



La terrasse holocène d'Ighzer Ougadir (affluent gauche de l'oued Tamri-sud ouest marocain) : cadre chronologique et stratigraphique.

Holocene terrace of Ighzer Ougadir (left tributary of the Tamri wadi-southwest Morocco) : stratigraphic and chronological framework.

Abdelhadi EL OUAHIDI^{1*} ; Abderrahmane OUAMMOU² ; André WEISROCK³ ; Michel FONTUGNE⁴ ; M'hamed RIDAOU^{1*}

¹Faculté polydisciplinaire de Safi. Université Cadi Ayyad. Département de géographie. Adresse postale : Route Sidi Bouzid BP 4162 Avenue Mohamed Belkhadir, Safi 46000, Maroc.; ²Faculté des lettres et science humaines. Université Ibn Zohre. Département de géographie. Adresse postale : BP 29/S - Agadir. ³Muséum d'Histoire naturelle. Adresse postale : 8 rue Buffon, CP 38, 75005 Paris, France. ay – France.

*Corresponding author: E-mail: abdelhadielouahidi@gmail.com

Résumé

Après le Soltanien, une phase érosive majeure a modelé la morphologie de la basse vallée de l'oued Tamri (oued de régime atlantique à mi-chemin entre Agadir et Essaouira - sud ouest marocain) en érodant une grande partie des dépôts soltaniens. Au cours de l'Holocène, la basse vallée de l'oued Tamri a été envahie de nouveau par des matériaux alluviaux et colluviaux issus du bassin versant et du remaniement des sédiments soltaniens. L'Holocène du bas oued Tamri se présente sous forme de terrasses alluviales étagées ou emboîtées en contrebas de la principale terrasse soltanienne du Pylône. A partir du village de Tamri, l'oued Tamri est bordé par un système de terrasses holocènes plus ou moins bien développé. Une seule terrasse alluviale affluente se trouve sur l'Ighzer Ougadir. D'après leur dispositif morphologique dans la basse vallée, les terrasses holocènes présentent 3 niveaux morphosédimentaires : une terrasse constitue le niveau supérieur (la terrasse principale du village de Tamri datée au environ de 4165 ± 80 ans BP), puis un niveau moyen représenté par la formation d'Ighzer Ougadir (attributaire gauche de l'oued Tamri) et enfin la basse terrasse de la bananeraie. La Formation de l'Ighzer Ougadir (datée entre 3145 ± 30 ans et 3185 ± 30 ans BP) qui affleure dans un affluent gauche de l'oued Tamri, fait l'objet de cette étude. Nous avons examiné cette formation par une analyse morphosédimentaire détaillée et bien documentée. Les observations de terrain reposent sur une coupe naturelle entaillée par l'oued Ighzer Ougadir dans un puissant remblaiement holocène qui a été décrite niveau par niveau. Les caractères lithologiques, complétés par un inventaire des structures sédimentaires, une analyse sédimentologique et deux datations au C14 sur charbon de bois, ont permis de dégager les grands traits de l'évolution morphosédimentaire. Dans cette formation, on observe le passage d'une sédimentation grossière fluviale, peu structurée (type fluviale en tresses), à une sédimentation soumise à des influences intertidales (ou estuariennes) formant une plaine alluviale limitée, ensuite à un dépôt grossier, puis un retour vers des conditions estuariennes et enfin l'arrivée d'un apport colluviale signalant l'arrivée d'un climat plus aride et certainement un forçage anthropique.

Mots clés : Oued Tamri, Atlas Atlantique, Oued Ighzer Ougadir, Holocène inférieur, Analyse sédimentologique, Datation C14.

Abstract

After Soltanian a major erosive stage shaped the morphology of the lower valley of the Tamri wadi (Atlantic diet wadi halfway between Agadir and Essaouira - South Western Morocco) eroding much of soltaniens deposits. During the Holocene, the lower valley of the Tamri wadi was invaded again by alluvial and colluvial materials from the watershed and Realignment soltaniens sediments. The Holocene wadi bottom Tamri is in the form of stepped alluvial terraces or nested below the main terrace Soltanian Pylon. From the village of Tamri, Tamri wadi is bordered by a system of Holocene terraces more or less well developed. One tributary alluvial terrace in the Ighzer Ougadir. According to their morphological device in the lower valley, the Holocene terraces morphosedimentary have 3 levels: a

terrace is the top level (the main terrace of the village of Tamri dated to approximately 4165 ± 80 years BP) and represented an average level by forming Ighzer Ougadir (left tenderer Tamri wadi) and finally the low terrace of banana plantations. The Ighzer Ougadir Training (dated between 3145 ± 30 and 3185 ± 30 years BP), which is exposed in a left tributary of the Tamri wadi, is the subject of this study. We reviewed the training with a detailed analysis morphosedimentary and well documented. Field observations are based on a natural cut by the river in a powerful Ighzer Ougadir Holocene infilling that has been described by bench. The lithological character, complemented by an inventory of sedimentary structures, sedimentological analysis and two C14 datings on charcoal, has revealed the outlines of morphosedimentary evolution. In this formation, the transition is observed with a coarse fluvial sedimentation, unstructured (fluvial braided), a sedimentation subject to tidal influences (or estuarine) forming a floodplain limited, then a coarse deposit and a back to estuarine conditions and finally the arrival of a colluvial contribution signaling the arrival of a more arid climate and certainly anthropogenic forcing.

Key words: Tamri wadi ; Atlantic Atlas ; Ighzer Ougadir wadi ; Holocene ; sedimentological analysis ; C14 dating .

1. Introduction

Le contexte géomorphologique global de l'étude est représenté par l'Atlas Atlantique qui constitue l'extrémité la plus occidentale du Haut Atlas marocain (Weisrock, 1980). La formation stratigraphique, sujet de cette étude, appartient à la partie inférieure d'un affluent gauche de l'oued Tamri (Ighzer Ougadir). Le dépôt correspond à un puissant remblaiement limoneux entrecoupé par des séries plus grossières. La formation est discontinue car tantôt emboîté dans le substratum marneux hauterivien tantôt dans un cône-terrasse soltanienn. Le toit de ce remblaiement est cultivé et peut avoir une pente sensible. La nature très friable du matériel sédimentaire favorise une érosion par ruissellement et par l'action anthropique. En conséquence, un recul continu de la berge de la terrasse est observé surtout après chaque période pluvieuse. Son extension est particulièrement réduite par l'érosion et aucun artefact n'a été retrouvé sur ce secteur.

La coupe choisie, d'une hauteur de 6 m, se trouve à proximité de la Route Nationale 1 (Agadir - Essaouirra) à la borne kilométrique 54 et à 500 m de la confluence de l'Ighzer Ougadir avec le cours principal de l'oued Tamri.

2. Méthodes et matériels

Après l'analyse globale du contexte géomorphologique dans lequel s'inscrit la formation d'Ighzer Ougadir, une étude stratigraphique a été faite : définition des grandes unités sédimentaires subdivisées en plusieurs séries, repérage des discontinuités majeures et description des caractères sédimentologiques de chaque sédiment. Ensuite, plusieurs analyses ont été faites au laboratoire : observation des échantillons bruts sous la loupe binoculaire ; analyses granulométriques des sables et particules fines ; morphoscopie des sables et analyse calcimétrique. Pour cela, l'étude a été faite d'abord sur les fractions comprises entre $315 \mu\text{m}$ et $50 \mu\text{m}$ et ensuite sur la fraction inférieure à $50 \mu\text{m}$.

