UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire MASTER ACADIMIQUE

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection de la Ressource Sol, Eau& Environnement

Présenté par : Melle MERABET Safa

Melle RIGHI Aziza

Thème

Paléo-hydrologie de l'oued Mya au Quaternaire : Inventaire des sites de paléolacs et évolution du Paléoenvironnement

Soutenue publiquement Le :07/07 /2021

Devant le Jury :

M.	HAMDI AISSA	Baelhadj	Pr.	Président	UKM Ouargla
Mme	YOUCEF	Fouzia	M.C.B.	Encadreur	UKM Ouargla
M.	DJILI	Brahim	M.C.B.	Co-Encadreur	UKM Ouargla
Mme	SLIMANI	Rabia	M.C.A.	Examinatrice	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

Nous remercions tout d'abord **ALLAH** le Tout Puissant qui nous a guidés pour accomplir ce travail

Nos vifs et sincères remerciements sont exprimés à notre promoteur

Dr. YOUCEF Fouzia, pour sa disponibilité, ses précieuses aide, son support, ses inestimables conseils ainsi que pour son suivi durant la préparation de ce travail.

Nous tenons à remercier vivement notre Co-promoteur **Dr. DJILI Brahim** pour son permanent encouragement, son directif set sur tout pour la mise à notre disposition.

Nous remercions le **Pr. HAMDI -AISSA Belhadj** pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Nous remerciements s'adressent également au **Dr. SLIMANI Rabia**, pour avoir accepté de juger notre travail.

Nos sincères remerciements à tous Les enseignants qui nous ont aidés.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Nous dédions ce mémoire à ceux qui nous ont particulièrement encouragé et motivé au cours de ces

Longues années d'études : A nos très chères Mamans, pour leurs soutiens, leurs sacrifices, et leurs encouragements,

A nos pères pour tous leurs soutiens,

A nos chers frères et sœurs,

A toute la famille **MERABET** et **RIGHI** Et à tous nos chères amies

Liste des abréviations

BP : Beforpresent

Cal : Calibré

BC : Befor Christ (avant Jésus Christ)

A.N.R.H. : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

Liste des figures

Figure 01: Echelle stratigraphique du Quaternaire d'après Aubouinet al. (1975) ….. 05

Figure 02 : Carte générale du Bas-Sahara ……... 10

Figure 03: Les dépôts du paléolac de Guern es Guesmia 1, vus de l'ouest……....20

Figure 04 : Localisation géographique de la région d'Ouargla ……. 23

Figure 05 : Diagramme Ombrothermique, pour la période allant de 2009 à 2018 de la région d'Ouargla …….. …… 26

Figure 06: Diagramme d'Emberger appliqué au niveau de la région de la région d'Ouargla (2009-2018)……. **27**

Figure 07 : Méthodologie de travail ……..... 3**3**

Figure 08: Localisation géographique de quelques paléolacs Sahariens ……..…… 39

Figure 09 : Scénario des changements climatiques à Ouargla durant l'Holocène (L'âge à gauche est approximative en se basant sur les travaux précédents). ……. ….44

Figure 10 : Localisation géographique des paléolacs de la région de Ouargla. …….45

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les évènements climatologiques des 40 000 dernières années du Sahara septentrional Mansouri (1988)……13

Tableau 02: Classification des systèmes lacustres…….....……...17

Tableau 03 : Données climatiques de la station d'Ouargla sur la période 2009-2018……..2**4**

Tableau 04 : Quelques paléolacs sahariens (localisation, âge et principaux résultats)…….34

Tableau 05: les paléolacs de la région de Ouargla……40

Liste des photos

Photo 01: gravures en style de Tazina sur une dalle horizontale du Taleshut au Mesāk…….7

Table de matière

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Introduction……...…1

Chapitre I. Généralités sur l'évolution du paléoenvironnement au Sahara durant le Quaternaire

I.1. Aperçu historique et la subdivision stratigraphique du Quaternaire au Sahara……..4
I.1.1 Aperçu historique……..4
I.1.2. Subdivision stratigraphique du Quaternaire……4
I1.2.1. Le pléistocène……5
I.1.2.2. L'holocène……5
I.2. Paléoenvironnement……6
I.2.1.Signes des changements paléoenvironnementaux au Sahara……....6
I.2.1.1.Formes géomorphologiques……...…6
I.2.1.2. Paléohydrologie……6
I.2.1.3.Archéologie……7
I.2.1.4.Indicateurs biologiques……..7
I.3. Paléoclimatologie……8
I.3.1.L'étudesédimentologique……...8
I.3.2. Les études isotopiques.....9
I.3.3.Les études paléoécologiques……9
I.4. Les données archéologiques……...9
I.5. Paléohydrologie du sahara……..……9
I.5.1.Hydrographie superficielle……..……..9
I.6. Les paléolacs ……...…..…11
I.7. Le sustéme aquifére……..11
I.8. L'evolution du climat au sahara durant le Quaternaire……11
I.9. Le periode africain humide…….....12

Chapitre II. Les paléolacs du Sahara au quaternaire

II.1. La paléoliminologie……..16
II.2. Systèmes lacustres……16
II.2.1. la mise en place des systéme paléolacustres……...16
II.2.2. classification des systèmes lacustres……..17

II.3. les sebkhas……...……..……19
II.3.1. l'origine des sebkhas…….……..19
II.3.2. la relation entre les sebkhas et le paléolacs……19
II.4. les paléolacs des régions sahariennes……20

Chapitre III. Présentation de la région d'étude (la région de ouargla)

III-1-Situation géographique…….22
III-2- Le climat…….23
III-2-1- Etudes des paramètres climatiques…….……23
III-2-1-1-Temperatures……..25
III-2-1-2-Précipitation……...25
III-2-1-3-Vents……..25
III-2-1-4-Evaporation…….....25
III-2-1-5-Humidité de l'air…….....25
III-2-1-6-Insolation……25
III-2-2-Synthèse climatique……...26
III-3-La géomorphologie…….28
III-3-1-Les plateaux……...28
III-3-2-Les glacis……...29
III-3-3-Les chotts et les sebkhas……29
III-3-3-1-Sebkha de Ouargla…….29
III-3-4-Les dunes de sable…….30
III-4-La géologie…….30
III-5-Hydrogéologie……...30
III-5-1-L'Hydrologie superficielle……30
III-5-1-1-Oued Mya……..30
III-5-1-2- Oued M'zab……..31
III-5-1-3-Oued N'sa……...31

Chapitre IV : Synthèse des travaux précédents sur les paléolacs de la région d'Ouargla.

II.5. Méthodologie de travail……...33
II.6. Analyse des données collectées……...34
II.6.1. Les paléolacs du Sahara……..34
II.6.2. Les paléolacs de la région de Ouargla……40

Concluions ……..…..47

Références Bibliographiques……. 49

Annexes……...…59

Introduction

Introduction

La plateforme saharienne dont notre région d'étude fait partie, est située au Sud de l'Algérie et appartient au Craton nord-africain. Elle comprend un socle Précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes. Dans ce contexte, le Sahara septentrional est un désert atténué caractérisé par des facteurs climatiques contrastés, particulièrement la température (Ozenda, 1983).

Le Quaternaire au Sahara algérien se caractérise par la répartition des systèmes endoréiques de lacs salés (Chott Bagdad, Chott Merouane, Chott Melghir, ...).Connue par le changement climatique, cet âge était représenté par une alternance entre périodes arides et humides (Laouini et *al*., 2018).

Près de notre zone d'étude, plusieurs travaux ont été réalisés. Les sédiments paléo-lacustres conservent plusieurs indicateurs d'un fonctionnement passé qui sont importants pour une meilleure compréhension des variations paléoenvironnementales et paléoclimatiques. Fonte et Gasse (1991), ont étudiés le paléoenvironnement, la paléohydrologie ainsi que la paléoclimatologie du Sahara africain (le Sud tunisien, le Nord et le Sud saharien algérien, le Nord et le Sud du Niger et leMali) dans le cadre du projet PALHYDAF (paléohydrologie d'Afrique).

L'étude paléoécologique du désert du Sahara a montré que la région a un rôle énorme dans la compréhension des changements environnementaux passés et a révélé que plusieurs endroits de cet immense désert sont vitaux pour la reconstruction du paléoenvironnement (Bouhadjaet Lamini, 2011).

Parmi les archives naturelles ayant une grande utilité pour l'étude des changements environnementaux passés, on trouve les sédiments de paléolacs. Au Sahara, les périodes humides de l'Holocène ont permis l'apparition de nombreux lacs, avec un environnement caractérisé par une végétation plus dense et des animaux plus diversifiés. L'étude de ces paléolacs (paléolimnologie) a montré son grand intérêt dans l'étude des changements paléoenvironnementaux au Sahara (Youcef, 2016).

L'objectif de ce travail est une contribution à la valorisation des données sur les paléolacs de la basse vallée de l'oued Mya (région de Ouargla) où plusieurs études ont été réalisées. Le travail consiste à faire une synthèse des travaux précédents et à inventorier les

différents sites de paléolacs en essayant de se situer par rapport au contexte régional saharien. Une réalisation de cartes de géo-sites de la région et du Sahara sera effectuée.

Cette étude est divisée en quatre chapitres :

- Un premier chapitre qui s'intéresse à des Généralités sur l'évolution du paléoenvironnement au Sahara durant le Quaternaire ;

- Un deuxième chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur les paléolacs du Sahara ;

- Un troisième chapitre concerne la Présentation de la région d'étude (la région de ouargla)

- un quatriéme chapitre est réservé à une synthèse de travaux précédant sur les paléolacs de la région d'Ouargla.

Chapitre I:

Généralités sur l'évolution du paléoenvironnement au Sahara durant le Quaternaire

Chapitre I : Généralités sur l'évolution du paléoenvironnement au Sahara durant le Quaternaire

I.1.Aperçu historique et subdivision stratigraphique du Quaternaire au Sahara

I.1.1.Aperçu historique

Le Sahara algérien a toujours passionné les scientifiques par son immense superficie et sa richesse en découvertes. Nombreux sont les chercheurs qui se sont aventurés sur les terrains continentaux du Quaternaire au Sahara (Alimen, 1952, 1960, 1963, 1970 ; Alimen et Chavaillon, 1956 ; Chavaillon et al.,1956, 1957; Chavaillon, 1964 ; Beucher, 1971 ; Callot, 1984 ; Gasse et al., 1987 ; Gasse, 2002 ; Adjedir, 2002 ; Crémashi et al., 2014 ; Lécuyer et al., 2016).

Ce terme de Quaternaire a été utilisé par J. Desnoyer (1829) pour décrire les couches recouvrant les sédiments du Tertiaire du bassin de Paris et le subdivise en trois périodes : Récent, Diluvien et Faluns de Touraine. Cet auteur est souvent présenté comme l'instigateur du terme Quaternaire alors que le concept avait déjà été proposé dès 1759 par l'italien G. Arduino. Dès 1833, H. Reboul propose de redéfinir le Quaternaire comme étant la « période anthropienne », caractérisée par la présence de l'Homme, associé à une faune et une flore modernes (Voisin, 2010).

Le Quaternaire est la subdivision majeure la plus récente et il s'étend jusqu'à comprendre, le présent. Avec le tertiaire, il forme le cénozoïque.Le quatrième des grandesères géologiques. Conventionnellement divisé en époques, il comprend deux intervalles (Hedberg, 1976) : le **Pléistocène** (signifiant à l'origine « le plus récent ») qui s'est terminé vers 10ka BP, et **l'Holocène** (entièrement récent) intervalle chaud dans lequel nous vivons. Cependant, étant donné qu'il existe maintenant un ensemble considérable de preuves suggérant que la période tempérée actuelle est simplement le dernier d'un certain nombre d'épisodes chauds faisant partie d'un cycle climatique à long terme , le dernier 10ka peut être vu comme faisant partie de l'époque pléistocène (Ouest, 1977).

I.1.2.La subdivision stratigraphique du Quaternaire

Le Pléistocène est avec l'Holocène l'une des deux subdivisions du Quaternaire (Figure 01et Tableau01en Annexe)

I.1.2.1.Le Pléistocène

Le terme pléistocène, le plus récent a été utilisé pour la première fois par Lyelle,il y a environ six ans pour désigner toutes les roches et tous les rochers dans lesquels plus de 70 pour cent des mollusques fossiles pouvaient être reconnus comme des espèces vivantes. Ce n'est qu'après les écrits de Forbes dans les années 1840 que le terme pléistocène est devenu synonyme de période glaciaire.

I.1.2.2.L'Holocène

Période géologique la plus récente (et où nous vivons encore) de l'ère Quaternaire et qui a débuté il y a 10 000 ans. Il comprend le Mésolithique ancien (ou âge de la pierre), et le Néolithique (ou âge des métaux).

La période de l'Holocène du Sahara est caractérisée par des fluctuations climatiques entre périodes sèches et humides, au cours desquelles l'environnement a subi des changements biotiques (végétaux et animaux) et abiotiques (environnementaux) (Youcef, 2016).

Système Période	Série Epoque	Étage	Âge (Ma)
Quaternaire	Holocène	Versilien	0,010
	Pléistocène		
		Tyrrhénien II	0,08 0,1
		Tyrrhénien I	0,2 0,3
		Sicilien	0,5 0,7
		Calabrien	1,5 >2
Tertiaire			

Figure 01 :Echelle stratigraphique du Quaternaire d'après Aubouinet al. (1975)

I.2.Paléoenvironnement

Le paléoenvironnement est l'ensemble des paramètres écologiques, physicochimiques et biotiques caractéristiques d'une aire géographique ou d'un habitat donné à une période géologique passée (Ramade, 2003).

La bonne connaissance de la chronologie et de l'évolution des climats du Quaternaire supérieur du centre et de l'est africain résulte de la diversité des observations sédimentologiques, du nombre des datations 14C réalisées ainsi que de l'ample collection d'indication fournies par l'étude des paléoflores et des paléofaunes qui permettent d'apprécier les variations du milieu.

Les variations paléoclimatiques et paléoenvironnementales dans le Sahara ont entraîné des expansions et contractions du réseau hydrographique, et une modification de la distribution des écosystèmes, avec pour conséquences adaptation, migration ou disparition de la faune et de la flore et même pour l'Homme (Migliore et Médail,2013).

I.2.1.Signes des changements paléoenvironnementaux au Sahara

I.2.1.1.Formes géomorphologiques

La plupart des grands déserts du globe ont connu au cours de leur histoire des conditions morphoclimatiques diverses, plus ou moins éloignées de celles d'aujourd'hui. Beaucoup de formes de paléosurfaces ont été conservées grâce à la déficience des systèmes morphodynamiques arides ou subarides qui se sont succédé (Joly, 2008).

En l'absence d'âges préhistoriques ou paléontologiques, la stratification des reliefs (glaciers et terrasses) est souvent utilisée pour établir la première chronologie relative (Rognon, 1976).

I.2.1.2.Paléohydrologie

Les nappes aquifères profondes correspondent à des réserves d'eau fossile datant de périodes plus humides qu'aujourd'hui (Gasse, 2005).

L'hydrographie superficielle du Sahara témoigne de périodes plus humides à l'Holocène il y a 10000 ans, avec de nombreux lacs (Mainguet, 1999).

Les plus anciens lacs déterminé par les anciens rivages ont été reconnus par leurs sédiments et sont conséquence de l'érosion et des mouvements tectoniques. (Hervieu, 1975).

I.2.1.3.Archéologie

Les lithographies du Sahara représentent souvent des animaux aujourd'hui éteints, tels que des éléphants, des rhinocéros, des hippopotames et des crocodiles. Une telle abondance de bétail semble incompatible avec les caractéristiques actuelles du pays (Monod, 1973). Poussés par des biomes et des établissements favorables, l'origine et le développement de la culture humaine sont étroitement liés au changement climatique, et les points de repère marquent clairement le début et la fin de la civilisation préhistorique (Petit-Maire, 1991).

Photo 01 : Gravures en style de Tazina sur une dalle horizontale du Taleshut au Mesāk(Le Quellec, 1993).

I.2.1.4. Indicateurs biologiques

Les données polliniques confirment qu'un nombre important d'espèces d'arbres tropicaux étaient présentes dans la région saharienne pendant l'Holocène. Cette période, marquée par une forte mutation environnementale, avec un nombre élevé des lacs et des zones humides et la présence de plantes tropicales humides dans une région qui est aujourd'hui aride, est appelée le « Sahara vert » (Watrin et *al*., 2009).

Selon Rognon (1976), d'autres vestiges de flore paraissent d'un grand intérêt :

- Les charbons de bois dont l'étude se révèle pleine de promesses en Afrique du Nord et qui abondent dans tous les foyers préhistoriques conservés au Sahara;

- Les empreintes de feuilles dans les sédiments sont parfaitement exploitables pour les reconstitutions de la flore.

Les découvertes paléontologiques et limnologiques attestent de la présence, il y a seulement quelques millénaires à peine, de grands mammifères, des reptiles (crocodiles, tortues), de poissons au bord des lacs, marécages, étendus bordés de ripisylves, dans des régions actuellement hyperarides (Petit Maire et Riser, 1983, Lézine, 1987, Petit Maire, 1991).

Les diatomées et les foraminifères sont aussi parmi les archives biologiques qu'on peut citer et qui peuvent avoir une signification paléoenvironnementales (Mercuri et Sadori, 2014).

I.3.Paléoclimatologie

Le but général de la paléoclimatologie est de reconstituer l'histoire du climat et d'en comprendre les mécanismes. Pour ce faire, trois étapes, qui d'ailleurs correspondent dans l'ensemble au parcours historique de cette science, peuvent être distinguéesdans les études correspondantes : reconstituer les paramètres climatiques du passé, les dater, trouver les lois qui rendent compte de leurs changements (Foucault, 2009).

L'étude des dépôts lacustres est très importante pour obtenir la réalité de paléoclimatologie de l'Afrique. Les données actuellement disponibles ne couvrent pas la totalité du dernier cycle climatique. Elles démontrent cependant la sensibilité des écosystèmes intertropicaux à travers l'alternance d'environnements contrastés, illustrés par des variations drastiques des niveaux des lacs d'Afrique Intertropicale (Damnati, 1993).

