



HAL
open science

Systèmes dunaires littoraux de Boughrara (province de Tiznit, Maroc) et occupation humaine depuis le SIM 5, étude préliminaire.

Abderrahmane Ouammou, André Weisrock, Sanda Balescu, José Mangas-Viñuela, Gilles Guérin, François Hardy, Abdelhadi El Ouahidi, Abdessamad Charif, Bassam Ghaleb, Michel Lamothe

► To cite this version:

Abderrahmane Ouammou, André Weisrock, Sanda Balescu, José Mangas-Viñuela, Gilles Guérin, et al.. Systèmes dunaires littoraux de Boughrara (province de Tiznit, Maroc) et occupation humaine depuis le SIM 5, étude préliminaire.. Bulletin d'Archéologie Marocaine, 2021, 26. hal-02568467

HAL Id: hal-02568467

<https://hal.science/hal-02568467>

Submitted on 9 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

Systèmes dunaires littoraux de Boughrara (province de Tiznit, Maroc) et occupation humaine depuis le SIM 5, étude préliminaire

Coastal dune systems at Boughrara (Tiznit Province, Morocco) and human settlement since the MIS 5, a preliminary study

Abderrahmane Ouammou¹, André Weisrock², Sanda Balescu³, José Mangas-Viñuela⁷, Gilles Guérin⁵, François Hardy⁶, Abdelhadi El Ouahidi¹, Abdessamad Charif⁸, Bassam Ghaleb⁴, Michel Lamothe⁴

(1) : Université Ibn Zohr, FLSH, Département de Géographie, Labo. GEAMDD, Cité Dakhla, BP 29/8, Agadir, Maroc, ouammouabder6@yahoo.fr abdelhadielouahidi@gmail.com.

(2) : Museum National d'Histoire Naturelle, Département Hommes et Environnements, UMR 7194 CNRS, 1 rue René-Panhard, 75013 Paris, France, andre.weisrock@wanadoo.fr

(3) : Université de Lille, Labo. HALMA, UMR 8164 CNRS, Bâtiment de Géographie, 59655 Villeneuve d'Ascq, Cedex, France, sanda.balescu@univ-lille.fr

(4) : Université du Québec à Montréal, Labo. GEOTOP, succursale 8888, H3C 3P8, Montréal, Canada, bassam.ghaleb@uqam.ca

(5) : Laboratoire LSCE, UMR 8212, 91191 Gif-sur-Yvette cedex, France, gilles.guerin@lsce.ipsl.fr

(6) : Université du Québec à Montréal, Labo. de datation par luminescence LUX, H3C 3P8, Montréal, Canada, hardy.francois@uqam.ca; luxlamoth@yahoo.ca

(7) : Instituto de Oceanografía y Cambio Global, Edificio de Ciencias Básicas, Campus Universitario de Tafira, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35.017 Las Palmas de Gran Canaria, Espagne jose.mangas@ulpgc.es

(8) : Université Cadi Ayyad, Faculté polydisciplinaire de Safi , Labo. GEGEL, BP 4162, 46000 Safi, Maroc, a.charif@uca.ma

*Corresponding author e-mail : andre.weisrock@wanadoo.fr

Résumé

La coupe de la falaise de Boughrara, sur le littoral du bas-plateau de Tiznit, permet de distinguer, sur une épaisseur de 24 m, l'accumulation de dix séries de dépôts dunaires côtiers, au sein de 5 unités sédimentaires principales (U0 à U4) déposées depuis le SIM 5. L'ensemble repose en effet sur U0, ensemble plage/dune où la plage fossile contient *Thais haemastoma* L. et *Patella* sp., caractéristiques du SIM 5 du Maroc atlantique.

Les séries de dunes (SD1 à SD4) des unités inférieures sont d'épaisseurs métriques et sont grésifiées par des ciments vadoses calcitiques. Leur âge, post-SIM 5, reste encore imprécis. L'une d'entre elles (SD2) supporte un paléokjökkenmödding à *Mytilus sp.*

Les séries de dunes (SD5 à SD8, ainsi que la « dune grise ») des deux unités supérieures sont moins épaisses, mieux stratifiées et moins consolidées. Ce sont plus des manteaux éoliens que de véritables dunes. La série SD6 est datée de 22 ± 2 ka (OSL) et supporte un site épipaléolithique ; les trois dernières séries dunaires contiennent des kjökkenmöddingen néolithiques riches en restes travaillés de coquilles d'œufs d'Autruche. Les caractéristiques pétrographiques et sédimentologiques des dunes mettent en évidence les implications importantes du dispositif géomorphologique sur l'évolution du paysage côtier en fonction des zones-sources liées aux variations eustatiques. Enfin cette étude démontre que les systèmes dunaires côtiers en zone aride, réputés répulsifs, ont connu au moins trois épisodes d'occupation humaine depuis le SIM 5.

Mots clés : dunes littorales, genèse, géomorphologie, sédimentologie, pétrographie, géochronologie, préhistoire, peuplement, SIM 5, Pléistocène moyen et supérieur, Holocène.

Abstract

The cliff of Boughrara, on the Tiznit low-plateau coastal area, shows a 24 m thick accumulation of five main sedimentary Units (U0 to U4). Ten coastal dune series can be distinguished through these Units and were deposited since the MIS 5: U0 consists indeed on a basal sandy-gravelly beach deposit with a *Thais haemastoma* L. and *Patella sp.* macrofauna (i.e. typical "ouljian" fauna), overcome by a well stratified coastal dune.

The coastal dune series (SD1 to SD4) of the lower Units are of metric thickness and consolidated by vadose calcitic cements only. Their age, post-MIS 5, remains imprecise. One of them (S2) bears a *Mytilus sp.* palaeokjökkenmödding.

The coastal dune series (SD5 to SD8, and the so-called "grey dune") of the upper Units look less thick and less consolidated, but sometimes better stratified. They are more sand sheet-like deposits of sediments instead of real dune accumulation. The SD6 serie is dated at 22 ± 2 ka (OSL) and bears an Upper Paleolithic site; the three last coastal dune series contain numerous Neolithic kjökkenmöddingen with tools and worked remnants of Ostrich egg shells.

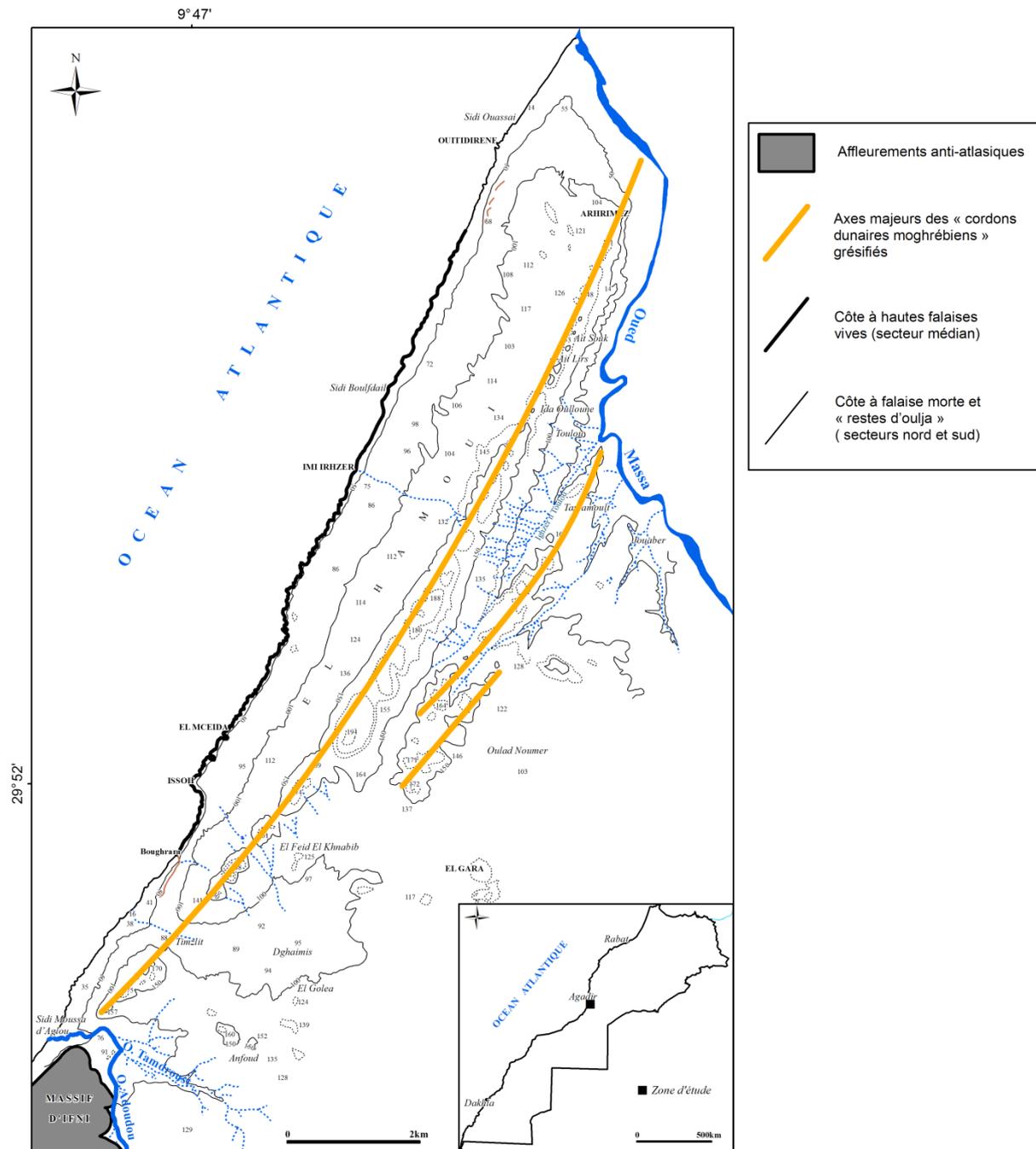
The sedimentologic and petrographic features of the different dunes show the great influence of the geomorphologic framework on the coastal landscape evolution, according to the source-origins that are linked to the eustatic variations. Endly, this study shows that some parts of the arid zone coastal systems, often globally thought as repulsive, have known here at least three human settlement episodes since the MIS 5.