La fraction sableuse a été analysée par la méthode classique qui consiste à tamiser 100 g de sable brut, récupérer le rejet de chaque tamis et le garder pour de prochaines observations. Ensuite, la même opération est répétée avec 100 g de sables décarbonatés, la taille la plus caractéristique étant utilisée pour la morphoscopie. Les données reçues sont traduites en courbes cumulatives et histogrammes de fréquences qui sont à leur tour utilisés pour calculer des indices granulométriques et dessiner des graphiques. La fraction limoneuse et argileuse a été analysée à l'aide de la technique du counter laser et la pipette de Robinson.

Deux échantillons de charbon de bois provenant des niveaux U4-P4 -4.1 et U2 P3-2.5 ont été datés. Les échantillons ont été traités selon la procédure standard (acide : base : acide) (Délibrias, 1985). Les charbons sont ensuite brûlés et le CO₂ obtenu est réduit en graphite. Des pastilles de graphite ou cibles sont préparées pour la mesure de l'activité ¹⁴C qui s'effectue par spectrométrie de masse par accélération (SMA) à Saclay (91) au Laboratoire de Mesure du Carbone 14 (ARTEMIS). Les âges conventionnels sont exprimés en années avant le présent (B.P.) avec une incertitude d'un écart type (1sigma). Les dates calibrées sont obtenues grâce au logiciel OxCal v4 2.3 (BronkRamsey and Lee, 2013) et les courbes de calibration de r5 IntCal 13 (Reimer et al., 2013) et sont données au niveau de confiance 95,4% (2sigma).

Les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ incluent le fractionnement biologique et celui survenant aussi bien pendant la préparation des échantillons que pendant la mesure SMA. Elles ne peuvent donc pas être considérées comme

représentative de la composition isotopique réelle du carbone ($\delta^{13}C$) de l'échantillon et n'a donc aucune signification environnementale.

1. Situation géographique de la formation holocène d'Irhzer Ougadir

L'Irhzer Ougadir est un affluent de la rive gauche de l'oued Tamri qui se trouve à 400 m à l'aval du village de Tamri. Son petit bassin versant est entaillé dans le substratum créacé et sa couverture moghrébienne. L'oued actuel, à chenal unique, adopte un tracé peu sinueux et recoupe un important remblaiement alluvial holocène (Fig.2). Quelques tributaires de taille moins importante, tous intermittents, viennent gonfler l'Irhzer Ougadir sur sa rive gauche. Ce remblaiement constitue l'essentiel de la morphologie de la vallée de l'Irhzer Ougadir et se présente sous forme de longues lanières tantôt étroites, tantôt larges et quelques fois discontinues en bordure de l'oued. A l'amont, ce remblaiement est dominé par un système de cônes-terrasses soltaniennes, mais à la confluence de l'Irhzer Ougadir avec l'oued Tamri, le remplissage holocène s'appuie sur des versants marneux, ayant des pentes fortes.

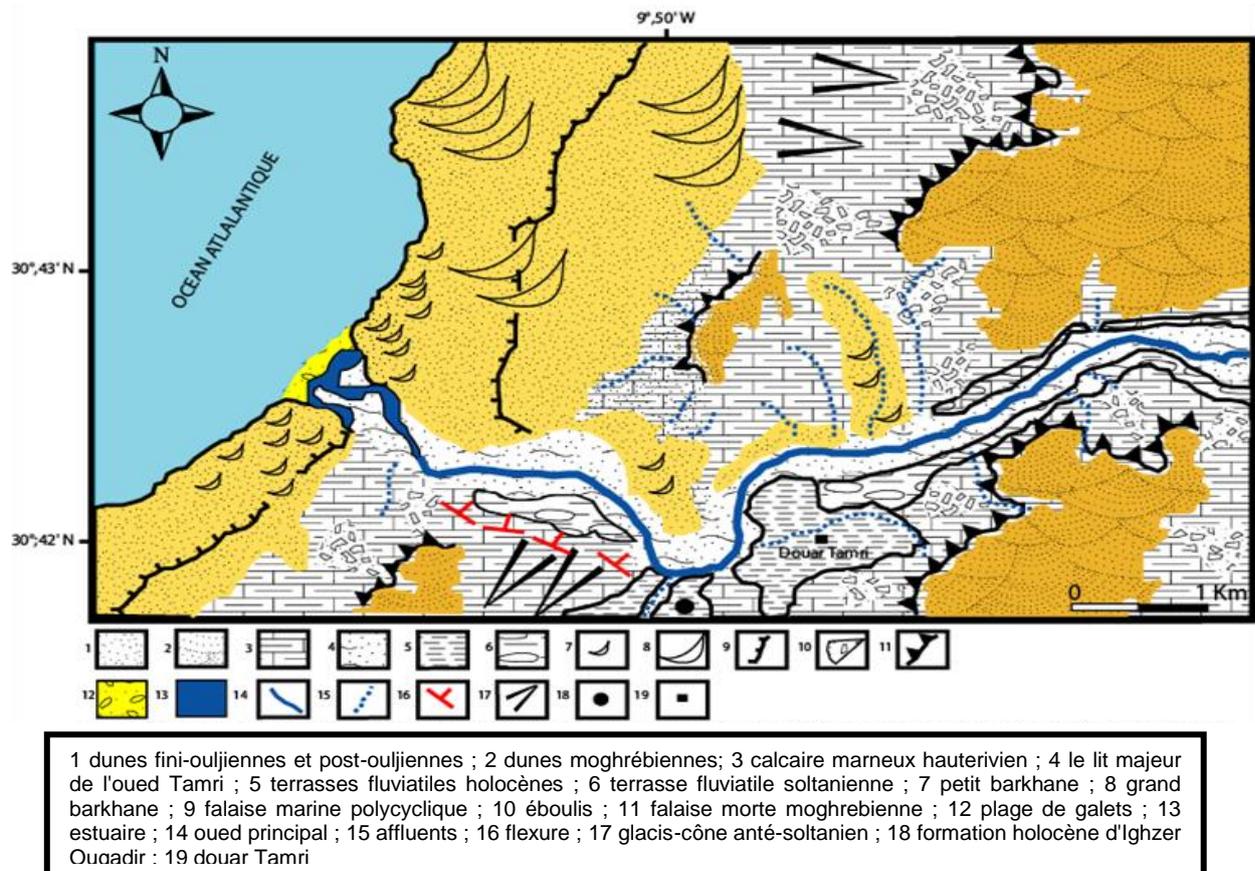


Figure 1 : Croquis morphologique de la basse vallée de l'oued Tamri (A. El Ouahidi).

Le chenal actif de l'Irhzer Ougadir entaille principalement les sédiments holocènes (photo1). L'entaille actuelle atteint 8 m en quelques endroits et souvent ne dépasse pas 6 m. Les matériaux qui constituent ce remplissage holocène se présente sous trois faciès principaux : un matériel grossier hétérométrique constitué de galets anguleux ; des alluvions fines formées de limons, des sables et du sable limoneux ; graviers et sable et enfin des colluvions qui constituent la couverture supérieure du remblaiement.

2. La coupe d'Irhzer Ougadir et ses enseignements

L'étude de cette coupe stratigraphique est permise par l'entaille actuelle de l'oued sur une hauteur de 6 m dans le remplissage holocène. Elle se situe à (30° 41.28 nord et 09° 50.05 ouest) à 300 m à vol d'oiseau de la confluence de l'Irhzer Ougadir avec l'oued Tamri (Figure 1). La particularité de cette coupe réside dans sa présentation de l'intégralité des faciès qui composent cette formation holocène. Depuis le chenal de l'oued, à 23 m d'altitude, jusqu'au sommet du remplissage, 6 m plus haut, la coupe se divise en cinq unités (Fig. 3).

