

“ Sedimentology and geochemistry of recent alluvium of the wadi Beht mean (Furrow south western Rif, Morocco): dynamics of implementation and hydrological and climatic meanings ”

Ahmed LAABIDI¹, Lahcen Gourari² & Abdellah EL HMAIDI³

¹ *Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Sciences, Dhar El Mehraz, Département de Géologie, Fès, Maroc.*

² *Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences de Meknès, Département de Géologie, B.P. 11201, Zitoune, Meknès.*

ABSTRACT

The watershed of the river Beht is located northwest of Morocco and occupies the southwestern part of the Sebou basin. This study focuses on the sedimentological and geochemical analysis of current alluvial floodplain and meandering filling abandoned Middle Beht. The results revealed that the sediments exhibit an alkaline pH, low levels of carbonates, low values of the electrical conductivity and relatively high contents of organic matter mostly in the finest sediment. Deposits are organized in grano-decreasing repetitive elementary sequences much more expressed and fines in meandering filling abandoned deposits, which function as ephemeral lakes, as in those of the floodplain. They are the expression of the sedimentological variation of hydrodynamics related to the succession of flood-related flood recession cycles themselves with climate change. They are set up on the often rocky deposits texture background meandering channels and bars. The sequence of these basic sequences, sandy-silty clay at the base and silty-sandy clay on top, gives larger sequences grano-decreasing.

Keywords - Oued Beht, Flood Plain, Abandoned meander, Hydrological cycles, Climate Change.

I. INTRODUCTION

Le présent travail rentre dans le cadre des travaux de recherche sur les alluvions récentes du cours moyen de l'Oued Beht. Il se base sur des observations détaillées de terrain et des analyses sédimentologiques et géochimiques des sédiments au laboratoire similaires à celles mises en œuvre dans la vallée fluviale de la Haute Moulouya sur son versant nord [1, 2, 3, 4].

Cette démarche, la première dans la zone d'étude, a pour but de décrire les alluvions liées essentiellement à l'activité de l'Oued Beht et d'exposer les conditions géomorphologiques de dépôt et de préservation de ces archives fluviales, dont le matériel apparaît paradoxalement très fin pour une zone de piémont. L'objectif est de montrer l'intérêt que peut apporter l'étude des dépôts fluviaux de plaines d'inondation et surtout de méandres abandonnés dans la mise en évidence des variations hydrodynamiques pendant la sédimentation et leurs significations hydrologiques et climatiques.

II. CADRE PHYSIQUE ET GÉOLOGIQUE

Le tronçon étudié de la vallée du Moyen Beht est circonscrit dans une zone de moyen plateau. Il est encadré par les hauts plateaux du Maroc central et du Causse moyen atlasique au Sud, les collines et les rides pré-rifaines au Nord, le plateau du Sais de Meknès à l'Est et celui de Zemmour-Zair à l'Ouest [5] (Fig. 1).

Du point de vue morpho-structural, ce tronçon est formé par deux dépressions synclinales séparées par un dôme anticlinal d'origine tectono-diapirique. Des travaux antérieurs [6] ont souligné les aspects de la dynamique sédimentaire actuelle et la typologie des dépôts des différentes unités sédimentaires en relation avec les conditions topographiques, géomorphologiques, hydrodynamiques, biologiques et anthropiques et leurs évolutions spatio-temporelles. La typologie morpho-sédimentaire des coupes étudiées, leur répartition spatiale et leur développement sont liés aux conditions morpho-structurales le long de la vallée qui déterminent la typologie des styles

