

N° d'ordre

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 2

Faculté des Sciences de la Terre

Département des Sciences de la Terre et de l'univers

Mémoire



Présentée pour l'Obtention du grade de
Master II

Option : Paléo-environnement et Géodynamique des bassins sédimentaires.

Thème

**Les dépôts fluviaux-lacustres holocènes de la région de Hassi El Aez (Grand Erg
Occidental) : diatomées et dynamique sédimentaire**

Par

Mennad Saci

Soutenu le 29 / 06 /2016, devant la commission d'examen :

M. MAHBOUBI.....	Professeur.....	Président
B. MANSOUR.....	Professeur.....	Rapporteur
K.F.T. ATIF.....	Maître de conférences.....	Examineur

Oran, 2016

Avant-propos

Nous remercions Dieu le tout puissant, de nous avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science et de la connaissance.

Nos grands remerciements adressés à notre encadreur Mr. MANSOUR.B., professeur à l'Université Ahmed ben Ahmed Oran2, pour m'avoir proposé ce sujet, sa compréhension, ses conseils précieux, et ses orientations efficaces et qui nous a bien guidés Le Long de notre travail.

Mes vifs remerciements vont au Mr. :M. MAHBOUBI.M, professeur à l'Université Ahmed ben Ahmed Oran2, Qui est à la deuxième prise de contact avec notre terrain d'étude. Aujourd'hui, il nous fait l'honneur de présider le jury. Je le remercie pour ses encouragements, ses conseils, ses aides et ses explications au laboratoire, Encore, pour sa contribution à notre formation durant nos cinq années.

Nous tenons aussi à exprimer nos sincères remerciements à Mr. ATIF K. F. T., Maître de conférences à l'Université d'Oran, qui m'a enseigné en troisième année universitaire. Je le remercie pour avoir accepté d'examiner ce travail

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire notamment, le chef de laboratoire au niveau de LTPO pour leur meilleur accueil *A tous merci.*

Fac

MANSOUR

A tous merci

Résumé

Les dépôts fluvio-lacustres d'âge holocène de la région de Hassi El Aez qui s'inscrit dans la partie centrale de Grand Erg Occidentale, située à environ 70 Km au Nord de l'Oasis de Tinerkouk (Gourara Septentrional), ont fait l'objet d'une étude lithologique, sédimentologique et paléontologique en terme de diatomées.

L'étude lithologique des dépôts de la dépression interdunaire de la région de Hassi El Aez, située à environ 70 Km au Nord de l'Oasis de Tinerkouk (Gourara Septentrional) dans le Grand Erg Occidentale a permis de distinguer deux principales unités : une unité à sédimentation fluviale (coupe HAA), constituée d'une alternance d'argiles et sables en structures lenticulaires ; surmonté d'une unité sédimentaire à caractère lacustre à faciès variable (calcaires diatomitiques argileux et des calcaires diatomitiques, surmontés par un niveau de calcaires sableux légèrement diatomitiques (coupe HAC).

Cette étude nous a permis de ressortir de nombreux résultats sur le plan paléontologique, sédimentologique et paléoenvironnementale. L'analyse diatomique de l'unité lacustre (coupe de Hassi El Aez HAC) a révélé une riche diversité spécifique (58 espèces réunies en 21 genres). Leur variations verticales tout au long de la coupe montre une sédimentation dans une tranche d'eau peu profonde calme, alcaline, et oligosaline, soumise à de brefs périodes plus profondes et à des épisodes d'assèchement au sommet de la sédimentation. Dans le cadre sédimentologique, l'analyse granulométrique et la calcimétrie des sédiments des deux unités, fluviale (Coupe Hassi El Aez HAA) et lacustre (Coupe Hassi El Aez HAC) montrent trois dynamiques sédimentaires dominantes: décantation de matériel éolien, silice biogénique, et précipitations physico-chimiques. les résultats obtenus permet de préciser l'analyse paléocéologique (flores de diatomées) et confirme la faible tranche d'eau du lac dans un contexte physico-chimique.

Mots Clés

Hassi El Aez, fluviaux-lacustres, holocène, Grand Erg Occidental, diatomées, sédimentologie, paléoenvironnement.

Abstract

The Holocene fluvial-lacustrine depression deposit, which is located in the central part of great western erg, approximately 70 km north of Tinerkouk oasis, This area is the subject of present study, with a lithological, paleontological (mainly diatomic microflora) and sedimentological for paleoenvironmental reconstitution purposes.

The lithological studies highlight three deposit sections; the fluvial section (interbed of claystone and sandstone) and lacustrine section (sandy clay; diatomitic argillaceous limestone, diatoms limestone, sandy limestone). The Quantitative and qualitative analysis of diatomic microflora studied cutting (HAC) revealed 57 diatoms species collected in 20 genera. from this analysis, several environmental groups of diatoms have been defined (the périphytiques s.l diatoms, plankton, freshwater diatoms, oligosaline water diatoms, mésosaline water diatoms to polysaline and oligosaline to freshwater diatoms, oligosaline meso-polysaline water diatoms; diatoms related to an alkalophilic pH and diatoms related to acidic pH). Demonstrates calm and a shallow water phase, alkaline and oligosaline, with short sporadic drying episodes during sedimentation.

The granulometric analysis and calcimetry sediments measurement shows silty sand constituents this size demonstrates a change of fluvial dynamics. Two modes are identified in the fine sands and coarse sands. These indices show a change of fluvial context from small Chanel to flood deposits. The Sedimentological analysis (particle size; calcimetry; binocular) of lacustrine deposit quantitatively and qualitatively (nature, size, shape, appearance, etc.) guide to categorize three distinct dominant sedimentary dynamics which are the settling wind material, silica biogenic sources, and physicochemical sedimentation.

Keys Words : Hassi El Aez diatomic microflora, sedimentological analysis, fluvial lacustrine , holocène Paléoenvironnement ; Holocene, great western erg.

Table des matières

Avant-propos

Résumé

Abstract

Chapitre I : Généralités

I. Introduction	1
II. Situation géographique	1
II.1. Situation géographique général	1
II.2. Situation géographique local	3
III. Géomorphologie et hydrologie	3
III.1. Contexte géomorphologie régional	3
III.2. L'origine des eaux dans une phase lacustre de grand Erg occidentale	4
III.3. La variété de la dépression lacustre de Grand	4
IV. les caractéristiques générales de l'erg	5
IV.1. Les caractéristiques paléo-lacustres de l'erg	5
IV.2. Caractéristiques sédimentologique	6
V. l'unité stratigraphique de l'holocène	7
V.1. Définition de l'Holocène	7
V.2. L'Holocène du Grand Erg Occidentale	7
V.3. Subdivision d'holocène de G.E.O	7
V.3.1. L'Holocène inférieure	8
V.3.2. L'Holocène moyen	8
V.3.3. L'Holocène supérieure	8
V.4. Cadre chronologique de paléo-lac holocène de l'Erg	9

Chapitre II : Matière et Méthodologie

I. Introduction	10
II. Localisation des coupes	10
III. Etude lithologique	11

III.1. Description de la coupe A (HAA)	12
III.2. Description de la coupe B (HAB)	13
III 3. Description de la coupe C (HAC)	14
IV. Techniques et méthodologie	15
IV-1. Le travail sur terrain	15
IV- 2. Au laboratoire	15
IV- 2.1. L'analyse de diatomée	16
IV-2.2. Calcimétrie	16
IV-2.3. Granulométrie	18

Chapitre IV : Analyse de diatomée

I. Généralité	20
I.1. Les diatomées lacustres	20
I.2. Intérêt des diatomées	21
II. Inventaire micro floristique (diatomées) de la coupe de Hassi El Aze	21
III. Résultats d'analyse diatomique	21
IV. Caractéristique abiotique des diatomées	21
IV.1. Mode de vie des diatomées	21
IV.2. La salinité (conductivité)	23
IV.3. Le PH	24
IV.4. La température	25
V. Approche Paléo-environnementale	26
V.1. Variation de l'extension	26
V.2. Variation de teneurs en salinité	28
V.3. Variation de PH	29
V.4. Variation de la température	30
VI. Conclusion	31

Chapitre IV : Dynamique Sédimentaire

I. Introduction	32
II. Analyse Sédimentologique	32
II.1. Granulométrie	32
II.2. La Calcimétrie	32
III. La coupe fluviale de Hassi El Aez (HAA)	32
III-1. Résultats	32
III.2. Description sédimentologique	33
IV. La coupe lacustre (diatomitique) de Hassi El Aez (HAC)	34
IV-1. Résultats	34
IV-2. Interprétation des résultats	35
IV-2-1. Les éléments constitutifs	35
IV-2-2. Faciès sédimentaires	36
V. Dynamique lacustre de la coupe de Hassi El Aez (HAC)	38
VI. Évolution paléoenvironnementale	38
VII. CONCLUSION	40