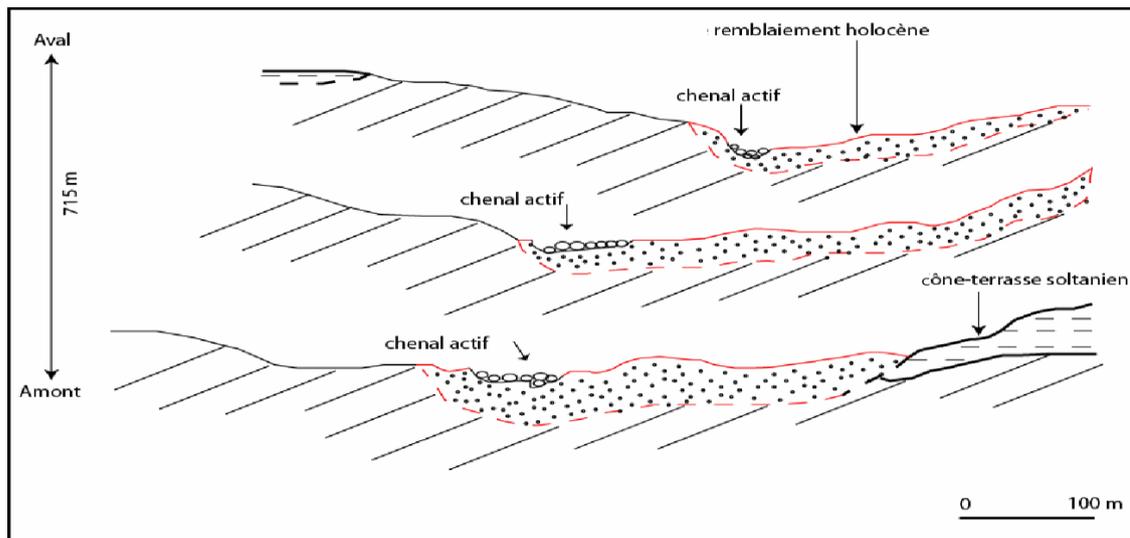


Figure 2 : Coupes schématiques de la vallée de l'Irhzer Ougadir et du remplissage holocène (A. El Ouahidi).

2.1. Stratigraphie (Fig. 3)

Unité 1 : poudingue composé de lentilles grossières dont les éléments sont anguleux et hétérométriques. Le calibre moyen des galets se situe entre 15 à 25 cm, certains peuvent atteindre 30 cm. L'ensemble a une épaisseur de 1 m, noyé dans une matrice sableuse peu friable.

Unité 2 : empilement de dix séquences limoneuses, sableuses et graveleuses. Son épaisseur atteint 2 m et elle se compose de huit séquences limoneuses (2.1 ; 2.2 ; 2.3 ; 2.5 ; 2.7 ; 2.8 ; 2.9 ; 2.11), de deux séquences sableuses (2.4 et 2.10) et d'une séquence graveleuse (2.6) intermédiaire, peu épaisse et discontinue :

2.1 : limons de couleur jaune d'une épaisseur de 20 cm. La structure est massive.

2.2 : limons de couleur brun d'une épaisseur de 22 cm. La structure est massive. La séquence contient quelques poches de coquilles d'*Helix*.

2.3 : limons de couleur jaune d'une épaisseur de 7 cm et de structure litée.

2.4 : sable moyen (Méd. : 170 μ m) de couleur gris, d'une épaisseur de 20 cm et sans structure apparente.

2.5 : limons argileux de couleur jaune et d'une épaisseur de 20 cm. La structure est massive. Généralement, la séquence est décarbonatée mais nous y observons des filaments calcaires.

2.6 : un joint de graviers d'une épaisseur de 5 cm forme une discontinuité sédimentaire.

2.7 : limons de couleur gris d'une épaisseur de 15 cm et sans structure apparente.

2.8 : limons bruns foncés d'une épaisseur de 15 cm et sans structure apparente.

2.9 : limons de couleur jaune clair d'une épaisseur de 20 cm. La séquence est sans structure apparente. Elle contient des *Helix* et une quantité notable de charbons de bois.

2.10 : sables limoneux de couleur gris jaune d'une épaisseur de 22 cm. Le sable est grossier (Méd. : 358 μ m) et la structure est massive. La séquence contient quelques coquilles d'*Helix*.

2.11 : limons de couleur brun ravinés par une puissante nappe de cailloux et sable. La structure est massive et la séquence contient du charbon de bois et des filaments calcaires.

Unité 3 : Elle se compose deux séquences grossières (3.1 et 3.2) :

3.1 : galets, sables et poche de coquilles d'*Helix*.

3.2 : quatre alternances de niveaux sableux et caillouteux (PLG : 14 cm).

Unité 4 : c'est une accumulation de 12 séquences limoneuses (4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.12, 4.13) et d'une séquence sableuse (4.11) sur une hauteur de 2,30 m :

4.1 : limons de décantation de couleur brun à très fin litage d'une épaisseur de 70 cm. A son sommet, la séquence contient plusieurs filaments calcaires.

4.2 : limons de couleur brun foncé d'une épaisseur de 20 cm. La structure est compacte et la séquence ne contient aucune concrétion calcaire.

4.3 : limons de couleur brun clair d'une épaisseur de 30 cm. On note l'existence de filaments calcaire à son sommet.

4.4 : 10 cm de limons bruns foncés sans structure apparente.

4.5 : limons de couleur gris clair d'une épaisseur de 23 cm.

4.6 : 30 cm de limons bruns foncés qui contiennent des filaments calcaires à son sommet.

4.7 : d'une épaisseur de 40 cm, elle est divisée en deux sous-séquences : 4.7a (limons brun clair et compacts) et 4.7b (limons sableux).

4.8 : 10 cm de limons bruns compacts.

4.9 : 10 cm de limons bruns compacts. Elle contient des filaments calcaires.

4.10 : 5 cm de limons de décantation de couleur brun clair lités.

4.11 : 10 cm de sable grossier (Méd. : 200 μm) gris clair.

4.12 : 10 cm de limons brun clair compacts. Elle contient des coquilles d'*Helix* et des filaments calcaires.

4.13 : c'est une séquence limoneuse de couleur brun, discontinue latéralement et ravinée par des colluvions empâtées. Elle contient beaucoup de filaments calcaires.

Unité 5 : c'est un dépôt colluvial qui vient recouvrir la puissante accumulation fluviatile antérieure. Elle se compose de 3 séquences (5.1, 5.2 et 5.3).

5.1 : cailloux hétérométriques (PLG > 50 cm). Ils sont cimentés par une matrice sableuse.

5.2 : graviers, sables fins (Méd. : 110 μm) et limons de couleur gris.

5.3 : cailloux anguleux enveloppés dans des sables et limons rouges.

2.2. Résultats sédimentologiques des dépôts sableux et limoneux (Fig. 4 ; 5 et 6)

L'étude sédimentologique traite les caractères granulométriques de la fraction sableuse. Les caractères morphoscopiques des fractions 125 μm et 315 μm et calcimétriques de chaque séquence élémentaire :

Unité 2 : elle est composée de 10 séquences et épaisse de 2 m :

2.1 : la séquence est limoneuse, le pourcentage de la fraction sableuse atteint seulement 6,51 %. Au niveau stratigraphique, les limons sont compacts et ne présentent aucune structure litée. Le sédiment dans la séquence est très fin (Médiane : 74 μm). Le matériel est très bien classé car le **So** est de 1,32. Au niveau morphoscopique, le pourcentage des grains de quartz ronds-mats atteint 19 % dans la fraction 125 μm . L'allure de la courbe cumulative est sigmoïde à cause de l'aspect uni-modal de l'histogramme de fréquences. Le taux des Ca CO₃ est faible et atteint seulement 4 %.