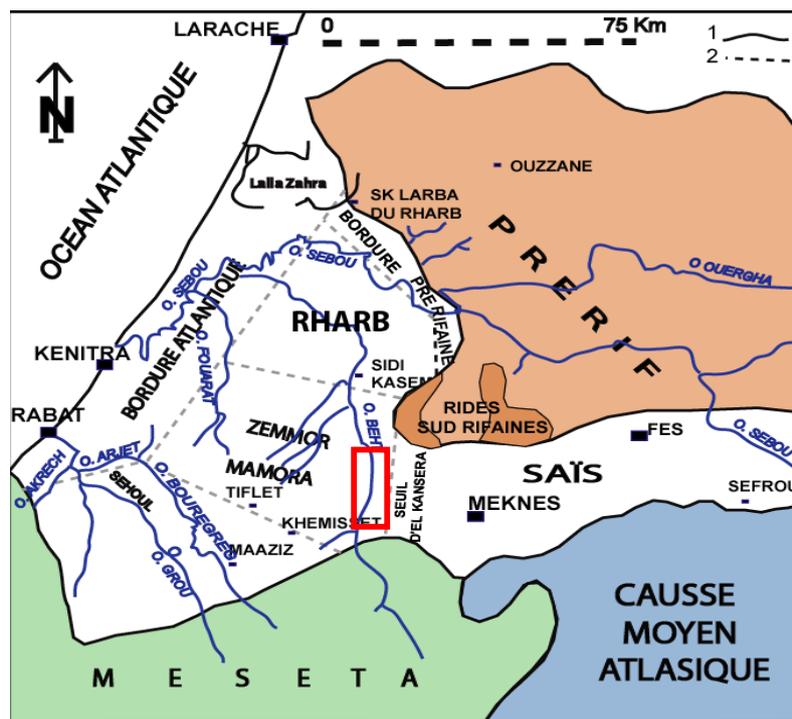


Figure 1. Localisation géographique du secteur d'étude dans son contexte régional [5].

fluviaux. Trois tronçons de vallées ont été distingués : deux tronçons où la vallée est large, façonnée dans des zones déprimées et composées de terrains tendres argileux et marneux d'âge triasique et miocène, que sépare un tronçon où la vallée est étroite et fortement incisée dans un dôme anticlinal, formé de terrains durs, carbonatés et d'âge jurassique [6], à la jonction des domaines structuraux des Atlas, de la Meseta septentrionale et du Sillon sud rifain.

Du point de vue géologique, le tronçon de la vallée étudiée et ses zones pétrographiques distributrices d'amont sont formés de terrains allant du Paléozoïque jusqu'au Quaternaire [7] (Fig. 2).

Les formations géologiques du socle paléozoïque affleurent dans le Plateau ou le Maroc Central et sont composés principalement de schistes, de grès et de quartzites. Ces terrains, très tectonisés et affectés par un métamorphisme épizonal, sont localement coiffés par des formations superficielles, composées principalement d'alluvions et de basaltes.

Dans le Moyen Atlas, ces terrains du socle sont surmontés en discordance angulaire par des terrains de couverture d'âge mésozoïque. Ces derniers sont constitués par des argiles et des silts rougeâtres gypso-salifères à intercalation de basaltes doléritiques souvent altérés qui coiffent des carbonates d'âge liasique, composés de dolomies, de calcaires dolomitiques et de calcaires bioclastiques à

siliceux et inter-lits marneux. Ces dépôts carbonatés, liasiques et de plateforme marine, sont localement masqués par des dépôts continentaux, composés de matériaux détritiques allant texturalement depuis les limons jusqu'aux cailloutis ou conglomérats, et de carbonates continentaux, constitués de travertins et de calcaires lacustres d'âge plio-quaternaire.

Au niveau du Sillon sud rifain, ces terrains du socle et de couverture s'ennoient sous des formations plus jeunes d'âge miocène et quaternaire. Les formations du Miocène sont marines et formées de marnes sableuses grises et de grès jaunâtres bioclastiques. Les formations superficielles quaternaires sont composées de dépôts détritiques, constitués d'alluvions, de colluvions, des épandages de cône de déjection et de bas de pente ou éboulis. Les dépôts les plus anciens de la vallée, de l'Oued Beht moyen, se présentent sous forme de terrasses et glaci-terrasses emboîtés à étagés suivant les conditions morpho-structurales le long de la vallée [8]. Ces conditions se manifestent par l'existence de deux grandes dépressions séparées par un dôme. Les dépressions correspondent à des synclinaux à matériel tendre composé de marnes sableuses grises du Miocène supérieur et d'argiles et silts gypso-salifères rougeâtres du Trias alors que le dôme est un anticlinal d'origine tectono-diapirique et à matériel carbonaté et silto-argilo- gypso-salifère d'âge respectivement jurassique et triasique.