Chapitre V : Conclusion Générale

Référence bibliographique	43
Les planches	
Les annexes	

Listes des figures

Fig. 1 : croquis de localisation du grand erg occidental (Callot, 1991)	02
Fig. 2 : cadre géographique générale du grand erg occidental (Callot, 1987 « modifiée »)	02
Fig. 3 : photos satellitaires A : GEO et secteur d'étude B : localisation de la dépression de Hassi El Aez	03
Fig. 4 : la morphologie des formations dunaires de GEO	04
Fig. 5 : photo représente le chaudron de déflation de la dépression étudiée se situe à environ 3.5 km au nord de la puit du Hassi El Aez	04
Fig. 6 : Datations 14C des dépôts lacustres holocènes sur un transect NNW-SSE à l'est du Grand Erg occidental	09
Fig.7 : localisation des coupes	10
Fig.08 : photo panoramique des trois coupes étudiées	11
Fig. 9 : La coupe HAA, A : photo panoramique de la coupe de Hassi el Aez, B : La coupe de Hassi el Aez	12
Fig. 10 : la coupe de Hassi el Aez	12
Fig. 11 : La coupe HAB (A : vue panoramique de la coupe B étudiée, (B : Coupe schématique	13
Fig. 12 : colon litho stratigraphique de la coupe B	13
Fig. 13 : : La coupe HAC(A : Vue panoramique de la dépression étudiée : l'affleurement de butte lacustre	15
Fig.14 : colon litho stratigraphique de la coupe C	15
Fig. 15 : Traitement physico-chimique des échantillons, B : Mantage des lames (d'après Gardet, 1979, Gersond, 1980 et Mansour, 1991 avec quelques modifications)	17
Fig. 16 : Calcimètre de Bernard	18
Fig.17 : Evolution verticale des fréquences relatives des diatomées selon leur variation de la température de la coupe de Hassi El Aez	30
Fig.18 : Évolution verticale des fréquences relatives des diatomées selon leur mode de vie	26
Fig.19 : Évolution verticale des fréquences relatives des diatomées sur la base de La salinité	28
Fig. 20 : Evolution verticale des fréquences relatives des diatomées sur la base de la PH	29
Fig. 21 : coup HAA lithologique avec la calcimétrie et granulométrie	32
Fig. 22 : la coupe HAA, A : rides grimpantes	33
Fig. 23 : la coupe HAC, A : la teneur de carbonate	34
Fig. 24 : l'élément constatifs, l'agrégat, le grain de quartz	35
Fig.25 : Photo (facies carbonaté)	36
Fig.26 : Dynamique sédimentaire dominant de la coupe (HAC)	37
Fig.27 : évolution paléo environnementale)	37
Fig.28 : évolution paléo environnementale avec la mise en place de system lacustre	38

I- Introduction

Le Grand Erg occidental, située au nord-ouest du Sahara algérien, est considéré en tant qu'une des régions les plus importantes du Sahara septentrional pour l'étude des phases lacustres attribuées au maximum humide de l'Holocène (Callot, 1984, 1987, 1988, 1991, 1992, 1993, 2008). Un grand nombre des sites de dépôts lacustres holocènes de cette région montre des contextes géomorphologiques et paléohydrologiques diversifiés, et son sujet à des problèmes d'interprétation des réponses de ces milieux aux variations climatiques survenues au cours de l'Holocène. L'environnement actuel est franchement aride.

Ce présent un dépôt lacustres de cette région d'âge holocène par corrélation, et fluvio-lacustres de la région de Hassi El Aez (centre du Grand Erg Occidental).

Concerne une butte témoin de la région de Hassi El Aez située en bordure de la route reliant la wilaya d'El Bayadh à la wilaya d'Adrar passent par Zaouet Dabagh.

Cette étude partira sur l'aspect lithologique, sédimentologique et paléontologique (diatomées) pour un essai de reconstitution paléoenvironnementale

II. Situation géographique

II.1. Situation géographique général

Le Grand Erg Occidental se trouve dans le Nord-Ouest du Sahara algérien, à 600 km au sud de la Méditerranée (Fig. 1) Il fait partie des grands ensembles dunaires sahariens orienté de l'WSW à l'ENE, d'une longueur de 500 km et de 150 à 200 km de largeur, Il couvre une superficie de près de 100 000 km² (Callot 1991).

Le GEO s'inscrit dans une zone qui s'étend entre 29° et 32°N de latitude nord et 2.20°W et 3°E de longitude. L'Erg vrai se développe au-delà de la zone d'épandage vers le sud. Jusqu'à la longue dépression du Méguiden, et gagne au SW la riche vallée du Saoura. Au N, sa limite très oblique sur le méridien passe sensiblement par une ligne ondulée à quelques kilomètres au Hassi-Bou-Zid (Oued Seggueur) et se dirige vers Oum-es-Sif (au sud d'Oued Gharbi). Cette ligne prolongée à l'ouest (région du bas Oued Namous) (Flamand. 1899). Il est limité par ksar Igli à l'ouest de la partie la plus septentrionale et El Golea à l'est de la partie méridionale.

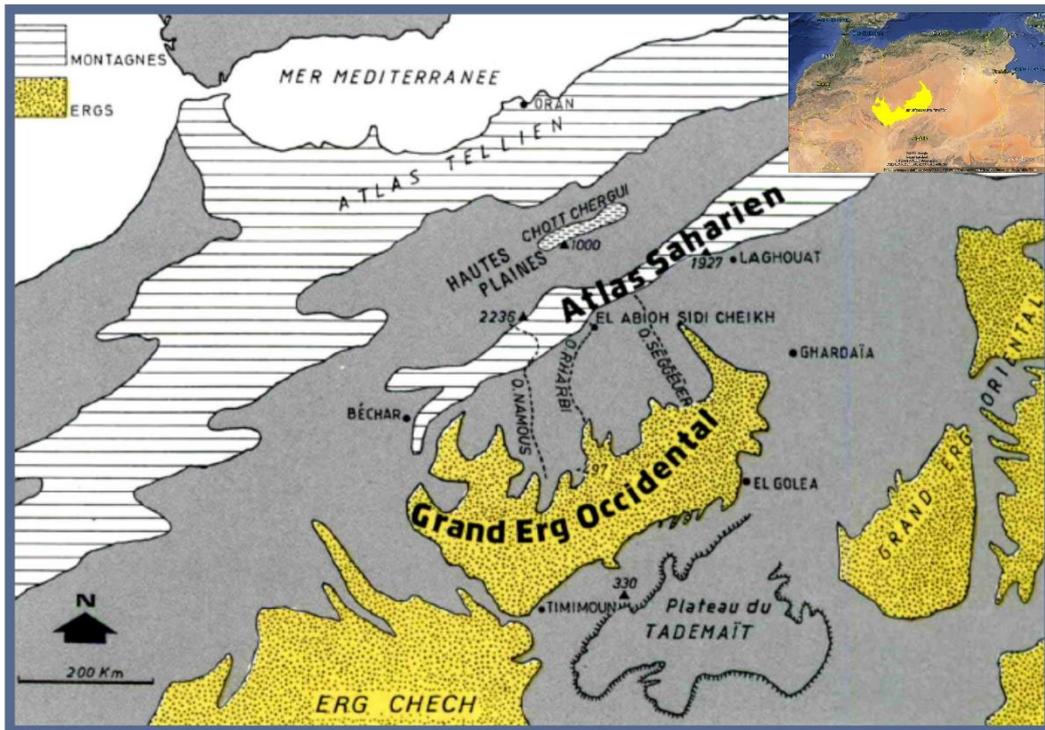


Fig.01: Croquis de localisation du grand erg occidentale (Callot,1991)