Au Quaternaire les changements des niveaux des lacs et en particulier pendant les derniers 30000 ans BP sont en relation avec les variations paléoclimatiques (Petit-Maireet *al.* 1991 ; Damnati, 2000 ; Damnati & Taieb, 2003).Pour reconstituer ces changements, on utilise des méthodes basées sur les études stratigraphiques, sédimontologiques, géochimiques et paléoécologiques. En fait, dansles régions semi-arides, les hauts niveaux lacustres sont fréquemment enregistrés par des terrasses, des anciennes «plages», ou par des expositions de sédiments lacustres autour des marges du bassin versant (Street-Perrottet al, 1989).

I.3.1.Les études sédimentologiques

A l'échelle des sédiments, on peut obtenir une grande source d'informations de niveaux d'eau dans le passé à cause des changements de la nature des sédiments (faciès) et des taux de sédimentation. La présence de surfaces d'érosion ou des fentes de dessiccation est corrélée avec le bas ou très bas niveau d'eau. Les dépôts laminés dans certains lacs reflètent une stratification d'eau et le haut niveau lacustre (Damnati, 1993).

La nature même des sédiments peut fournir des indications concernant les climats sous lesquels ils se sont déposés. D'une façon générale, on ne pourra cependant pas en attendre de grandes précisions, la mesure quantitative des paramètres climatiques n'étant généralement pas accessible. Cependant, c'est souvent le seul moyen d'accéder à la connaissance des climats de périodes anciennes (Foucault, 2009).

I.3.2.Les études isotopiques

Pour évaluer la productivité biologique, la température, le rapport évaporation/précipitation, et pour chercher les sources d'eaux des lacs, on fait des études isotopiques fréquemment appliquées aux séquences lacustres (Talbot et Johannessen, 1992).

I.3.3. Les études paléoécologiques

Pour un bon marqueur sur les changements de la profondeur relative d'eau ou de la salinité, nous utilisons les données paléoécologiques (les diatomées, les ostracodes, les mollusques) (El Hammouti et al, 1991 ; Gasse et Fontes, 1992 ; Barker et al, 1994).

I.4. Les données archéologiques

Dans les secteurs semi-arides et arides (le cas du Sahara) où les lacs étaient dans le passé une source importante d'alimentation en eau, on utilise les données archéologiques (Petit-Maireet*al.*, 1991 ; Pachur et Hoelzmann, 1991).

I.5.Paléohydrologie du Sahara

I.5.1.Hydrographie superficielle

En général, les résultats des études de l'histoire des rivières des régions aride ont contribué davantage à la reconstruction de l'histoire climatique, tectonique ou

géomorphologique régionale que d'une meilleure compréhension générale du comportement des rivières des régions arides (Tooth, 2000).

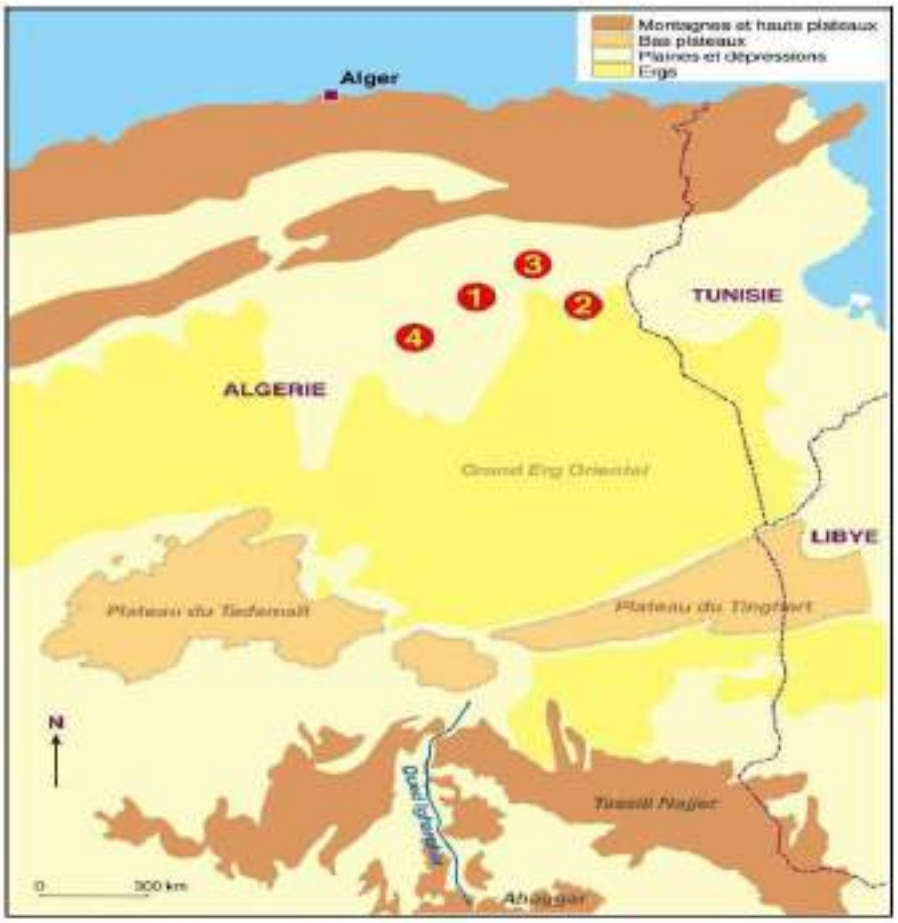


Figure 02 : Carte générale du Bas-Sahara.

1 **Oued Rhigh.** 2 **Oued Souf.** 3 **Ziban** 4 **Oued Mya**

L'oued Mya est considéré comme un oued mythique par Ballais (2010), qui souligne qu'aucune crue n'est arrivée jusqu'à Ouargla (D. PILLET, communication orale), mais celles de l'oued Mya dans le Tademaït sont bien connues (DUBIEF, 1953) et il a eu le privilège d'en subir une au printemps 1985. Ainsi il existe bien une vallée façonnée par l'oued Mya dans le Tademaït, mais elle disparaît dès la latitude de Ouargla où elle est remplacée par une dépression irrégulière, très probablement structurale comme celle de l'oued Rhigh.

I.6.Les paléolacs

Les preuves géologiques des anciens bassins lacustres du Sahara se trouvent généralement à proximité des dépressions interdunaires et d'autres régions de basse altitude, où d'anciens affleurements de sédiments du lit du lac et des dépôts côtiers sont exposés. La plupart des paléolacs du début de l'Holocène étaient petits, mais nombreux et répandus. Certains bassins lacustres d'Afrique du Nord étaient exceptionnellement grands, aussi grands que la mer Caspienne aujourd'hui. Ces soi-disant mégalacs se trouvaient au Nord (Mégalake Fezzan, Libye), au Sud (Mégalake Tchad, Tchad/Niger/Nigeria), à l'Ouest (Mégalakes Chotts, Algérie) et à l'Est (Mégalakes Turkana et Kenya) (Drake et Bristow, 2006). D'après leurs relevés stratigraphiques, il devait s'agir de lacs permanents à bassin ouvert, ce qui indique que l'apport annuel d'humidité a dépassé l'évaporation pendant de nombreux millénaires au cours de la période africaine humide, même dans les régions les plus sèches du Sahara actuel(deMenocal et Tierney, 2012).

I.7.Le systèmes aquifères

Occupant une superficie de plus d'un million de km^2, le Système Aquifère du Sahara Septentrional, partagé par l'Algérie, la Tunisie et la Libye, est formée de dépôts continentaux renfermant deux grandes nappes souterraines : le Continental Intercalaire [CI] et le Complexe Terminal [CT].

La configuration structurale et le climat de la région font que les réserves de ces deux nappes se renouvellent très peu : ce sont des réserves géologiques dont les exutoires naturels (sources et foggaras) ont permis le développement d'oasis où les modes de vie séculaires sont restés longtemps en parfaite symbiose avec l'écosystème saharien.

I.8.L'évolution du climat au Sahara durant le Quaternaire

L'étude des climats passés montre que l'environnement de l'Homme a subi des variations d'une amplitude considérable (Lézine, 1993). Ces événements mondiaux peuvent être reconstitués à partir des reliefs, des sédiments et des paléosols et de leurs propriétés morphologiques, chimiques et minéralogiques spécifiques (Smykatz-Kloss et Felix-Henningsen, 2004).

Selon Dutil (1971), le Sahara aurait connu au Quaternaire trois périodes pluviales :

La première d'âge villafranchien supérieur, la seconde située vers le pléistocène moyen et la troisième correspondant à un Quaternaire récent.

Le pluvial villafranchien ait affecté l'ensemble saharien et recouvrait deux types de climat : un climat à caractère tropical intéressant le Sahara central et responsable de la formation de cuirassement ferrugineux, et un climat à caractère méditerranéen vers le Nord et responsable des croûtes calcaires du Sahara Nord occidental (Dutil, 1971 ; Riser, 1999).

Cette période correspond à l'augmentation des précipitations sur les bordures septentrionales et méridionales. Ces excédents hydrologiques se sont traduits pendant dix ou vingt millénaires (40 à 20000 ans B.P) par le développement des grands lacs au Sud et de grands cours d'eau au Nord (Rognon, 1976).

Après une période aride et au Quaternaire moyen s'installe le deuxième pluvial saharien qui correspond à la formation des encroûtements calcaires du Sahara septentrional (Dutil, 1971).

Puis, le Sahara aurait subi une nouvelle période aride responsable de : la régression du niveau de grand lac Tchad, le dessèchement des petits lacs de pléistocène supérieur, l'arrêt de recharge de l'aquifère de continental intercalaire et l'édification des grands ergs du Sahara (Dutil, 1971 ; Rognon, 1976 ; Hoelzman et al. 2002).

Durant le troisième pluvial saharien s'individualise la terrasse sableuse de la Saoura et les petits lacs à Cardium et Ostracodes dans l'erg Chech et l'Ahnet (Dutil, 1971).

A l'Holocène une terrasse s'édifie en contrebas de la terrasse saourienne. Le lit de la Saoura s'est abaissé de 20 à 25 m (Fabre, 2005).

Avant d'arriver au climat hyperaride actuel, le Sahara aurait passé par une oscillation humide Néolithique placée à l'Holocène (Dutil, 1971).

I.9. La période africaine humide

La période africaine humide de l'Holocène inférieur est l'un des événements de changement climatique les plus documentés et les mieux datés dans les archives

géologiques, et le nombre et la diversité des enregistrements paléoclimatiques sont remarquables (deMenocal et Tierney, 2012).

Les reconstitutions paléoclimatiques indiquent qu'au cours de l'optimum climatique dit Holocène il y a environ 9 à 6 000 ans, l'été dans l'hémisphère nord était plus chaud qu'aujourd'hui. La mousson nord-africaine était plus forte qu'aujourd'hui selon les reconstitutions du niveau des lacs et les estimations des flux de poussières éoliennes. De plus, les données paléobotaniques révèlent que le Sahel atteignait au moins 23°N au nord (La limite actuelle s'étend jusqu'à 18°N). Par conséquent, il existe un consensus général sur le fait que pendant l'optimum Holocène, le Sahara était beaucoup plus vert qu'aujourd'hui (Claussen et al, 2002).

Vers la fin de la période humide africaine, il y a entre 7 000 et 5 000 ans, la dessiccation progressive de la région a conduit à un dépeuplement généralisé et à l'abandon des sites nord-africains (de Menocal et Tierney, 2012).

Tableau 01: Les évènements climatologiques des 40 000 dernières années du Sahara septentrional (Mansouri, 1988).

Age (ans BP)	Climat
0- 4000	- Transition au climat actuel
4000 – 10000	- Période post- glacial chaud de pluviale
10000- 14000	- Forte variation climatique – pluie hivernale
14000 - 20000	- Semi – aride froid

20000 – 40000	- Pluies hivernales – Température variable

Chapitre II
Paléolacs du Sahara au Quaternaire

Chapitre II: Paléolacs du Sahara au Quaternaire

II.1.La paléolimnologie

Les paléomilieux lacustres sont des frmations aquatiques profondes où les dépôts s'organisent en auréoles concentriques de granulométrie décroissantes du rivage vers le centre du lac (Baudrimont, 1973).

Le climat aride a provoqué la stagnation de l'eau du lac et l'augmentation de l'évapotranspiration. Ainsi, la séquence type des lacs se compose des termes suivants : argile, calcaire à faciès évaporatif.

La faune et la flore (en particulier les diatomées périphytiques) sont très riches et diversifiées L'argument valable d'un dépôt paléolacustres (profondeur et épaisseur des sédiments importantes) est l'abondance des espèces euplanctonique (planctoniques) par rapport à l'ensemble de la flore diatomique péréphytiques.

II.2.Systèmes lacustres

II.2.1.La mise en place des systèmes paléolacustres

Solon Callot, 2008Les zones où les sables anciens ne sont pas recouverts par les dunes vives forment des couloirs appelés feidjs . Ces surfaces sans dunes vives correspondent à desaires d'ablation éolienne qui favorise l'apparition de paléolacs. Les aires d'ablation éolienne étant stables, des dépressions libres de dunes s'y sont formées. Des plans d'eau ont pu apparaître du fait de l'intersection entre le fond des dépressions et la surface piézométrique des aquifères.

La présence des buttes témoins a été favorisée par le fait qu'en certaine droit (surtout le centre), la partie sommitale des dépôts étaient occupé par des niveaux indurés plus résistants à l'érosion. Les autres endroits caractérisés par l'absence des niveaux sommitaux indurés sont complètement érodés. Donc, ces dépôts ont subi de fortes érosions éoliennes engendrent des buttes témoins. (Callot, 2008)

A la fin du pléistocène et surtout pendant l'Holocène, le climat du Sahara était plus humide, ce qui a permis l'installation des lacs, des étangs et de vastes marécages constituant un système paléolacustres

II.2.2.Classification des systèmes lacustres

Servant-Vildary (1978) a subdivisé les lacs ou plan d'eau en fonction de la topographie actuelle en trois types :

Tableau 02: Subdivision des lacs ou plan d'eau en fonction de la topographie actuelle Servant-Vildary (1978).

Les lacs	Caractéristiques
1. Les lacs hydrographiques	Recevaient, les apports hydrologiques de grands fleuves dont les bassins de drainage étaient très étendus et très étalés en latitude.
2. Les lacs interdunaires	Ils sont situés dans les dépressions souvent fermées des ergs fossiles formés pendant la période sèche vers 20000 à 12000 av. Ils sont principalement reconstitués par des aquifères souterrains localement exposés, mais la nature de l'eau varie avec l'âge et l'emplacement géographique. La situation la plus courante est la nappe phréatique, où la partie supérieure de l'affleurement est atmosphérique. Le milieu est oligotrophe, et la flore majoritairement composée de petites algues annulaires et d'algues fragiles évolue en fonction de l'extension de la surface d'eau libre et de la proximité du littoral, qui appartient au domaine de la mesure de la profondeur des paléo-eaux. La caractéristique principale du second cas est l'explosion de Melosira, qui peut indiquer la teneur optimale en silice dans le milieu. Compte tenu du contexte paléogéographique, on peut supposer que ces lacs entre les dunes peuvent être rechargés par l'eau du lac.

3. Les lacs de piémont	Se situaient dans des dépressions fermées limitées par des reliefs ; les eaux de ruissellement, drainées sur ces reliefs, participaient de manière prépondérante à l'alimentation des nappes lacustres. Les bassins de drainage étaient peu étendus(quelques centaines de km^2aumaximum).

II.3.Les sebkhas

Selon Moussa (2006), la Sebkha est un mot arabe, que l'on trouve en pays désertique ou presque. C'est une dépression temporairement occupée par un lac, généralement salé et où se déposent des évaporites. Les eaux proviennent du ruissellement, et même des nappes phréatiques d'après le dictionnaire de géologie (Alain .Fet Jean-François R 2001).

L'appellation des sebkhas change selon la région : sebkha et garâa en Afrique du Nord, kewir en Iran, playa dans l'Ouest des états unis, salar ou salina dans les déserts sud-américains, takyr dans ceux de l'Asie centrale, le chott (mot arabe) c'est une terre salée ou parfois pâturage qui entoure une dépression fermée à lac temporaire qui représente, en pays désertique ou subdésertique. En Europe il y a également des endroits équivalents aux sebkhas, ils ont livré de grandes quantités de sels dus à la sécheresse, on en cite les potasses d'Alsace découverts en 1904, et qui s'étendaient sur 222 km^2 au Nord Ouest de Mulhouse, commençaient à être exploités en 1908(Moussa, 2006).

Généralement, on remarque une alternance de lits d'argile et d'halite signe d'une succession de périodes d'inondation et de périodes de sécheresse. Les niveaux argileux correspondraient à des périodes de fortes pluies et les couches de sel, à un phénomène de cristallisation survenu au cours des périodes de sécheresse. Ce type de sédimentation saline aurait commencé vers 6500 ans pendant tout l'Holocène (Moussa, 2006).

II.3.1.L'origine des sebkhas

Ces dépressions fermées, excepté les cuvettes karstiques du type doline, telles les dayas des Hamadas nord-africaines, constituent un des traits majeurs et des plus austères des paysages arides. Leur origine est essentiellement tectonique, mais leur évolution ultérieure est d'ordre climatique (Moussa, 2006).

Si les sebkhas rappellent les garâas (sebkhas de climats plus humides) par l'uniformité de leurs surfaces planes, elles s'en différencient nettement par leur régime hydrologique et leur géométrie d'ensemble. Leur trait caractéristique est, sans conteste, l'extraordinaire abondance de sels solubles : chlorures et sulfates concentrés à la surface. Ils y interdisent toute végétation. Les touffes d'herbes halophiles et psammophiles n'apparaissent que dans certaines zones, à la faveur de sols moins salés qui bénéficient d'apports éoliens importants.

En zones désertiques comme le Sud algérien, la plupart des plaines sont affectées de dépressions fermées, appelées chotts. Leur abondance témoignerait de l'énorme prépondérance de l'endoréisme et de l'aridité (Moussa, 2006).

II.3.2.La relation entre les sebkhas et les paléolacs

Les dépôts de sebkhas ont une grande valeur dans la détermination de la nature des changements climatiques et écologiques dans les bassins désertiques durant le Quaternaire (Cooke et al., 1993). Beaucoup d'études ont montrés que certaines Sebkhas ont été des paléolacs à l'image de la Sebkha Mellala à Ouargla (Marmier at *al*., 1972 ; Boyé et al., 1978 ; Soulié-Märsche, 2008 ; Youcef et Hamdi-aïssa, 2014), la Sebkha de Taima en Arabie Saoudite et la Sebkha de Chemchane en Mauritanie (Lézine, 1993) .