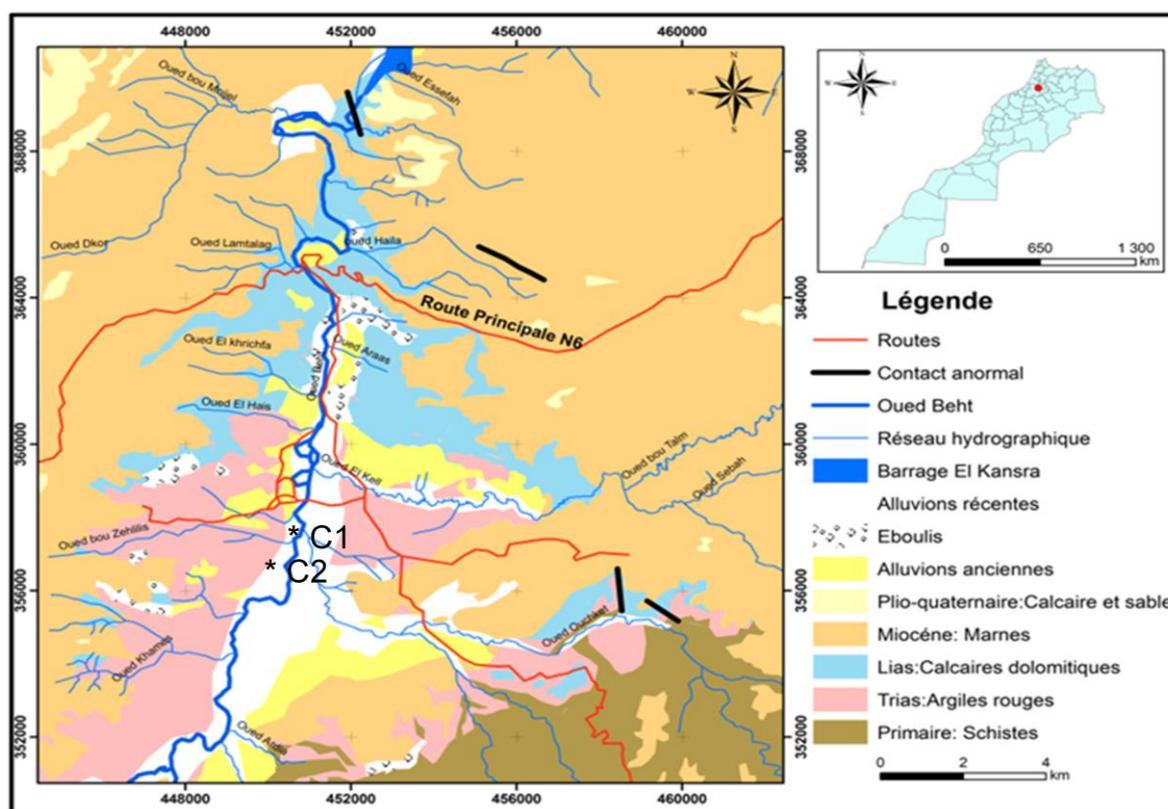


Figure 2. Esquisse géologique avec réseaux hydrographique et structural du bassin versant du Moyen Beht. D'après la carte géologique de Meknès Nord [7] au 1/1000000 modifiée.

III. CADRE CLIMATIQUE

Le bassin versant de l'Oued Beht présente un climat de type méditerranéen soumis à des influences océaniques et continentales en provenance de l'océan atlantique et du domaine saharien, situés respectivement à l'Ouest et à l'Est de la partie septentrionale du Maroc. La pluviométrie annuelle moyenne ne dépasse pas 700 mm sur l'ensemble du bassin avec des variations oscillant entre 400 mm, dans la vallée encaissée du Haut Beht, dans le plateau central, et 1000 mm dans les hauts reliefs humides du Moyen Atlas septentrional. La répartition annuelle et interannuelle des pluies montre une irrégularité importante qui s'est accusée considérablement au cours des trois dernières décennies dont l'évolution climatique manifeste une tendance marquée globalement par une aridification de plus en plus croissante du climat actuel. La répartition géographique des pluies dépend de plusieurs facteurs qui sont la latitude, l'altitude, la continentalité et l'exposition des versants. Les précipitations, qui se font en haute altitude sous forme de neige pendant les mois les plus froids de l'année qui correspondent généralement à janvier et décembre, diminuent notamment avec la latitude qui est le paramètre d'influence principal lorsque le relief ne vient pas compliquer le scénario général normal [9]. Les vents dominants sont de deux types : le Rharbi qui vient de

l'Ouest et du Nord-Ouest et qui est chargé d'humidité venant de l'Océan atlantique pourvoyeur de perturbations atmosphériques génératrices de pluies et de neiges, et le Chergui, sec et chaud, originaire de l'Est et du Sud-Est.

Les moyennes des températures journalières et mensuelles augmentent considérablement pendant la période chaude et sèche de l'année. Les deux mois les plus chauds de l'année sont juillet et août [10]. Ces moyennes diminuent fortement pendant la saison humide et froide surtout pendant les mois les plus froids de l'année. Pendant la saison humide et froide les écarts thermiques journaliers entre les températures nocturnes et diurnes sont importants et s'expriment par une alternance de cycles de gel et dégel.

