Paléorivages pléistocènes de l'Atlas atlantique entre Agadir et Cap Rhir, Maroc. In : *Quaternaire du Nord-Ouest de l'Afrique*, Actes de la RQM7, Agadir, 127-135.
- Weisrock A., Balescu S., Ouammou A., Abdessadok S., Ghaleb B., Rousseau L., Huot S., Lamothe M., Falguères C. (2016) – Géomorphologie, stratigraphie, géochronologie et oscillations glacio-eustatiques dans le domaine de la basse terrasse côtière, à l'embouchure de l'assif Tamraght (Baie de Tarhazout, Agadir, Maroc) pendant le MIS 5 et le MIS 4. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 22, 3, 265-286.