Cette formation de sebkha correspondait à une transformation du bilan hydrique au cours d'un pluvial. En même temps qu'une atténuation de l'aridité, par des arrivées d'eaux profondes à partir de nappes artésiennes, un rafraîchissement du climat amène à une évaporation. Comme les plaines et les piémonts désertiques, les dépressions fermées ont enregistré les effets de l'instabilité climatique du Quaternaire (Moussa, 2006)

Figure 03 : Les dépôts du paléolacs de Guernes Guesmia, vus de l'ouest (Callot et Fontugne, 2008).

II.4.Paléolacs des régions sahariennes

Les systèmes lacustres fermés sont considérés comme de bons indicateurs des paléoclimats et de la paléohydrologie (Damnati, 2000; Hoelzmann et al., 2001). Une grande partie des lacs salés et croûtes de sel dans le monde étaient les reliques de vastes paléolacs du Quaternaire (Risacher et Fritz, 1995).

Le visage du Sahara a changé à cause des changements climatiques et la transformation du climat humide à un climat aride.

La plupart des chercheurs ont utilisé beaucoup de méthodes pour déterminer l'âge des paléolacs. L'objectif de ces études est de reconstituer l'image du Sahara au Quaternaire.

Des exemples de paléolacs situés dans des régions sahariennes seront présentés au niveau du troisième chapitre.

Chapitre III : présentation de la région d'étude (la région de Ouargla)

III.1. Situation géographique

Ouargla est localisée au sud-est de l'Algérie. Elle est entourée au Nord, par les wilayas de Djelfa, Biskra et El Oued. Au Sud, par les wilayas d'Illizi et Tamanrasset. A l'Ouest, par la wilaya de Ghardaïa et à l'Est, par la Tunisie (Figure 04).

La région de Ouargla (Figure 04) est une région qui se trouve encaissée au fond d'une cuvette très large de la basse vallée de l'Oued M'ya. Cette dernière est caractérisée par une dissymétrie marquée par la Sebkha Safioune et par la grande cuvette d'Ouargla.

L'oasis de Ouargla est considérée comme l'une des plus grandes oasis du désert du Saharaen Algérie, elle occupe le centre d'un bassin intérieur appelé "Cuvette de Ouargla". Il s'étend sur plus de 60 kilomètres, il occupe le lit de l'Oued Mya depuis les ruines de Sedrata et Gara Krima au sud à Hassi El Khefif au nord (Rouvillois Brigol, 1975)

Les coordonnées géographiques d'Ouargla sont :

-Altitude : 157 m ;

- Latitude : 31°57' Nord

-Longitude : 5°19' Est.

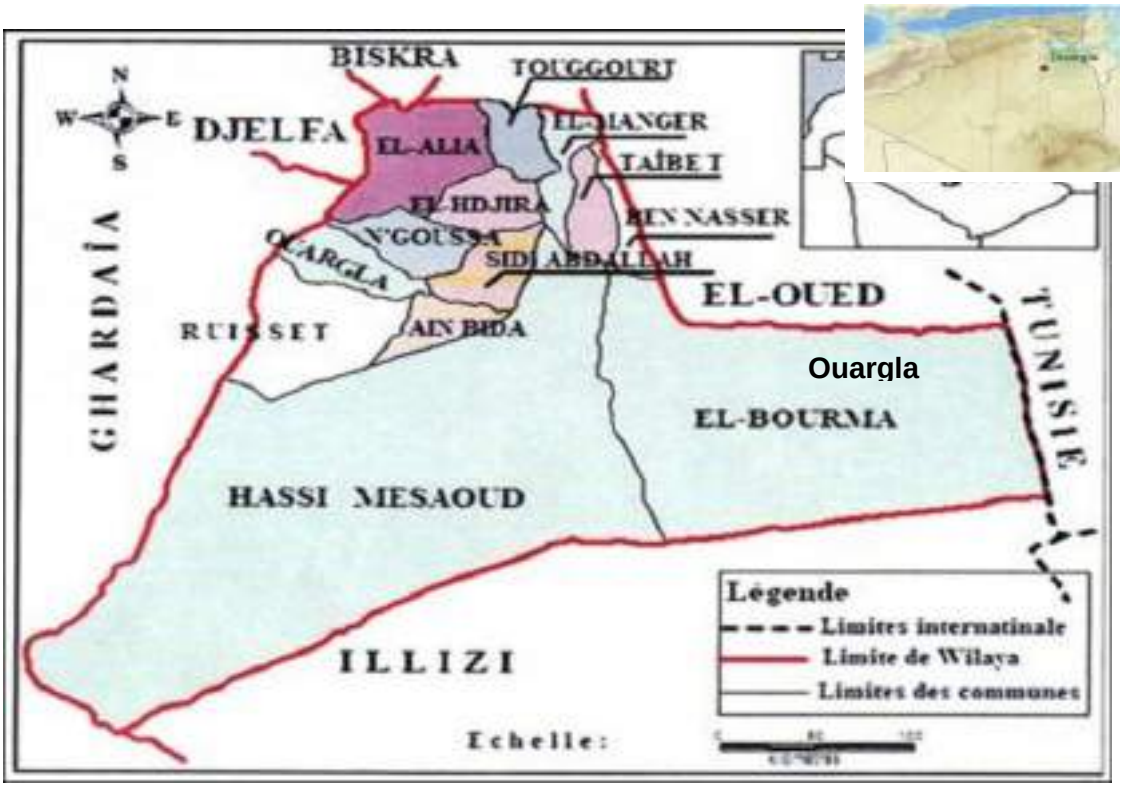


Figure 04 : Localisation géographique de la région d'Ouargla

III.2.Le climat

Le climat de Ouargla est un climat saharien et l'aridité est exprimée avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation en été et par une faiblesse des précipitations.

Le climat de Ouargla est désertique, chaud, de type saharien caractérisé par des températures élevées, une faible pluviométrie et une forte évaporation, ainsi que des vents intenses et fréquents.

III.2.1.Etudes des paramètres climatiques

Pour l'étude du climat, nous avons utilisé des données climatiques de 2009 à 2020 de la station météorologique de Ouargla**.**

Tableau 03 : Données climatiques de la station d'Ouargla sur la période 2009-2020 (0.N.M.2020)

Mois	Températures °C			Précipitation (mm)	Humidité (%)	Insolation (Heures)	Evaporation (mm)	Vent (m/s)
	T° min °C	T° max °C	T° moy °C					
Janvier	5,23	19,52	12,37	7,94	55,33	248,38	97,85	8,17
Février	6,97	21,19	14,08	3,68	47,96	237,43	120,69	9,20
Mars	10,68	25,67	18,17	4,87	42,26	266,82	180,62	9,74
Avril	15,35	30,76	23,06	1,38	36,21	285,33	231,34	10,26
Mai	19,99	35,34	27,67	2,06	30,69	316,25	302,61	10,56
Juin	24,81	40,42	32,61	0,77	26,97	229,30	366,88	9,96
Juillet	28,14	44,04	36,09	0,35	22,94	317,54	447,18	8,92
Août	27,26	42,42	34,84	0,36	26,79	341,44	388,00	8,95
Septembre	23,54	38,14	30,84	4,38	35,68	268,06	266,76	9,14
Octobre	17,15	31,83	24,49	3,36	41,47	270,72	207,61	7,87
Novembre	10,45	24,59	17,52	2,68	51,21	248,21	124,50	7,26
Décembre	5,87	19,83	12,85	3,29	58,09	238,98	86,17	6,93
Moyenne	16,29	31,15	23,72	/	39,63	272,37	/	8,91
Cumul	/	/	/	38.05	/	3268,46	2820.21	/

Légende : (T° max : Température maximale ; T° min : Température minimale ; T° moy : Température moyenne)

III.2.1.1. Températures

La température moyenne annuelle est de 23.72 °C, avec une température moyenne mensuelle du mois le plus froid (janvier) de 12.37 °C et du mois le plus chaud (Juillet) de 36.09 °C. Pour la décennie (2009-2020), les minimas les plus faibles sont enregistrés pour le mois de janvier ; soit 5.23 °C et les maximas les plus élevés sont enregistrés pour le mois de Juillet, avec 44.04°C.

III.2.1.2.Précipitations

Les précipitations sont très rares et irrégulières, elles tombent notamment en mois de Janvier (7.94 mm), de Mars (4.87 mm) de et Septembre (4.38 mm). En revanche, des quantités très faibles sont enregistrées pendant le mois de Juillet (0,35 mm).

III.2.1.3.Vents

Le vent souffle d'une façon très continue durant toute l'année ; avec une vitesse moyenne de 8.91 km/h

III.2.1.4.Evaporation

L'évaporation est très forte, surtout durant les mois les plus chauds. La moyenne annuelle par mois est de l'ordre de 282.02 mm. Le maximum est remarqué au mois de Juillet (474.18 mm). Le minimum, au mois de décembre (86.17 mm). Le cumul moyen annuel pour les 10 ans 2009-2020 est de 2820.21 mm.

III .2.1.5.Humidité de l'air

L'humidité relative de l'air est faible, avec une moyenne annuelle de 39.63 %. Elle diminue au mois de Juillet (22.94 %) à cause des vents chauds et de la forte évaporation. Elle atteint son maximum au mois de décembre (58.9 %).

III.2.1.6. Insolation

La durée moyenne de l'insolation est de 272.37 h/mois, avec un maximum de 341.44 heures en Août et un minimum de 229.30 heures en Juin. Le cumul annuel, pour les 10 ans 2009-2020 de la région d'Ouargla, est de 3268,46 heures.

III.2.2.Synthèse climatique

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres (Dajoz, 1985). Il est par conséquent important d'étudier l'impact de la combinaison de ces facteurs sur le milieu. Pour caractériser le climat de la région d'Ouargla et préciser sa localisation à l'échelle méditerranéenne, le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) et le climagramme pluviothermique d'EMBERGER sont utilisés.

III.2.2.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme Ombrothermique met en évidence les périodes de sécheresse. L'axe des abscisses représente les mois de l'année, l'axe des ordonnées à la droite représente les précipitations (P) en mm et de la gauche les températures moyennes (T) en °C. L'échelle est P=2T. L'intersection de la courbe des précipitations avec la courbe des températures détermine la durée da la période sèche. BAGNOULS et GAUSSEN, ont défini les mois secs comme ceux dont la pluviosité moyenne mensuelle en millimètres est inférieure ou égale au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés Celsius (P<2T). Le diagramme ombrothermique de la région d'Ouargla laisse apparaître que la période de sécheresse s'étale durant toute l'année.

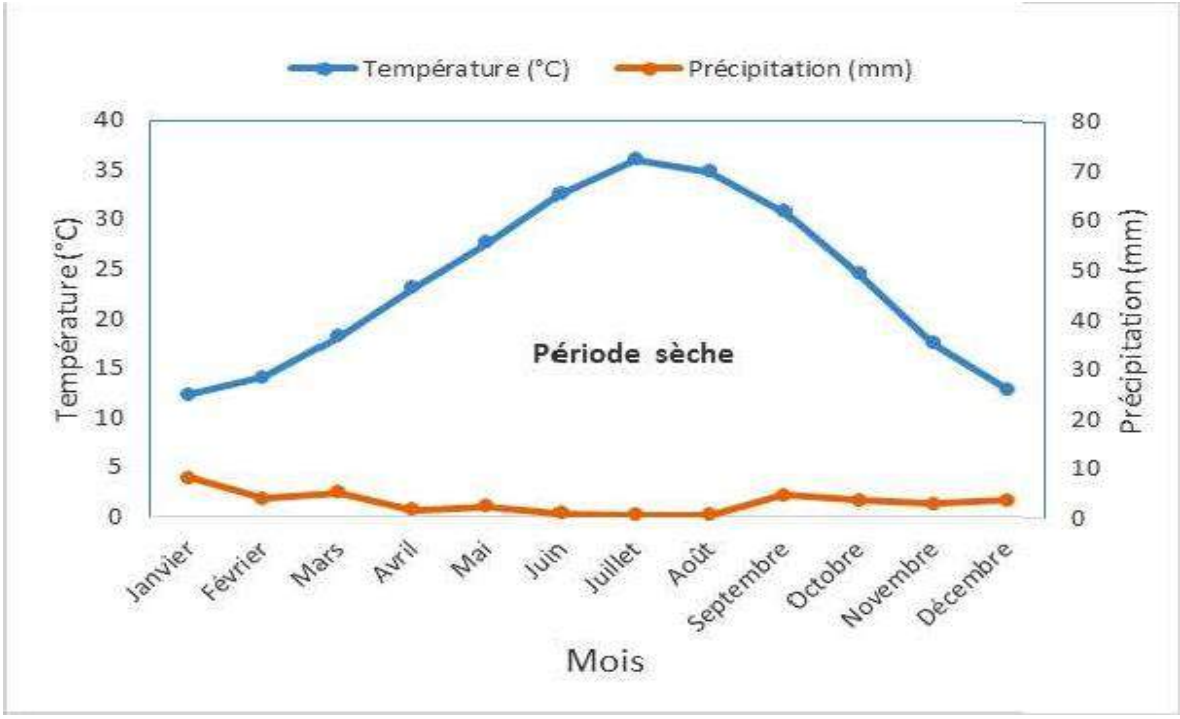


Figure 05: Diagramme Ombrothermique, pour la période allant de 2009 à 2020 de la régiond'Ouargla

III.2.2.2.Climagramme pluviothermique d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'Emberger permet le classement des différents types de climat (Dajoz, 1985). .En d'autre terme, il permet de connaitre l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il est représenté en abscisse, par la moyenne des températures minima du mois le plus froid et en ordonnée, par le quotient pluviothermique(Q2) de la manière (formule) Suivante :

$$Q_2 = 3.43P / (M-m)$$

-Q_2 : Quotient pluviothermique d'Emberger;

- P : Pluviométrie annuelle exprimée en mm;
- m. : Moyenne des températures minima du mois le plus froid exprimée en°C ;
- M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud exprimée en °C.

La valeur du quotient pluviométrique d'EMBERGER calculée pour la région d'Ouargla, sur une période de 10 ans (2009- 2020), est de 3.36. De ce fait, cette région est classée dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux.

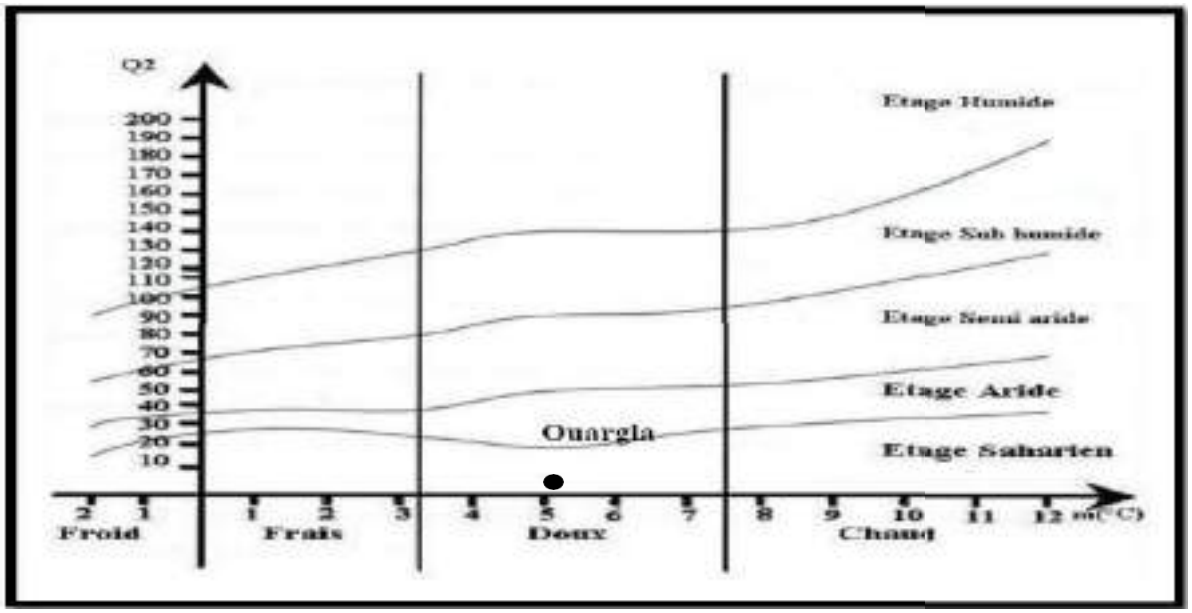


Figure 06: Diagramme d'Emberger appliqué au niveau de la région de la région d'Ouargla (2009-2020).

III.3.La géomorphologie

Ouargla s'étend sur une soixantaine de kilomètres sur le lit de l'oued Mya. Ce dernier draine tout le versant Nord-est du Tademaït et sa vallée suit une direction Sud-ouest /Nord-est.Le relief d'Ouargla est constitué de roches sédimentaires et des alluvions et colluvions issus de ces dernières (Busson, 1967).La géomorphologie de la région est caractérisée par les ensembles suivants : le plateau, les glacis, les sebkhas et les chotts et les dunes de sable.

III.3.1. Les plateaux

À l'Ouest de Ouargla la vallée est limitée par le plateau de la Hamada Pliocène de 200 à 250 m d'altitude, appelée localement « plateau des Gantera ». Il s'abaisse légèrement d'Ouest en Est. Il est interrompu par une vaste dépression ovale de la Sebkha Mellala (30 km de long, de 6 à 11 km de large, 80 à 90 m de profondeur), qui s'étend parallèlement à la vallée de l'Oued Mya (Hamdi-Aissa, 2001).

III.3.2. Les glacis

Le versant Ouest de la cuvette, présente quatre niveaux étagés de glacis caractéristiques, le plus ancien recoupe le sommet de la bordure du plateau en buttes, son altitude s'abaisse de 225 m à l'Ouest à 200 m environ à l'Est. Les glacis de 180 m et 160 m plus visibles se caractérisent par l'affleurement du substrat gréseux de Mio-Pliocène, le glacis de 160 m a été fortement démantelé lors de la formation du dernier glacis de 140 m d'altitude environ (Hamdi-Aissa ,2001).