IV. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Après une prospection de terrain le long du tronçon de la vallée de l'Oued Beht moyen, entre la sortie de l'Oued des Hauts plateaux du Maroc central et la partie occidentale du Moyen Atlas tabulaire et son entrée dans le barrage d'El Kansra, deux coupes C1 et C2 ont été choisies sur la rive gauche du lit actuel de l'oued (Fig. 2). Ces dernières ont été étudiées selon la méthode suivie par plusieurs auteurs dans la vallée de la Haute Moulouya [1, 2, 3, 4]. Ainsi, après nettoyage préalable, ces coupes ont été levées, niveau par niveau et décrites de façon

détaillée. Pour chaque niveau, plusieurs caractères ont été notés à savoir l'épaisseur, la couleur, la texture apparente des sédiments, l'abondance relative des galets et graviers et leur nature pétrographique et la présence ou l'absence des figures sédimentaires (surface de ravinement, stratification oblique, horizontale ou incurvée, etc.).

Au laboratoire l'étude granulométrique détaillée a été basée sur le lavage des sédiments avec le tamis 63 μ m pour séparer les fractions sableuses (> 63 μ m) et silto-argileuses (< 63 μ m). La granulométrie fine a été effectuée par sédimentométrie en utilisant la pipette d'Anderson pour mettre en évidence les différentes fractions silteuses (63 μ m > ϕ > 2 μ m) et la fraction argileuse (< 2 μ m). Les teneurs en carbonates (% CaCO₃) ont été déterminées par calcimétrie en utilisant le Calcimètre Bernard. Les teneurs en matière organique ont été dosées par différence de poids avant et après combustion à 450°C pendant 2 heures. Les paramètres physico-chimiques pH eau, pH KCl et Conductivité Electrique ont été relevés à l'aide d'un multiparamètre de type Orion 4 Star.

V. RÉSULTATS ET DISCUSSION

5.1. Sédimentologie et géochimie de la coupe C1

La coupe C1 a été levée dans une banquette de la plaine d'inondation située sur la rive gauche de l'Oued Beht et de coordonnées X : 30 22 53 65E, Y : 37 37 92 2 N et Z : 182 m (Fig. 2 et 3). Elle montre de bas en haut 9 niveaux répartis en deux séquences

grano-décroissantes : une séquence inférieure épaisse de 1,7 m et une séquence supérieure épaisse de 0,8m (Fig. 3).

La séquence inférieure, plus complète, repose, par l'intermédiaire d'une surface de ravinement, sur un dépôt très grossier formé de cailloutis à blocs, à matrice sablo graveleuse et à stratification arquée d'échelle dissymétrique. Elle débute par un niveau de sables grossiers C1-9, suivi de niveaux brunâtres à jaunâtres de texture silto-sablo-argileuse de plus en plus fine (C1-8 jusqu'au C1-3). Elle renferme un canal d'irrigation en béton au niveau de la séquence inférieure (niveau C1-5). L'analyse granulométrique montre un affinement de la base vers le sommet qui s'exprime par une diminution accusée des teneurs en sables qui passent de 80% à 20% et par une augmentation des teneurs en silts et en argiles qui passent respectivement de 20 à 60% et de 0 à 15% (Fig. 3). Les teneurs en carbonates sont faibles et passent de 11% dans les sables de la base de la séquence à 6-8% dans les niveaux silto-sablo-argileux du sommet. Les teneurs en matière organique, relativement importantes, évoluent de façon inverse par rapport à celles des carbonates avec augmentation de 5%, dans les sables de la base de la séquence, jusqu'à 10% dans les niveaux plus fins vers le sommet. Le pH est alcalin et varie très peu en oscillant autour de 8. La conductivité électrique, faibles dans les sables de la base de la séquence (20 μ s/cm), montre une légère augmentation dans les niveaux plus fins vers le sommet (90 μ s/cm) (Fig. 3).