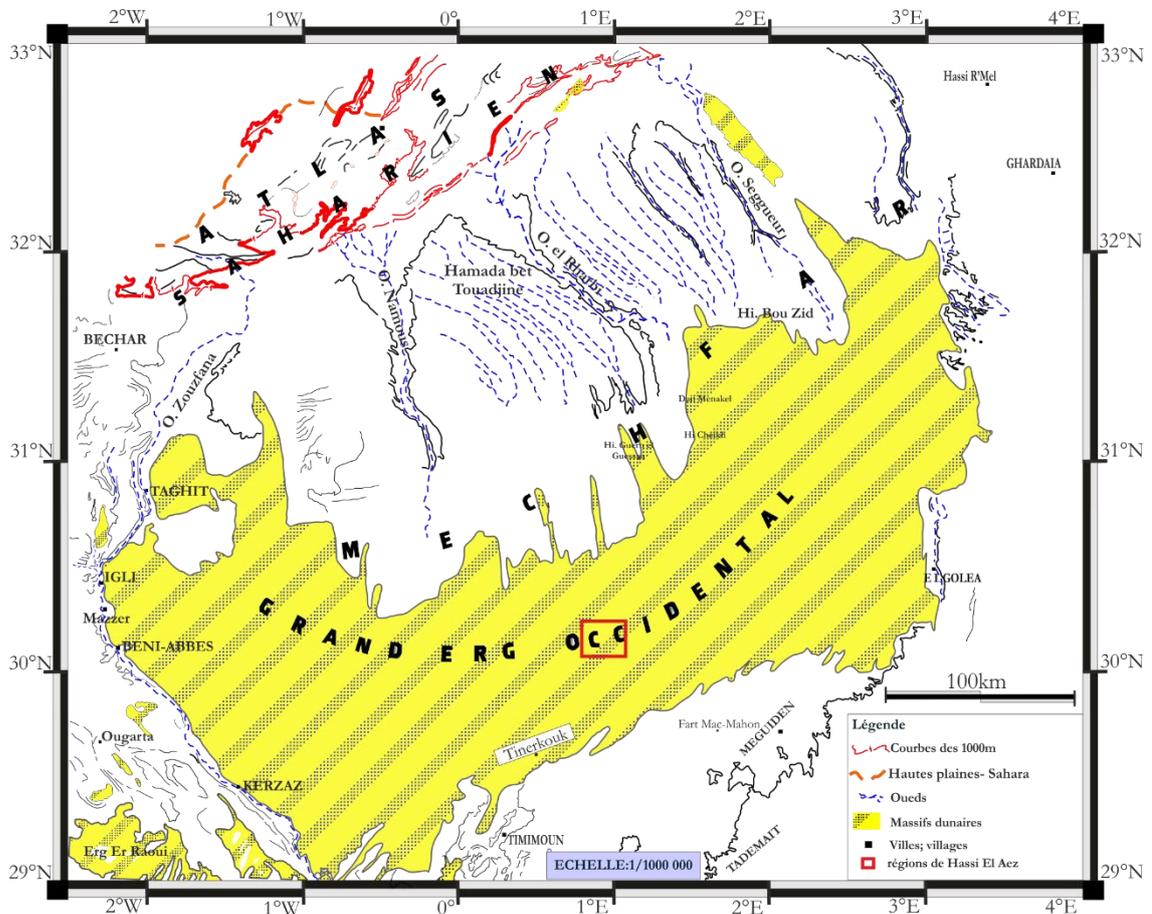


Fig.02: Cadre géographique générale de la grand erg occidentale (Callot,1987 « modifié »)

II.2. Situation géographique local

Le secteur d'étude s'inscrit dans la partie centrale d'Orand Erg Occidentale. (fig.02) Il se situe à environ 70 Km au Nord de l'oasis de **Tinerkouk** (Gourara Septentrional), et à environ 3 Km au Nord de Hassi El-Aez, (fig.03.) dont les coordonnées géographiques sont 30° de l'altitude et 0° E de l'longitude.

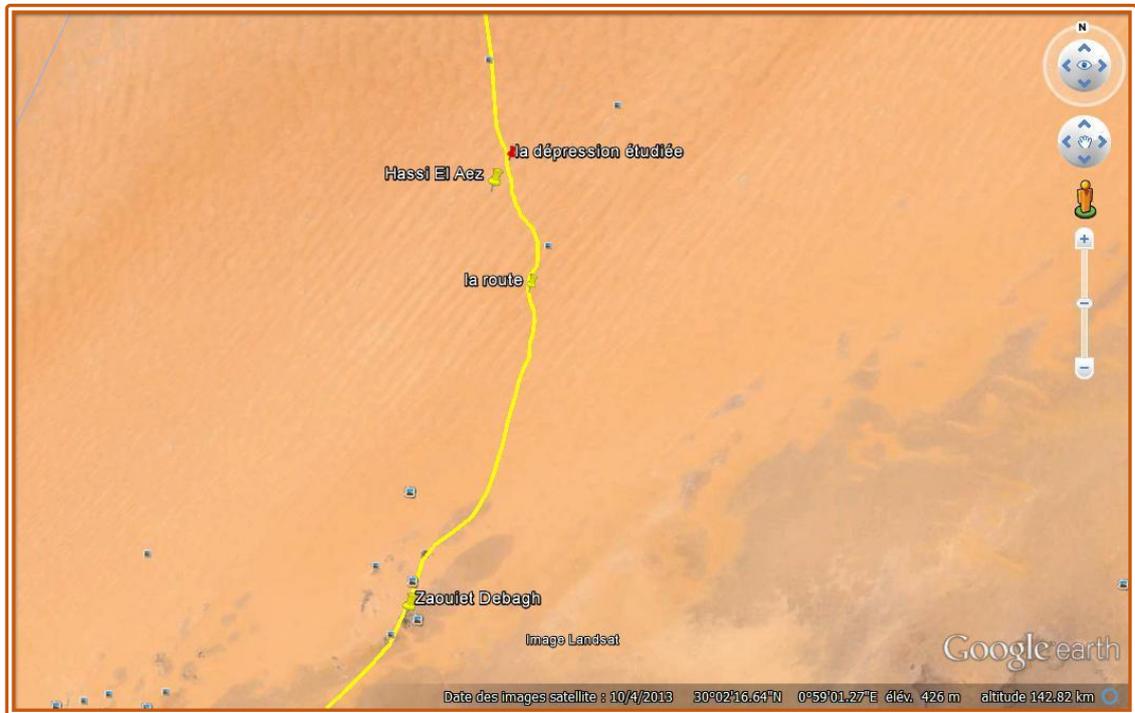


Fig.03.photo satellitaire de localisation de secteur d'étude (Hassi El Aez).

III. Géomorphologie et hydrologie

III.1. Contexte géomorphologique régionale

La géomorphologie de l'Erg occidentale est définie par quatre formes principales : le dôme qu'est la masse principale d'erg, *aklès* et *feidjs* (il s'agit couloirs interdunaire) et chaudron peut être regroupé selon la forme en deux ensembles, l'ensemble des dômes recouvert *d'aklès* (sif, barkhane, nebka), et l'ensemble *feidjs* traversé par des chaudrons de petit taille et fort dysmétrie au centre de l'erg (callot, 2008). (Fig. 04, 05)

Le GEO montre deux particularités majeures (Callot, 1988, 1991, 2008). La première particularité, il s'agit d'un erg ancien, jusque dans la disposition de ses édifices : ses parties centrale et orientale sont incluses dans un système éolien plio-pléistocène commandant depuis cette époque la répartition des aires d'accumulation et d'ablation.

La deuxième particularité, l'erg est continu sur la majorité de sa surface. Les dunes vives y sont jointives dans ses parties méridionales et occidentales tandis que dans la partie orientale, l'Erg est continu, mais les dunes vives ne le sont pas. Ces dernière reposent sur un substrat sableux continu, plus ancien et plus grossier, dont du point de vue granilometrie, les médianes supérieures sont à 500 μm et pouvant atteindre 800 μm de granilometrie. (Callot et Fontugne, 2008).

Morphoscopiquement les zones où les sables anciens ne sont pas recouverts par les dunes vives forment des couloirs (feidjs) qui ont une orientation principale NNW-SSE.

Au centre de l'Erg, les *feidjs* se limitent à des alignements des chaudrons lorsque seules de petites dépressions libres de dunes vives parviennent à se maintenir. Ces surfaces sans dunes vives correspondent à des aires d'ablation éolienne préférentielle, déjà signalées en bordure Nord-Nord-Ouest de l'Erg par Clos-Arceuduc (1969). Ces deux caractères ont favorisé l'apparition de paléolacs. Les aires d'ablation éolienne étant stables, favorisent la formation des dépressions libres de dunes s'y sont formées (Callot et Fontugne, 1992). L'ancienneté de la structure leur a permis d'atteindre une profondeur suffisante pour que, lors de périodes plus humides, des plans d'eau aient pu apparaître du fait de l'intersection entre le fond des dépressions et la surface piézométrique des aquifères.