2.2 : la séquence est toujours limoneuse, mais elle connaît une augmentation de la fraction sableuse par rapport à la séquence précédente avec 21,99 %. C'est un sable fin qui montre une valeur faible de la médiane (110 μm). Le mode montre également un matériel sableux fin (80 μm). Régulièrement, le sédiment va vers du sable fin. La courbe cumulative à dissymétrie vers le sable fin et l'histogramme de fréquence montrent un sédiment uni-modal (80 μm), ce qui donne à la courbe un aspect sigmoïde. Le matériel est bien classé car **So** est de 1,46. L'éolisation est marquée avec un pourcentage des grains éolisés qui atteint 22 %, plus que pour la séquence 2.1. L'allure de la courbe cumulative est hyperbolique. La série enregistre aussi un pourcentage faible des carbonates 6,8 %.

2.3 : c'est une séquence limoneuse de structure litée. Le sable dans la séquence atteint 20 % et la médiane connaît une valeur faible (112 μm). Le sédiment est également très bien classé avec **So** : 1,22. Le sédiment va vers du sable fin et la fraction <50 μm . L'aspect de la courbe cumulative est hyperbolique avec un histogramme de fréquence qui montre un matériel uni-modal (80 μm). Nous observons également un pourcentage de grains ronds mats à 20 %. La séquence connaît un léger accroissement des carbonates avec 9 % seulement.

2.4 : séquence sablo-limoneuse très riche en sable qui atteint 69,69 % du stock. Cela est bien exprimé par la valeur de la médiane qui est plus élevée avec 170 μm . La courbe cumulative montre que le matériel va vers du sable grossier et moyen et l'histogramme de fréquence montre un sédiment bi-modal qui donne à la courbe cumulative un aspect hyperbolique. L'histogramme de fréquence montre un pic à 125 μm qui montre l'existence d'un apport éolien. D'ailleurs, au niveau morphoscopique, la séquence connaît une nette augmentation du pourcentage des grains éolisés avec 35 %. Comme dans les séquences précédentes, le sédiment est très bien classé avec **So** : 1,24. Les carbonates sont toujours faibles avec seulement 9,6 %.

2.5 : séquence limono-argileuse qui présente une réduction spécifique en sable avec 8,28 % seulement du sédiment. La médiane est de 114 μm . Le sédiment est également bien classé avec **So** : 1,36. Il connaît une

légère diminution du pourcentage des grains éolisés, qui ne dépasse pas 22 %, alors qu'il montre une nette augmentation des grains émoussés-luisants à 70 %. La courbe cumulative présente une allure sigmoïde et l'histogramme de fréquence montre un matériel fin uni-modal (50 μm). Le matériel va vers du sable fin et la fraction limeuse et argileuse, ce qui établit que cette séquence a subi une phase hydrodynamique. Le taux des carbonates est toujours plus faible avec 2,2 %.

2.6 : séquence sablo-graveleuse peu épaisse. Elle indique une augmentation nette en sable qui représente 55,1 % du sédiment. La valeur de la médiane (410 μm) montre un sable très grossier. Le sédiment est également bien classé avec **So** : 1,36. La séquence connaît une élévation du pourcentage des grains éolisés à 48 % et un taux élevé des grains émoussés-luisants à 43 %. La courbe cumulative indique une dissymétrie vers le sable grossier, ce qui lui donne un aspect sigmoïde. L'histogramme de fréquence montre un sédiment multi-modal car toutes les fractions ont un pourcentage plus ou moins égal. Le taux des carbonates est toujours faible avec 7,4 %.

2.7 : séquence sablo-limoneuse. On remarque une transgression de la fraction sableuse avec 78,89 %. La valeur de la médiane montre l'existence d'un sable moyen (120 μm). Le matériel est beaucoup moins bien trié que les séquences précédentes car le **So** est de 2,02. La courbe cumulative va vers le sable moyen et fin et montre un aspect hyperbolique qui peut être expliqué par un mélange d'apports fluviaux et éoliens étant donné le mauvais tri et le taux important des grains éolisés qui atteint 50 %. Le taux de carbonates est faible avec 1,5 %.

2.8 : elle indique un abaissement net en sable qui représente 11,77 % seulement du sédiment. La médiane est de 104 μm . Le sédiment est bien classé avec **So** : 1,32. Par rapport à la séquence précédente, la **2.8** connaît une diminution du pourcentage des grains éolisés à 14 % et une nette augmentation des grains émoussés-luisants à 78 %. La courbe cumulative va vers le sable fin et donne un aspect sigmoïde. Le taux des carbonates est toujours faible avec 2,4 %.

2.9 : cette séquence limoneuse très friable connaît un faible taux de sable (7,96 %). La valeur de la médiane (94 μm) exprime bien la tendance vers une sédimentation fine. Elle montre également un bon tri avec **So** : 1,35. La courbe cumulative va vers du sable fin et montre une forme sigmoïde. L'histogramme de fréquence montre un matériel bi-modal (80 et 50 μm). Le taux des grains éolisés est de 19 % alors que pour les grains de quartz émoussés-luisants est de 75 %. Le matériel est décarbonaté car le taux des carbonates est de 0,8 % seulement.

2.10 : séquence sableuse friable et caractérisée par un pourcentage très élevé de sables (68,93%) et une diminution de la fraction fine : la médiane qui augmente, avec une valeur qui atteint 358 μm , montre un sable grossier. Le matériel est mal trié avec **So** : 3,93. La courbe cumulative est de type hyperbolique et l'histogramme de fréquence montre un pic au niveau de la fraction (315 μm). Le taux des grains de quartz éolisés est important avec 48 %. Les carbonates connaissent une légère augmentation par rapport à la séquence précédente avec 5 %, mais restent faibles.

2.11 : séquence limoneuse très friable et discontinue latéralement et ravinée par des lentilles de galets et cailloux. Elle connaît une régression considérable du pourcentage de sable (8,23 %). La médiane traduit bien la baisse du taux de sable avec une valeur qui atteint seulement 98 μm . La courbe cumulative à dissymétrie vers le sable fin et l'histogramme de fréquence est uni-modal (50 μm). Le pourcentage des grains ronds-mats est non négligeable avec 23 %. Généralement, le matériel est caractérisé par un mauvais tri (**So** : 2,67). La séquence est décarbonatée (Ca CO₃ : 0,4 %), malgré l'existence de quelques filaments calcaires à son sommet.

Unité 3 : elle se compose de deux séquences grossières (3.1 et 3.2). Nous avons pris en considération dans l'analyse sédimentologique les bancs sableux que contient la séquence 3.2.

3.2 : la séquence se compose de plusieurs bancs caillouteux alternés avec des bancs sableux. Le sable est grossier (358 μm). Le sédiment est bien trié avec (**So** : 1,23). La courbe cumulative va vers le sable grossier et moyen et l'histogramme de fréquence montre un matériel multi-modal.