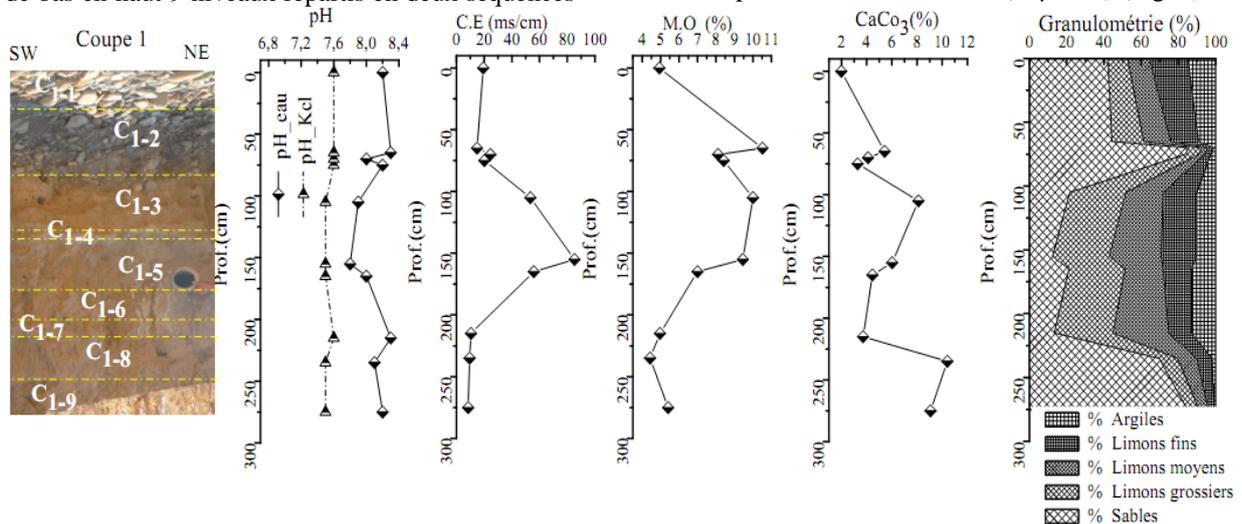


Figure 3. Profils verticaux des paramètres lithologiques, sédimentologiques et géochimiques de la coupe C1.

C.E : Conductivité Electrique, M.O. : Matière Organique, CaCO₃ : Carbonates.

La séquence supérieure, incomplète, repose sur la séquence précédente par l'intermédiaire d'une surface de ravinement. Elle débute par un cailloutis chenalisé et hétérométrique (C1-3) composé de galets et graviers principalement carbonatés et emballés dans une matrice sableuse de couleur grisâtre. Elle se termine par un niveau silto-sablo-argileux affecté par

des fentes de dessiccation centimétriques qui lui donnent un aspect bréchiq (brèche de dessiccation). L'analyse granulométrique montre un grana-classement positif de la base vers le sommet avec une diminution des teneurs en sables de 80% à 40% en faveur d'une augmentation des teneurs en silts et en

argiles respectivement de 15 à 45% et de 5 à 15% (Fig. 3).

Les teneurs en carbonates sont faibles et diminuent de 6% dans les sables de la base de la séquence à 2% dans le niveau silto-sablo-argileux du sommet. Les teneurs en matière organique diminuent dans le même sens de 11 à 5%. Le pH reste alcalin avec des valeurs oscillantes autour de 8,2. La conductivité électrique reste faible et diminue de 30 à 20 μ s/cm (Fig. 3).

Interprétation et reconstitution des milieux de dépôts

L'étude lithologique et sédimentologique de la coupe C1 montre que celle-ci comporte deux séquences positives débutant chacune par des cailloutis chenalisés, hétérométriques et à base ravinante et se suit par des dépôts de plus en plus fins. Les deux séquences représentent des dépôts de plaine d'inondation mises en place sur des dépôts de fonds de chenaux [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. En effet, le cailloutis à bloc, à base non visible et à extension latérale importante, sur lequel repose la séquence inférieure, correspond à un dépôt de lit mineur assuré par des écoulements turbulents de type torrentiel en périodes de crues importantes, dans un lit fluvial divaguant [11, 14]. Cependant, pour la séquence supérieure, les dépôts de cailloutis de sa base, moins développés et de faible extension latérale, correspondent seulement à des dépôts de remplissage de chenaux secondaires installés, lors des crues ultérieures, sur la plaine d'inondation déjà édifiée. Le pH alcalin est dû au contexte géologique carbonaté de la région. La diminution des teneurs en carbonates et l'augmentation de la conductivité et des teneurs en matière organique seraient liées probablement aux conditions hydrodynamiques de leurs mises en place et de leurs origines lithologiques. En effet, la sédimentation fine se fait pendant le débordement des eaux de crues de l'oued et de ruissellement en provenance des versants, chargées en particules organiques et minérales en suspension sur la plaine d'inondation. Les particules fines proviennent essentiellement de l'érosion des sols, des marnes miocènes et surtout des argiles rouges gypso-salifères triasiques responsables de l'approvisionnement des eaux en sels dissous. Ces dernières affleurent largement sur le versant gauche ou des carrières d'extraction de sels ont été ouvertes.