III.3.3. Les chotts et les sebkhas

Installés dans les plus basses altitudes, ils sont constitués de sols gypseux en surface et forment des grandes zones d'épandage de matériel alluvial, sableux le plus souvent (Dutil, 1971).

Les grands chotts se trouvent dans le Sahara septentrional, particulièrement dans le Bas -Sahara, où ils s'allongent dans de larges vallées fossiles (Oued Rhir, souf, mya, igharghar).

III.3.3.1.Sebkhas de Ouargla :

La sebkha de Ouargla qui fonctionne actuellement grâce aux apports de l'irrigation est une sebkha artificielle, au Néolithique, elle a fonctionnée naturellement (Aumassip et al., 1972).

L'étude de Hamdi-Aissa (2001), sur le fonctionnement actuel et passé des sols de la cuvette de Ouargla révèle que l'évolution géomorphologique de la sebkha de Ouargla est différente de celle de sebkha Mellala. Les yardangs sont absents dans la sebkha de Ouargla, seuls des vestiges de paléolacs exprimés par un niveau charbonneux sont observés dans une coupe sous les dunes au Nord de la sebkha.

L'étude réalisée par Youcef (2006), sur la même coupe montre une succession des sédiments hydro-éoliens et révèle l'existence d'un paléolacs qui parait exigé des conditions climatiques différentes de l'actuelle, confirmée par la présence de microfossiles et d'une couche noire organique, et qui parait synchrone avec le paléolac de Mellala et d'autres paléolacs sahariens, probablement entre 10.000 et 4000 ans B.P.

III.3.4.Les dunes de sable

Ce sont des dépôts actuels constitués de sables éoliens d'origine gréseuse issus de la Hamada Mio-Pliocène. Ils occupent les talwegs, les bordures des sebkhas et les versants rocheux (Zatout, 2012).

III.4.La géologie

Ces dépôts indiquent un milieu de mer peu profond et relativement agité (Fabre, 1976).La région d'Ouargla fait partie du Bas-Sahara ; qui se présente comme une cuvette synclinale ; il est caractérisé par un remplissage sédimentaire plus ou moins circulaire ayant un diamètre de 600 km. Tous les terrains affleurent plus ou moins sur les bordures depuis le cambrien jusqu'au tertiaire, s'enfonçant sous la couverture sédimentaire en grande partie dissimulée par le grande erg oriental (A.N.R.H, 2011).Le bassin de Ouargla correspond à la basse vallée fossile (Quaternaire) de oued Mya, qui descend du plateau de Tademaït et il se termine à 20 km dans le nord de Ouargla. La vallée est presque 30 kilomètres large (Hamdi - Aissa et Girard, 2000 ; Hamdi - Aissa et *al*., 2004).

Cette région est caractérisée par des sols légers à prédominance sableuse et à structure particulaire. Ils sont faibles en matière organique, avec un pH alcalin, une

bonne aération et une forte salinité. Les trois types essentiel de sol sont les sols salsodiques, les sols hydromorphes et les sols minérale brut (Halilat, 1993).

III.5.Hydrogéologie

Les formations géologiques de la région de Ouargla contiennent, en plus de la nappe superficielle, deux grands ensembles aquifères du Sahara septentrional, qui sont le continental intercalaire (CT)« Albien » et le complexe terminal (CT)Miopliocène (Khadraoui, 2006 ;Idder, 2007).

Une troisième formation, d'importance plus modeste, s'ajoute aux deux précédents est la nappe phréatique d'âge Quaternaire (ANRH, 2008).

III.5.1. L'Hydrologie superficielle

III.5.1.1.Oued M'ya

Il draine le versant Nord-est du plateau de Tadmaït. Le bassin de l'Oued Mya est en forme d'une vaste gouttière du Sud (800 m) avec une inclinaison très faible (0,1 à 0,2 %) vers le Nord-Est, il s'étend sur 19800 Km^2. Le cours fossile de l'Oued Mya inférieur est jalonné par de vastes sebkhas jusqu'à Ouargla, distant de 200 Km environ du point extrême atteint par les dernières crues. Au Nord de Ouargla la vallée n'est plus discernable. Si l'on admet cependant que l'Oued Mya Quaternaire se jetait dans le chott Melrhir actuel, sa longueur devait atteindre 900 Km (Hamdi-Aïssa, 2001).

III.5. 1.2.Oued M'zab

Il prend naissance à la région de BotmaTouila–se situant à l'ouest de Ghardaïa- (cote 750 m), il coule sensiblement, d'Ouest en Est sur 225 km environ et il se termine à la SebkhatSafioune (cote 110m) (Khadraoui, 2004).

III.5.1.3. Oued N'sa

Le bassin versant d'oued N'sa couvre une superficie de 7 800 km^2. Il coule selon une direction Ouest-Est dans son cours supérieur, en direction Nord Nord Ouest – Sud Sud Est dans son cours moyen sur une longueur d'environ 100 kilomètres et de nouveau vers l'est en son cours inférieur pour se déverser dans la sebkha Safioune. Les crues sont également

exceptionnelles. La dernière date de 1994, où le débit enregistré a été de 35 m³/seconde. (Leger, 2003).

Chapitre IV :

Synthèse des travaux précédant sur les paléolacs de la région d'Ouargla.

Chapitre IV : Synthèse des travaux précédant sur les paléolacs de la région de Ouargla.

Dans ce chapitre, nous allons essayer de faire une synthèse des travaux réalisés sur les paléolacs de la région de Ouargla (basse vallée de l'Oued Mya). Tout d'abord une présentation de la région sera entamée puis la méthodologie du travail et enfin les principaux résultats obtenus suivie par une discussion.

IV. 1. Méthodologie de travail

Nous avons commencé par la collecte et la consultation des documents (mémoires de master, thèses de doctorat, articles scientifiques), par la suite nous avons synthétisé les résultats sous forme de tableaux (Figure 04) :

- Le premier regroupe des informations sur les paléolacs sahariens (Localisation, âge et principaux résultats) ;
- Le deuxième s'intéresse aux paléolacs de la région de Ouargla (Localisation, âge et principaux résultats).

Par la suite deux cartes ont été réalisées l'une pour les paléolacs du Sahara et l'autre pour les paléolacs de la région de Ouargla.

Les données concernant la description morphologique et les résultats analytiques des différents paléolacs ont été organisés en annexes.

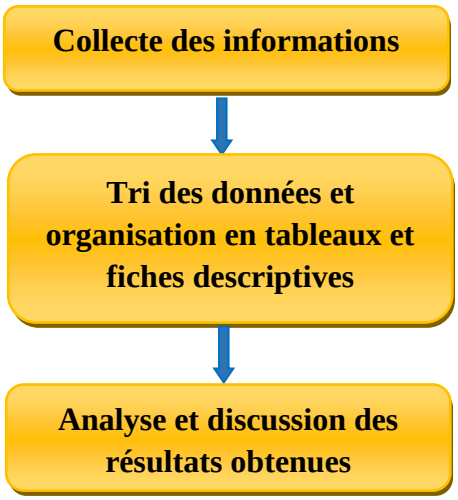


Figure 07 : Méthodologie de travail

III.3.Analyse de données collectées

III.3.1.Les paléolacs du Sahara

Le tableau 04 résume certains des principaux travaux sur les paléolacs du Sahara pris comme exemples.

Tableau 04 : Quelques paléolacs sahariens (localisation, âge et principaux résultats)

Lacs	symbole	**L'auteur et l'année**	**Les coordonnées géographiques**	**Age des dépôts**	**Les principaux résultats**
Paleolac Wadi El-Arish (Egypt)	WEA	Mostafa abubakr et al,2013	31°07'55" N 33°48'12" E	9000 Et 6500année BP	-Représente un système lacustre -représente l'histoire de paléodrinage
Nord sinai (Egypte)	SIN		34°00'08" N 48°29'29 ″ E	Entre 9500et 4500 BP	
Ouest nubien (Nord-Ouest du Soudan)	ONU	Hoelzmann et *al.*, 2000	20°30' 00" N 33°00'00" E	Entre 9500 et 4000 ans BP	Développement d'un lac d'eau douce d'une superficie entre 1100 et 7000 km² ; - Niveaux d'eau souterraine et précipitations plus élevés
El-atrun (Soudan)	ELA	Ritchie et Haynes, 1987 Pachur et al., 1987	18°13'00" N 26°37'60" E	entre 9220+-70 et 8060 +- 70	Le sédiment basal est composé de sapropèle, de fines lamelles organiques et de boue carbonatée, suggérant une eau

					relativement profonde
Selima Oasis (Nord-Ouest de Soudan)	SOA	Haynes et al., 1989; Pachur et al., 1987	21° 22' 00" N 29° 19' 00" E	Entre 8.4 ka BP et <6 ka BP	Une période humide centrée sur 8 ka BP ; -Lac frais et profond (20 m) ; Un assemblage de pollen suggérant une mosaïque végétale d'arbres épineux et de savane arbustive
Wadi Howar (Soudan)	WHO	Pchur et kropelin, 1987 Jürgen Richter, 1989	18°11'56" N 30°44'26" E	9195 + -95 ans	Les mollusques d'eau douce et les ostracodes ont été datés au radiocarbone
Le paléolac de I-n-Atei (Algérie)	INA	Lécuyer et al., 2016	20°28'26" N 6°19'24" E	Entre 10 et 7.4 Ka BP	Occurrence d'événements courts et abrupts à 9,2 et 8,2 ka ; -L'extrême sensibilité de la végétation du milieu désertique au changement climatique durant le début et le milieu de l'Holocène ; - La chronologie des événements enregistrés s'inscrit dans le tableau global du changement climatique vécu sous l'influence de la mousson atlantique.
Daïet ben ouhazen (Algérie)	DEA	Callot et	32°17'15" N 02°32'58" E	5700+-70	-l'existence d'un optimum humide d'âge holocène

Cot495 (Algérie)	C95	Fontugne, 2008	32°07'01" N 02°50'59" E	7160+-70	inférieur à moyen au nord-ouest du Sahara algérien, -l'autochtonie des eaux de l'Erg leur confère une grande valeur paléoclimatique : elle montre la croissance des précipitations locales dès 10 500 ans cal. BP, un maximum entre 8 800 et 7 350 ans cal. BP
Ariche el Mentane (Algérie)	AEM		32°06'00" N 02°29'00 E	Entre 4720 +-50 et 5060+-50	
Guren ech cheikh(Algérie)	GEC		32°01'59" N 2°34'01" E	Entre 5180+-70 et 8940+-70	
Guern Ben Guesmia 1(Algérie)	GBG 1		31°44'53" N 2°43'26" E	Entre 6220+-50 et 7940+-80	
Guern Ben Guesmia 2(Algérie)	GBG 2		31°48'00" N 02°45'00" E	Entre 6430+-70 et 8140+-90	
Guern Ben Guesmia 3(Algérie)	GBG 3		31°39'00" N 02°48"00" E	6330+-70	
Arich el Redini (Algérie)	AER		31°26'00" N 02°54'00" E	6110+-110	
Cot 494 (Ghardaïa-Algérie)	C94		31°31'00" N 02°49'00" E	Entre 4500+-60 et 9280+- 100	
La sebkha de Chemchane (Mauritania)	CEH	Lezine et al ,1990 , 1993	00°21'33.17" N 59°11'32.46"E	entre 8000 et 6500 ans	la sédimentation est caractérisée par des marnes, du carbonate de calcium et des coquilles de quelques centimètres

					d'épaisseur, cet épisode lacustre s'est accompagné du développement de stromatolithes dans la zone littorale d'un lac profond
Paléolac du Borkou (Chad) : Gouro Aorounga Faya	GOU	Yves GAUTHIER, Christine GAUTHIER 2019	19°40'00" N 19°28'00" E	Entre 8000 et 4000 ans B. P	-une phase plus ou moins aride sans caractère généralisé, et certains dépôts lacustres ont' fourni des âges analogues, la sédimentation limnique ayant pu se poursuivre de manière continue (dépôts datés de 7000 ans environ dans la partie aval du Bahr el-Ghazal et *B* Largeau). L'existence d'une pulsation lacustre dans les Pays-Bas du Tchad vers 3 200 ans B. P. paraît nette, ce dernier cycle lacustre s'étant termin6 vers *2 500* ≠ 110 B. P.
	AOR		19°05'28" N 19°14'28" E		
	FAY		17°55'32" N 19°06'15" E		
Bilma (Niger)	BIL	Servant,1983; Baumhauer 1991 Faure, 1969 Fontes et Gasse ,1991 Gasse et Fontes ,1992	18°41'12" N 12°55'12" E	9000 et 8000 ans	la diatomite et le carbonate lacustre se sont déposés entre environ
Bougdouma		Gasse et al. 1990; T´ehet et	36°42'1.49" N	9000 et 8000 ans	la diatomite et le carbonate lacustre se sont

(Niger)	BOU	al. 1990; Fontes and Gasse 1991; Gasse 2002 Faure, 1969 Fontes et Gasse ,1991 Gasse et Fontes ,1992	3°25'46.72"E		déposés entre environ
Adrar Bous (Niger)	ADB	Petit-Maire,1988	20°18'00" N 9°02'00"E		entre 9700 et 8300 ans, une accumulation de carbonate s'est produite
la Sebkha Séguédine (Nord est du Niger)	SSE	Brauneck et *al.* (2013)	20° 11′ 31″ N 12° 58′ 3″E	10.6 à 7.3 cal ka BP	Existence d'un régime lacustre exceptionnellement stable reflétant des conditions humides ; -Un changement de régime du lac s'est produit à 7,3 cal ka BP, interprété comme le début d'une transition vers des conditions arides
Tin Ouffadene (Niger)	TOU	Petit-Mair,1988 Fontes et Gasse 1991	20°10'40"N 9°11'30.3"E	entre 9700 et 7800 ans	des carbonates de diatomées continus se sont déposés

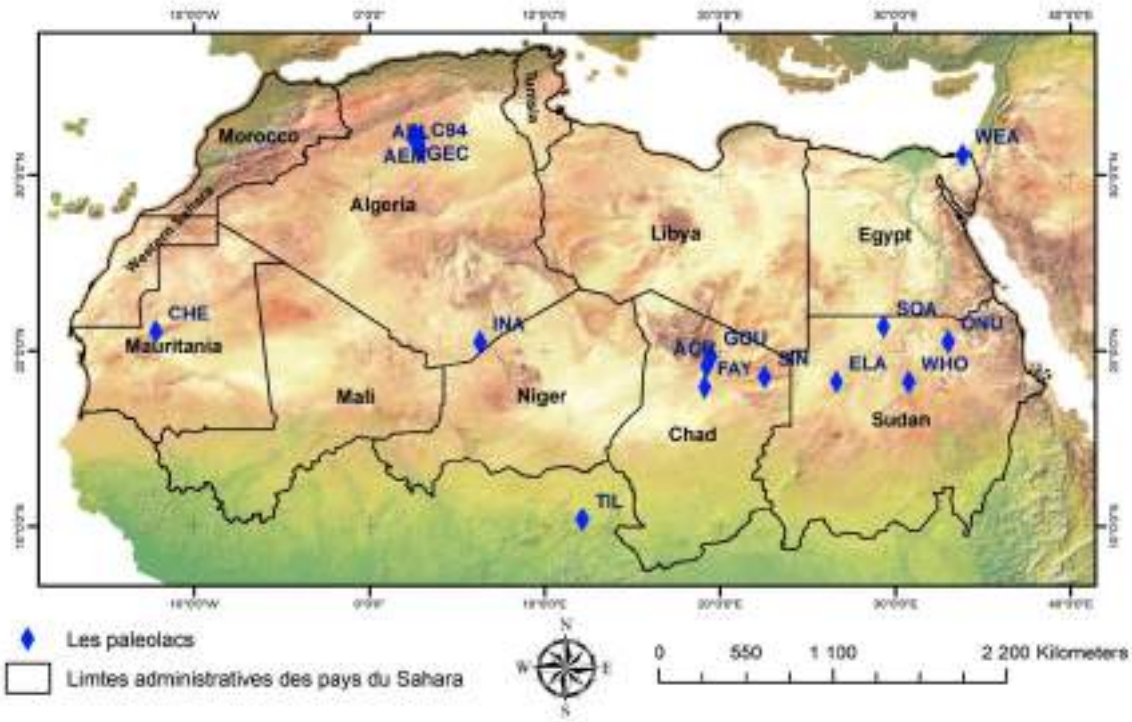


Figure 08: Localisation géographique de quelques paléolacs Sahariens

La figure 08 et le tableau 04, présentent les principaux résultats de quelques paléolacs sahariens qui sont en réalité plus nombreux, mais nous nous sommes intéressés seulement à quelques exemples et surtout aux paléolacs présentant des informations complètes (surtout l'âge). Ces paléolacs cités dans notre travail nous permettent de situer les paléolacs de la région de Ouargla par rapport au contexte régional (saharien).

A partir du tableau 04 et de la figure 08, nous pouvons remarquer que l'âge des différents paléolacs sahariens se situe entre 10600 et 4000 ans BP suivant la situation géographique, ce qui correspond à l'optimum climatique de l'Holocène.

D'après Damnati (2000), la majorité des lacs de l'Afrique de l'Hémisphère Nord étaient à un haut niveau ou à un niveau intermédiaire entre 10000 et 6000 ans B.P. Ces conditions humides ont d'abord été enregistrées en Afrique de l'Est (entre 0° et 14°N) et ont gagné progressivement le Sahel et le Sahara où ces conditions ont été bien marquées entre

9500 et 7000 ans B.P. la majorité des lacs d'Afrique septentrionale étaient à un haut niveau à 6000 ans B.P., mais certains commençaient déjà à descendre. Les lacs indiquaient des conditions progressivement plus sèches après 6000 ans B.P.