Keywords: coastal dunes, genesis, geomorphology, sedimentology, petrography, geochronology, prehistory, settlement, MIS 5, Middle and Upper Pleistocene, Holocene.

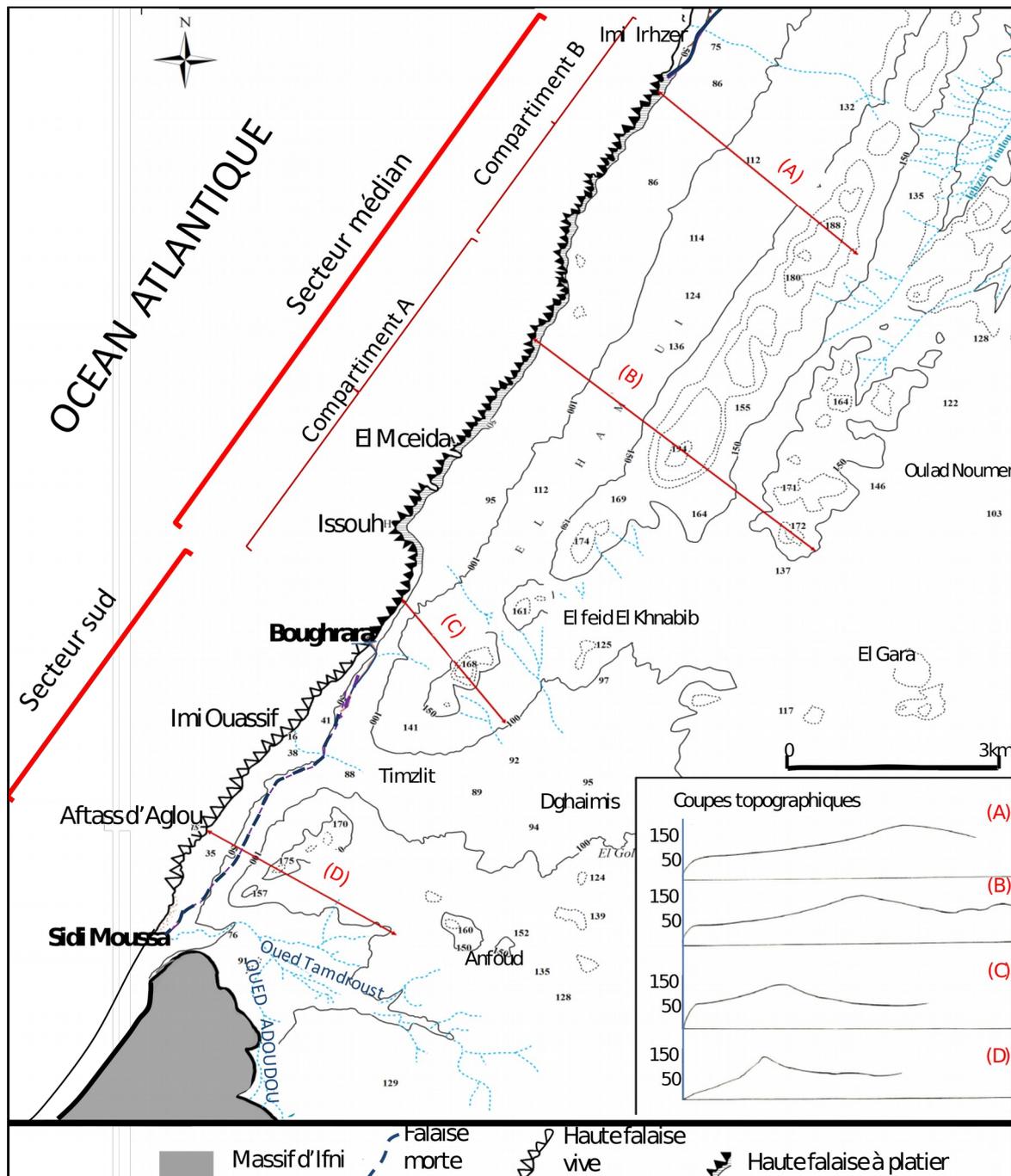
1. Introduction

Les zones côtières arides sont particulièrement propices au développement des systèmes dunaires littoraux (Cooke, Warren & Goudie, 1993), réputés répulsifs vis-à-vis du peuplement humain. Ainsi, le littoral atlantique du bas plateau de Tiznit, entre Oued Massa et Oued Adoudou (Fig. 1A), très ensablé et presque désert, n'a pas suscité jusqu'à présent un grand intérêt scientifique, à l'inverse des littoraux voisins de l'Atlas atlantique et de l'Anti-Atlas avec leurs spectaculaires plages étagées bien différenciées (Weisrock, 1993, 2012 ; Oliva, 1972). Comme le littoral de la plaine du Souss, celui du bas plateau de Tiznit est affecté par la subsidence et c'est pourquoi on ne connaissait pas ici jusqu'à présent de plage fossile, hormis la plage « moghrébienne ». Le Moghrébien a été défini par G. Choubert et R. Ambroggi (1953) comme un étage transgressif marin « plio-quadernaire » distinct du Pliocène, bien représenté à la Kasba d'Agadir, vers +250m ; plus récemment, on a obtenu pour des sables dunaires « moghrébiens » d'Imzil (50 km au nord d'Agadir) un âge minimum $IRSL_{MDA}$ corrigé de (>1434 ka), ce qui place le Moghrébien dans le Pléistocène inférieur (Balescu et al., 2013). Ce dépôt marin et les dunes associées forment une grande partie du soubassement du bas plateau de Tiznit (Oliva, 1972, 1973 ; Ouammou, 1993) et affleurent à +25m à l'embouchure de l'oued Adoudou (Fig. 1B).

Dans cette étude préliminaire, nous essayerons 1°) de préciser le dispositif géomorphologique du littoral du bas plateau de Tiznit, en étudiant les rapports entre les dépôts du Pléistocène moyen-supérieur et ceux du Moghrébien, 2°) de procéder à l'étude stratigraphique, sédimentologique et géochronologique des dépôts littoraux post-SIM 5 (qui constituent les parties conservées de l'ouelja) sur la coupe de Boughrara (Fig. 1B) et 3°) de montrer que l'étude des systèmes dunaires littoraux post-SIM5 revêt aussi une dimension préhistorique importante dans la mesure où l'on peut relier les restes de cuisine, les industries lithiques et objets de parure découverts aux modifications de l'environnement (extension, fixation et occupation des dunes côtières).



A



B

Figure 1 : Le littoral du bas plateau de Tiznit.

1A : dispositif d'ensemble entre Oued Adoudou et Oued Massa. 1B : cadre géomorphologique du site de Boughrara.

2. Géomorphologie du littoral du bas plateau de Tiznit et choix de la coupe (Figure 2).

La région se situe à la charnière des domaines structuraux anti-atlasiques (boutonniers précambriennes de Tafraout et d'Ifni et leurs bordures) et du bassin néogène de la Plaine du

Souss-Massa. A l'image de l'ensemble de la côte atlantique marocaine, ces influences structurales majeures ont été recouvertes en surface par les transgressions marines néogènes qui ont façonné ce bas plateau (Ouammou, 1993). Le relief principal consiste en un grand cordon de sables grésifiés, appelé « cordon post-Moghrébien » (Oliva, 1972, 1973) qui va de l'extrémité septentrionale du massif d'Ifni au Sud jusqu'à l'embouchure de l'oued Massa au Nord, puis encore jusqu'à l'oued Souss. Il comporte en fait plusieurs crêtes ou fragments de crêtes allongées selon une direction NNE-SSW, culminant à des altitudes sub-égales atteignant presque 200 m. Ces crêtes dominant à la fois le littoral et une zone intérieure (« Plaine » ou « Bas Plateau de Tiznit ») où les sables grésifiés disparaissent sous les dépôts récents, de même que les marnes lacustres d'Assersif et les calcaires lacustres de Tiznit qu'ils recouvrent eux-mêmes. Ce sont les restes d'un immense système dunaire littoral « linguiforme » construit sur la rive gauche de l'embouchure de l'oued Massa par les vents dominants et la dérive littorale. L'oued est en partie responsable de cette accumulation par ses apports importants. Lors des régressions, il a migré vers le NNW et construit en rive gauche de nouveaux complexes dunaires qui ont recouvert plus ou moins les précédents.