Les traces de racines et les coquilles de gastéropodes souvent non fragmentées, rencontrées dans les dépôts silto-argileux, expriment des phases d'émersion plus au moins prolongées qu'accompagnent des phénomènes de pédogenèse.

La présence du canal d'irrigation en béton au niveau de la séquence inférieure (niveau C1-5), reflète une mise en place historique récente vers 1940 d'après les témoignages des riverains (Fig. 4).

Le taux de sédimentation, calculé sur la base de la période d'installation du canal, est en moyenne de 1,50m/74ans soit 0,02cm/an reflétant un taux relativement faible dans un contexte fluvial où la sédimentation est très discontinue dans le temps surtout en climat aride à semi-aride [18].



Figure 4. Coupe C1 montrant l'emplacement du canal en béton.

5.2. Sédimentologie et géochimie de la coupe C2

La coupe 2, ayant pour coordonnées : X = 30 22 68 50 E, Y = 37 2 40 141N et Z=162m et de 2,5m d'épaisseur, a été levée, de point de vue morphologique, au niveau d'une zone déprimée en forme de croissant occupant la bordure d'une banquette de plaine d'inondation. Elle est située sur la rive gauche de l'Oued Beht et appartient à un remplissage qui se présente en coupe transversale sous forme d'une gouttière large d'environ 7 à 8m et profonde de 2 à 2,5m (Fig. 5).

Elle montre de bas en haut 20 niveaux lithologiques répartis en six séquences élémentaires strato et grano-décroissantes, sablo-silteuses à la base et silto-sablo-argileuses vers le sommet et de 20 à 45cm d'épaisseur chacune (Fig. 5). Les séquences élémentaires, à bases plus ou moins ravinantes, sont composées de sables surmontés par des silts argileux. Les sables présentent des stratifications obliques, incurvées à planes et entrecroisées à la base. Ils se suivent vers le haut par des sables plus fins à stratifications ondulées à planes et horizontales et se terminent par des silts argileux finement lités et localement riches en matière organique et en sels diffus de couleur blanchâtre. Les niveaux sableux présentent des couleurs claires pouvant être grisâtres ou beiges alors que les niveaux de silts argileux ont des couleurs sombres allant du brun foncé au noirâtre. La dernière séquence élémentaire, non apparente sur la coupe C2 et mise en place latéralement après une surface de ravinement très importante, est plus complète du fait qu'elle se termine par des argiles silteuses profondément affectées par des fentes de dessiccation (Fig. 6 et 7). Ces derniers dépôts sont

riches en taches diffuses et blanchâtres de sels (Fig.7).

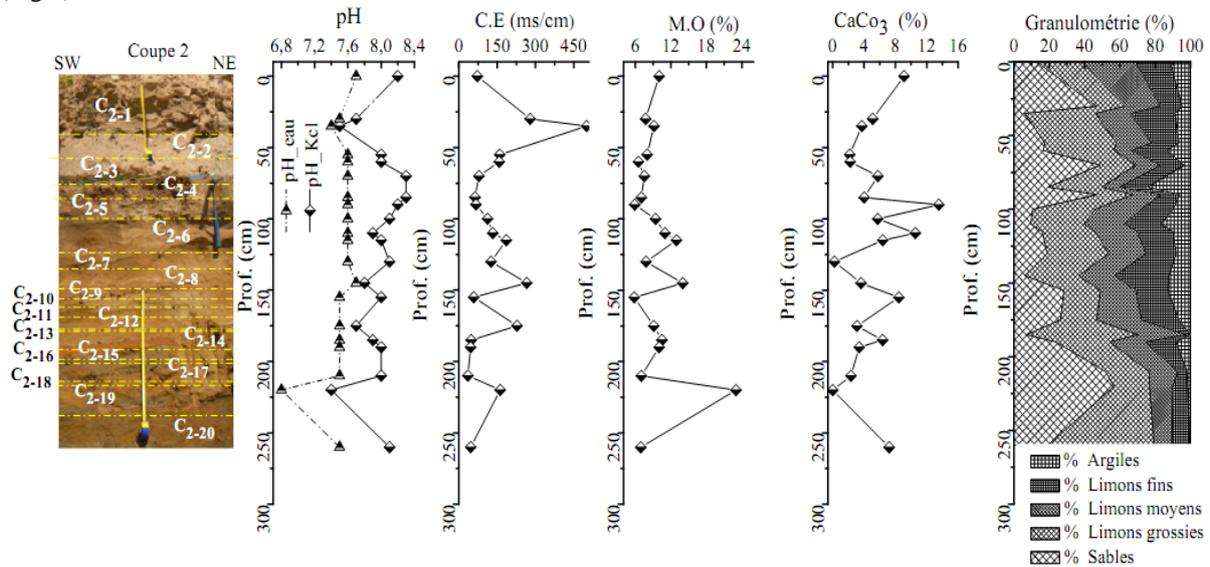


Figure 5. Profils verticaux des paramètres lithologiques, sédimentologiques et géochimiques de la coupe C2.
 C.E : Conductivité Electrique, M.O. : Matière Organique, CaCO₃ : Carbonates.