Selon Callot et Fontugne (2008), les paléolacs du cœur de l'Est du Sahara septentrional (Grand Erg occidental, nord-ouest du Sahara algérien) sont d'importants indicateurs paléoenvironnementaux et paléoclimatiques. Ils montrent l'existence d'un optimum humide d'âge Holocène inférieur à moyen au nord-ouest du Sahara algérien, tandis que les lacs de la périphérie de l'Erg permettent d'en affiner les phases de croissance et de décroissance. Compte tenu de leur position et de leur altitude, ces lacs d'eau douce n'ont été alimentés que par des précipitations locales formant la nappe de l'Erg, dont l'émergence a pu être favorisée par l'augmentation du niveau de la nappe de la Hamada, salée et sous-jacente. Cette autochtonie des eaux de l'Erg leur confère une grande valeur paléoclimatique : elle montre la croissance des précipitations locales dès 10 500 ans cal. BP, un maximum entre 8800 et 7350 ans cal. BP et leur décroissance que l'on peut suivre jusqu'à l'assèchement final vers 5000 ans cal.

III.3.2.Paléolacs de la région de Ouargla

Le tableau05, résume les travaux qui ont été réalisés sur les paléolacs de la région de Ouargla.

Tableau 05 :Les paléolacs de la région deOuargla

Paléolacs	Référence	Cordonnées Géographiques	principaux résultats
Sedrata SDR	Hamdi-Aïssa et al.,2014; Khemis, 2017	X: 5°19'47"E Y: 31°54'32"N	-Couches argilo-tourbeuses -Niveaux sableux homogènes plus ou moins hydromophes - l'épaisseur de la couche tourbeuse de 1,2m à 5 cm -croutes gypseuse -Les trais cristallins gypseux sont formés à partir d'eau souterraine saturée en ions Ca^{2+} et SO_4^{2-}.

Sebkha Mellala (PLM)	Marmier et al., 1972 ; Boyé et al, 1978 ; Youcef, 2016	X:05°12'00" E, Y:32°11'00" N	-Contenant des couches grises -La couleur des couches de cette coupe est blanche -Coquilles fossiles des deux espèces : (*Cerastodermaglaucum* et *Melanoïdestuberculata*) -9550±130 ans B.P. pour la couche inférieure et 7900±110 ans B.P. pour la couche supérieure.
Saïd-Otba (PLO)	Hamdi-Ai¨ssa, 2001 ; Youcef, 2006 et 2016	X:5° 20' 6.5" E Y:31° 58' 56" N	-Contient une couche noire à 25 cm de la surface -couche ou bien dans des taches blanchâtres -Existence de taches noires et des manchons de gypse abondants. - en présence des ostracodes et les diatomées - existence de fragments de silex
Aouinet Moussa (PLA)	Youcef, 2016	X: 05°19'47.3"E Y: 32°03'3.46"N	- Contientune couche noire. - Couches non effervescentes à l'HCl.
N'Goussa PLS	Bouhadja et Lamini, 2011 ; Youcef, 2016	X : 5°19'30.46'' Y : 32°07'21.15''	-Couches noires organiques. -Croûte gypseuse très épaisse. -L'existence de nodules calcaires. -La teneur de la matière organique est élevée. -Microfossiles qui sont les charophytes, les ostracodes et les diatomées en plus d'autres fossiles à savoir: les gastéropodes Fossil *Melanoïdestuberculata* et *Melanopsispraemorsa* - Une forte à très forte effervescence à l'HCl au niveau de certaines couches.

GaretChemia PLN	Khemis, 2012 ; Babelhadj, 2016 ; Youcef, 2016	X : 5°17'56.20"E Y : 31°55'59.99"N	- Couches noires très épaisses. -Une seule espèce fossile (*Melanoïdestuberculata*). - L'existence d'ossements d'animaux. - Ostracodes et Gyrogonite de charophytes.
El-Bour PLE	Bouhadja et Lamini, 2011	X : 5°20'45.08"E Y : 32°9'48.89"N	- Présence d'une croûte gypseuse très épaisse - Nodules calcaires. -Le taux de matière organique est faible à très faible
Hyd	Khemis, 2017	X : 31°56 .26' 2'' Y : 5°18.38' 5''	-Couche noire organique. -présence de Rhyzolites.

A partir des résultats des études faites sur la description morphologique et analytique des coupes de paléolacs situés dans la région de Ouargla (Annexe n°02), nous pouvons dire que :

- Les différentes coupes effectuées dans des sites de paléolacs montrent un nombre de couches assez important, si on le compare aux sols des régions arides ;
- L'existence d'une croûte gypseuse épaisse à la surface de certaines coupes a permis la préservation de ces sédiments contre l'érosion éolienne ;
- D'après les principaux résultats menés sur l'étude de paléolacs située dans la région de Ouargla, nous avons constaté qu'il existe des couches noires dans les coupe PLS, PLM, PLO, PLA, PLN, HYD et PLN ;
- Les couches noires qui caractérisent ces coupes, montrent des épaisseurs différentes d'un site à l'autre, les plus épaisses ont été observées au niveau des coupes PLN et SDR ;
- L'existence des couches noires au niveau de ces sédiments reflètent, selon Gibert (1989), Youcef et Hamdi-Aïssa (2014) et Youcef (2016), une évolution de la matière organique dans un milieu lagunaire ;

- L'existence de calcaire surtout dans les couches riches en microfossiles, comme la coupe PLO ayant une couche avec un taux très élevé en calcaire total et qui s'est avéré riche en ostracodes ;
- Les espèces de fossiles existantes appartiennent aux espèces suivantes :
  - *Melanoïdestuberculata*, au niveau des coupes PLN (Garet Echemia), PLM (Sebkha Mellala), SDR (Sedrata) et PLS (N'Goussa) ;
  - *Melanopsispraemorsa*, seulement au niveau du site de N'goussa ;
  - *Cerastodermaglaucum*, seulement au niveau de la Sebkha Mellala.
- Les espèces de microfossiles sont :
  - Les ostracodes (PLO, SDR, PLN, PLS);
  - Les diatomées (PLN et SDR);
  - Les charophytes (PLM, PLN, PLO).
- L'existence d'ossements d'animaux dans les sédiments des coupes PLN et SDR ;
- L'absence de datation permettant de connaitre l'âge exacte de la période d'activité de ces paléolacs, sauf pour la Sebkha Mellala, où l'étude de Gibert (1989), a montré
- L'existence de deux phases majeures de remise en eau, la première après10.600 ans B.P. et la deuxième vers 7000 ans B.P

Cette synthèse bibliographique faite sur les différents sites de paléolacs de la région de Ouargla, montre que la région était caractérisée par un climat plus humide correspondant à la période du Sahara verdoyant « Green Sahara » durant laquelle plusieurs lacs ont apparus au Sahara.

Selon Petit-Maire et Guo (1996), le début de la phase humide au Sahara se traduit par l'apparition de lacs et marais entre 10000 et 9500 BP, selon la situation géographique. Gasse (2002), admet qu'il y a deux épisodes lacustres majeurs qui sont parvenu à ca. 10500-8000 et 7500- 4500 BP, respectivement, séparés par un épisode aride centré autour de 8000 BP.

L'évolution du paléoenvironnements durant l'Holocène dans la région est caractérisée par une alternance entre des périodes humides et d'autres arides. Les indicateurs de ces périodes humides sont nombreux : les couches noires organiques, les fossiles, les ossements d'animaux… Tandis que les périodes arides se caractérisent essentiellement par l'apparition du gypse. Jusqu'à la période aride actuelle.

Selon la figure 09, établie à partir d'une synthèse des travaux réalisés dans la région de Ouargla et d'autres régions sahariennes, il apparait que la région de Ouargla a connu un

scénario d'une évolution du paléoenvironnement durant l'Holocène, selon les étapes suivantes :

1. **Une phase humide** aux alentours de 10000 ans BP, caractérisée par l'apparition des différents paléolacs ;
2. **Une phase aride** vers 8000 ans BP, caractérisée par la diminution du niveau des paléolacs de la région ;
3. **Une deuxième phase humide** vers 7500 ans BP ;
4. **Une phase aride** conduisant au climat actuel de la région.

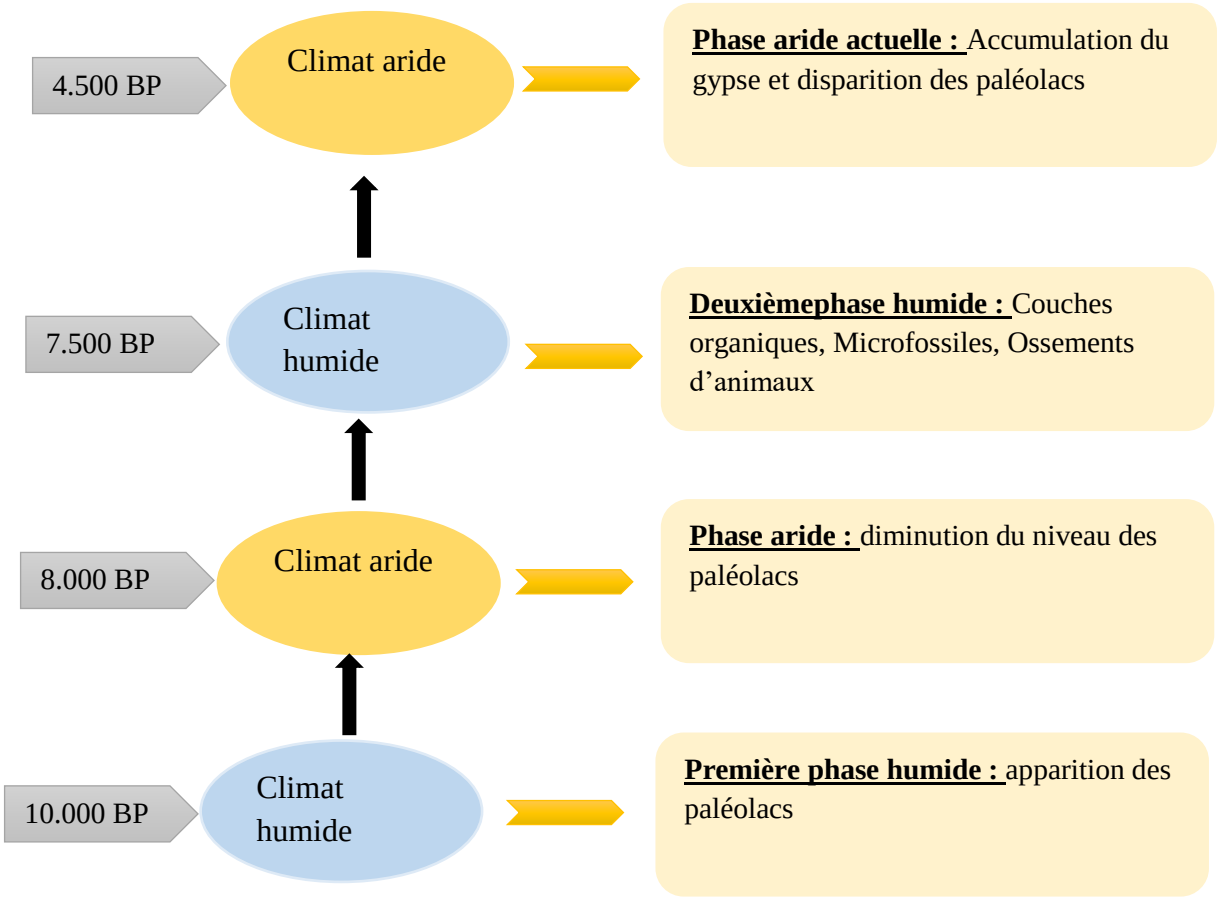


Figure 09: Scénario des changements climatiques à Ouargla durant l'Holocène (L'âge à gauche est approximative en se basant sur les travaux précédents).

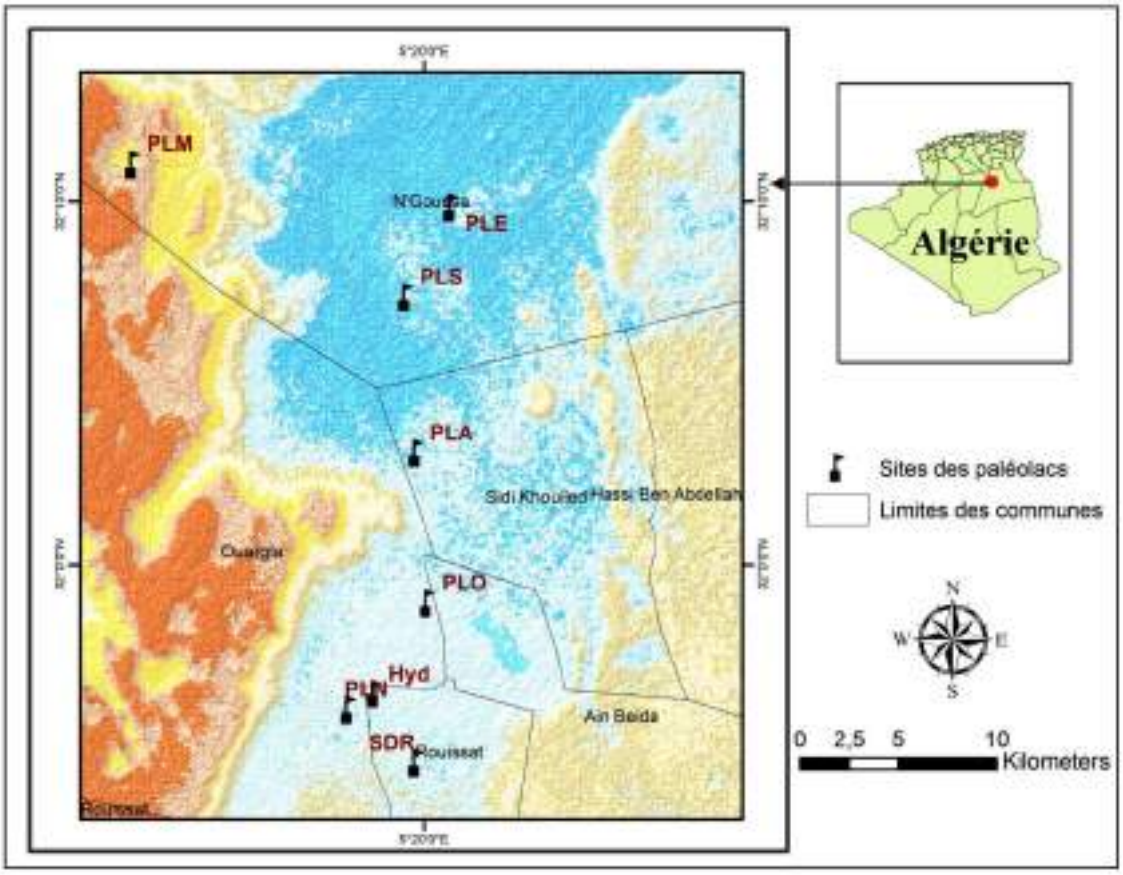


Figure10 : Localisation géographique des paléolacs de la région de Ouargla.

La figure10, montre la localisation géographique des paléolacs de la région de Ouargla, qui ont montrés une grande utilité pour la reconstitution du paléoenvironnement, et qui sont présents essentiellement entre Sebkha Mellala, N'Goussa, Sedrata et Garet Chemia. Ces nombreux vestiges de paléolacs indiquent l'importance de la région sur ce plan et montre que les investigations futures peuvent révéler d'autres sites plus importants à l'échelle de tout le Sahara.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre travail était une valorisation des données disponibles sur les paléolacs de la basse vallée de l'oued Mya (région de Ouargla) où plusieurs études ont été réalisées. Le travail consiste à faire une synthèse bibliographique des études précédentes et à inventorier les différents sites de paléolacs en essayant des situer par rapport au contexte régional saharien.

Selon les résultats des différents sédiments de paléolacs et d'un point de vue paléoclimatologique nous pouvons dire que l'existence de ces derniers remonte au Quaternaire, où ils étaient actives et représentaient un milieu vivant et qui sont actuellement disparus avec le changement du climat vers l'aridité.

Les sites étudiés constituent une opportunité pour l'étude de ces changements non seulement dans la région de Ouargla mais aussi dans tout le Sahara. Les résultats obtenus montrent généralement une fluctuation du climat entre des conditions arides et d'autres plus humides.Ils se localisent au niveau de N'Goussa, Sebkhet Mellala, Garet Echemia, Aouinet Moussa, El Bour, Saïd Otba et Sedrata

En comparant ces paléolacs avec le paléolac de Mellala et d'autres paléolacs sahariens nous pouvons leurs attribués un âge approximative entre 4000 et10.600 BP.

Au Sahara,la reconstitution des changements environnementaux passéspeut être d'une grande importance grâce aux conditions d'aridité actuelle permettant la préservation des signes de fonctionnement passé.

A travers cette étude, nous pouvons dire que :

- La région de Ouargla, possède une grande importance dans le domaine de l'étude des changements paléoenvironnementaux. Pour cela, des études plus approfondies sont nécessaires afin de tirer le maximum d'informations. Les prospections futures pourront nous révéler des sites très intéressants;
- La nécessité de faire des datations absolues des sédiments pour pouvoir les situer dans le temps ;
- Les études paléontologiques pourront aussi nous donner une idée sur les espèces qui ont peuplées ces paléomilieux et de ce fait, mieux reconstituer le visage de la région au Quaternaire.

Références bibliographique

Références Bibliographiques

A.N.R.H, (2011): Note de Synthèse pièzométrique et hydrochimique relative à la remontée.

Adjedir, M. (2002). La microflore diatomique et paléoenvironnementals du pléistocène supérieure des dépôts d'El Ouata (Sahara nord-occidental, Algérie). Thèse Magister, Univ. d'Oran (Algérie) : 159p.

Alimen H., Beucher Fr., Casta L., Casta L. et Ehrlich A. (1970) .Sédimentations quaternaires à Diatomées du Sahara nord-occidental. *Bull. Soc. Géol*. France, 7, XII, n°1 : 103-107.

Alimen H. (1952) . Terrain néogènes et quaternaires. XIX Con. Géol. Int. Alger, Monogr. Région, sér. 1, n°15 : 85-112.

Alimen H. (1956) . Sable quaternaire du Sahara nord-occidental (Saoura-Ougarta).

Alimen H. (1960). Tertiaire et Villafranchien au Sahara nord-occidental. C .R. somm.