L'Océan actuel transgressif façonne la côte en falaises vives dans ces systèmes dunaires anciens. Ce littoral n'est donc pas uniforme et le tracé de la ligne du rivage fait apparaître trois secteurs :

Le secteur Sud entre oued Adoudou et le ravin de Boughrara d'une part, et le secteur Nord entre Imi Ighzer et oued Massa d'autre part, présentent une ligne de rivage régulière semi rectiligne, avec une falaise vive côtière qui ne dépasse généralement pas 20 m. Dans ces deux secteurs, on a un système d'oulja tronquée, voire une racine d'oulja (Weisrock et Fontugne, 1991). Ces deux secteurs ont fonctionné comme des baies au cours de l'avant-dernière grande transgression et les séries sédimentaires de la falaise côtière sont par conséquent d'âge post-SIM 5. Aux embouchures des grands oueds et lorsque l'oulja est encore bien conservée, on trouve les rares plages de cette côte, sources essentielles du sable des dunes vives. Celles-ci se développent contre la falaise morte (dunes d'escalade) et au sommet des falaises, principalement en champs dunaires linguiformes plus ou moins étirés, de direction NNW-SSE (Figure 3).

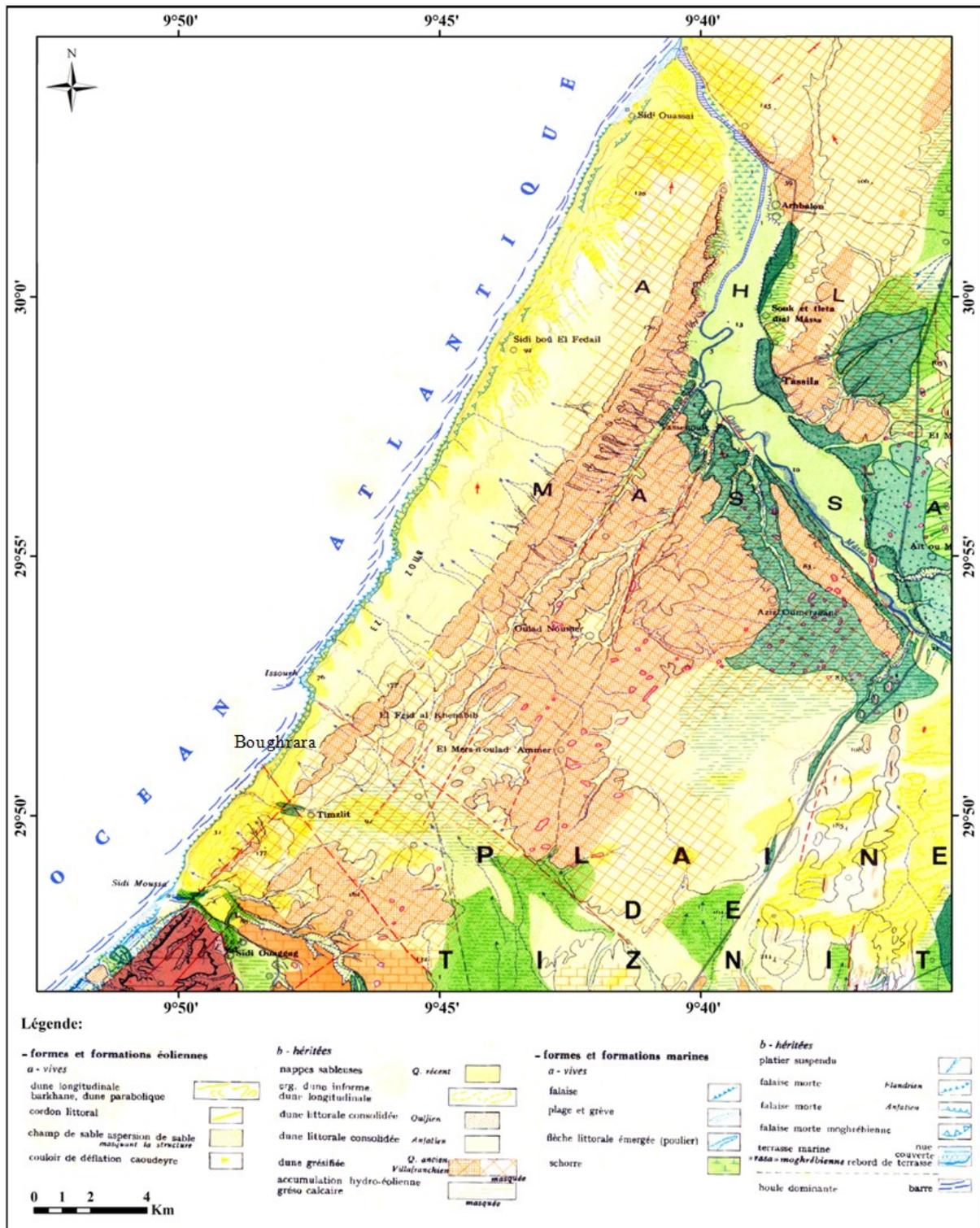


Figure 2 : Géomorphologie de la partie nord du Plateau de Tiznit (Oliva, 1973), et légende partielle.

Le secteur médian en redan, avec une ligne littorale irrégulière sinueuse ou même en dents de scie, présente une haute falaise qui dépasse 50m de hauteur, avec souvent un platier suspendu

vers +1 ou +2 m à sa base, témoin de la transgression holocène. Ce secteur correspond à l'affleurement du système ancien anté-SIM5, ou « post-moghrébien », dans lequel s'inscrivent la haute falaise et son platier basal, témoins des deux dernières transgressions (SIM 5 et Holocène). Le rivage actuel a pratiquement retrouvé ces deux niveaux et l'a même dépassé en certains endroits où se trouvent les encoches littorales à hautes falaises vives. L'érosion marine de ces hautes falaises est la source principale du sable mobilisé aujourd'hui.

Pour l'étude des dépôts côtiers post-SIM 5, la coupe choisie est celle de Boughrara. A cet endroit, l'océan « ouljien » (= SIM 5) a entaillé les sables grésifiés « post-moghrébiens », formant un petit golfe délimité par une falaise morte (Figure 3).



Figure 3 : Dispositif géomorphologique de la coupe de Boughrara, interprétation d'image Google Earth. Trait jaune : position du sommet de la falaise morte SIM 5.

Par la suite, des dépôts post-SIM5 sont emboîtés au pied de cette falaise morte et sont entaillés à leur tour aujourd'hui en falaises vives. La coupe présente un maximum d'une vingtaine de mètres d'épaisseur, avec plusieurs séries sableuses bien individualisées ; elle est de plus relativement accessible pour le prélèvement d'échantillons destinés aux analyses pétrographiques, sédimentologiques et géochronologiques. Enfin, elle recèle des artefacts préhistoriques.

3. LA COUPE DE BOUGHRARA

3.1 – Méthodes d'analyses mises en œuvre et limites du présent travail.

Le choix de la coupe fait, on s'est inspiré des méthodes mises en œuvre récemment pour l'étude des éolianites carbonatées côtières, notamment au Maroc du Nord (Le Guern 2004 ;

Frébourg et *al.*, 2008 ; Frébourg, 2010). Dans cette étude préliminaire, on se limite aux éolianites : leurs altérations, les encroûtements et paléosols marquant leurs limites (« séries roses ») ne sont pas encore étudiés en détail, comme dans les récents travaux effectués aux Iles Canaries (Roettig et *al.*, 2018). On a procédé à un relevé lithostratigraphique détaillé sur le terrain et à la récolte d'échantillons préliminaires au sein de chaque série jugée représentative, dans le but d'effectuer des analyses sédimentologiques (sédimentologie classique, calcimétrie et morphoscopie des grains de quartz à 160 µm, inventaire bioclastique), pétrographiques (pétrographie sédimentaire par lames minces, étude des ciments par MEB) et géochronologique (datation des grains de quartz par OSL). La position stratigraphique des artefacts préhistoriques et des restes faunistiques associés a été notée.

Le parti pris dans cette communication est celui de l'étude des systèmes dunaires côtiers afin de caractériser les périodes de grande activité de transport et de sédimentation éoliens au cours du Pléistocène supérieur, avec leurs conséquences sur la fréquentation du littoral par l'Homme. En plus des « séries roses » qui séparent les séries dunaires, certaines dunes n'ont pas pu être étudiées de manière exhaustive, soit délibérément (comme les éolianites anciennes du « Moghrébien »), soit faute de temps (cas de la série SD4, pourtant d'extension géomorphologique très importante), ou encore parce qu'elles ont été découvertes après la campagne d'échantillonnage sur le terrain (cas de l'unité U0).

3.2. Relevé lithostratigraphique (Figure 4)

La coupe a été relevée au front de la falaise vive, en $x = 29^{\circ} 51' 248 \text{ N}$, $y = 9^{\circ} 49' 774 \text{ W}$, $z = 3 \text{ m}$. A son pied, la petite plage sableuse actuelle (échantillon **00 TIZ 17**) est en situation intertidale et repose sur une unité inférieure grésifiée (U0) taillée elle-même en falaise de basse mer.

Unité U0 : ensemble plage fossile et sables grésifiés à stratifications dunaires, quasi inaccessibles en ce point. A plusieurs centaines de mètres au Nord, entre Boughrara et le Cap d'Issouh, on trouve à l'affleurement la base de la dune grésifiée reposant sur une plage fossile à galets et macrofaune de *Patella sp.* et *Thaïs Stramonita haemastoma L.*, espèces caractéristiques du SIM 5 sur la côte atlantique du Maroc (Brébion et *al.*, 1984). Cette unité est dans ce secteur très clairement emboîtée au sein du système ancien anté-SIM 5. L'ensemble plage fossile-dune grésifiée U0 correspond donc à un paléorivage situé de zéro à -2m actuellement, qui fossilise la base de la falaise morte. La datation U/Th en cours de la macrofaune permettra de préciser le sous-stade isotopique auquel appartient cette unité.