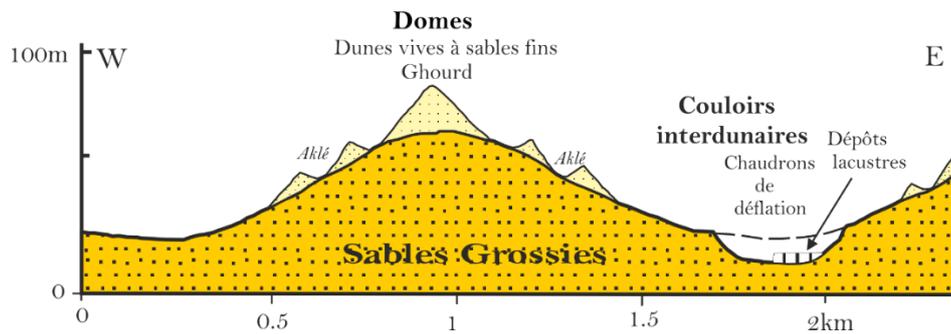


Fig.04. la morphologie des formations dunaires de GEO



Fig.5. photo représente le chaudron de déflation de la dépression étudiée se situe à environ 3.5 km au nord de la puit du Hassi El Aez

III.2. L'origine des eaux dans une phase lacustre de Grand Erg Occidentale

L'alimentation et l'écoulement des nappes d'eau souterraines constituent une autre originalité de l'Erg. À l'Holocène, deux nappes s'y sont superposées :

a- Une nappe inférieure, dite la nappe de la Hamada, qu'est très étendue et légèrement salée, elle est située dans le substratum continental détritique de l'Erg, est affleurait dans des dépressions hydro-éoliennes creusées dans ce substratum pour former des daïas dont les temps sont de grandes buttes de sédiments lacustres (Callot, 1991). Ces daïas sont totalement fermées, est dénuées de toute trace d'écoulement superficiel.

L'origine de ces nappes est en grande partie allogène, ses eaux viennent de l'Atlas saharien, à 150 km plus au nord par l'infiltration des grands oueds issus de cette chaîne, Callot, 1984, 1987, 1988 ; Fontes *et al.*, 1985 ; Gasse *et al.*, 1987), d'autres proviennent des infiltrations locales pour une part non quantifiable, étant donné l'importance de la surface couverte par les plans d'eau. (Callot, 1991).

b- Une nappe supérieure, dite de l'Erg, qui contenait uniquement de l'eau douce moins dense, empêchant le mélange des eaux, dans une disposition rappelant celle des eaux douces des biseaux salés des régions côtières. Elle était connue au NE de l'Erg dans les aires où la couverture sableuse et dunaire est continue et épaisse (Callot et Fontugne, 1992).

Ces origines souterraines des eaux sont confirmées par l'absence totale de sédiments lacustres dans des daïas très vastes (Callot, 1991).

III.3. La variété de la dépression lacustre de GEO

Les conditions d'alimentations des paléo-lacs de Grand Erg Occidental sont combinées avec les différences topographiques des dépressions pour donner une variété de milieux (Callot, 1991) :

Certaines dépressions sont dépourvues de sédiments. C'est le cas des *Khrabeg par exemple*, qui sont des dépressions peu profondes et très contournées de la partie nord des Hamadas ; de la plupart des petites daïas des plateaux (callot, 1991) ; d'un grand nombre de vastes dépressions allongées, au-dessus du niveau de la remontée de la nappe hamadienne

Les dépressions à un seul type de sédiment sont assez nombreuses. Dans la plupart des cas, elles ne renferment que du gypse. Apparemment ces dépressions ne renferment que des eaux très salées, soumises à une forte évaporation. Dans des cas très rares, elles ne renferment que des carbonates.

Les dépressions complexes sont les plus intéressantes, car elles sont riches faciologiquement et sont donc susceptibles d'enregistrer les variations climatiques régionales tel que :

- les variations verticales, (changement de milieux)
- les variations horizontales à courte échelle (décamétrique) correspondent à des variations latérales de faciès, en fonction de la profondeur, de la proximité des rives et de la pente.

- les variations à grande échelle qui s'observent dans les vastes daïas, allongées dans le sens de la courbure, où la sédimentation varie entre les deux extrémités de la dépression. Ces variations permettent de reconstituer les sens de circulation des eaux.

IV. Les caractéristiques générales de GEO

IV.1. Les caractéristiques paléo-lacustres

Du nord au sud, il existe des différences dans la morphologie dunaire qui ont entraîné des différences dans l'installation des sites lacustres.

Au nord de l'Erg les paléolacs : existaient dans les parties les plus déprimées des feidjs où le substratum néogène affleure parfois sous forme de buttes-témoins. La géométrie des affleurements peut être complexe dans la mesure où ils épousent la topographie préexistante. Ci tous parmi ces sites Guern Ech-Cheikh et d'Arich El Metnane.

Au centre de l'Erg, la petite taille des chaudrons a réduit l'extension des paléolacs à celles de mares parfois profondes. Les chaudrons présentent une forte dissymétrie avec les versants Nord à Nord-Ouest atteignent la pente critique de l'angle de repos des sables tandis que les versants méridionaux sont en pente faible. Bien que creusés dans un matériau meuble de sables grossiers contrastant avec les sables fins des dunes vives actuelles, ces chaudrons sont anciens. certains contiennent des restes de dépôts gréseux peu indurés dont l'inclinaison originelle de 5° vers le NNW, parallèle au fond dissymétrique des chaudrons, montre qu'ils se sont déposés dans ces derniers et ne sont pas des affleurements de sédiments du substratum émergeant des sables de l'Erg.

Au sud : les dépôts lacustres holocènes sont nombreux dans l'Erg lui-même et sur sa bordure. Dans la région basse longeant le pied de la Chebka du Mzab, les eaux de l'Erg convergeaient avec celles issues des vallées entaillant la Chebka. Ces dernières n'étaient pas abondantes, le drainage de la Chebka s'effectuant surtout vers l'est. L'élargissement des feidjs a permis le développement de plans d'eau allant de plusieurs hectares à des dizaines d'hectares, assez semblables à ceux présentés dans le nord de l'Erg. Les rares affleurements peu étendus d'un paléo-lac unique sont dispersés sur plusieurs kilomètres de longueur dans le feidj.

IV.2. Caractéristiques sédimentologiques

L'ensemble des dépôts lacustres à l'intérieur de l'Erg montre presque uniquement un seul faciès sédimentaire qui est celui des « carbonates blancs biogéniques » (Adolphe *et al.*, 1987). Nous désignons ainsi des sédiments holocènes à forte teneur en carbonate de calcium qui ne peuvent être dénommés calcaires en raison de l'absence de compaction et de diagenèse due à leur âge récent et à la minceur des dépôts. Ils sont si peu denses et si peu indurés qu'on les prélève au couteau. Ainsi que Depuis l'assèchement des paléolacs, les sédiments qui y avaient été déposés ont subi une ablation éolienne originale : d'une part, cette érosion a été forte, puisque les plans d'eau se trouvaient dans les dépressions situées dans les aires d'action éolienne privilégiée ; d'autre part, elle s'est toujours déroulée par attaque latérale des affleurements. Les sédiments holocènes sont presque toujours peu résistants, mais ils se terminent par un niveau sommital plus induré de quelques centimètres à un décimètre. Il n'est pas possible de déterminer si cette résistance sommitale est syngénétique et/ou est due à une météorisation postérieure. L'ablation éolienne peu efficace sur ce niveau s'est exercée à partir

de la bordure des aires de dépôts ou à partir de discontinuités dans la couche sommitale. Elle a alors été très efficace, puisque depuis l'assèchement des lacs, plusieurs mètres de sédiments ont été érodés jusqu'au substratum sableux. Les faunes y sont uniquement d'eaux douces et quasiment identiques dans tout l'Erg.

V. L'unité stratigraphique de l'Holocène

L'holocène est l'unité stratigraphique la plus récente de la couverture géologique de l'intervalle du temps de 11.7 ka jusqu'à aujourd'hui. Le terme holocène signifie l'entièrement récent, a été défini la première fois par Gervais (1867-69) à se référer à l'épisode chaud qui a commencé à la fin du période glaciaire qui est également considéré comme récent (Lyell, 1839) ou postglaciaire (Forbes, 1846). Il a été officiellement adopté par la commission internationale géologique (CIG) en 1885 pour se rapporter à cet épisode et au unit appropriée dans l'enregistrement stratigraphique. Avec le pléistocène précédent, l'holocène est maintenant défini comme séries/époque, dans le system/période quaternaire (Gibbard et al, 2005).

V.1. Définition de l'Holocène

Est la période la plus récente de l'histoire de la terre ; il continue à ce jour. Dans la hiérarchie chrono-stratigraphique est les unités qu'elle prend le grade d'une série, mais n'est pas divisé en étapes. L'holocène a commencé il y a environ 11.7 ka par le réchauffement du climat à la fin du pléistocène.

V.2. L'Holocène du Grand Erg Occidentale

Le cycle Guirien l'est la partie supérieure de la subdivision stratigraphique quaternaire récente de nord Sahara occidentale (Chavaillon, 1964). Le premier travail sur l'holocène saharien d'écrite par Conrad (1969) qui proposa l'holocène qui est considéré l'équivalent de cycle guirien (Alimen, 1957) d'après les corrélations entre deux échelles stratigraphique. L'holocène est marqué par l'épanouissement de produit néolithique abondant sur toutes les terrasses, et caractérise par la mise en place définitive du grand édifice dunaire (erg) (conrad, 1969). L'étude de cette hypothèse c'est la démarche des travaux du callot (1984) qui est maître la subdivision de l'holocène.