Aubouin et al. (1975). Précis de géologie Tome 22: stratigraphie

Babelhadj T., 2016. Etude micropaléontologique des sédiments d'un paléolac de la région d'Ouargla (Sahara septentrional algérien). Mémoire de mastère, univ. d'Ouargla

BALLAIS J, « Des oueds mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie du Bas-Sahara algérien », Physio-Géo [En ligne], Volume 4 | 2010, mis en ligne le 20 avril 2010, consulté le 18 juin 2021. URL : http://journals.openedition.org/physio-geo/1173 ; DOI : https://doi.org/10.4000/physio-geo.1173

Barker, P., Roberts, N., Lamb, H. F., Van der Kaars, S & Benkaddour, A. 1994. Holocene Lake level change interpretation from diatm assemblages in lake Sidi Ali, Middle Atlas, Morocco. Journal of Paleolimnology 12, 223-234.

Baudrimont R.(1973)–recherche sur les diatomées des eaux continentales de l'Algerie : écologique et paléoécologique. Thèse Lab. Bot., Fac. Sci., Alger et Lab.Bot., Univ.Bourdeaux,Talence,A.O.9385,sérnº 12:265p.,22pl.ht.

Beucher Fr.(1971). Etude palynologique de formations néogènes et quaternaires du Sahara nord-occidental. Thes. Fac. Sci. Paris, A. O. 5408, sér :géol n°20, 283 p., 56 fig., tabl., 23 pl ht

Bouhadja et Lamini, 2011. Contribution à l'étude paléoécologique de la région de Ouargla (cas de N'Goussa) : approche pédo-sédimentologique

Boyé, M., Marmier, F., Nesson, C. & Trécolle, G. 1978. Les dépôts de la sebkha Mellala (environs d'Ouargla, Sahara algérien nord-oriental). Sédimentologie, âge, enseignement morphoclimatique. Revue de Géomorphologie Dynamique 28: 49-62.

Busson., G. 1967. Le Mésozoïque saharien. 1ère partie. L'Extrême Sud-tunisien. Edit., Paris,

Callot, Y. (1984) – Dépôt lacustre et palustre quaternaire de la bordure nord du grand erg occidental (Algérie). Pub. C. R. Acad. Sci. Paris, t. série II : 299 p.

Callot, Y., & Fontugne, M. 2008. Les sites lacustres d'âge holocène dans l'est du Grand Erg occidental (nord-ouest du Sahara algérien): interprétation géomorphologique et paléoclimatique. Géomorphologie : relief, processus, environnement 3: 187-200.

Chavaillon J. (1964) – Les formations quaternaires du Sahara nord-occidental. Publ. Centre Rech. Zones arides, C.N.R.S., Paris, sér : géol n°5 : 393 p.

Chavaillon J. et N. (1957) – Chronologie du Quaternaire saharien depuis les derniers dépôts du Paléolithique ancien jusqu'au Néolithique. C. R. Acad. Sci. Paris, t.4 : 1663- 1666 p.

Christophe Lécuyer, Anne-Marie Lézine, François Fourel, Françoise Gasse, Florence Sylvestre, Christine Pailles, Christophe Grenier, Yves Travi, Abel Barral 2015 : I-n-Atei palaeolake documents past environmental changes in central

Claussen, M., Brovkin, V., & Ganopolski, A. (2002). Africa: greening of the Sahara. In Challenges of a changing earth (pp. 125-128). Springer, Berlin, Heidelberg.climatic changes in Africa : their ef...conséquence sur l'apparition du Sahara et de sa végétation = end-Tertiary

Claussen, M., Brovkin, V., & Ganopolski, A. (2002). Africa: greening of the Sahara. In Challenges of a changing earth (pp. 125-128). Springer, Berlin, Heidelberg.

Cooke, R.U., Warren, A. & Goudie, S.A. 1993. Desert geomorphilogy. Ed. UCL, London, 526p.

Cremaschi, M., Zerboni, A., Mercuri, A.M., Olmi, L., Biagetti, S., di Lernia, S. 2014. Takarkori rock shelter (SW Libya): an archive of Holocene climate and environmental changes in the central Sahara. Quaternary Science Reviews 101: 36-60.

Dajoz R., 1985. Précis d'écologie Ed, paris, 499p

Damnati, B & Taieb, M. 2003. La sédimentation sub-actuelle dans le lac Iffir (Moyen Atlas, Maroc): Résultats préliminaires. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc (452): 301-306.

Damnati, B. 2000. Holocene lake records in the Northern Hemisphere of Africa. Journal of African Earth Sciences 31 (2): 253-262.

DeMenocal, P. B. & Tierney, J. E. (2012) Green Sahara African Humid Periods Paced by Earth's Orbital Changes. Nature Education Knowledge 3(10):12

Drake, N. and Bristow, 2006 C. Shorelines in the Sahara: Geomorphological evidence for an enhanced monsoon from paleolake Megachad. The Holocene **16**, 901-911 (2006).

Dutil P ; 1971. Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse Doct. és Sci. Naturelles, Univ. Strasbourg, Strasbourg, 346 p.

El Hamouti, N., Lamb, H., Fontes, J. C., & Gasse, F. 1991. Changement hydroclimatiques abrupt dans le moyen Atlas marocain depuis le dernier maximum glaciaire. Comptes Rendus Académie

Fabre, J. (1976) : Introduction à la géologie du Sahara Algérien et des régions voisines. Ed.S.N.E.D, Alger. N° ed 334.73. 422p.

Fabre, J. 2005. Géologie du Sahara occidental et central. Ed. Musée Royal de l'Afrique central, Belgique, 572p.

Fonte J-C. et Gasse F. (1991) – PALHYDAF (Paleohydrologie in Africa) program : objectives, méthods, majorrésults.Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology84 : Elseviersci pub B.V.,Amsterdam:pp. 191-215.

Foucault, A. 2009. Climatologie et paléoclimatologie. Ed.: Dunod, Paris, 307p.

Gasse F., Fontes J-C., Plaziat J-C., Carbonel P., Kaczmarska I., Deckker P., Soulie-marche I., Callot Y. et Dupeuble P-A. (1987). Biological remains, geochemistry and stable isotopes for the reconstruction of environmental and hydrological changes in the Holocene lakes from north Sahara. Palaeogeography, Palaeoclimatology, palaeoecology, 60 : Elsevier. Sci. pub. B.V. Amsterdam: 46 p.

Gasse, F. (2002) . Diatom inferred salinity and carbonate oxygen isotopes in Holocene waterbodies of the Western Sahara and Sahel (Africa). Quaternary Science Review. 21, Franc: 737-767.

Gasse, F. & Fontes, J. Ch., 1992. Climatic changes in northwest Africa during the last deglaciation (16- 7 ka BP). ln E. Bard and W. S. Broecker (Editors), The last deglaciation: Absolute and Radiocarbon Chronologies. Nato ASI series 12, 295-325.

Gasse, F. 2005. Continental palaeohydrology and palaeoclimate during the Holocene. Comptes Rendus Géoscience 337: 79-86.

Gasse, F., Fontes, J. C., Plaziat, J. C., Carbonel, P., Kaczmarska, I., De Deckker, P., SouliéMärsche, I., Callot, Y. & Dupeuble, P.A. 1987. Biological remains, geochemistry and stable isotopes for the reconstruction of environmental and hydrological changes in the Holocene lakes from north Sahara. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 60: 1-46**.**

Gibert, E. 1989. Géochimie et paléohydrologie des bassins lacustres du Nord-Ouest saharien. Programme Palhydraf, site2. Thèse de doctorat Université Paris XI, Orsay, 210p.

Halilat M.T., 1993. Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété Aldura) en zones sahariennes (Région de Ouargla), Thèse de magister, INESA, Batna, 130 p.

Hamdi Aissa B ; 2001. Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla), approches micro morphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale, thèse de Doctorat, INA, Grignon, Paris, 307pBanton, O. & Porel, G.), INRS Quebec, Univ. Poitiers, PoitiersS3.

Hamdi-Aissa, B., and M. C. Girard., (2000) : Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. Sècheresse 11(3) 179–188.

Hamdi-Aissa, B., V. Valles, A. Aventurier, and O. Ribolzi. (2004):Soils and brines

Hamdi-Aïssa.B et al., 2014 ;L'héritagepédo-sédimentairedes paléo-lacs Holocènesdu Nord Sahara : signification paléo-climatique, cas de site de Sedrata (cuvertte de ouargla) , Algérie

Hamza. L et al, 2018. Sedimentological and paleoenvironmental analysis of chott Baghdad deposit (Northern Algerien Sahara

Hedberg, 1976) : International straigraphic,guide,200pp-J. Wiley et sons. Newu yourk

Hoelzmann, P., Gasse, F., Benkaddour, A., Dupont, L., Leuschner, D. C., Salzmann, U., Sirocko, F. & Staubwasser, M. 2002. Palaeoenvironmental changes in the arid and subarid belt (Sahara-Sahel Arabian Peninsula) from 150 ka to present. In: Past Climate Variability Through Europe and Africa. (Ed. R. Batterbee, F. Gasse & C. Stickely). (Hrsg.), Kluwer Academic Press.

Idder, T. 2007. Les problèmes des excédents hydriques à Ouargla : situation actuelle et perspectives d'amélioration. Sécheresse vol. 18. N 3. Pp161-

J. Hervieu 1975: ËVOLUTION DU MILIEU NATURELEn afrioue et A madagacar l'interprétataibn Paleoclimatique Quatérnaire essai qisvnthese 1. Faites d'observation regionaux.

J.Maley, 1980. Les changements climatiques de la fin du Tertiaire en Afrique : leur

J.Maley,USTL, Montpellier, Fraiice Les changements climatiques de la fin du Tertiaire en Afrique: leur conséquencei sur l'apparition du Sahara et de sa végétation Page -71

Joly, F. 2008. Paysages désertiques. In: Les formations superficielles, genèse, typologie, classification, paysages et environnements, ressources et risques. (Ed. Y. Dewolf & G. Bourrié), pp 577-592. Ellipses**,** Paris.

Khadraoui, A. 2006. Eaux et sols en Algérie. Ed. Alger .392p.

Khemis R., 2012. Contribution à l'étude paléoécologie des sols de la région d'Ouargla

Khemis R., 2017. Essai de reconstitution des changements environnementaux dans la cuvette de Ouargla; apport de la paléopédologie

Le Quellec J.-L.,1993. A propos de quelques gravures rupestres de l'Ajal (Fezzân septentrional, Libye) - Réflexions sur le style de Tazina, Bulletin de la Société préhistorique française, Paris, 90, 5, 1993, p. 368-374.

Lécuyer, C., Lézine, A.M., Fourel, F., Gasse, F., Sylvestre, F., Pailles, C., Grenier, C., Travi, Y. & Barral, A. 2016.I-n-Atei palaeolake documents past environmental changes in central Sahara at the time of the "Green Sahara": Charcoal, carbon isotope and diatom records. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 441: 834-844.

Leger, C. 2003. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires pluviales et d'irrigation. Mesures de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Volet étude d'impact sur l'environnement mission IIB : caractérisation environnementale de la situation actuelle.ONA, BG .42p.

Lézine, A. M. (1987). Paléoenvironnements végétaux d'Afrique occidentale nord-tropicale depuis 12000 BP: analyse pollinique de séries sédimentaires continentales (Sénégal-Mauritanie). *Géodynamique*, *2*(2), 137-138.

Lézine, A. M. 1993. Chemchane, Histoire d'une Sebkha. Sécheresse 4(1): 25-30.

Mainguet, M. 1999. Aridity Droughts and Human Development. Ed. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 295 p.

Mansouri, R. 1988. Extrême sud Tunisien. Etude hydrologéologique du continental intercalaire- Tome 2 . 66p.

Mercuri, A. M. & Sadori, L. 2014. Mediterranean Culture and Climatic Change: Past Patterns and Future Trends. In: The Mediterranean Sea: Its history and present challenges. (Ed. Stefano Goffredo, Zvy Dubinsky), pp. 507-527. Springer, Netherlands.

Migliore. J et Frédéric.M.2013.Le Sahara, impacts de changement environnementaux extrêmes sur la bidiversité .Résumé, colloque scientifique. pp28-29

Monod, T. 1973. Les déserts. Ed.: Horizons de France, Paris, 247 p.

Moussa, K 2006 ThèseDe Docteur Etude d'une Sebkha : la Sebkha d'Oran (Ouest algérien).

Ozenda, P. 1983. Flore du Sahara. Ed. C.N.R.S., paris, 622 p

Pachur, H. N & Hoelzmann, P. 1991. Paleoclimatic implications of late Quaternary lacustrine sediments in Western Nubia, Sudan. Quaternary Research 36, 257-276

Petit- Maire, N., Fontugne, M., & Rouland, C. 1991. Atmospheric methane ratio and environmental changes in the Sahara and Sahel during the last 130 kyrs. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 86, 197-206.

Petit-maire, N. & Guo, Z. 1996. Mise en évidence de variations climatiques Holocènes rapides, en phase dans les déserts actuels de Chine et du Nord de l'Afrique. Comptes rendus de l'académie des sciences de Paris 322: 847-851

Petit-maire, N. & Guo, Z. 1996. Mise en évidence de variations climatiques Holocènes rapides, en phase dans les déserts actuels de Chine et du Nord de l'Afrique. Comptes rendus de l'académie des sciences de Paris 322: 847-851.

Petit-Maire, N. 1991. Recent Quaternary climatic change and Man in the Sahara. Journal of African Earth Sciences 12 (1/2): 125-132.

Petit-Maire, N.,& Riser, J., 1983. Sahara ou Sahel? Quaternaire récent du bassin de Taoudenni (Mali). Publié avec le concours de la direction Générale des relations culturelles du ministère des relations extérieures, 119 p.

Ramade F., 2003. Eléments d'écologie. Ed. Dunod. paris

Risacher, F. & Fritz, B. 1995. La genèse des lacs salés. La recherche 26(276): 516-522

Roche,E., Bikwemu, G. et Ntaganda, C., 1998. Evolution du paléoenvironnement Quaternaire au Rwanda et au Burundi. A nalyse des phénomenes morphotectoniques et des donnés

sédimontologique et palynthologique *Inst. Frranç.Pondichérey. Trav .sect .scient. et techn.*, 25 : 105-123.

Rognon, P. 1976a. Les oscillations du climat saharien depuis 40 millénaires. Introduction à un vieux débat. Revue de géographie physique et de géologie dynamique, Numéro spécial: oscillation climatiques au Sahara depuis 40 000 ans, Vol. XVIII, Fasc.2-3: 147-156.

Rognon, P. 1976b. Essai d'interprétation des variations climatiques au Sahara depuis 40000 ans. Revue de géographie physique et de géologie dynamique, Numéro spécial : oscillation climatiques au Sahara depuis 40 000 ans, Vol. XVIII, Fasc.2-3: 251-282

Rouvillois –Brigol M., 1975 . Le pays de Ouargla (Sahara Algérien) variation et organisation d'une espèce rural au milieu désertiques. PUBL. Univers. SORBONE. Paris. 52.S.G.F : 238-240.

Servant Vildary S, et GASSE F. (1978) . Les lacs quaternaires des hauts plateaux des Andes Bolivienne :première interprétation paléoclimatique,Cah.O.R.S.T.O.M.,sér. Géol,vol. X,n° 1,pp. 2-23.

Smykatz-Kloss, W. & Felix-Henningsen, P. 2004. The Importance of Desert Margins as Indicators for Global Climatic Fluctuations (Introduction). Paleoecology of Quaternary Drylands Werner Smykatz-Kloss Peter Felix-Henningsen (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Soulié-Märsche, I. 2008. Charophytes, indicators for low salinity phases in North African sebkhet. Journal of African Earth Sciences 51: 69-76.

Street-Perrott, F. A, Marchand, D. S., Roberts, N. & Harrison, S. P. 1989. Global lake-level variations from 18,000 to 0 years age. United States Department of Energy, Technical Report TRO46, 213 p

Talbot, M. R. & Johannessen, T. 1992. A high-resolution palaeoclimatic record for the last 27,500 years in tropical west Africa from the carbon and nitrogen isotopic composition of lacustrine organic matter. Earth and Planetary Science Letters 110, 23-37

Tooth, S. 2000. Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research. Earth-Science Reviews 51: 67-107

Voisin, J.L. 2010. LE QUATERNAIRE : UNE PÉRIODE « LAZARE ».Géochronique n°113 : 9-11

Watrin. J, Lézine A, Hély CH 2009 . Plant migration and plant communities at the time of the ‘‘green Sahara’’. C. R. Geoscience 341 (2009) 656–670

Youcef, F 2016. Contribution à la reconstitution du paléoenvironnement au Sahara septentrional dans les sols de bassins endoréiques : Cas de la région de Ouargla. Thèse. Université Kasdi Merbah Ouergla

Youcef, F. 2006. Indicateurs paléo-écologiques dans les sols des basins endoréïques (Sebkha et Daya) du Sahara septentrional. Exemple des Sebkhas de Ouargla et Mellala et de Dayas d’El-Amied. Mém., Mag, univ Ouargla, 84.