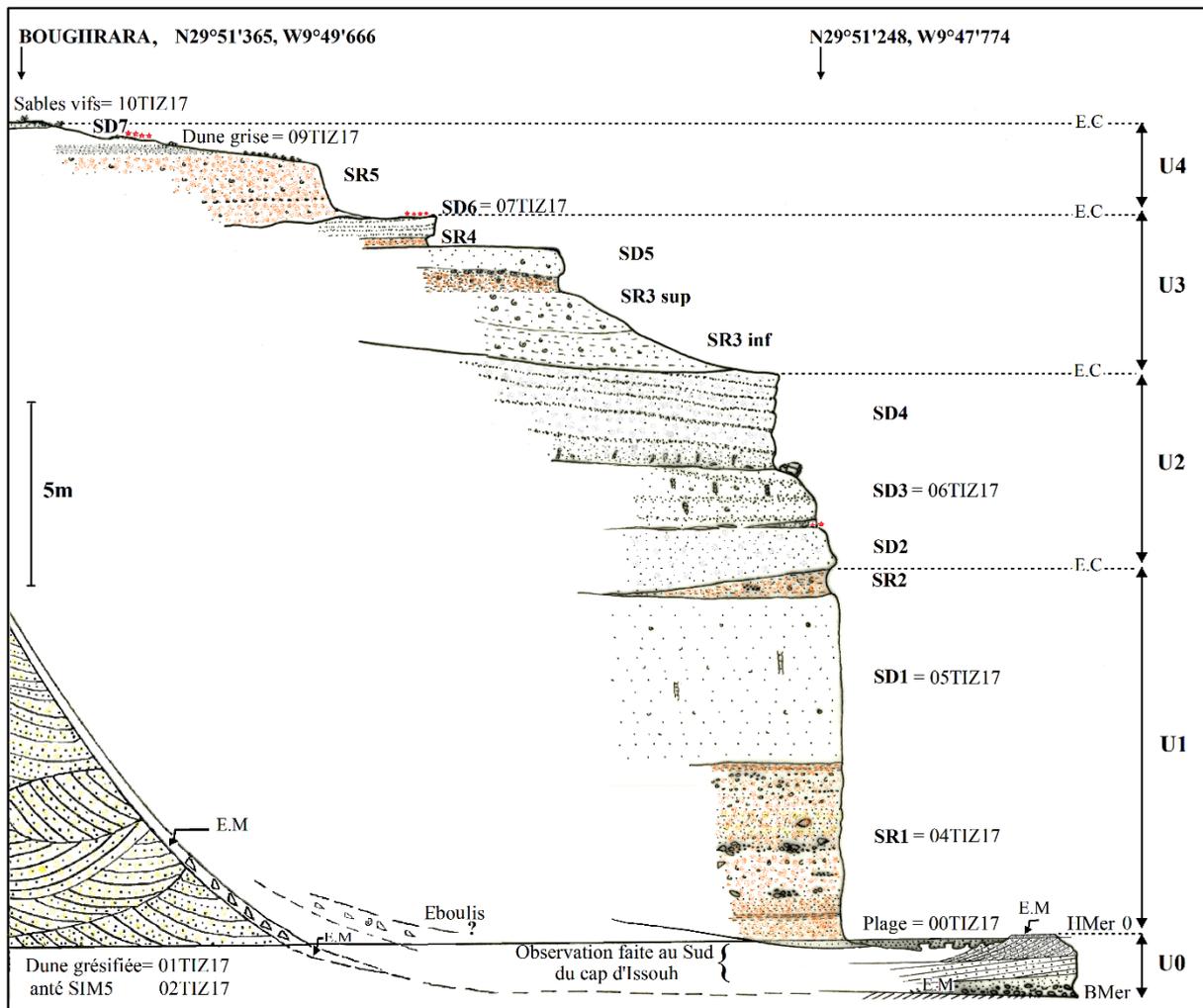


Figure 4 : Coupe stratigraphique de BOUGHRARA. L'Unité U0 a été relevée un peu plus au Nord, au redan du Cap d'Issouh. E.M. = érosion marine ; E.C. = érosion continentale. Points oranges : indices de présence humaine (SD2 : kjökkenmödding ; SD6 : industrie Ibéromaurusienne et coquilles d'œufs d'Autruche ; SD7 : Néolithique et kjökken.)

Unité U1 : La première unité forme la base du front de falaise vive (Figure 4 et Figure 5 -A) ; elle comporte trois séries : SR1, SD1 et SR2 :

SR1 (Figure 5, B-C) : épaisseur 5 m, série de dépôts ruisselés, remaniés, pédogénésés désignée par « série rose SR1 », comportant deux aspects principaux : en partie distale (cette coupe), il s'agit de lits sablo-limono-argileux (échantillon **04 TIZ 17**), avec de rares petites concrétions carbonatées et des fragments de coquilles d'Hélicidés continentaux. Les débris grossiers (blocs de croûte calcaire et de grès dunaires) s'ordonnent en lits plus nombreux vers le Nord, l'épaisseur totale de SR1 augmentant en direction de la falaise morte ; inversement, cette épaisseur décroît en partie distale.

SD1 : épaisseur 5 à 6 m, dune massive sans stratification, légèrement grésifiée mais friable à la main. Elle contient des fragments d'*Helix*, des moulages de *Theba*, et de nombreuses tubulures verticales vides. Sa surface présente une grande alvéolisation à l'affleurement.

SR2 : C'est une « série rose » qui se termine en biseau au droit de la coupe mais qui est de plus en plus épaisse vers le Nord (vers le bord de la falaise morte). C'est un niveau plutôt limoneux avec de grosses coquilles d'*Helix*. On observe aussi quelques petits chenaux avec des gravillons et fragments de coquilles d'Hélicidés.

Unité U2 : Cette unité, formée de trois séries dunaires SD2, SD3 et SD4, constitue le sommet du front de la falaise vive (Figure 5 –A).

SD2 : épaisseur 1,70 m, dune massive de couleur blanche à grosses alvéoles à l'affleurement ; au sommet de cette série on a quelques chenaux signalant un remaniement hydrique puis on passe à un joint de stratification avec du sable meuble et des coquilles de moules laissées par le préhistorique.

SD3 : épaisseur 2 m, dune qui se distingue des précédentes par une base irrégulière, une couleur plus foncée et des stratifications apparemment liées à des différences de consolidation : certains lits présentent de petites concrétions calcaires, d'autres sont alvéolisés.

SD4 : épaisseur totale de 3m au droit de la coupe (Figure 6). L'épaisseur de cette dune stratifiée en bancs et lits sub-horizontaux augmente progressivement vers le Sud, si bien qu'à environ 1 km au Sud de Boughrara, au Cap Boumansour, cette dune mesure alors 6 à 7 m et constitue la quasi-totalité de la falaise vive, l'Unité 1 ainsi que les séries SD2 et SD3 ayant disparu. Le sommet de SD4 est tronqué par une surface d'érosion continentale qui marque le passage à l'Unité 3.

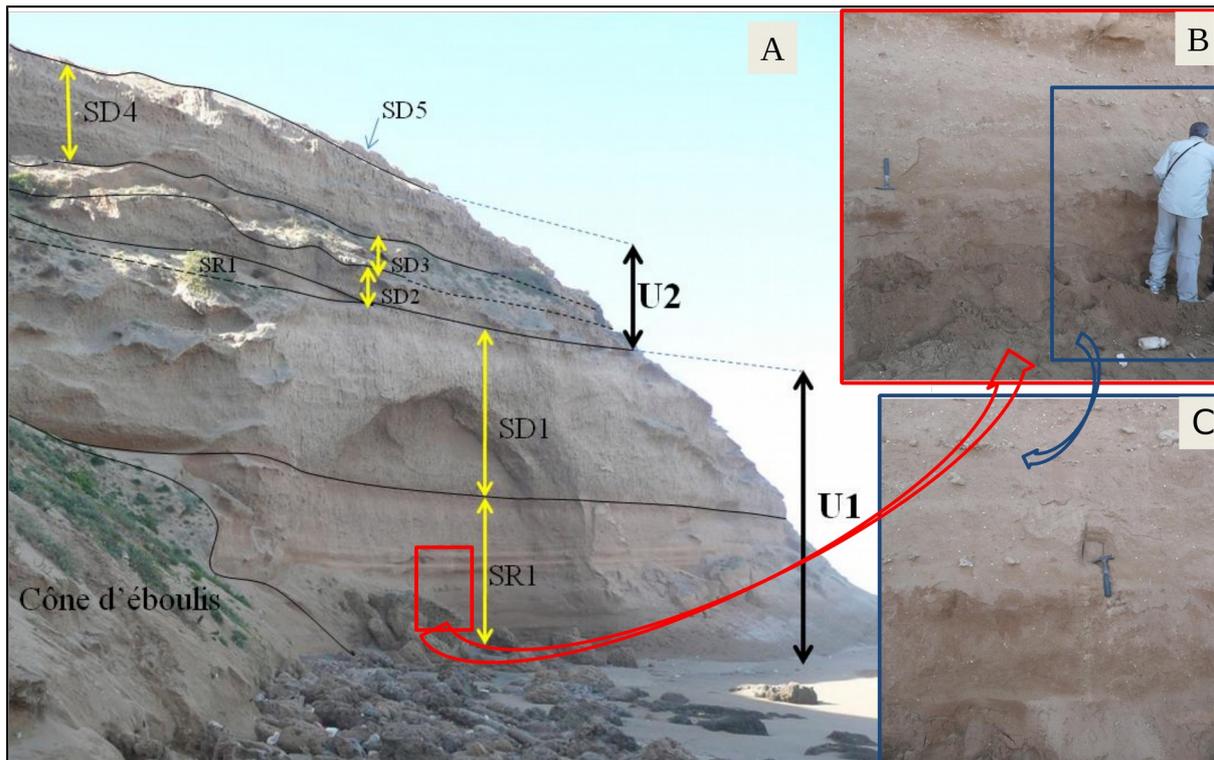


Figure 5 : Coupe de la falaise vive à Boughrara

A : Coupe de la falaise vive : unité U1 (séries SR1, SD1, SR2) et unité U2 (séries SD2, SD3, SD4)