Age PB	Période géologique					Changement climatique							
	Chevil 1964	Alimen 1957	Conrad 1969	Callot 1984	Subdivision d'holocène callot 1984	Industrie humain		Tendance climatique moyenne	Evènement sédimentaire ou évolution morphologique				
0	Quaternaire Récent	Actuelle				Néolithique	Humide Néolithique	Hyperaride	Ergs				
8ka		Guirien	Holocène	Holocène	Holocène supérieur					3ka	Aride à subaride	Basse terrasse Formations lacustres des ergs, tufs	
					Holocène moyenne								6ka
					Holocène inférieure								
11.5 ka	Saurienne	Pléistocène supérieur					Hyperaride	Formation du Grand Erg occidental, paléolac					

Tab.1. Synthèse des données radiochronologiques relatives aux éléments préhistoriques et événements climato-sédimentaires de l'ouest du Sahara algérien au cours du Plio-Quaternaire (d'après Conrad, 1969) « modifié ».

V.3. Subdivision d'holocene de GEO

3.1- L'Holocène inférieur :

Est bien marquée dans le Hassi Cheikh, caractérisée par la Sédimentation très fine amas tuffeux, et basse terrasse fluviale et l'erg continue le développement (callot, 1984)

3.2- L'Holocène moyen :

Dépôt de sédiments carbonatés à salinité variable, une phase lacustre importante, à dépôts carbonatés, intégrées dans la structure de l'Erg. Leur creusement, d'origine hydro-éolienne (altération de la roche par l'eau et exportation du matériel ameubli par le vent)

3.3- L'Holocène supérieur :

Phase de L'assèchement s'est poursuivi jusqu'à l'apparition, à la périphérie du puits actuel d'un. Petit plan d'eau, très faible profond, à faune abondante de diatomées, Il peut correspondre à la faible phase plus humide.

V.4. Cadre chronologique de paléo-lac holocène de l'Erg :

La répartition spatiale et temporelle des sédiments lacustre (paléo-lac) de l'Erg datés par plusieurs auteur (Alimen, 1957, Chavaillon, 1964, conrad, 1969, callot 1984, 1987, 1991, 2008) mais ne permettent pas de déterminer précisément à quelle partie de l'optimum ou période humide de l'Holocène

Les paléo-lacs montrent une différence de durée entre la périphérie de l'Erg et ceux de sa partie centrale, et ne permet pas de discerner au sein de l'Erg d'éventuelles fluctuations à plus court terme qui ont pu affecter l'optimum humide holocène. L'apparition des plans d'eau est parfois précoce, entre 10 500 et 10 000 ans cal. BP à la Guern es Guesmia 2 et à Guern ech Cheikh au centre de l'Erg (fig.4) celui d'Arich el Metnane, plus au nord, a disparu 500 ans après, vers 5 500 ans cal. BP. Sud-est de Daïet ben Ouahzane sont situés en bordure septentrionale du Mechfar qui ont fourni une datation radiocarbone sur *Cerastoderma* de 6 494 +163/-175 ans cal. BP

Les paléo-lacs du centre de l'Erg, datés entre 9 500 et 7 300 ans, indiquent le maximum de cette période humide holocène, alors que les sites périphériques se maintiennent jusque vers 5 200 ans. (Callot, 2008).

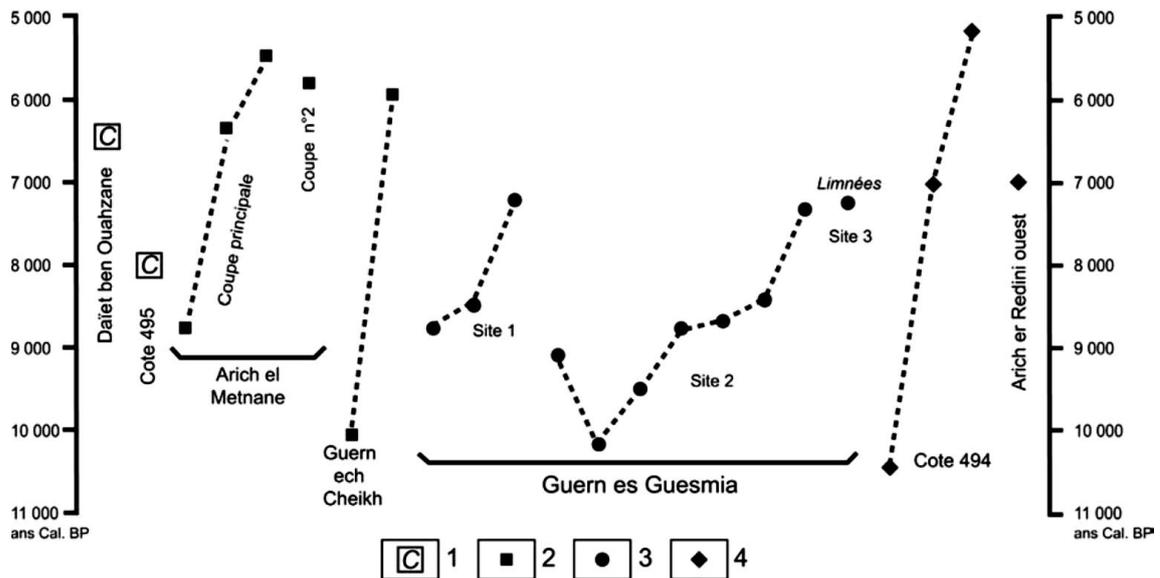


Fig.06. Datations 14C des dépôts lacustres holocènes sur un transect NNW-SSE à l'est du Grand Erg occidental. 1 : dépôts du Mechfar (datation sur *Cerastoderma*) ; 2 : dépôts du nord de l'Erg ; 3 : dépôts du centre de l'Erg ; 4 : dépôts des sites méridionaux de l'Erg

I-Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude lithologique des deux coupes de Hassi El Aez, accompagnée d'une approche sédimentologique (granulométrie, calcimétrie et morphoscopie) ainsi qu'une étude microfloristique en terme de diatomées. Ces trois volets nous permettent de mieux cerner les caractéristiques paléontologiques et sédimentologiques de milieu de dépôt et la valorisation d'une vue paléo-environnemental.

II- Localisation des coupes

La dépression étudiée se situe à environ 3.5 km au nord du Hassi El Aze, et au bordure de la route reliant la wilaya d'El Bayadh à la wilaya d'Adrar tout en passant par Zaouet Dabagh. Trois coupes ont fait l'objet de cette étude : la coupe A à droite de la route et les coupe B, C à la rive gauche de la route (Fig. 07 ; Fig. 08).