La séquence C2 débute par des cailloutis et des sables à stratifications incurvées et entrecroisées à base invisible. Le reste de la séquence s'organise en une séquence grano-décroissante avec diminution, de bas en haut, des teneurs en sables de 50 à 16% et augmentation de celles en silts et argiles respectivement de 50 à 74% et de 0 à 10%. Dans le même sens, les teneurs en carbonates, très faibles, augmentent légèrement de 0 à 10%. Le pH est alcalin et oscille autour de 7,6. Les teneurs en matière organique montrent des fluctuations entre 6 et 15% à la base et tendent à se stabiliser entre 7 et 9% vers le sommet. La conductivité électrique montre une évolution relativement similaire à celle de la matière organique avec une légère tendance à l'augmentation vers le sommet avec des valeurs plus importantes (40 à 450µs/cm) que celles de la coupe C1 (Fig. 5).

Interprétation et reconstitution des milieux de dépôts

Les cailloutis et les sables de la base de la coupe C2 correspondent à des dépôts de remplissage d'un paléo-lit mono-chenalisé d'un méandre actif. Les six séquences élémentaires positives et répétitives constituent le comblement du méandre en question après son abandon définitif (Fig. 6 et 7). Le caractère répétitif des séquences élémentaires est lié à la succession dans le temps de périodes de crues d'intensité variable [11, 16].



Figure 6. Méandre abandonné.



Figure 7. Fentes de dessiccation et précipitation de sels au niveau du méandre abandonné.

Les sables à stratifications bien exprimées des bases des séquences élémentaires se sont déposés en début des crues par des courants turbulents alors que les silts argileux à laminations horizontales et riches en matière organique se sont mis en place par décantation dans un plan d'eau relativement calme retenu dans le méandre abandonné, lors des retraits des eaux en périodes de décrues. Les dépôts ultimes argilo-silteux, à fentes de dessiccation et à taches diffuses de sels de la dernière séquence élémentaire de comblement du méandre, non apparente sur la coupe C2, manquent dans les autres séquences élémentaires précédentes à cause de leur érosion complète par les écoulements turbulents de débuts des crues.

Les sels diffus de couleur blanchâtre résultent d'une précipitation physico-chimique sous régime évaporitique des sels en solution issus des argiles rouges gypso-salifères triasiques qui affleurent largement sur les bordures de la vallée et en amont de la zone d'étude. Cette précipitation de sels, produite dans le méandre abandonné qui s'est comporté alors comme un petit lac éphémère, témoigne d'une certaine aridité climatique.

La diminution de la conductivité électrique au niveau des dépôts de la dernière séquence élémentaires serait liée à leur mise en solution et transport par les eaux de ruissellement issues des versants.

VI. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Les deux coupes C1 et C2, étudiées dans ce travail, sont constituées de dépôts fins qui surmontent une sédimentation grossière de texture caillouteuse. Cette dernière correspond à des dépôts de fond de chenaux et de barres de méandres d'un paléo-lit mineur de l'Oued Beht moyen. Les dépôts fins, organisés en séquences élémentaires répétitives et tronquées à leurs sommets, représentent une sédimentation mise en place dans une plaine d'inondation pour la coupe C1 et dans un méandre abandonné pour la coupe C2. L'individualisation des séquences élémentaires est beaucoup plus nette dans les dépôts du méandre abandonné que dans ceux de la plaine d'inondation et ceci pour des raisons topographiques et morphologiques responsables d'un comportement hydrologique différent en périodes de crues. En effet, la topographie de la plaine d'inondation est plane et présente une altitude plus élevée ce qui empêche la rétention des eaux de débordement et limite la quantité déposée des sédiments en suspension même lors des crues les plus importantes. Cependant, les méandres abandonnés, situés à des altitudes plus basses et à morphologie déprimée, fonctionnent comme des lacs éphémères ce qui favorise un enregistrement plus complet des cycles hydrologiques de crues et de

décrues. Ainsi, les méandres abandonnés peuvent être considérés comme des milieux intermédiaires entre les milieux fluviaux et lacustres et leurs remplissages sédimentaires peuvent par conséquent être utilisés pour l'étude des changements paléoclimatiques et hydrologiques quaternaires et surtout holocènes et actuels. Les études palynologiques, micropaléontologique des ostracodes et paléontologique des gastéropodes, des dépôts de remplissage des méandres abandonnés, non réalisées dans ce travail, peuvent apporter davantage de précisions dans la reconstitution des conditions paléoclimatiques et paléoenvironnementales dans les bassins versants et les vallées fluviales.