B : Détail de SR1

C : SR1, échantillon **04 TIZ 17**

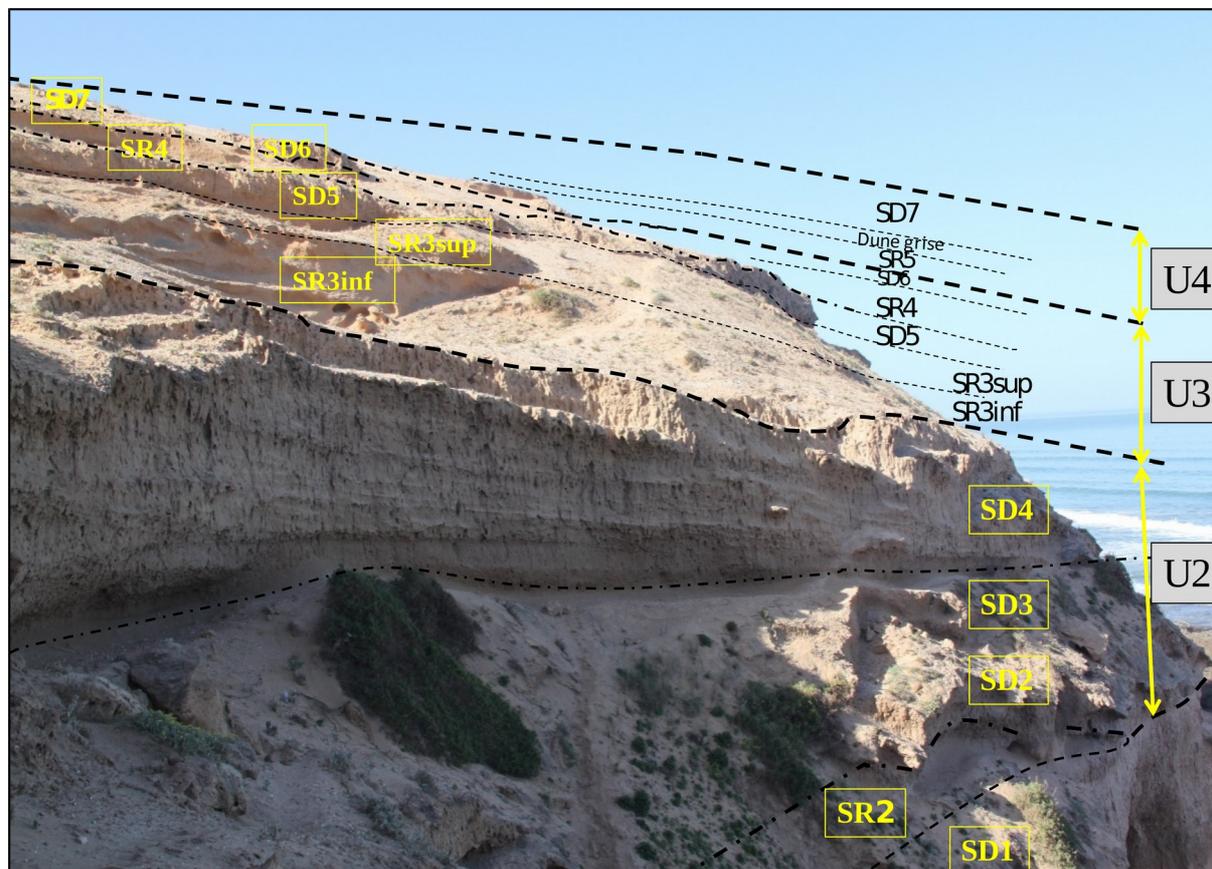


Figure 6 : Boughrara, Unité 2 formée par SD2, SD3 et SD4 au sommet de la falaise vive. SD3 est masquée par le colluvionnement plus ou moins fixé par des buissons de *Traganum moquini* et une brousse basse à *Ononis natrix*. Le ressaut correspond à SD4, série dunaire principale à lits subhorizontaux. Au-dessus, le talus bien éclairé correspond aux Unités 3 et 4.

Unité 3 : Sur une épaisseur totale de 4 m, elle comporte deux séries roses (SR3 et SR4) surmontées respectivement par deux nouvelles séries dunaires (SD5 et SD6). A l'inverse de l'Unité 3, les séries roses, notamment SR3, prennent plus d'importance que les séries dunaires qui peinent à dépasser 1 m d'épaisseur, restant du type « champ d'épandages sableux peu épais ». La série rose SR3 est bien développée par endroits car elle colmate une ancienne surface de ravinement. Elle est recouverte par une dune massive (SD5), puis par une dune stratifiée en relief (SD6). Au sommet de SD6 se trouve un nouveau ravinement qui marque le passage U3/U4.

Unité 4 : Cette unité de 3 m d'épaisseur totale est différente puisqu'elle constitue le revêtement superficiel friable, avec la SR5 bien développée à la base, puis deux séries dunaires peu épaisses : la « dune grise » litée et faiblement consolidée, appelée ainsi (hors numérotation) en raison de sa couleur que nous pensions due à la présence de cendres et aussi

parce qu'elle nous semblait avoir une extension régionale. La dune grise est suivie par la dune SD7 plus épaisse, fixée par endroits par des kjökkenmöddingen néolithiques. Dans cette dune SD7 se sont développés des couloirs de déflation. Enfin, en surface se développe la dune vive sub-actuelle et actuelle SD8.

3 -3 – Sédimentologie et pétrographie. (Tableau 1)

Les résultats détaillés des analyses sédimentologiques et pétrographiques se trouvent sur le Tableau 1.

Log stratigraphique	Unités	Séries	N° Echant 2017	Sédimentologie et Morphoscopie			Pétrographie Sédim 2017	Géochrono	Phases d'érosion
				Md (µm)	Grains de quatrz éolisés (%)	CaCo3 (%)			
		SD8 Nebka	10 TIZ 17				Mytilus, Helix (Kj)		
		SD7		180	73	52	For+ FM		
		Dune grise	09 Tiz 17	175	67	47		Eolianite à ciment vadoso	Néolithique
		SR5 sup		185	62,4	47	For+ Rad+ FC+ FM+ Helix		
		SR5 inf		150	63,2	43	Oeufs d'Autruche		Site libéro C14: 16 670 ± 190 EC
		SD6	07 TIZ 17	190	47,2	43		Eolianite à ciment calcitique	OSL: 22 ± 2 Ka
		SR4		140	46,8	35	For+ Rad+ FC+ FM		
		SD5		150	47,3	34	For+ Rad+ FM		
		SR3 sup		140	42,1	26	For+ FC+ FM+ Helix		
		SR3 inf		160	34,2	29	For+ FM+ FC+ Helix		EC
		SD4		150	23,6	37	For+ Rad+ FM		
		SD3	06 TIZ 17	155	35,2	20	FM+ FC+ Helix Mytilus sp (Kj)	Eolianite grésifiée	
		SD2		190	45	37			EC
		SR2		145	45,4	20	FM+ FC+ Helix		
		SD1		150	45,2	22	For+ Rad+ FM +FC+ Helix+ Theba		
		SR1	04 TIZ 17	170	32,2	24	Helix+ Theba+ For		EC
						Thais str. hae + Patella sp.+ Mytilus sp.		"Ouljien" = MISS	EM
		Cordon Moghrébien	01 TIZ 17				Grès calc à ciment phréatique	Moghrébien	

Tableau 1 : Coupe de Boughrara, résultats analytiques.

Commentaires préliminaires :

Sédimentologie, granulométrie :

Les observations portent sur les médianes des échantillons récoltés :

U1 : SR1 : (échantillon **04 TIZ 17**, médiane à 170 µm). Les échantillons prélevés dans SD1 et SR2 donnent respectivement des médianes à 150 et 190 µm, avec un accroissement de la présence de débris de coquilles marines et de radioles d'oursins. Dans cette unité U1, le matériel est donc de taille relativement variable, la médiane de la dune SD1 étant assez faible.

U2 : SD3 : L'échantillon **06 TIZ 17** a donné lui aussi une médiane assez faible à 155 µm.

U3 : Les médianes des quatre séries (SR3, SD5, SR4, SD6) restent remarquablement stables autour de 150 µm. Dans SD6, l'échantillon **07 TIZ 17** montre une médiane de 155 µm.

U4 : Les médianes des grains de ces dépôts sont plus élevées que celles des dunes des U2 et U3, puisqu'elles sont stables autour de 180 µm.

Sédimentologie, morphoscopie :

Cinq familles de grains de quartz peuvent être observées : les grains ronds mats R.M, les émoussés mats E.M, les émoussés luisants E.L, les émoussés cassés E.C et les non-usés N.U. Sur le tableau récapitulatif, considérant toutes ces catégories, il serait difficile de faire une lecture. C'est pourquoi on a regroupé les grains (RM et EM) pour en déduire le % de grains éolisés et par déduction celui des grains qui ont subi un remaniement hydrique c'est-à-dire les (EL et EC).