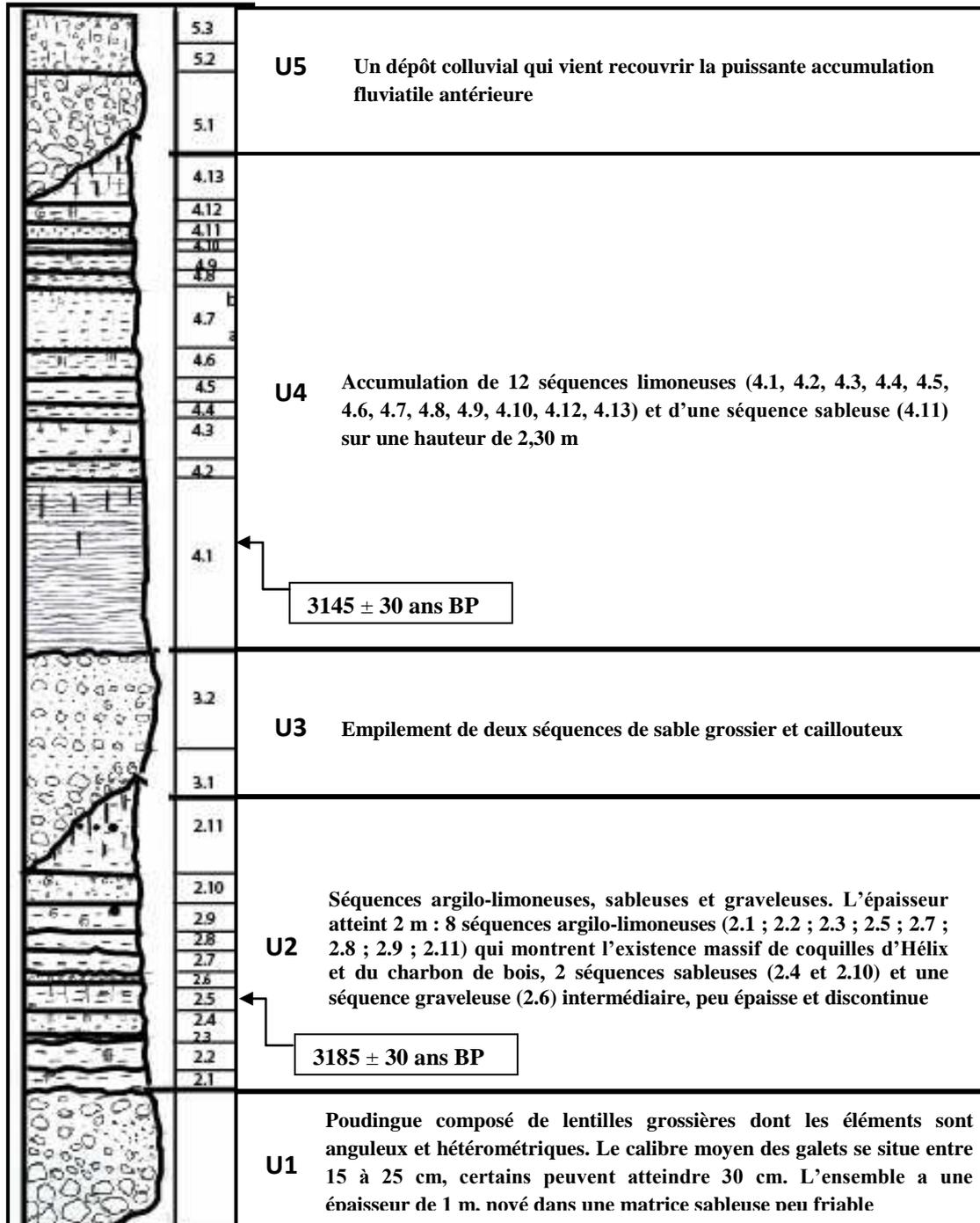


Figure 3 : Coupe stratigraphique de la formation holocène de l'Ighzer Ougadir. (Coupe naturelle à 500 m de la confluence de l'Ighzer Ougadir et l'oued Tamri) (A. El Ouahidi).

La forme de la courbe cumulative laisse supposer un remaniement du matériel à plusieurs reprises par le ruissellement, l'intervention d'apports latéraux (Rivière, 1977) et probablement l'existence d'un apport éolien. Pourtant, le taux des grains ronds-mats ne dépasse pas 25 %. Les carbonates connaissent une nette augmentation avec 13,7 %.

Unité 4 : c'est un empilement de plusieurs séquences limoneuses verticalement entrecoupées par une seule séquence sableuse. La structure est compacte pour tous les limons à l'exception de la séquence (4.1), composée de limons de débordement finement stratifiés :

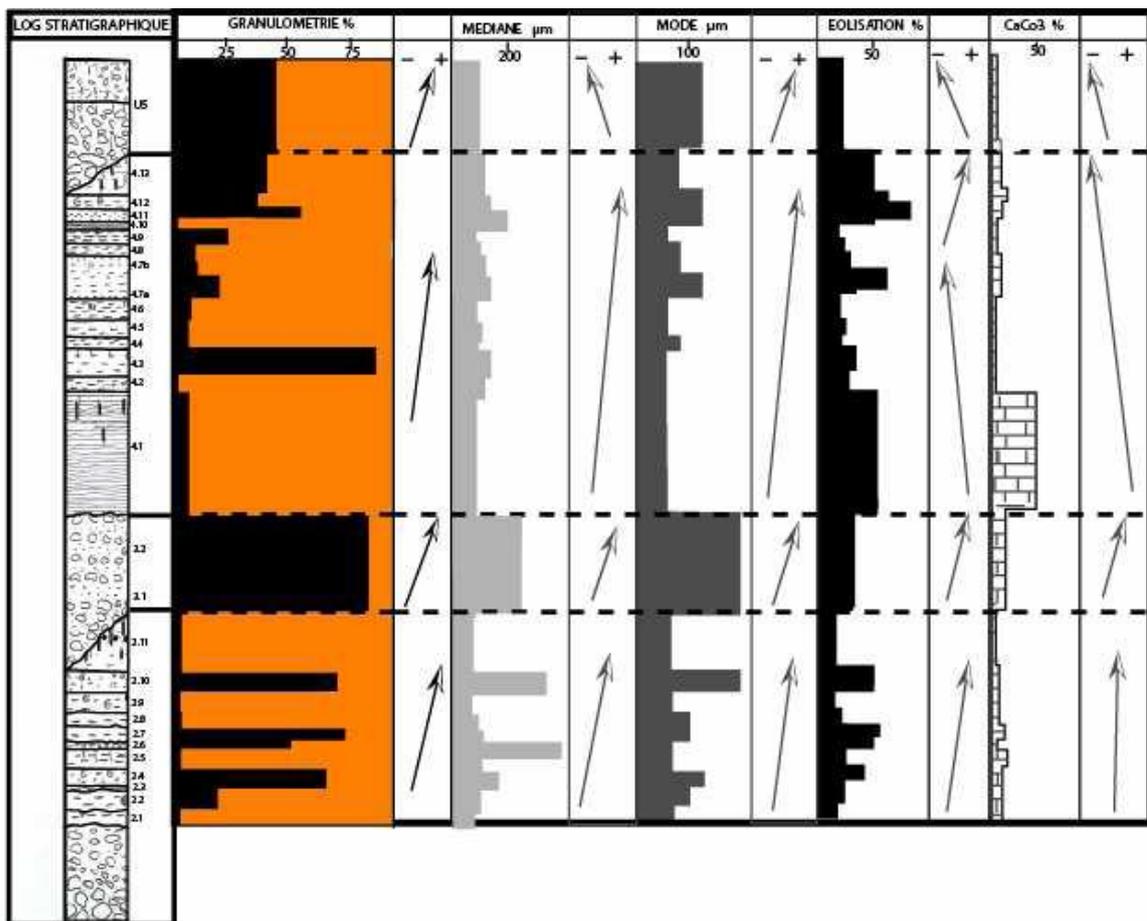


Figure 4 : Résultats sédimentologiques de la formation d'Ighzer Ougadir (A. El Ouahidi).

4.1 : c'est une séquence épaisse de 70 cm composée de limons. Le sable ne présente que 12,5 % du sédiment et la médiane ne dépasse pas 80 µm. La courbe cumulative va vers le sable fin et elle montre un aspect hyperbolique. L'histogramme de fréquence montre un matériel uni-modal (<50 µm). Cela n'empêche pas l'influence de l'éolisation, car nous avons un taux non négligeable de grains éolisés 22 % à 125 µm. Le taux des carbonates dans la séquence atteint 33,7 % et cela représente le pourcentage le plus élevé dans toute la formation, avec des filaments calcaires au sommet de la séquence.