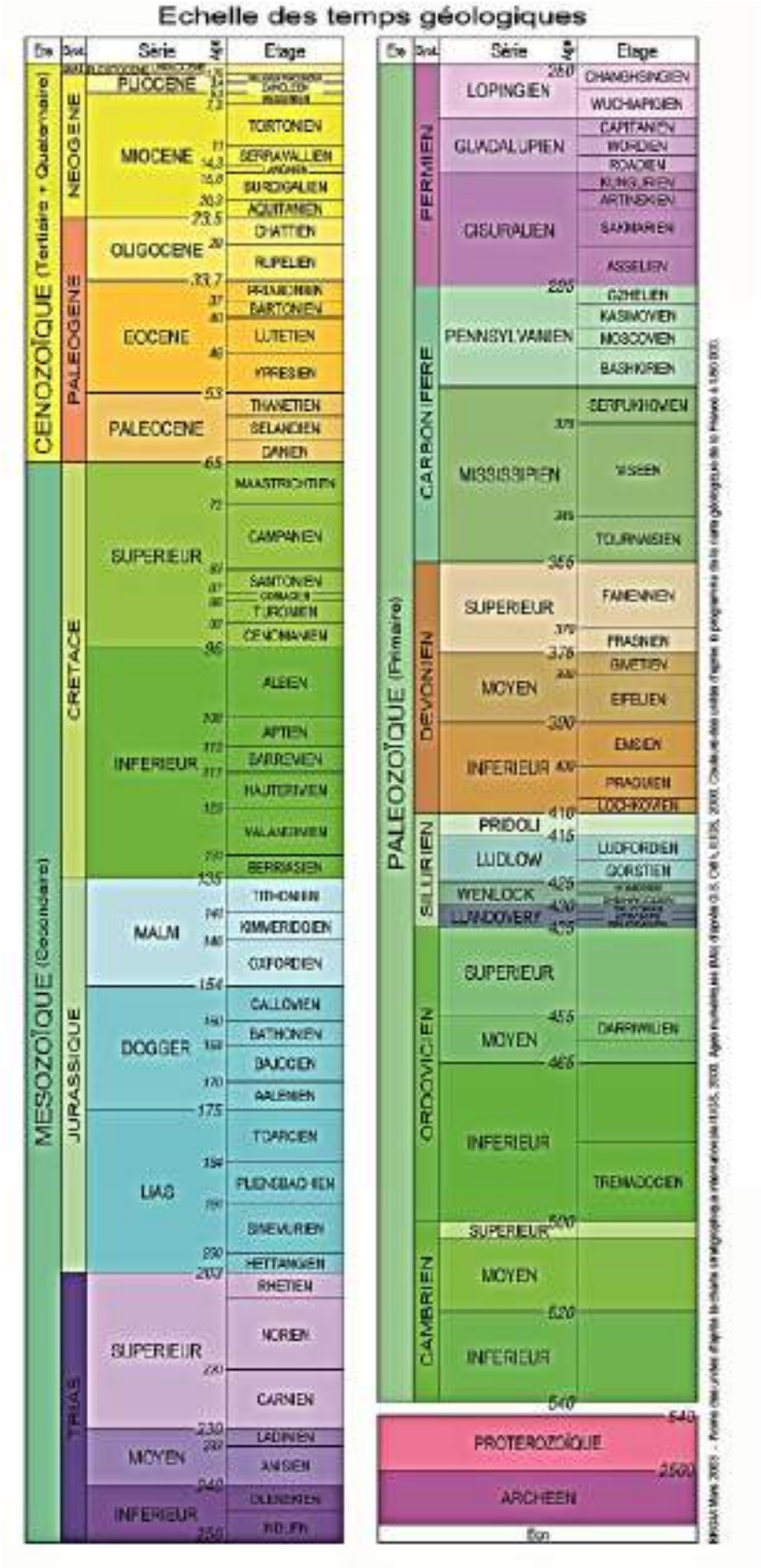
Zatout M., 2012. Etude géochimique et minéralogique du chott de Ain El Beida et de la sebkha d’Oum Erraneb Cuvette de Ouargla - Bas Sahara. Mémoire de Magister, univ d’Ouargla, 22p.

Référence papier

Jean-Louis BALLAIS, « Des oueds mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie du Bas-Sahara algérien », Physio-Géo, Volume 4 | -1, 107-127.

Annexes

Tableaux 01: Echelle des temps géologique



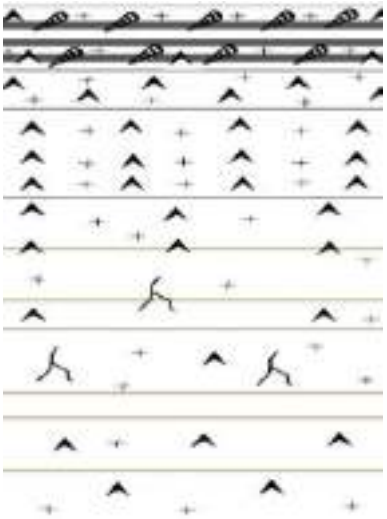
2-Les paléolacs étudiés dans la région de Ouargla

2-1-Caractérisation morphologique et analytique

2-1-1-Site N°01 : Sebkhat Mellala PLM

Description de l'environnement	**Végétation :** absente
La coupe PLM : (Auteur : Youcef, 2016)	**Temps :** ensoleillée
Localisation : Au-dessous d'une butte témoin	**Topographie :** plane
Etat de surface : sableux	**Date :** 01/05/2005

Etude morphologique du solum



Photos : Coupe PLM

0-16 cm Cette couche présente une forte effervescence à l'HCl, une couleur à l'état sec blanche (5Y8/1). Existence de fossiles; vers la surface, on trouve Melania + Cardium puis c'est Melania qui domine, ensuite, on trouve que les fossiles deviennent plus rare. Cette couche contient 3 strates séparées de couleur grise (5Y5/1) et de 0,5 cm d'épaisseur à peu prés

16-21 cm Pas de fossiles, de couleur blanche (2,5 Y 8/1). Présente une forte effervescence à l'HCl, porosité vésiculaire

21-33 cm Croûte très compacte, porosité vésiculaire, de couleur (état sec) : blanche (2,5 Y 8/1)

>33 cm Très faible effervescence, stratifiée, lamellaire avec alternance de couches grises et blanchâtres, relativement humide, présence de filaments de racines entre les strates. Couleur à l'état sec blanche 5 Y 8/1

Données analytiques

Tableau 02: Caractérisation granulométrie et physico–chimique de la coupe PLM

Horiz.	Prof (cm)	CalcT (%)	Gypse%	M.O%
PLM1	**0 – 16**	29	18.41	1.4
PLM2	**16-21**	35	46.84	1.2
PLM3	**21-33**	28.8	41	0.8
PLM4	**>33**	18.9	31	0.6

2-1-2-Site N°0 2:Sedrata SDR

Etude morphologique du solum

Description de l'environnement **Coupe PLS (Auteur : Khemis, 2017)** **Localisation :**X: 5 °18'43.55" Y:31°54'26.57" Z: 143m **Végétation :** n'existe pas. **Temps :** Ensoleillé. Etat de surface : sableux.	**Topographie :** Plane. **Date :** 10/1/2014. **Descripteurs :** HAMDI-ASSA Baelhadj,SELLAMI Farid et KHEMIS Rezka

Description du Solum

Photos : Coupe SDR

0-25cm Sable brun, très friable, tacheté, petits charbons, petits nodules blanchâtres de diamètre de quelques mm. Une grande tache de 5cm de diamètre caractérisée par des sables trié, de couleur à l'état sec light brownish gray (5YR7/2)

S2 25-55cm Sable de couleur à 'état sec light gray (7,5YR 8/2), nodules de 2 à 3cm de nature calcaire, arrondies, effervescentes à l'HCl, petits agrégats noirâtres, gros charbons de bois (1cm), matériau hétérogène plus ou moins colluvionnée. A la base de la couche des fragments de céramique (de 2cm) sont observés. Limite régulière.

55-90cm Couche indurée de couleur à 'état sec light gray (5Y8/1), existence d'ossement de 10cm de diamètre, micro-charbons, taches effervescentes à l'acide, plages grises, caractérisée par une quantité d'argile.

90-110cm Sable argileux, de couleur à 'état sec light gray (10YR8/1), avec porosité cavitaire et chenaux, sable lavé, quelques charbons, rares artéfacts osseux,

110-125cm En continuité avec la S4 elle se distingue par des sédiments sable argileux verdâtres, avec des taches blanchâtres, quelques taches noires charbonneuses, taches blanchâtres de limon très fin (nodules pulvérulentes farineuses) non calcaires, latéralement elle forment un niveau continu, (dégradation hydromorphe de la couche C4), présence d'ossement à la base de C5, sa couleur à 'état sec light gray(10YR7/1).

125-150cm de couleur à 'état sec light gray (5Y7/1),caractérisée par limon fin, homogène, très compact, perforé avec des taches blanches avec des langues à orientation vertical, gris verdâtre à la base, elles intègrent dans le dernier niveau noir organique charbonneux.

150-170cm Alternance de niveau plus ou moins organique et niveau gris limoneux, les deux comportent ces nodules limoneuses avec nette abondance dans le niveau organique, l'ensemble est très compact, porosité en chenal qui perfore la masse sédimentaire (trace biologique, racine), de couleur à l'état sec grayishyellow (2.5Y7/2).

170-185cm De couleur yellowish gray (2.5Y5/1), avec ces taches limoneuses blanches, avec des langues à

orientation verticale, la masse sédimentaire est sombre (matière organique), compact.

185-200cm Limon beige très compact, comporte des nodules limoneuses blanches, souvent lenticulaire, constituent des langues à orientation verticale, existence des formes de rose du sable de diamètres différents, la base est soulignée par un niveau organique continue de 2cm d'épaisseur.

200-240cm Trois (3) faciès de limons plus ou moins tachetés par ces nodules blanchâtres très abondants dans la base. Le faciès du milieu est légèrement clair.

240-275cm Faciès tourbeux très noir, les sédiments organiques sont plastiques à la base, c'est une matière organique très décomposée, au milieu on trouve des sédiments un peu claires, avec au sommet la matière organique est légèrement agrégée. On observe des fragments de végétaux

>275cm Sable de couleur grayishyellow (2.5Y/2) avec des nodules très fins de l'ordre de mm, à distribution aléatoire, avec des traces de racines et gastéropodes fossiles de petit diamètre

Données analytiques

Tableau03: Données analytiques de la coupe SDR

Echa.	Prof.(cm)	Granulométrie(%)						Calcairetotal%	Gypse %	M.O %	pH	CE ds/m à25°c
		L.+A.	Sablefin		Sablegrossier							
			50-100 µm	100-200 µm	200-500µm	500-1000 µm	1000-2000 µm					
H0	0-20	40.41	21.54	15.82	11.11	6.31	4.82	1.62	39.26	1.48	7.26	19.14
H1	20-80	47.64	28.36	10.47	5.55	4.79	3.19	17.03	0.30	0.21	7.97	5.54
H2	80-110	48.08	27.51	12.77	4.92	2.52	4.20	25.14	0.30	0.58	7.9	2.53
H3	110-120	21.75	26.47	34.14	17.29	0.35	0.00	0.04	0.89	3.28	8.15	1.41
H4	120-130	8.73	20.63	42.73	27.39	0.52	0.00	0.41	0.30	1.75	7.84	0.53
H5	130-160	9.04	20.65	43.55	26.19	0.58	0.00	0.16	0.44	0.42	7.66	0.55
H6	160-180	10.22	24.88	47.53	16.76	0.47	0.14	0.00	0.44	0.21	7.78	0.68

2-1-3-Site N°03: EL-bour PLE

La coupe PLE : (Auteur :Bouhadja et Lamini, 2011).

Etude morphologique du solum

Description del'environnement	**Etat de surface :** sableux
Localisation : *entre les palmeraies situes prés du forage de Romania à El Bour* **Temps :** ensoleillé **Végétation** : *Zygophyllum album* et *Cornucalamonacantha*	**Topographie :** plane **Date :** 18 /04/2011

Description du Solum

Photo : La coupe PLE

(0-112 cm): Croûte gypseuse dure, sec, de couleur (état sec) : brun très pâle (10YR 8/3), forte effervescence à l'HCl, la limite est nette ;

(112-114,5 cm): Horizon dure, humide, de couleur (état sec) : gris clair (10YR 7/2), forte effervescence à l'HCl, présence des cristaux de gypse en fer de lance cristallisés transparents très abondants de taille de 0,2 à 1cm, limite nette ;

(114,5-119,5 cm): Horizon dure, humide, de couleur (état sec) : brun très pâle (10YR 7/3), forte effervescence à l'HCl, présence des cristaux de gypse en fer de lance cristallisés transparents très abondants de taille de 0,5 à 2,5 cm, limite nette ;

(119,5-121 cm):C'est un horizon noirâtre, de texture sablo-limoneuse, humide, friable, de couleur (état humide) : darckyellowishbrown (10YR 4/4), forte effervescence à l'HCl, présence de petites taches blanchâtres très abondantes, limite nette ;

(121-125,5 cm): Texture sableuse, structure particulaire, humide, friable, de couleur (état humide) : brun jaunâtre (10YR 5/4), pas d'effervescence à l'HCl, limite nette ;

(125,5-135,5 cm): Texture sableuse, structure particulaire, humide, friable, de couleur (état humide) : jaune rougeâtre (7,5YR 7/6), forte effervescence à l'HCl, présence des tâches de couleur : darckyellowishbrown (10YR 4/4) de diamètre de 0,2 à1 cm, des tâches de couleur : brun rougeâtre (2,5YR 4/4) et des tâches

blanchâtres, limite inférieure est irrégulière ;

(135,5-141,5 cm): Texture sablo-limoneuse, structure particulaire, humide, friable, de couleur (état sec) : pink (7,5YR 8/4), forte effervescence à l'HCl, présence de nodules calcaires de diamètre de 2 à 6,5 cm avec une forte effervescence à l'HCl et des tâches noirâtres de diamètre de 0,2 à0,5 cm, limite irrégulière ;

(141,5-148,5 cm): Texture sableuse, structure particulaire, humide, friable, de couleur (état sec) : jaune rougeâtre (7,5YR 7/6), forte effervescence à l'HCl, présence de tâches de couleur : rouge jaunâtre (5YR 4/6) et de diamètre de 0,1 à 2 cm, des tâches de couleur : brun (7,5YR 5/3) et diamètre de 0,1 à 0,8 cm, limite irrégulière ;

(148,5-168,5 cm): Texture sableuse, structure particulaire, plus ou moins humide, friable, de couleur (état sec) : pink (7,5YR 8/3), forte effervescence à l'HCl, présence de tâches noirâtres de diamètre de 0,1 à 2,5 cm et une accumulation calcaire sous forme diffuse très effervescente à l'HCl, la limite irrégulière ;

(>168,5): Texture sableuse, structure particulaire, humide, friable, de couleur (état sec) : jaune rougeâtre (7,5YR 7/6), très faible effervescence à l'HCl, présence de tâches de couleur : brun pâle (10YR 6/3) et de diamètre de 0,1 à 1cm, des tâches de couleur : jaune rougeâtre (7,5YR 6/8) très abondantes de diamètre de 1à 4 cm.

Données analytiques

Tableau 04:Données analytiques de la coupe PLE.

Ech.	Prof. (cm)	Granulométrie %					Calcaire total %	Gypse %	MO %
		A	LF	LG	SF	SG			
PLE1	0-112	_	_	_	_	_	5,30	79,94	0,45
PLE2	112-114,5	1,48	16,3	17,8	34,5	16,6	19,33	12,40	1,53
PLE3	114,5-	0,13	5,48	20,1	50,1	8,93	49,21	12,25	0,89
PLE4	119,5-121	1,73	2,30	18,7	20,7	0,75	7,91	5,90	2,33
PLE5	121-125,5	9,82			74,2	15,9	3,97	1,92	0,63
PLE6	125,5-	14,39			72,0	13,8	13,72	1,48	0,55
PLE7	135,-141,5	16,68			70,4	12,8	8,92	11,22	0,58
PLE8	141,5-	21,73			74,3	3,90	8,51	0,81	0,79
PLE9	148,5-	9,48			73,0	17,5	7,73	0,44	0,55
PLE10	>168,5	5,39			81,0	13,5	2,11	3,09	0,32

2-1-4-Site N°04 : GaretE-Chemia PLN

La coupe PLN(Auteur : Khemis, 2012 ; Youcef, 2016).

Etude morphologique du solum

Description de l'envirennement **Localisation:**GaretChemia **Végétation :** *Zygophyllum album* **Temps :** ensoleillé	**Etat de surface :** sableux avec l'existence de fossiles **Topographie:**Plane **Date:**07/04/2012

<u>Description du Solum :</u>

Photo:Coupe PLN

0-30cm:GLEY1 6/N (gray). Existence de fossiles abondants de petite taille de 2 mm à 4 mm. Couche stratifiée.

30-41cm: 10 YR 8/3 (very pale yellow), stratifiée. Existence d'os d'animaux à différents niveaux de cette couche.

41-56 cm:GLEY1 5/N (gray). Nodules calcaires abondants. Existence de débris de végétaux.

56-125 cm: Noire (GLEY1 2.5/N). Existence des cristaux transparents non effervescents à l'HCl. Existence de débris de végétaux de 0,1 cm à 1cm de diamètre.

125-179 cm: Couleur GLEY1 2.5/N (noire). Existence de petits cristaux de gypse transparents plus abondants que l'horizon 4 de 0.1 cm de diamètre.

179-204 cm: Couleur 5 YR 6/1 (gray). Existence de racines verticales pétrifiées.

204-214cm: 5 YR 6/8 (reddishyellow), existence de taches de racines pétrifiés de 0.1 à 0.6 cm de diamètre et des racines très peuabondantes.

214- 229 cm: 5Y 7/1 (light gray). Racines verticales très abondantes de 0,1 cm à 0,6 cm. Existence d'éléments grossiers très dures de diamètres de 0,5 à 3,5 cm non effervescents àl'HCl

Données analytiques

Tableau 05: Caractérisation granulométrie et physico–chimique de la coupe PLN

Horiz.	Prof (cm)	CalcT (%)	Gypse%	M.O%
PLI1	**0 – 30**	13.9	3.6	2.1
PLI2	**30-41**	3.9	5.6	0.2
PLI3	**41-56**	12	3.1	4.9
PLI4	**56-125**	0.2	7.04	18.2
PLI5	**125-179**	0.2	2.2	26
PLI6	**179-204**	0.2	0.6	3
PLI7	**204-214**	0.2	0.9	0.2
PLI8	**214-229**	6.1	1.1	2.6

2-1-5-Site N° 05:Said-Otba PLO

La coupe PLO (Auteur : Youcef, 2006).