Contenu bioclastique : à la loupe binoculaire, il apparaît assez varié, mais relativement constant : foraminifères, débris d'oursins, fragments de coquilles marines et fragments de coquilles continentales. Les variations sont peu nettes, même si par exemple pour SD6, échantillon **07 TIZ 17**, on observe un renforcement des proportions de Foraminifères, radioles d'oursins et débris de coquilles marines.

Pétrographie sédimentaire : Trois échantillons dunaires des unités U2, U3 et U4, choisis pour leur proximité des artefacts préhistoriques, ont été examinés au MEB.

U2, SD3, échantillon **06 TIZ 17** : au MEB (Figure 7), on voit qu'il s'agit d'une éolianite grésifiée par un ciment vadose composé principalement de calcite et de calcite magnésienne.

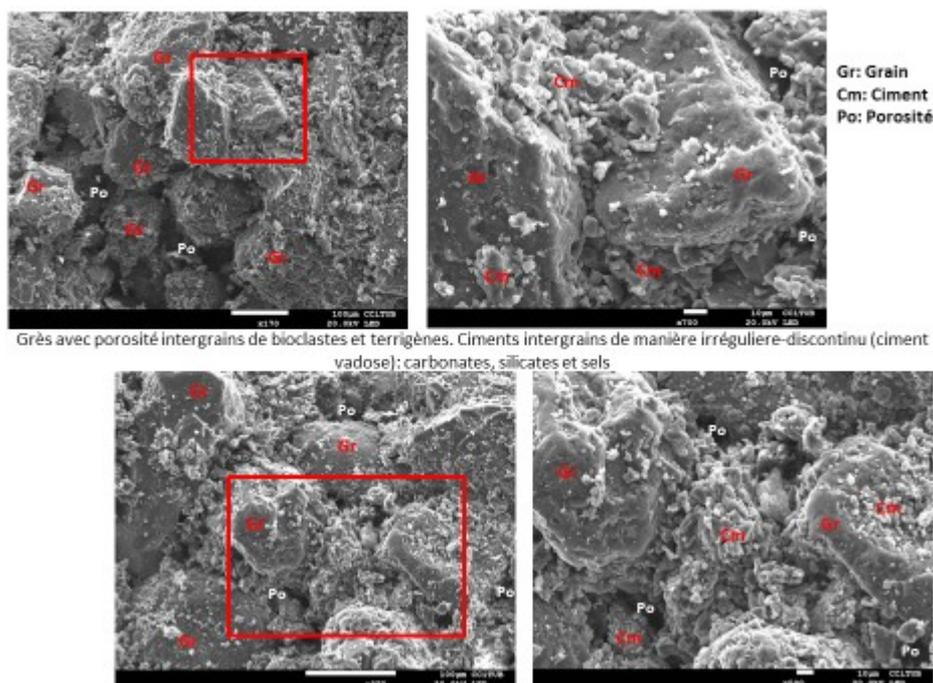


Figure 7 : Boughrara, microphotographies de l'échantillon **06 TIZ 17** (U2, SD3) : éolianite à ciment de calcite et de calcite magnésienne, zéolite, halite et gypse en quantités mineures.

U3, SD6, échantillon **07 TIZ 17** : au MEB (Figure 8), cet échantillon montre une éolianite à ciment vadose de calcite et de calcite magnésienne, zéolite, halite et phosphates en quantités mineures. Dans les microcristaux du ciment, on trouve aussi des oxydes et hydroxydes de fer (goethite, hématite) ainsi que des oxydes de fer et titane (ilménite).

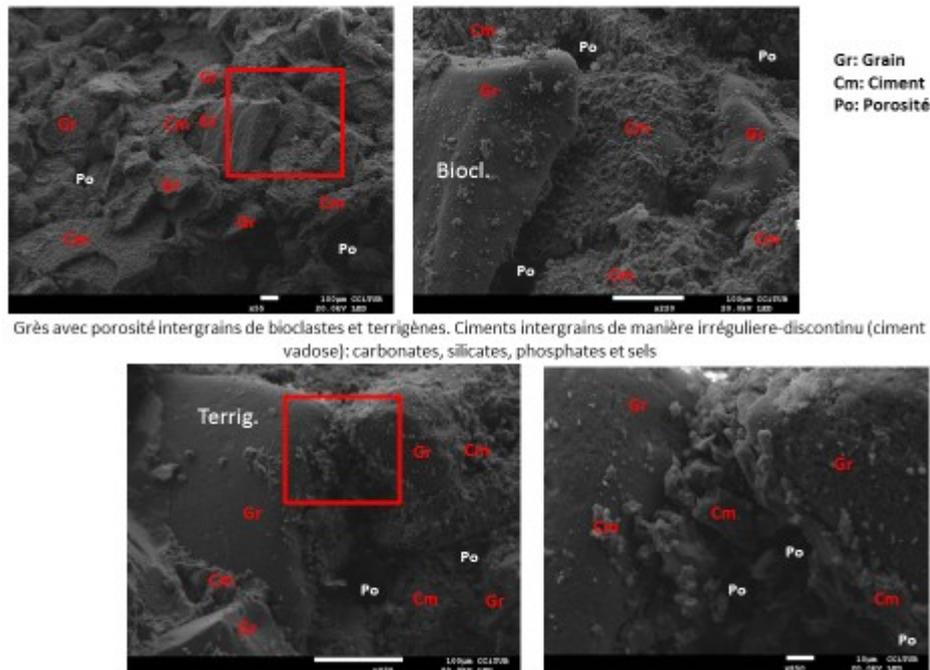


Figure 8 : Boughrara, microphotographies de l'échantillon **07 TIZ 17**, (U3, SD4), éolianite à ciment vadose de calcite, calcite magnésienne, zéolite, halite et phosphates en quantités mineures.

U4, « Dune grise », échantillon **09 TIZ 17** : au MEB (Figure 9), il montre un grès très peu cimenté composé de grains bioclastiques d'origine marine en grande majorité et un ciment vadose très discontinu de carbonates (calcite et calcite magnésienne), silicates (zéolite, chabasite), oxydes de fer et sels (halite, sylvite).

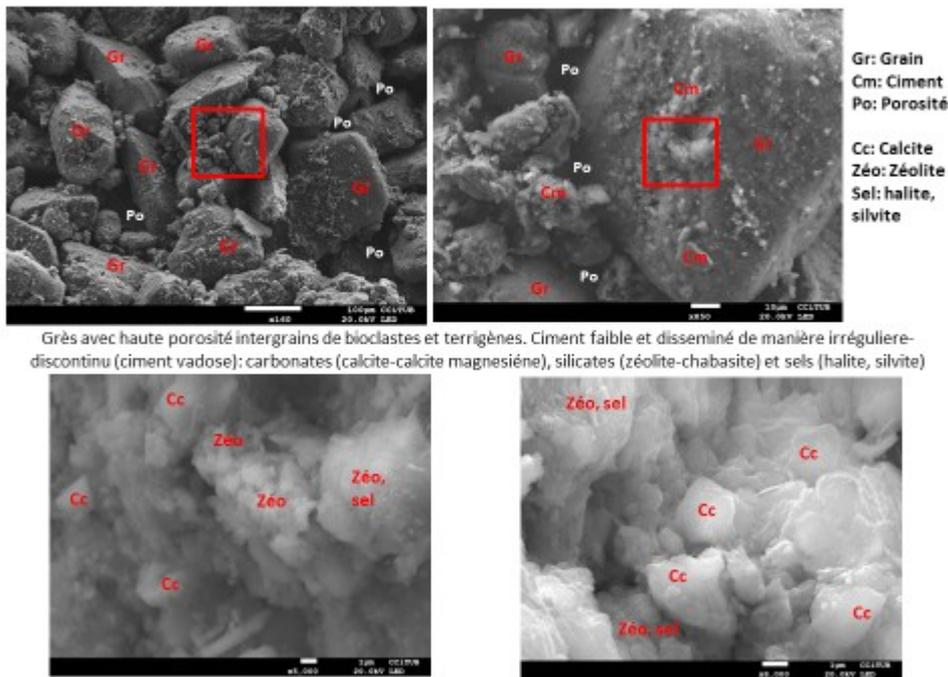


Figure 9. Boughrara, microphotographies de l'échantillon **09 TIZ 17**, « dune grise », (U4), grès très faiblement consolidé à ciment vadose discontinu.

3-4 - Géochronologie.

Datation ¹⁴C

La méthode ¹⁴C appliquée à une coquille d'œuf d'Autruche prélevée au sommet du dépôt sableux éolien SD6, à la limite entre les unités U3 et U4, a donné un âge de 16 670 ans ± 190 BP *non calibré* (Gif 8796) (*in* Ouammou, 1993).

Datation OSL du dépôt dunaire SD6

La méthode OSL (Murray et Wintle, 2000) a été appliquée aux grains de quartz (200-250 microns) de l'échantillon **07 TIZ 17** prélevé dans le dépôt sableux éolien SD6 de l'unité U3. La paléodose des quartz est estimée par la technique de régénération β sur aliquotes uniques (« *Single Aliquote Regenerative-dose technique* » ou technique SAR, Murray et Wintle, 2000). La paléodose (De) est de $27,4 \pm 2,1$ Gy. La dose annuelle est estimée à $1,22 \pm 0,58$ Gy/ka. Les teneurs en U, Th, K ont été mesurées par spectrométrie gamma. La date OSL obtenue : 22 ± 2 ka, suggère un âge du SIM 2, période de bas niveau marin.