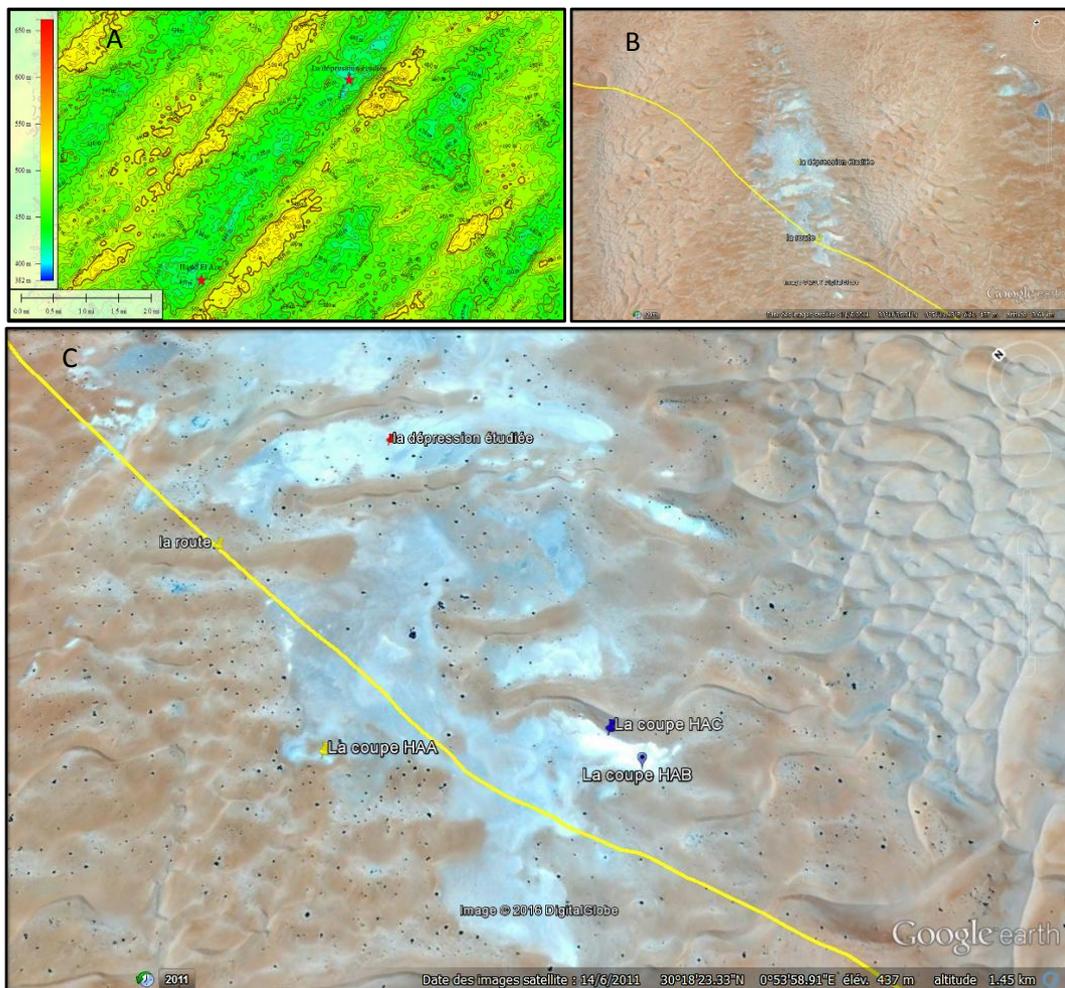


Fig.07. localisation des coupes (A : carte topographie de la dépression étudiée à partir de fichier MNT, B : photo satellitaires de dépression, c : photo satellitaires présente la position de coupe).



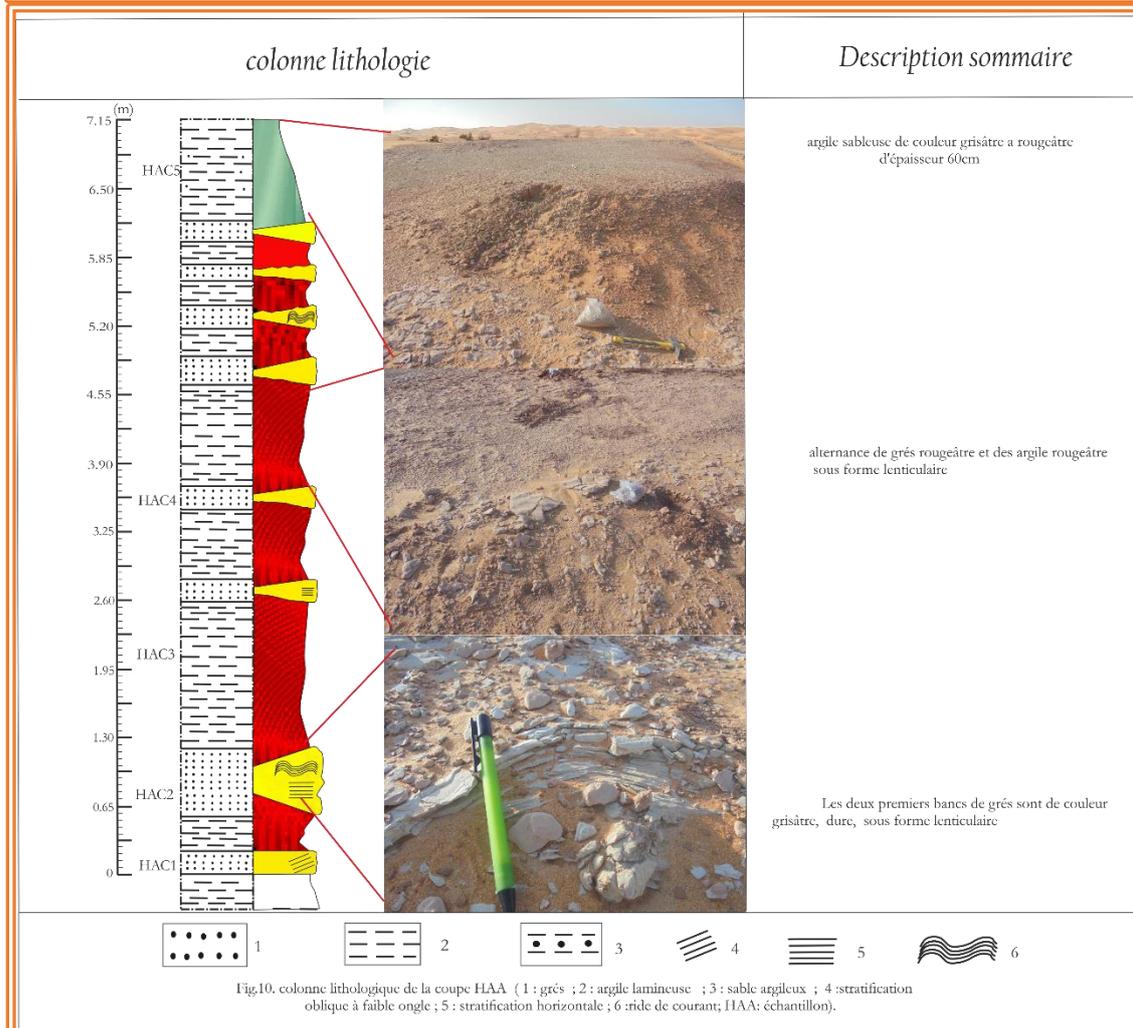
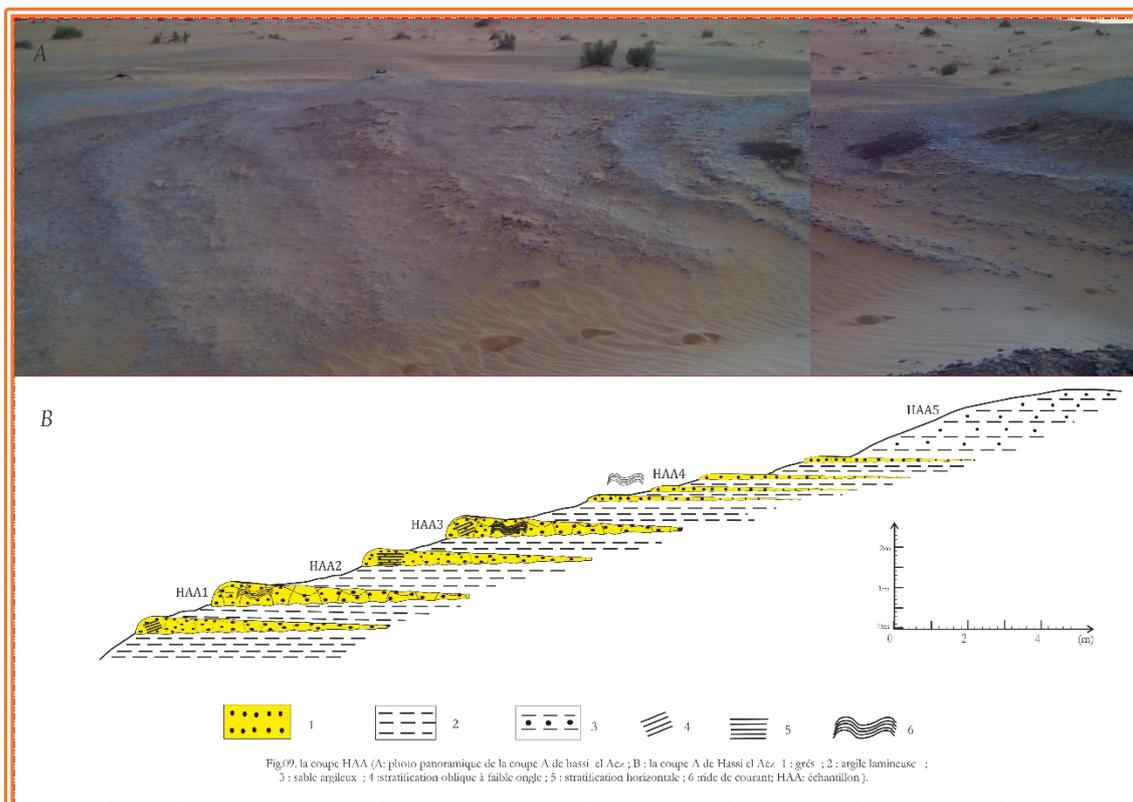
Fig.08. photo panoramique des trois coupes étudiées

III- Etude lithologique :

Certes trois coupes ont été levées mais le travail est basé essentiellement sur deux coupes dans la partie nord de la dépression de Hassi El Aze, une coupe à caractère fluvial (A) et une butte lacustre (C), (Fig.8). Ces coupes visent à établir une analyse lithologique des terrasses fluviale et des buttes calcaires diatomitiques sableuses complétées par une étude sédimentologique et paléontologique.