4.2 : c'est une séquence limoneuse friable qui ne présente aucune structure apparente. Le sable est minoritaire avec 5,71 %. La courbe cumulative à dissymétrie vers le sable fin montre une forme sigmoïde. La forme de la courbe cumulative prouve un transport par un courant de faible compétence. L'histogramme de fréquence montre un matériel uni-modal (50 µm). Le matériel est bien trié avec S_o : 1,21. Les grains éolisés ne dépassent pas 25 % du sédiment. Les carbonates ne représentent que 0,3 %, ce qui donne une nature friable au sédiment.

4.3 : c'est une séquence sablo-limoneuse qui ne présente aucune structure apparente. Elle est caractérisée par un très fort apport de sable avec 89,45 %. La médiane indique que nous avons un sable moyen (158 µm). La courbe cumulative à dissymétrie vers le sable fin montre une forme sigmoïde. L'histogramme de fréquence indique un matériel uni-modal (50 µm). Le sédiment est bien classé avec S_o : 1,42. Au niveau morphoscopique, les grains ronds-mats représentent 30 % dans la fraction 80 µm. Les carbonates représentent seulement 2 % bien que la séquence contienne quelques filaments calcaires.

4.4 : la séquence est constituée d'un matériel limoneux non compact et peu épais. Ce sédiment, bien classé (S_o : 1,28), est caractérisé par la forte présence de la fraction fine qui représente 90,2 % du stock, de ce fait, la médiane est faible (104 µm). La courbe cumulative est de type hyperbolique et l'histogramme de fréquence montre un matériel bi-modal (125 et 80 µm). L'éolisation est peu marquée avec un pourcentage de grains ronds-mats qui atteint 21 %. Les carbonates ne présentent que 3 %.

4.5 : c'est une séquence limoneuse friable qui contient un pourcentage faible en sable (10,7 %). La médiane est de 109 μm . Elle connaît une légère augmentation du pourcentage des grains éolisés avec 25 %, alors qu'elle montre une nette augmentation des grains émoussés luisants 57 %. La courbe cumulative présente une allure sigmoïde et l'histogramme de fréquence montre un matériel fin uni-modal (50 μm). Le matériel va vers du sable fin et la fraction limoneuse et argileuse, ce qui établit que cette séquence présente une phase hydrodynamique plus calme. Le taux des carbonates est toujours plus faible avec 1 % seulement.

4.6 : c'est une séquence limoneuse qui connaît un léger enrichissement en sable 11 %. Pourtant, la médiane diminue, avec une valeur qui atteint 92 μm , ce qui montre une transgression d'un sable fin. Le matériel est bien trié avec S_o : 1,61. La courbe cumulative est de type sigmoïde et l'histogramme de fréquence montre un matériel bi-modal (80 et 50 μm). Le taux des grains de quartz éolisés est plus ou moins faible avec 22 %. La séquence est décarbonatée avec un pourcentage de Ca CO_3 qui ne dépasse pas 1 %.

4.7a : c'est une séquence limono-sableuse compacte. Le sable constitue seulement 26,79 % du stock. Le matériel est bien classé avec S_o : 1,65. La courbe cumulative à dissymétrie vers le sable moyen et fin, elle montre un profil irrégulier à cause du caractère bi-modal de l'histogramme de fréquence. L'aspect de la courbe cumulative et le taux plus ou moins important de grains de quartz éolisés (ronds-mats : 57 %) indiquent probablement l'existence d'un apport éolien. Les carbonates enregistrent une légère augmentation avec 8 %.

4.7b : la séquence montre une diminution de la fraction sableuse avec seulement 14,3 %. La médiane exprime bien cette tendance vers une sédimentation fine avec une valeur qui atteint 122 μm . La courbe cumulative montre un aspect sigmoïde avec une dissymétrie vers le sable fin et l'histogramme de fréquence montre un matériel pluri-modal. Le matériel alluvial de cette séquence est bien classé avec S_o : 1,26. A l'inverse de 4.7a, Cette séquence qui présente le sommet de la série 4.7 indique une diminution des remaniements éoliens, ceci est bien visible grâce à la présence moins fréquente des grains ronds-mats (23 %). Le taux des carbonates n'est pas significatif, car il ne dépasse pas 7 %.

4.8 : c'est une séquence argilo-limoneuse pauvre en sable qui atteint seulement 12 %. La valeur de la médiane diminue également et atteint 110 μm . Le matériel est très bien classé avec S_o : 1,32. La courbe cumulative à dissymétrie vers le sable fin et l'histogramme de fréquence montre un matériel uni-modal (80 μm). Les grains éolisés représentent 19 %. Les carbonates, toujours faibles, atteignent 3 % seulement.

4.9 : c'est une séquence limono-sableuse qui ne présente aucune structure apparente. Elle est caractérisée par une légère transgression d'apport de sable avec 29,81 %. La médiane indique que nous sommes toujours devant un sable fin (83 μm). La courbe cumulative à dissymétrie vers le sable fin et elle montre des ondulations dans son profil à cause du caractère pluri-modal de l'histogramme de fréquence. Le sédiment est bien classé avec S_o : 1,43. Au niveau morphoscopique, les grains ronds-mats présentent une légère diminution avec seulement 17 % dans la fraction (80 μm). Les carbonates représentent seulement 2,7 % malgré que la séquence contienne quelques coquilles d'*Helix*.

4.10 : La séquence est constituée d'un matériel limoneux lité et peu épais. Ce sédiment, bien classé (S_o : 1,27), est caractérisé par la forte présence de la fraction fine qui représente 95,2 % du stock, ainsi, la médiane est faible (80 μm). La courbe cumulative est de type hyperbolique et l'histogramme de fréquence montre un matériel bi-modal (80 et 50 μm). L'éolisation est peu marquée, malgré une mince augmentation du pourcentage de grains ronds-mats qui atteint 21 %. Par contre, les carbonates connaissent une légère augmentation avec 7,9 %.

4.11 : c'est une séquence qui connaît une croissance de la fraction sableuse avec 64,4 %. La médiane traduit bien la tendance vers une sédimentation de sable grossier (200 μm). La courbe cumulative est de type hyperbolique et l'histogramme de fréquence montre un matériel pluri-modal. La forme de la courbe cumulative et le taux élevé des grains ronds mats (76 %) indiquent plusieurs remaniements d'un matériel éolien par ruissellement. Les carbonates suivent la progression enregistrée à partir de la séquence précédente avec 8,7 %.

Unité 5 : c'est une unité colluviale composée de galets et graviers anguleux et hétérométriques. Ces éléments grossiers sont enrobés dans une matrice limono-sableuse friable (Ca Co3 : 0.5 %). Le sable est minoritaire avec seulement 44,5 % et la médiane est faible (110 µm). Le mauvais classement (So : 2,51) est dû à la nature colluviale du sédiment. Le taux des grains éolisés est non négligeable (24 %), cela résulte du remaniement probable d'un matériel éolien antérieur, par le ruissellement.