3-5 - Indices de fréquentations par l'Homme

Unité 2 : au niveau du joint de stratification entre SD2 et SD3 se trouvaient des coquilles de moules en grand nombre, associées à des fragments osseux (Ouammou, 1993). Ce kjökkenmödding est un indice de la relative proximité de l'océan lors du dépôt de SD2/SD3.

A la limite Unité U3 - Unité U4, sur SD6, on a trouvé un site Ibéromaurusien avec un ensemble homogène microlithique (Ouammou, 1993). La majorité de l'outillage est constituée de lamelles à bords abattus (Figure 10). Ce campement se trouve sur la bordure de la falaise actuelle et une partie du matériel est tombée vers l'océan. La datation ^{14}C effectuée sur une coquille d'œuf d'autruche a donné un âge (*non calibré*) de 16 670 ans \pm 190 B.P. (Gif 8796), ce qui implique que la mer était encore en phase de régression. La côte devait alors se trouver loin vers l'Ouest, ce qui explique la rareté des sites Ibéromaurusiens conservés. Ce site est bien circonscrit, sans trace de foyer et repose sur le niveau durci de SD6.

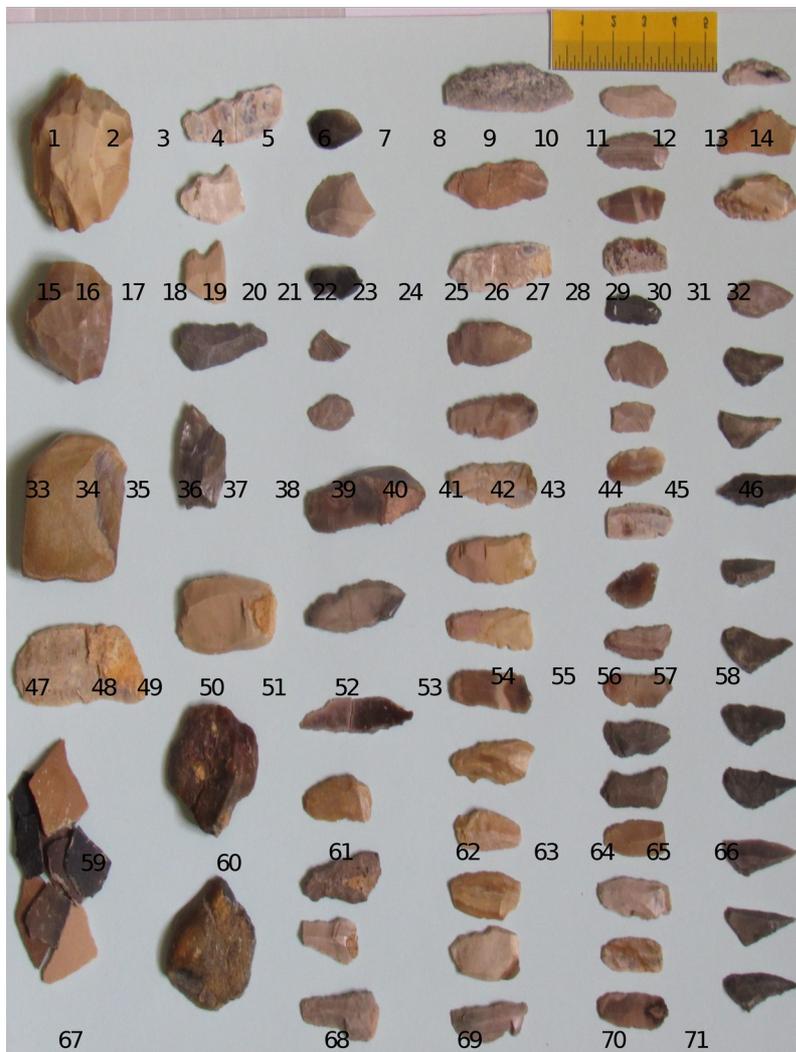


Figure 10. Boughrara, outillage du site Ibéromaurusien situé sur SD6, à la limite des unités U3-U4. Industrie microlithique lamellaire avec une majorité de lamelles à dos abattu.

Remarquer la patine éolienne de la plupart des artefacts. Récoltes de surface A. Ouammou, 1993.

1-2 : triangles, 3 à 8 : pointes à dos total, 9-10 : pointes à dos partiel, 11 : pointe sur lamelle à dos partiel proximal côté droit. 12 à 14 : segments de cercles, 15 à 22 et 33 à 46 : lamelles à bords abattus total, 23 à 32 : lamelles à bords abattus partiel. 47 : lamelle à dos sur éclat lamellaire cortical outrepassé. 48 : lamelle à dos sur éclat cortical et retouches inverses envahissantes sur le côté gauche, 49-50 : lamelles à dos sur éclats corticaux, 51 : lamelle à dos –perçoir, 52 : lamelle à dos et piquant trièdre, lame corticale à retouches inverses proximales sur côté gauche, 54-55 : chutes de burins, 56 : burin dièdre, 57-58 : burin d'angle sur troncature, 59-60 : grattoirs sur gros éclats corticaux (en silex), 61 et 68 : lames corticales, 62 : troncature sur éclat, 63-64 : encoche, 65 : double encoche, 66 : denticulé, 69 : pièce esquillée, 70 : nucléus à lamelle à plan de frappe opposé, 71 : nucléus pyramidal 67 : fragments de coquilles d'œuf d'autruche noircies par le feu.

Enfin en surface, au-dessus de la dune supérieure SD7, lié à un kjökkenmödding, on trouve un outillage néolithique épars avec des pointes de flèches, des racloirs, des mèches de foret, des géométriques, des burins et des perçoirs ainsi qu'un ensemble de rondelles d'enfilage en coquille d'œuf d'autruche et une pendeloque sur coquille marine (grosse patelle). Il est à noter l'extrême diversité du silex taillé, ce qui indique l'origine lointaine de ce dernier. L'une des pointes de flèche foliacée bifaciale est taillée sur une rhyolite fluidale de couleur noire. Un poinçon en os a été également recueilli (Figure 11).





Figure 11 : Boughrara : industrie néolithique située à la limite supérieure de SD7 (U4) au niveau d'un kjökkenmödding.

11-A : quelques pièces caractéristiques : 1 à 3 pointes de flèche foliacées bifaciales, 4-5 : pointes pédonculées foliacées bifaciales, 6 : extrémité distale d'une pointe, 7-8-9 : pointes de flèches à ailerons, 10 : pointe sur lame avec deux encoches symétriques pour emmanchement, 11 : perçoir, 12 : aiguillon en os, 13 : perçoir, 14-15-16 : mèches de foret, 17 : troncature proximale oblique, 18 : troncature distale oblique, 19 : burin sur quartz, 20 : denticulé sur lame tronquée, 21 : lame à troncature distale, 23-24-25 : rectangles, 25-26 : trapèzes, 27 : pointe moustérienne, 28 et 31 : racloirs convexes sur lames, 29 : racloir double sur éclat (convexe côté droit et droit côté gauche), 31 : racloir droit sur lame, 32 : racloir double (convexe côté gauche concave côté droit), 33 : racloir double biconvexe, 34 : racloir-denticulé, 35 : lame, 36 : denticulé, 37-38-39- et 41 : éclats divers sur silex, 40 : éclat sur rhyolithe, 42 : nucléus complètement épuisé, 43 : nucléus Levallois centripète à enlèvement préférentiel.

11-B : Tesson de céramique de couleur rouge ocre, avec utilisation de céramique ancienne concassée comme dégraissant, rondelles sur coquille d'œuf d'Autruche et pendeloque sur *Patella sp.* Récoltes de surface A. Ouammou, 1993. Une comparaison avec le riche Epipaléolithique et Néolithique du littoral du Maroc saharien (D. Grébénart, 1975 ; A. Oujaa *et al.*, 2017) est en cours.

4 – Discussion : systèmes dunaires littoraux et oscillations eustatiques. Dunes « transgressives », dunes « régressives » et périodes de fréquentation humaine.

En premières observations, on peut voir que les Unités U3 et U4 sont peu épaisses en comparaison des Unités U1 et U2 : l'alimentation en matériel sableux a été plus difficile au fur et à mesure que le comblement de la baie s'effectuait, que l'épaisseur du dépôt augmentait et que le trait de côte

s'éloignait. Cette remarque doit être nuancée pour ce qui concerne U4, qui marque véritablement un nouvel arrivage éolien de sables d'origine marine, consécutif à la transgression holocène.