REFERENCES

- [1]. Dutour A., Etude géomorphologique de la partie occidentale de la Haute Moulouya (Maroc). Thèse 3^{ème} cycle, Université de Poitiers, 1983, 280p.
- [2]. Lefevre D., Les Formations Plio-Pléistocènes du bassin de Ksabi (Moyenne Moulouya, Maroc). Thèse de Doctorat d'Université, Bordeaux I, 1985, 243p.
- [3]. Raynal R., Plaines et piémonts du bassin de la Moulouya (Maroc oriental) : Etude géomorphologique. Thèse de Doctorat, Université Mohamed V, Faculté des Lettres, Rabat, 1961, 671p.
- [4]. Laabidi A., Gourari L., El Hmadi A., Aarab M. & Greta M., Caractérisation géomorphologique, lithostratigraphique et sédimentologique des dépôts quaternaires de l'Oued Bou Salloum (Haute Moulouya, Maroc). *International Journal of Engineering Research and Development*, 10, 4, 2014a, 7-19.
- [5]. Cirac P., Le bassin sud-rifain occidental au Néogène supérieur. Évolution de la dynamique sédimentaire et de la paléogéographie au cours d'une phase de comblement. Thèse de Doctorat d'État, Université Bordeaux I, n° 837 et Mémoire de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, 21, 1987, 271p.
- [6]. Laabidi A., Gourari L., El Hmadi A., Typologie morpho-sédimentaire des dépôts actuels de la vallée du moyen Beht (Sillon sud rifain occidental, Maroc). *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 4(4), 2014, 10-24.
- [7]. Burger J., Dardel R., Dutrieux E., Jacquemont J. & Naif R., Carte géologique régulière du Maroc au 1:100.000ème: Meknès nord, Feuille levée et édifiée par la Société Chérifienne des Pétroles, Notes et mémoires du Service géologique du Maroc, 111, 1951.
- [8]. Bouab N., Les terrasses quaternaires de la vallée de l'Oued Beht (Bassin du Gharb,

- Maroc). Étude géomorphologique et sédimentologique. Datation par thermoluminescence. Mémoire de Maîtrise, Université du Québec à Montréal, 1992, 114 p.
- [9]. Combe M., Simonot M., La Haute Moulouya, le sillon d'Itzer et le massif de Boumia-Aouli. Ressources en eaux du Maroc, Notes et Mémoire Service Géologie du Maroc, 213, 1975, 193-201.
- [10]. Administration de l'hydraulique, Ressources en eau dans le bassin de l'Oued Beht (Province d'El Khmessat). Publication de l'Administration de l'Hydraulique, Ministère des travaux Publics et de la Formation Professionnelle et de la Formation des Cadres, 1991
- [11]. Campy M., Macaire J.J., Géologie des formations superficielles. Géodynamique, faciès, utilisation, Ed. Masson, Paris, 1989, 433p.
- [12]. Léopold L.B., Wolman G.M., Miller J.P., fluvial process in geomorphology, W.H. Freeman ed., San Francisco, 1964, USA.
- [13]. Mial A.D., A review of the braided river depositional environment. *Earth Sc. Rev.*, Amsterdam, 13, 1977, 1-62.
- [14]. Mial A.D., The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 1996, 582p.
- [15]. Reinfelds L., Nanson G., Formation of braided river floodplains, Waimakariri River, New Zealand. *Sedimentology*, 40, 1993, 1113-1127.
- [16]. Macaire J.J., L'enseignement du temps dans les dépôts fluviaux superficiels : de la géodynamique à la chronostratigraphie. *Quaternaire*, 1, 1990, 41-49.
- [17]. Nanson G.C., Point bar and floodplain formation of the meandering Beatton River, northeastern British Columbia, Canada. *Sedimentology*, 27, 1980, 3-30.
- [18]. Gourari L., Etude hydrochimique, morphologique, lithostratigraphique, sédimentologique et pétrographique des dépôts travertino-détritiques actuels et plio-quadernaire du bassin karstique de l'Oued Aggai (Causse de Sefrou, Moyen Atlas, Maroc). Thèse de Doctorat d'Etat, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc, 2001.