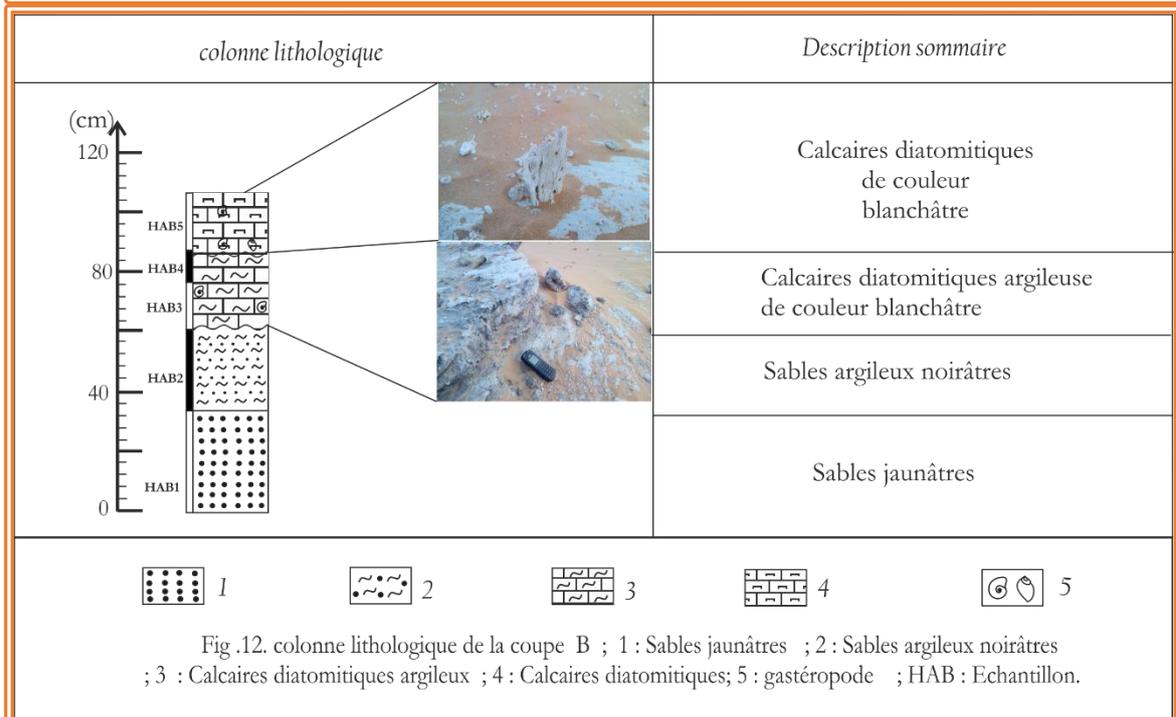
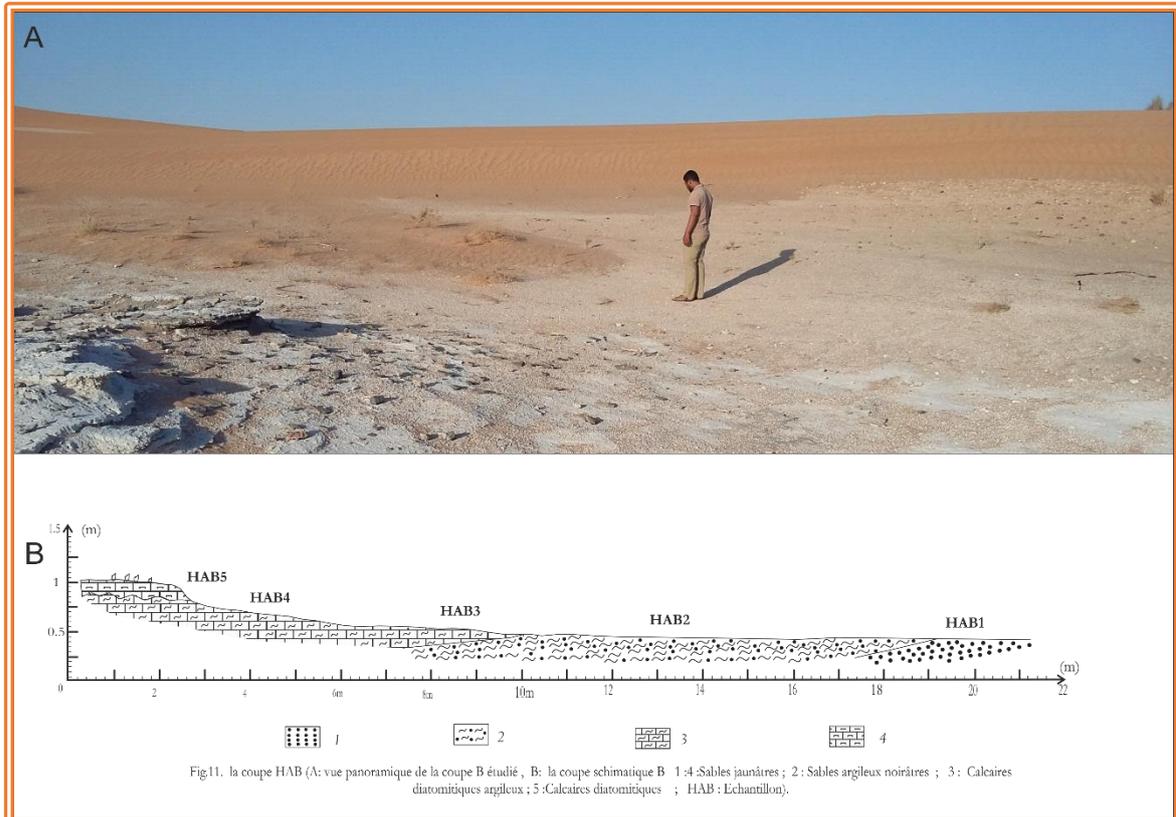
III -1. Description de la coupe (HAA) (Fig.09)

Il s'agit d'une alternance formée essentiellement de bancs d'argiles et des grés de forme lenticulaire (Fig.10). Les deux premiers bancs de grés sont de couleur grisâtre, dure, d'épaisseurs de 30 à 60 cm, à laminations à faible angle et les rides des courants. Ces deux bancs sont intercalés par des argiles de couleur rougeâtre (d'épaisseur 40 cm). Cette alternance peut être plus développée et devenant plus espacée. L'épaisseur des argiles dépasse parfois 120cm. Ce rythme diminue progressivement vers le sommet pour atteindre 15cm d'épaisseur et évolue en un faciès très fin à dominance sableuse contenant des grains de sables légèrement consolidé. Le sommet de la coupe est terminé par des argiles sableuses de couleur grisâtre à rougeâtre d'épaisseur 60 cm.



III – 2. Description de la coupe (HAB) (Fig.11 ; Fig.12)