2.3. - Résultats et interprétation morphodynamique

L'existence d'une nappe de galets hétérométriques et peu émoussés (unité 1), relève d'écoulements torrentiels provoqués par des averses orageuses très localisées sur le bassin versant d'Ighzer Ougadir. Il s'agit d'une charge grossière longitudinale de nature discontinue qui indique des climats secs, mais avec des précipitations orageuses exceptionnelles. De la séquence 2.1 à 2.3, nous sommes devant un dépôt argilo-limoneux et sableux fin décarbonaté qui montre un fonctionnement plus large de l'Ighzer Ougadir et de son bassin versant dans un climat plus humide qui favorise des précipitations plus régulières. En effet, tout laisse penser que ce cycle est le reflet d'une humidification du milieu : la géodynamique responsable du dépôt ; l'augmentation des grains de quartz d'aspect fluvial et les traces de bioturbations. La séquence 2.4 montre un changement dans la dynamique de l'Ighzer Ougadir avec une sédimentation plus sableuse et une valeur de la médiane qui indique la mise en place d'un sable grossier avec la supériorité des grains de quartz ronds mats. Ces grains éolisés malgré qu'ils sont pour une part peut être hérités, montrent l'existence probable d'une aridification de la basse vallée de l'oued Tamri et de ses affluents. La séquence 2.5 montre une nouvelle pulsion humide à environs 3185 +/- 30 ans BP : il s'est déposé un matériel fin avec une part importante d'argile dans la plaine d'inondation, loin du chenal principal. Cela indique également une alimentation régulière de l'Irhzer Ougadir. La séquence 2.6 illustre une aridification accompagnée de périodes hydrodynamiques moins calmes avec l'arrivée des colluvions sous forme d'un joint gravo-sableux qui indique un appauvrissement du couvert végétal sur les versants. La prédominance des grains éolisés (anguleux-picotés) dans cette séquence est l'annonce d'une activité importante des vents locaux et d'une sécheresse. L'aridification se poursuit toujours avec la séquence 2.7 qui montre une suprématie de la sédimentation sableuse et également un mélange probable d'un apport éolien et fluvial. Avec les séquences 2.8 et 2.9, un écart se remarque avec l'arrivée de crues transportant des sédiments en suspension (médianes entre 94 µm et 104 µm) du fait d'une humidification du climat confirmée, en outre, par l'existence de coquilles d'*Helix* et de charbon de bois qui révèlent l'existence d'un couvert végétal dans le bassin versant de l'Irhzer Ougadir et dans la basse vallée de l'oued Tamri. L'aridité revient avec le dépôt de la séquence 2.10. La prédominance de sable grossier (médiane : 358 µm) et le mauvais tri du sédiment prouvent une nature colluviale malgré l'existence d'un apport important de grains éolisés qui peuvent être hérités. Les caractères sédimentologiques de ce matériel indiquent une origine double colluviale et éolienne. L'unité se termine par un banc limoneux (2.11) qui se caractérise par l'existence de charbons de bois à la base et la nature très fine du matériel. Cela laisse supposer une pulsion humide qui a favorisé la dominance d'un régime pluviométrique régulier. Généralement, l'unité 2 montre une alternance entre des périodes calmes responsables d'une sédimentation estuariennes et des petites périodes d'arrivée d'apport sableux issus des petits tributaires de l'oued Irghzer Ougadir qui commencent à fonctionner dans des conditions climatiques et hydrodynamiques locales.

Une puissante nappe de galets anguleux et hétérométriques (unité 3) ravine l'unité 2 et s'organise généralement sous forme de grandes lentilles discontinues. A sa base le matériel grossier est déposé en vrac, mélangé à des poches d'*Helix*, par contre, à son sommet on remarque une organisation sédimentaire : des niveaux sableux alternent régulièrement avec des niveaux caillouteux. La structure de cette barre longitudinale révèle un changement dans la dynamique de l'Irhzer Ougadir. On passe d'un écoulement puissant et torrentiel à un écoulement plus faible mais bien régulier au sommet de la nappe. Les niveaux sableux montrent la mise en place d'un sable grossier par des vents lointains et son remaniement par l'oued, sans pour autant oublier un probable mélange avec un apport latéral car nous observons l'existence d'une quantité non négligeable de grains de quartz anguleux et non usés.

L'unité 4 se caractérise par une tendance à l'aggradation à environs 3145 +/- 30 ans BP et plus précisément dans les 4.1 ; 4.4 ; 4.6 ; 4.7 et 4.9. Effectivement, les médianes des échantillons montrent généralement trois cycles sédimentaires, chaque cycle montre le passage progressif d'une séquence limoneuse à des séquences limono-sableuses : -1° de 4.1 à 4.5 - 2° de 4.6 à 4.8 - 3° de 4.9 à 4.13.

De 4.1 à 4.2, nous assistons à l'arrivée de matériel beaucoup plus fin, argilo-limoneux, qui indique la migration du chenal. A cette période l'Irhzer Ougadir a dû connaître un déplacement de l'ensemble du cours d'eau en changeant la direction de son chenal actif vers la rive gauche. L'éolisation est peu marquée dans ce matériel limoneux, tout de même, nous observons une légère élévation des grains de quartz anguleux-picotés (entre 22 et 25 %) qui indiquent des sables éoliens modelés par des vents locaux. L'existence de cet apport éolien n'indique pas forcément une aridification globale mais une contamination ou un remaniement ultérieur par ruissellement d'un apport antérieur à l'arrivée des crues responsables de la mise en place des limons. Avec 4.3, les courants sont plus puissants et sont responsables de la mise en place d'un sable moyen bien trié aux abords du chenal actif. De 4.4 à 4.6,