Globalement, les sables éoliens sont bien classés pour toutes les séries. Les médianes sont faibles : elles ne dépassent pas 190 μm (SD2, SD6), ou 180 μm (« dune grise », SD7). Toutes les autres se tiennent autour de 150 μm seulement. Ceci signifie que dans cette coupe (hormis pour la « dune grise » et SD7 dans U4, il n'y a pas d'apport marin nouveau : en effet, les médianes ont en général une valeur de 250 μm dans les sédiments marins de la côte atlantique marocaine (Weisrock, 1993). A l'exception de celles de U4, les dunes sont ici des dunes de période régressive mises en place lors du comblement d'un petit golfe du SIM 5. Le matériel sableux est donc repris sur place : il est issu des plages plus ou moins éloignées du trait de côte actuel en fonction du temps. C'est pourquoi les médianes faibles en général (150 μm) et le contenu bioclastique mixte (à fragments de coquilles marines et fragments de coquilles continentales) expriment un transport assez long sur des zones sources variées. Dans la plaine du Souss voisine, on a pu démontrer (Weisrock et al., 2002) que certaines plages et dunes littorales associées se nourrissaient elles-mêmes essentiellement dans les systèmes dunaires moghrébiens. La relation géomorphologique entre les éolianites moghrébiennes et les éolianites du Pléistocène supérieur est encore plus directe sur le bas_plateau de Tiznit, mais il faudra d'autres analyses pour le confirmer. Pour véhiculer ces sables moghrébiens, il faut une ambiance climatique sèche, avec de forts vents de secteur NW dominants, capables de remobiliser le matériel ancien : ce sont les épisodes qui correspondent à SD2, SD6, SD7. Si on se réfère aux exemples holocènes (« dune grise, SD7, SD8), on voit que les vents forts dominants de NW et le remaniement des sables (avec des médianes plus fortes) correspondent à une remontée marine : l'Océan transgressif attaque le système dunaire anté-SIM 5 en falaises qui libèrent le sable transporté ensuite par le vent côtier.

Compte-tenu de la part probablement très importante des remaniements, il est difficile de relier les caractéristiques morphoscopiques des grains de quartz aux fluctuations eustatiques. Comme pour les médianes, on constate cependant que l'éolisation des grains se renforce durant les phases transgressives : c'est le cas surtout pour l'ensemble de l'Unité 3, à partir de SD6. Les séries du revêtement superficiel : SR5, la « dune grise » et la dune supérieure SD7, correspondent à des dunes très bioclastiques signalant le rapprochement de la ligne du rivage. Comme on l'a vu plus haut au sujet du paléokjökkenmödding à *Mytilus*, seule la série SD2, dans l'Unité inférieure U1, montre ces deux caractéristiques (médiane élevée et éolisation assez bonne) et pourrait indiquer un rapprochement de la ligne de rivage (SIM 5.1 ?) au sein d'une unité globalement régressive. En effet, inversement, au sein de U1, on voit que SR1 correspond déjà à une phase avancée de la régression durant laquelle le matériel a subi un remaniement hydrique après sa mise en place (les émoussés cassés y sont notables) ; que SR2 correspond toujours à une régression avec médiane faible (sans doute à cause des apports limono-argileux) et forte augmentation des N.U. (non-usés). Enfin, après SD2, SD4 correspond à une nouvelle régression avec diminution des grains éolisés et augmentation des EL et EC, avec une médiane faible.

Ce schéma est toutefois difficilement applicable aux cas intermédiaires, peu caractéristiques ; par exemple SD5 est en réalité une dune stratifiée avec des strates de sables grossiers et

d'autres de sables fins. Le matériel est propre et sa mise en place est polyphasée : le matériel a été soufflé par le vent après sa mise en place ce qui a provoqué le départ, chaque fois, des grains fins et la concentration des grains grossiers sous forme de plancher plus compact.

Les premières observations sur les ciments montrent que les dunes sont grésifiées par des ciments vadoses, liés à des ruissellements continentaux, contrairement aux dunes du domaine intertidal, où l'on peut rencontrer des cimentations marines précoces autour des grains (Schroeder, 1973). Ceci devra être confirmé, mais il semble bien que la totalité de la coupe montre une évolution en milieu ad-littoral relativement homogène. Reste donc à préciser la relative variation des influences climatiques dans les séries « roses », problème récurrent des éolianites carbonatées littorales.

Conclusions.

Les premiers enseignements de l'étude de la coupe de Boughara sont les suivants :

Dix générations de dunes côtières sont mises en évidence depuis le SIM 5. Les cinq premières, appartenant aux unités U0, U1 (SD1) et U2 (ensemble de trois séries dunaires successives SD2, SD3, SD4), sont relativement épaisses et grésifiées en éolianites à ciment essentiellement calcitique. Leurs âges restent indéterminés. La dune de l'unité U0 devrait toutefois logiquement appartenir encore au SIM 5 puisqu'elle se trouve en continuité sédimentaire avec la plage marine sous-jacente à macrofaune « ouljienne ». Dans les unités supérieures U3 et U4, les dunes sont moins épaisses, moins compactes et moins bien grésifiées ; ce sont des manteaux éoliens de haut de falaise, en empilements successifs plus ou moins étendus. La première à être bien datée est SD6 (au sommet de U3), qui a un âge OSL de 22 ± 2 ka (MIS 2).

Les dunes du sommet de l'unité U3 (SD6) et de l'unité U4 (SD7, « dune grise » et SD8) portent plusieurs traces d'anthropisation : un site épipaléolithique daté au ^{14}C à $16,7 \pm 1,9$ ka (*non calibré*) à la limite U3/U4, plusieurs kjökkenmöddingen néolithiques dans l'unité U4. Ces sites montrent la présence humaine à la recherche de ressources alimentaires tirées de l'océan (coquilles marines), mais aussi terrestres (Hélicidés, coquilles d'œufs d'Autruche). Les Autruches ont fréquenté en nombre la zone littorale dunaire dès le SIM 2. L'indice le plus ancien de kjökkenmödding à *Mytilus sp.* remonte quant à lui au dépôt de transition SD1/SD2 (limite U1/U2) d'âge encore indéterminé, entre SIM 5 et SIM 2.

Dans le domaine côtier aride, les dunes sont omniprésentes, mais montrent des caractères différents selon qu'elles accompagnent une régression ou une transgression du niveau marin. Elles ne constituent pas un facteur réhibitoire de l'activité humaine.

Bibliographie.

1. Balescu S., Weisrock A., Rousseau L., Ouammou A., Abdessadok S., Lamothe M. (2013). Chronologie IRSL de paléorivages pléistocènes de la région d'Agadir, Maroc : premières tentatives. *Actes de la RQM7*, Agadir, 2013, 136-146.

2. Brébion Ph., Hoang C.T., Weisrock A. (1984) – Intérêt des coupes d'Agadir-Port pour l'étude du Pléistocène marin du Maroc. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle, Sciences de la Terre*, 6, 129-151.
3. Choubert G. & Ambroggi R. (1953). Note préliminaire sur la présence de deux cycles sédimentaires dans le Pliocène marin au Maroc. *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, n° 117, 3-72
4. Cooke R., Warren A., Goudie A. (1993). *Desert Geomorphology*. UCL Press, London, 526 p.
5. Frébourg G. (2010). *Carbonate coastal dunes: potential reservoir rocks?* Thèse de doctorat Univ. de Genève, Sc. 4221, 191 p.
6. Frébourg G., Hasler C. A., Le Guern P., Davaud E. (2008). Facies characteristics and diversity in carbonate eolianites. *Facies*, 54, 175–191.
7. Grébénart D. (1975). Matériaux pour l'étude de l'Épipaléolithique et du Néolithique du littoral du Maroc saharien. In : *l'Épipaléolithique méditerranéen*, Actes du Colloque d'Aix-en-Provence 1972, Editions du CNRS, 151-188.
8. Le Guern P. (2004). *Caractérisation pétrographique et pétrotexturale des éolianites holocènes et pléistocènes*. PhD Thesis, Université de Genève, 219 p.
9. Murray A.S., Wintle A.G. (2000). Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements*, 32, 57-73.
10. Oliva P. (1972). Aspects et problèmes géomorphologiques de l'Anti-Atlas occidental, *Revue de Géographie du Maroc*, 21, 47-78.
11. Oliva P. (1973). *Carte géomorphologique au 1/100 000ème des Plaines de Tiznit et du Massa*, Royaume du Maroc, Ministère des T.P. et des Communications, Direction de l'Hydraulique, Division des Ressources en eau, 1 feuille 92 x 71 cm.
12. Ouammou A. (1994). *Le Bas-plateau de Tiznit (étude géomorphologique)*. Presses Universitaires de Nancy, 149 p.
13. Oujaa A., Nami M., Bougariane B., El Balla T. (2017). Le patrimoine culturel de la Province d'Aousserd (Région Dakhla-Oued Dahab). *9ème Rencontre des Quaternaristes Marocains*, Safi, p. 83.
14. Roettig C.-B., Varga G., Sauer D., Kolb T., Wolf D., Makowski V., Recio Espejo J. M., Zöllner L., Faust D. (2018). Characteristics, nature, and formation of palaeosurfaces within dunes on Fuerteventura. *Quaternary Research* 1–20 doi:10.1017/qua.2018.52
15. Schroeder J. H. (1973). Submarine and vadose cements in Pleistocene Bermuda reef rock *Sedimentary Geology*, Volume 10, Issue 3, 179-204.

16. Weisrock A. (1980). *Géomorphologie et Paléoenvironnements de l'Atlas atlantique, Maroc*, Thèse Université de Paris1, 831 p, in *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 1993, n° 332, 487 p.
17. Weisrock A. (2012). Late Middle-Pleistocene, Late Pleistocene and Holocene Palaeo-sea-levels records at Agadir and the Atlantic Atlas coastal reach, Morocco: an updated overview. *Quaternaire*, 23, 211-225.
18. Weisrock A., Adele B., Charif A., Tannouch-Bennani S. (2002). Dunes littorales et dunes continentales au Maroc Atlantique semi-aride (29°-30° N) du Pléistocène supérieur à l'actuel. *Revista Cuaternario. & Geomorfologia*, 16, 43-56.
19. Weisrock A. & Fontugne M. (1991). Morphogenèse éolienne littorale au Pléistocène supérieur et à l'Holocène dans l'Oulja atlantique marocaine. *Quaternaire*, 2, 164-175.