Etude morphologique du solum

Description d'environnement **Localisation :** en face de la station de pompage des eaux usées du Chott **Temps :** ensoleillé **Végétation :** absente	**Etat de surface :** sableux **Topographie** : plane **Date :** 21/03/2005

Description du Solum :

Photo : Coupe PLO

PLO 1 0-25 cm Couche à texture sableuse, avec beaucoup de taches blanchâtres et de cristaux de gypse, de couleur à l'état sec : brun grisâtre sombre (2,5Y4/2), pas d'effervescence à l'HCl. Transition distincte, limite régulière;

PLO 2 25-39 cm La texture est sableuse, avec une présence de beaucoup de taches blanches non effervescentes et de quelques manchons de gypse. La couleur (état sec) : noire (10YR2/1). Pas d'effervescence à l'HCl. Limite régulière, transition nette;

PLO 3 39-55 cm Horizon frais à texture limono-argileuse. Présence de taches noires. Couleur (état sec) : grise brunâtre claire (2,5Y6/2), pas d'effervescence à l'HCl, limite régulière, transition nette ;

PLO 4 55-85 cm Texture sablo-limoneuse. Existence de pores de diamètre de 0,1 à 0,4 cm. De couleur (état sec) : brune très pâle (10YR8/2), forte effervescence à l'HCl, limite régulière, transition distincte;

PLO 5 85-113 cm Texture sablo-limoneuse, on remarque la présence de racines et de pores (diamètre de 0,1 à 0,2 cm.). Présente une forte effervescence à l'HCl. La couleur (état sec) est: brun très pâle (10YR8/2), limite régulière, transition nette;

PLO 6 113-118 cm Texture limono-argileuse, friable et poreuse (diamètre de 0,1 à 0,2 cm.), présence d'une forte effervescence à l'HCl, bien stratifiée composée de plusieurs strates de 1 à 2 mm. de couleur (état sec) variant du brun très pâle (10YR8/2) au brun grisâtre (2,5Y5/2), limite régulière, transition nette;

PLO 7 118-126 cm Texture limono-argileuse, friable, forte effervescence à l'HCl, plus ou moins poreuse, bien stratifiée avec des couleurs allant du jaune pâle (2,5Y8/2) au jaune (2,5Y7/6), limite régulière, transition nette;

PLO 8 126-138 cm Sablo-limoneuse, de couleur à l'état sec jaune (10YR7/8), friable, pas d'effervescence avec le test à l'HCl, couche stratifiée, existence de taches de couleur: jaune rougeâtre (7,5YR7/8), limite irrégulière, transition graduelle;

PLO 9 >138 cm Limono-sableuse, friable, pas d'effervescence à l'HCl, couleur à l'état sec jaune pâle (2,5Y8/4) existence d'une mosaïque d'amas calcaires de 2 à 20 cm plus au moins indurés de couleur jaune pâle (2,5Y8/2), à forte effervescence. On remarque l'existence de taches (de même couleur que celle existant à PLO 8) non effervescente.

Données analytiques

Tableau 06: Caractérisation granulométrie et physico–chimique de la coupe PLO

Horiz.	Prof (cm)	Granulo métrie					Calc T (%)	Gypse %	M.O %
		A%	Lf%	Lg	Sf%	SG%			
PLO1	0-25	4.05	12.27	12.5	28.1	26.25	0.78	25.51	1.28
PLO2	25-39	6.25	10	12.5	37.8	30.77	0.78	36.30	2.65
PLO3	39-55	12	15	10.27	55	1.22	1.18	45.60	0.77
PLO4	55-85	7.5	22.5	10	34.05	10.3	80.78	22.51	1.9
PLO5	85113	7.5	27.5	12.5	29.65	21.16	67.84	17.73	1.18
PLO6	113-118	6.58	35	15	28.15	10.06	45.09	13.68	1.37
PLO7	118-126	7.5	32	13	25.76	19.03	52.16	15.73	1.03
PLO8	126-138	3.27	0.8	1.38	72.31	17.43	1.18	14.41	0.36

PLO9	≥138	5.23	6.35	0.5	63.68	15.20	2.35	17.38	0.79

2-1-6-Site N° 06:Aouinet Moussa (PLA)

Description de La coupe PLA (Ain Moussa) (Auteur : Achour, 2010).

Etude morphologique du solum

Description d'environnement **Localisation :**à côté d'une ancienne palmeraie d'Ain Moussa **Topographie :** plane **Date :**08/06/2009	**Temps :**ensoleillé **Végétation :**quelques touffes de Zygophyllum album **Etat de surface :** croûte gypseuse

Description du Solum

(0-5.5cm) : Horizon sableux à structure particulaire, pas d'effervescence à l'HCL, de couleur 10 YR 7.4 (orange jaunâtre terne), existence d'abondants cristaux de gypse, limite nette ;

(5.5-23.5cm) : Horizon à texture sablo-limoneuse, à structure particulaire, pas d'effervescence avec le test à l'HCL, de couleur (2.5 YR 6/2) (noire brunâtre), présence de pores abondants, de diamètre variant entre0.3 et 1cm, existence de tâches roux. On remarque que cet horizon contient d'abondants cristaux brillants

blanchâtres de gypse. On remarque aussi vers la limite inférieure de la couche que la couleur noire devient plus claire. Limite diffuse ;

(23.5-43.5cm) : Horizon à texture sablo-limoneuse, à structure particulaire de couleur (10 YR 7/3) (orange jaunâtre terne). Existence de tâches noires abondantes. Pas d'effervescence à l'HCL, existences de tâche blanches peu abondantes Limite diffuse ;

(43.5-69.5cm) : Horizon à texture sableuse, à structure particulaire, de couleur (10 YR 6/4) (orange jaunâtre terne) Existence de pores abondants de diamètre de 0.1 à 2cm. Existence de tâches noires moins abondantes que l'horizon 02. Présence de tâches rougeâtres abondantes. On remarque des manchons de gypse abondants. Pas d'effervescence à l'HCL Limite nette ;

(69.5-85.5cm) : Horizon à texture sablo-limoneuse, à structure particulaire, de couleur (10 YR 6/6) (brun jaunâtre claire), existence de pores peu abondants (0.5cm) , existence de tâches noires moins abondantes que l' horizon précédent Effervescence localisée (tâche blanches) en bas de la couche. Limite nette ;

(85.5-93.5cm) : Horizon à texture sableuse, à structure particulaire, de couleur (10 YR 6/6) (brun jaunâtre clair) Existence de tâches ondulées de couleur verdâtre, il y a quelques pores de diamètre de 0.5 à 02 cm,

existence de tâche blanches non effervescentes, pas d'effervescentes à l'HCL, limites diffuse ;

(93.5-97cm) : Horizon à texture sableuse, à structure particulaire, de couleur (10 YR 6/6) brun jaunâtre clair), existence de tâches blanches et noires, existence de petits amas dur de diamètre de 2cm non effervescentes à l'HCL, pas d'effervescentes sauf en bas de l'horizon, limite diffuse ;

(97-117cm) : Horizon dur à texture sableuse et à structure massive, pas d'effervescence à l'HCL (sauf très localisée), de couleur 10 YR 8/3 (orange jaunâtre claire) , existence de tâches roux et de tâche noires très peu abondantes, limite diffuse ;

(117-134cm) : Horizon à dure, à texture sablo-limoneuse, de couleur (2.5 YR 8/1) (gris claire), à structure massive, existence de fragment de silex de 2 à 6 cm, pas d'effervescence à l'HCL, existence de tâches rouges et noires peu abondantes, limite nette ;

(>134cm) : Horizon à texture limono-argileuse, à structure particulaire, de couleur (10 YR 8/3) (orange jaunâtre claire), existence de tâches blanches non effervescentes à l'HCL, de 4 à 8 cm de diamètre, existence de petits fragments de 0.5 cm de diamètre, présence de tâches rougeâtres, existence d'une seule tâche noire de 10 cm de diamètre.

Données analytiques

Tableau 07: Caractérisation granulométrie et physico–chimique dela coupe PLA

Horiz.	Prof (cm)	Granulométrie				Calc T (%)	Gypse %	M.O %
		FRa<50um(%)	Sf%	Sg%	Texture			
PLA1	**0 – 5.5**	22.92	53.07	24.01	sableuse	6.40	20.59	1.42
PLA2	**5.5– 23.5**	6.36	50.18	43.46	Sablo-limoneuse	0.18	2.02	0.11
PLA3	**23.5-43.5**	4.37	55.96	39.67	Sablo-limoneuse	0.09	1.45	1.05
PLA4	**43.5-69.5**	4.28	58.91	36.81	sableuse	0.09	1.65	0.68
PLA5	**69.5-85.5**	7.5	67.45	24.85	sablo-limoneuse	0.22	1.69	0.79
PLA6	**85.5-93.5**	3.18	57.55	39.27	sableuse	0.18	1.45	0.90

2-1-7-Site N° 07: N'Goussa

Dans ce site, trois coupes ont été étudiées par Bouhadja et Lamini (2011), à savoir PLSA, PLSB et PLSC. Nous allons présenter comme exemple une seule coupe PLSA.

Caractérisation morphologique et analytique de la coupe PLSA

Description morphologique

Localisation : c'est une coupe sous les dunes dévoilée en partie au cours des travaux d'aménagement des réseaux de drainage des eaux usées. **Temps :** ensoleillé **Date :** 16/04/2011	**Végétation** : absente **Etat de surface :** sableux **Topographie :** plane

Photo : La coupe PLSA à N'Goussa (Ouargla).

(0-150) : Croûte gypseuse dure de couleur (état sec) : pink (7,5YR 8/3), faible effervescence à l'HCl ;

(150-164) : Horizon a texture sableuse, à structure particulaire, friable, humide, de couleur (état sec) : brun très pâle (10YR 8/2), il présente une très forte effervescence à l'HCl. On remarque l'existence : de nodules calcaires peu abondantes (diamètre de 2 à 7cm) avec une très forte effervescence à l'HCl, des cristaux de gypse transparents en fer de lance bien cristallisés et très abondants (taille de 0,7 à 2cm) et des pores de diamètre de 0,1 à 0,4 cm;

(164-165,5) : Texture argilo-limoneuse, humide, friable, de couleur (état sec) : brune gris (10YR 5/2), présence d'une forte effervescence à l'HCl, limite nette ;

(165,5-186,5 cm) : Texture sablo-limoneuse, structure particulaire, humide, friable, de couleur (état sec) : pink (5YR 7/4), présente une forte effervescence à l'HCl, existence de tâches de couleur : brun rougeâtre clair (5YR 6/4) de diamètre de 0,1 à 0,5cm, des tâches de couleur jaune rougeâtre (7,5 YR 6/6) de diamètre de 0,1 à1 cm et une accumulation sableuse de forme subarrondie et un diamètre de 12 cm ;

(186,5-216,5 cm) : Texture sablo-limoneuse, structure particulaire, humide, très friable, de couleur (l'état sec) : pink (7,5YR 7/4), forte effervescence à l'HCl, présence des tâches noirâtres de diamètre de 0,1

à 1,5 cm et des nodules calcaires de taille de 1,5 à 4 cm, limite irrégulière ;

(216,5-224,5 cm) : Texture sableuse, structure particulaire, humide, très friable, de couleur (état sec) : brun rougeâtre clair (5YR 6/4), faible effervescence à l'HCl, présence des tâches noirâtres de diamètre de 0,1 à 0,5 cm et des tâches verdâtres de diamètre de 0,1 à 0,4 cm, limite irrégulière ;

(>224,5 cm) : Texture sableuse, structure particulaire, humide, friable, de couleur (état sec) : jaune rougeâtre (5YR6/6), pas d'effervescence avec le teste à l'HCl, présence des nodules calcaires abondantes de nature gréseuse très effervescentes à l'HCl (taille de 1,5 à 9 cm) et des tâches noirâtres de diamètre de 0,1 à 0,3 cm.

Données analytiques

Tableau 08:Données analytiques de la coupe PLSA.

Ech.	Prof. (cm)	Granulométrie %					Calcaire total %	Gypse %	MO %
		A	LF	LG	SF	SG			
PLSA$_1$	0-150	_	_	_	_	_	2,73	77,98	1,005
PLSA$_2$	150-164	0,8	26,6	22,6	25,8	1,11	70,52	1,62	1,53
PLSA$_3$	164-165,5	3,1	6,80	5,53	73,6	1,77	9,42	1,62	2,22
PLSA$_4$	165,5-186,5	5,94			56,3	37,7	7,41	2,95	0,63
PLSA$_5$	186,5-216,5	5,89			57,4	36,6	5,21	0,89	0,50
PLSA$_6$	216,5-224,5	7,43			52,2	40,3	2,82	0,74	0,71
PLSA$_7$	>224,5	9,19			58,8	31,9	0,97	0,29	0,74

2-1-8-Site N° 08: Coupe Hyd
Caractérisation morphologique et analytique de la coupe HYD

Description morphologique

Localisation X:5°18.38′5′′;Y:31°56.26′2″;Alt: 134m
Temps : ensoleillé
Date :17/03/2014
Végétation : pasde végétation
Etat de surface : sableux
Topographie : plane
Géomorphologie: Reg.
Descripteurs: HamdiAissa.B,Khemis .RetBoutebba.W

H0:(0-20cm)Couche anthropique; fragments de déchet (gravier) ; de couleur à l'état sec dull yelloworange(10YR7 /4)
H1:(20_80cm) Texture sableux ; structure graveléefriable ; forte effervescence à L'HCl à l'extérieur ;présence de nodules calcaires de diamètre 0 ,5 à3 cm ; de couleur à L'état sec dull orange(7,5YR 7 /4), lalimite graduelle.
H2:(80-110cm) Texture sableux sec ; structure continue; forte effervescence à L'HCl ; présence des tachesblanchâtres de diamètre (0,5à2cm) correspondant à50% ; galerie; de couleur dull yelloworange(10YR 7/2)entrelestache;etlightgray(7,5YR8/2) (lestache),lalimitenette.
H3:(110-120cm) Couchenoire(tourbe) ;pasd'effervescenceàL'HCl ;decouleurbrownishblack(10YR3/1) ; présence de taches rouge_ orange (10 R 5 /8) 2%; présence galerie idem queH2,lalimite nette.
H4:(120-130) Texture sableux, structure continue pas d'effervescence avec le test à l'HCl ; couche rougeorange avec quelque galerie idem que le horizon H2, H3de diamètre (3à5cm) représente à2%; decouleuràl'état secbrightyellowish brown (10YR 6/6), la limitenette.
H5:(130-160) Texture sableux,structure continue ; pas d'effervescence àl'HCl;présence des tachesbrunes(5 %);decouleuràl'état seclightyellow (2,5Y7/3); limitenette.
H6:(160-180) Texture sableux frais, structure contenue ; pas d'effervescence à l'HCl; présence de tachesbrune représente 5%idemque le horizon H5, avec quelque racine ; plaques rouge-orangerégressant 10% de la surfaceavec de limite diffuse ;de couleur à l'état sec pale yellow(2,5 Y8/4);limite ondulée;

Photos : Coupe HYD

Données analytiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés au niveau du tableau 09.

Tableau09 :Données analytiques de la coupe HYD

Echa.	Prof. (cm)	Granulométrie(%)						Calcairetotal%	Gypse %	M.O %	pH	CE ds/m à25° c
		L.+A.	Sablefin		Sablegrossier							
			50-100 µm	100-200 µm	200-500µm	500-1000 µm	1000-2000 µm					

H0	0-20	40.41	21.54	15.82	11.11	6.31	4.82	1.62	39.26	1.48	7.26	19.14
H1	20-80	47.64	28.36	10.47	5.55	4.79	3.19	17.03	0.30	0.21	7.97	5.54
H2	80-110	48.08	27.51	12.77	4.92	2.52	4.20	25.14	0.30	0.58	7.9	2.53
H3	110-120	21.75	26.47	34.14	17.29	0.35	0.00	0.04	0.89	3.28	8.15	1.41
H4	120-130	8.73	20.63	42.73	27.39	0.52	0.00	0.41	0.30	1.75	7.84	0.53
H5	130-160	9.04	20.65	43.55	26.19	0.58	0.00	0.16	0.44	0.42	7.66	0.55
H6	160-180	10.22	24.88	47.53	16.76	0.47	0.14	0.00	0.44	0.21	7.78	0.68

Résumé

Le Sahara est caractérisé par son climat hyperaride.Cependant beaucoup d'indicateurs montrent le passage de cette région par des conditions plus humides durant le Quaternaire.Ce travail consiste à valoriser les résultats des études sur les paléolacs de la basse vallée de l'oued Mya au Quaternaire, à travers un inventaire des sites de paléolacs.

Les résultats ont montrés que les sites inventoriés se situent à N'Goussa, Sebkhet Mellala, Garet Echemia, Aouinet Moussa, El Bour, Saïd Otba et Sedrata. Ces paléolacs étaient actifs probablement entre 4000 et 10600 ans BP.

Ce travail nous montre l'importance de ces sédiments dans l'étude de l'évolution du paléoenvironnement et que les prospections peuvent révéler d'autres paléolacs nous permettant une avancée importante dans la reconstitution des changements paléoenvironnementaux.

Mots clés: Quaternaire;paléolacs; paléoenvirenement; paléo-hydrologie; Oued Mya ; Sahara

Abstract

The Saharais characterized by its very arid climate.However, many indicators indicate that this region experienced wetter conditions during the Quaternary. This work reinforces the results of studies carried out on paleolakesof the lower valley of Wadi Mya during the Quaternary, through an inventory of paleolake sites.

The results showed that the studied sites are located in N'Goussa, Sebkhet Mellala, Garet Echemia, Aouinet Moussa, El Bour, Saïd Otba and Sedrata. These paleolakes were probably active between 4000 and 10600 BC.

This work shows the importance of these sediments in the study of paleoenvironmental evolution and that prospections can reveal other paleolakes that allow us to make significant progress in the reconstruction of paleoenvironmental changes.

Keywords: Quaternary;pleolake; Paleoenvironment; paleo-hydrology;Wadi Mya; Sahara

ملخص:

تتميز الصحراء بمناخها شديد الجفاف، إلا أن العديد من المؤشرات تدل على مرور هذه المنطقة بظروف رطبة خلال العصر الرباعي. ويتمثل هذا العمل في تثمين نتائج الدراسات التي أجريت على البحيرات القديمة في المجرى السفلي لواديميا، من خلال جرد المواقع القديمة.

وأظهرت النتائج أن المواقع التي تم جردها تقع في أنقوسة، وسبخة ملالة، وقارة الشمية، وعوينة موسى، والبور، وسعيد عتبة وسدراته. ربما كانت هذه البحيرات نشطة بين 4000 و10600 سنة قبل الميلاد.

يوضح لنا هذا العمل أهمية هذه الرواسب في دراسة تطور البيئة القديمة وأن العمل الميداني يمكن أن يكشف عن مواقع أخرى تسمح لنا بإحداث تقدم مهم في إعادة بناء التغيرات البيئية القديمة.

الكلمات الدالة :العصر الرباعي،بحيرة قديمة، البيئة القديمة، الهيدرولوجيا القديمة، واد ميا، الصحراء