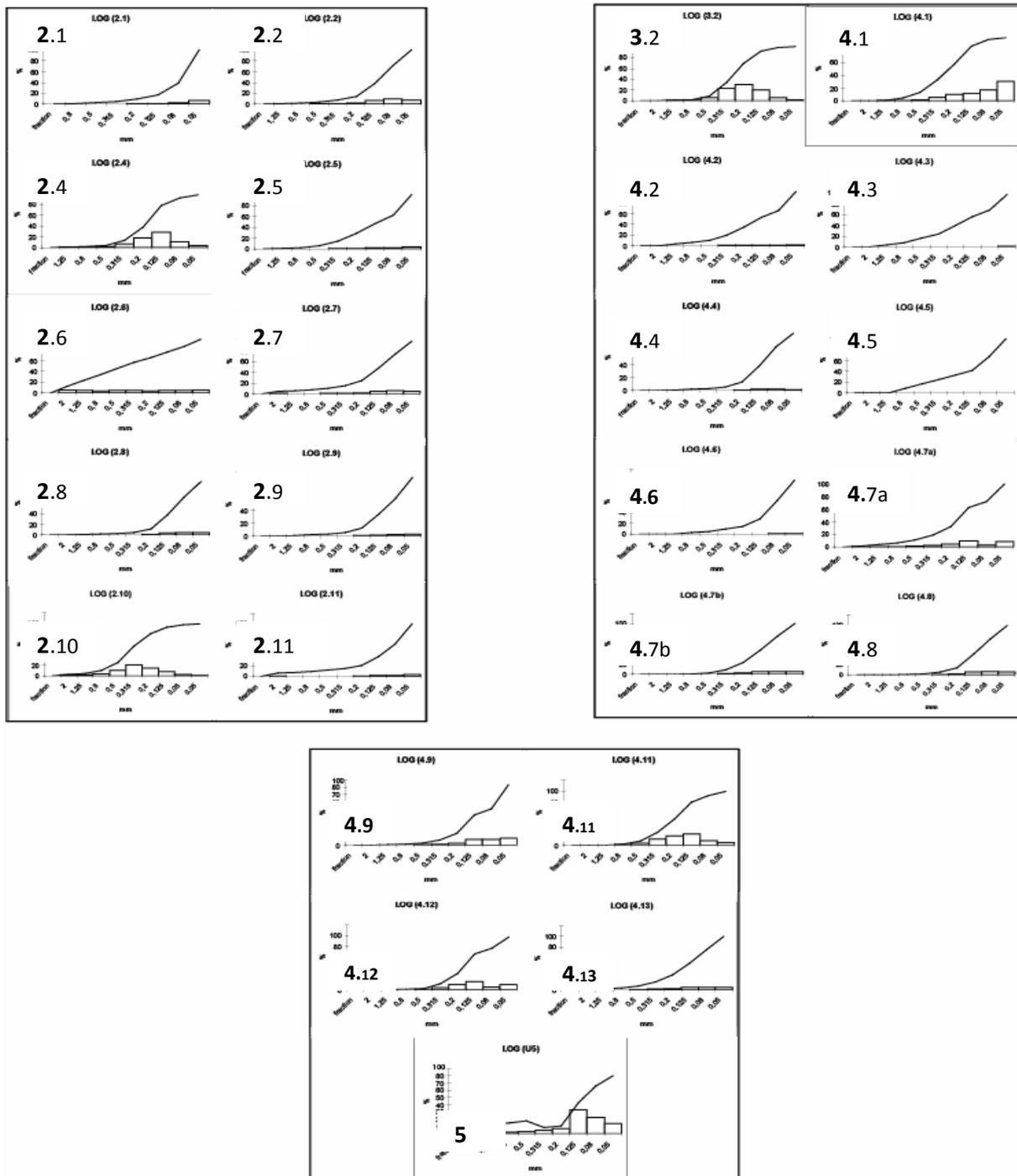


Figure 6 : Courbes cumulatives et histogrammes de fréquences des séquences limoneuses et sableuses de la formation d'Ighzer Ougadir (A. El Ouahidi).

Tableau 1 : Datations des échantillons de charbon de bois des séquences 4.1 et 2.5 (M. Fontugne).

Laboratoire N°	Références	Nature	Age conventionnel B.P.			$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Date Médiane (Cal B.P.)	Intervalle dates (Cal B.P.)
				±				
SacA40473/Gif-13040	U2 (P3)-2.5	charbon dans limon	3145	±	30	-27,1	3372	3447-3258
SacA40472/Gif-13039	U4-(P4)-4.1	charbon dans limon	3185	±	30	-22,3	3409	3457-3360

Nous sommes devant une submersion de la plaine d'inondation dans des conditions hydrodynamiques plus calmes. L'absence d'une structure litée est due probablement à la courte durée de l'inondation qui ne permet pas une décantation progressive des éléments fins transportés en suspension. Selon Gaillard (1988), quand la vitesse de l'eau passe en-dessous des minima (**sable** : 600 cm/mn ; **sable fin** : 50 cm/mn ; **limon** : 1 cm/mn) dans un espace de temps important, la décantation des dépôts se fait régulièrement. La séquence **4.7** montre une légère augmentation de la fraction sableuse qui peut être expliquée par l'émersion de la plaine d'inondation et le fonctionnement des tributaires de l'Irhzer Ougadir, ainsi qu'une probable éolisation. Entre **4.8** et **4.13**, nous sommes devant des périodes d'inondation (4.8 ; 4.9 ; 4.10 et 4.12) entrecoupées par des périodes d'éolisation (4.11 ; 4.13).

Une couverture colluviale très importante se met en place au sommet de la coupe signalant une rupture morphodynamique nette avec l'unité 4. Une phase plus aride, responsable de la dégradation de la végétation sur les versants de l'oued a favorisé une accélération du processus d'érosion par des orages exceptionnels et brefs en produisant une quantité importante d'éléments grossiers (anguleux et peu émoussés) provenant des versants immédiats.

Conclusion

Cinq géodynamiques successives se marquent au sein de ce remblaiement :

Une première montrée par l'unité 1, résulte d'un fonctionnement localisé du drainage, par le fait des affluents et qui a provoqué la mise en place de galets anguleux, remaniés, ensuite par l'Irhzer Ougadir, qui les étend sous la forme de petits cônes de chenal, ce qui explique leur présence discontinue dans le remplissage. Cette géodynamique non datée indique une aridification du climat et des précipitations probablement orageuses et très limitées dans l'espace. A l'holocène supérieur (3185 ± 30 ans BP / **SacA40473/Gif-13040**), une deuxième présentée par l'unité 2, dépend d'une activité globale du bassin versant de l'Irhzer Ougadir, qui dépose en zone distale, des sédiments fins limoneux, transportés en suspension par des courants turbides dans des crues généralisées provoquées par des précipitations tombées sur une grande partie de la région drainée par l'Irhzer Ougadir et déposés dans des conditions estuariennes. Une troisième exposée par l'unité 3, découle du dynamisme très limité du bassin versant, dont les drains mettent en place des nappes de galets anguleux ou peu émoussés et des bancs sableux. L'Irhzer Ougadir reprend ces formations à galets, les transporte dans un chenal unique puis les étale sous forme de cônes d'épandages quand sa compétence diminue.

Toujours à l'holocène supérieur (3145 ± 30 ans BP / **SacA40472/Gif-13039**), une quatrième énoncée par l'unité 4, provient de l'existence d'écoulements dans une grande partie du bassin versant déposant des limons dans la zone distale et le retour à une sédimentation estuarienne favorisée probablement, comme pour l'unité 2, par l'existence à cette période d'une barrière dunaire à la confluence entre l'oued Ighzer Ougadir et l'oued Tamri signalant un avancement des systèmes dunaires à l'intérieur de la basse vallée de l'oued Tamri dans des conditions eustatiques allant vers un léger recul du niveau marin. Cette hypothèse est soutenue par l'observation dans le dépôt d'un apport de sable éolien non négligeable qui provient probablement des champs dunaires colmatant une partie de la basse vallée de l'oued Tamri et une structure très litée des sédiments qui annoncent un blocage hydraulique à l'aval du système. Cette géodynamique estuarienne est entrecoupée par quelques périodes (**4.3 ; 4.7 ; 4.9 ; 4.11 ; 4.13**) où les affluents de l'Irhzer Ougadir dans la zone proximale fonctionnent seules et déposent des sédiments plus grossier causant probablement une ouverture périodique du système sur l'oued Tamri. Une cinquième géodynamique est montrée par l'unité 5, elle est expliquée par une phase morphodynamique colluviale qui résulte d'une aridification globale de la zone de Tamri et certainement d'un forçage anthropique. Les éléments arrachés des versants dénudés de végétation sont ultérieurement transportés par des orages exceptionnels vers la basse vallée de l'Irhzer Ougadir.

Remerciements-Nous remercions B. Berthier, J-P Dumoulin & C. Moreau pour les mesures au LMC14-AMS ARTEMIS.

RÉFÉRENCES

1. Bronk Ramsey C. & Lee S., Recent and Planned Developments of the Program OxCal. *Radiocarbon*, 55 (2-3), (2013). 720-730.
2. Délibrias G. (1985). Le carbone 14. In Roth E., Poty B. (Ed), Méthodes de datation par les phénomènes nucléaires naturels : applications. Collection CEA, Masson, 421-458.
3. Gaillard C., Bioturbation récente au large de la Nouvelle-Calédonie. Premiers résultats de la campagne Biocal. *Oceanologica Acta*, Paris, 11, n° 4 (1988) 389-399,
4. Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Buck CE, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Haflidason H, Hajdas I, Hatté C, Heaton TJ, Hoffmann DL, Hogg AG, Hughen KA, Kaiser KF, Kromer B, Manning SW, Niu M, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Staff RA, Turney CSM, van der Plicht J., IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4) (2013)
5. Rivière, A. (1977). Méthodes granulométriques, techniques et interprétation, Paris, Masson, 170p.
6. Weisrock A., (1980). Géomorphologie et Paléoenvironnements de l'Atlas atlantique marocain. Thèse, Paris 1, 487 p.

Actes du colloque RQM8 de Nador, 2015

NB. Article accepté après avis des professeurs Aberkan Mhamed (FS, Rabat) et Boudad Larbi (FS, Meknès), membres du comité de lecture des actes de la RQM8.

RQM8: Huitième Rencontre des Quaternaristes Marocains.

(2016) ; <http://www.jmaterenvirosci.com>