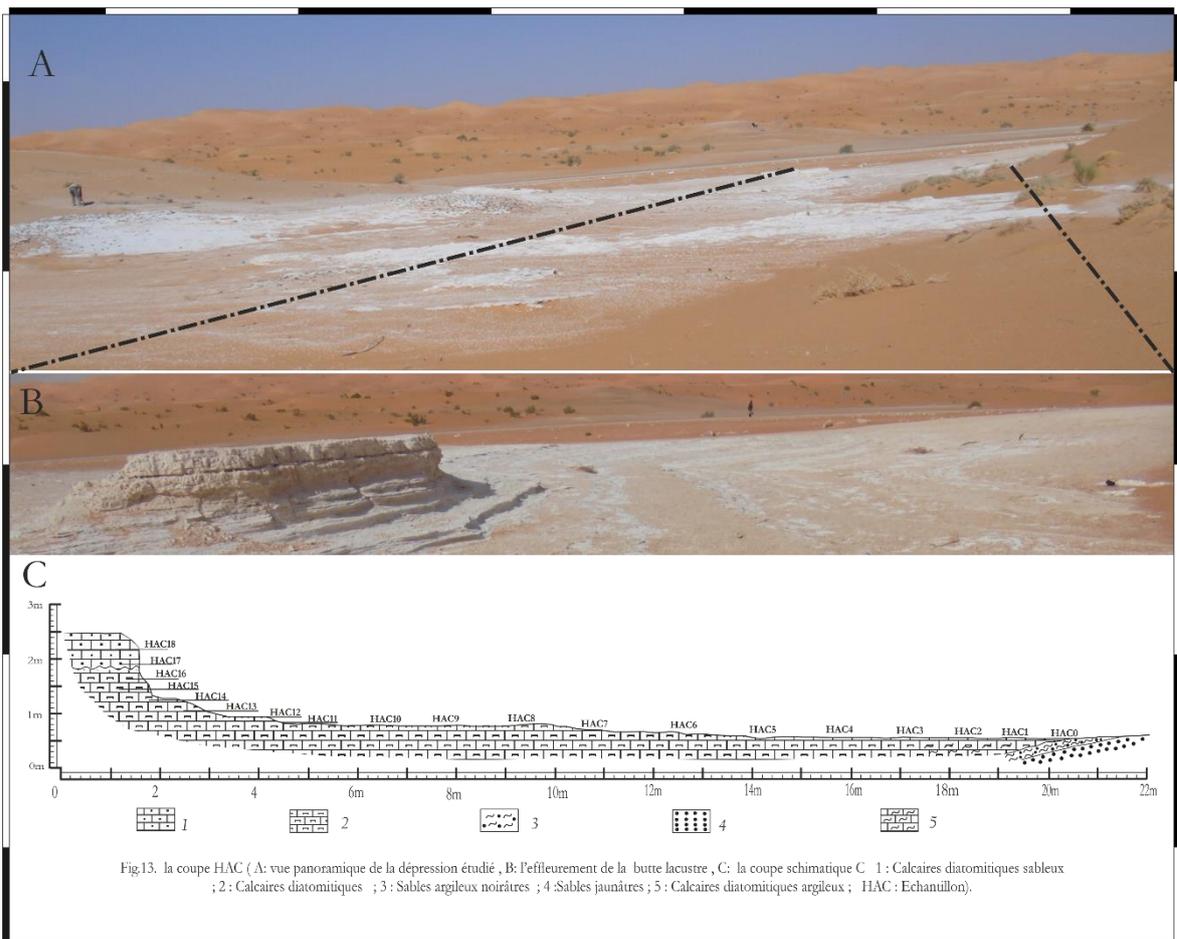
Sur des sables jaunes à grains homogène, la coupe débute par des argiles sableuses de couleur grisâtre et d'épaisseur de 50cm. La série continue par des dépôts de calcaires diatomitiques argileuses grisâtres à noirâtres de 40cm d'épaisseur, surmonté par des calcaires diatomitiques blanchâtres (de 20cm d'épaisseur), renfermant des fragments végétales sous forme de tiges en position de vie.

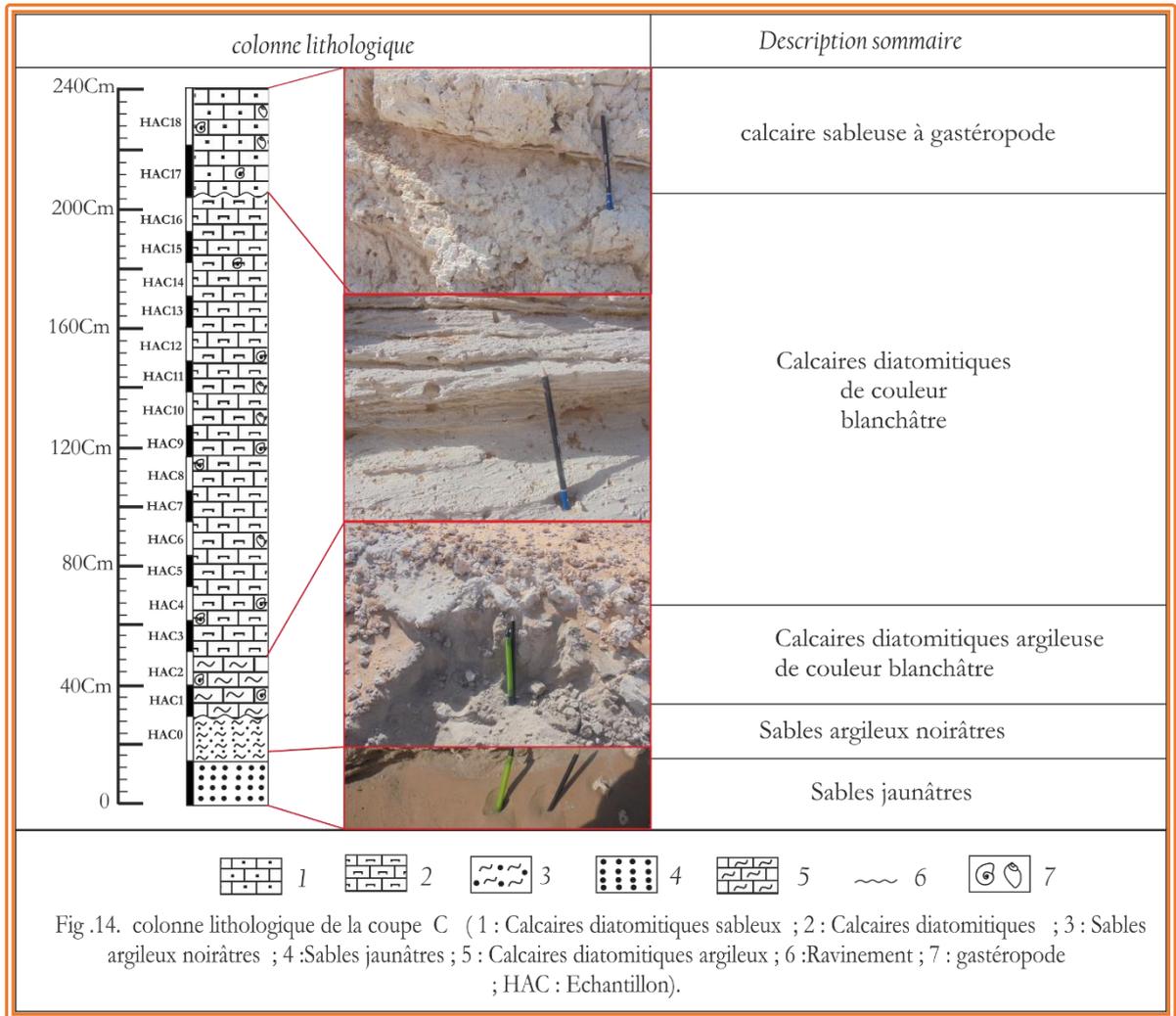


III -3 . Description de la coupe (HAC) (Fig.13 ; Fig.14)

Cette butte à fait principalement l'objet d'une étude détaillée en terme de sédimentologie et micropaléontologie : diatomées)

Sur un substrat sableux fins de couleur jaunâtre à grisâtre de 30 cm d'épaisseur, repose un un niveau de sables argileux grisâtres à noirâtres de 25 cm d'épaisseur renfermant des gastéropodes (*Planorbis*). Ce niveau est surmonté par 20 à 30 cm de calcaires argileux diatomitiques qui évolue progressivement en calcaires diatomitiques blanchâtres atteignant 1.40 m d'épaisseur et renfermant des gastéropodes (*Planorbis*). La coupe se termine par deux bancs de calcaires sableuses à *Planorbis*, de 50 cm d'épaisseur en ravinant le faciès précédent.





IV. TECHNIQUES ET METHODOLOGIES :

Ce travail est basé sur plusieurs méthodes pour le but d'avoir une bonne information concernant le paléo-environnements. Les résultats montrés dans le présent travail sont basé sur :

IV-1. Le travail sur terrain :

Cette étude est réalisé sur la dépression de Hassi El Aze où deux coupes ont fait l'objet de ce travail : une coupe de type terrasse fluviale (A), et la deuxième à caractère lacustre (butte témoin) (C) avec un échantillonnage systématique.

IV-2. Au laboratoire :

Les travaux du laboratoire concerné sont : l'analyse granulométrique, l'analyse de la teneur en carbonates au laboratoire (LTPO), et l'analyse de diatomée au laboratoire de (LPSP).

IV-2-1. L'analyse de diatomée

Ce travail est basé sur plusieurs étapes, commence par le frottis jusqu'à le montage des lames minces.

1- Le frottis

Sur un lame verre met peu de sédiment, on le gratte et l'étale par l'eau distillé subi un séchage de la lame sur une plaque chauffante à température moyen ; après que la lame est prêt, on la met à l'observation sur le microscope optique.

2- Traitement physico-chimique (Fig.15 A)

Le traitement adopté dans ce travail est celui de Schrader et Gersonde (1978), Gardette (1979), Gersonde (1980) et Mansour (1991). 10g de chaque échantillon c'est la quantité utilisé dans le traitement.

Cette 10g de sédiment de chaque échantillon est traité par ébullition dans l'acide chlorhydrique (25 ml d'HCl à 15%) et à l'eau oxygénées (25 ml d'hydrogène peroxyde à 110 volumes), pour l'élimination des éléments non siliceux associés aux diatomées. Il s'agit essentiellement des carbonates, des éléments détritiques (grossiers et fins) ainsi que de la matière organique (fig. 15). L'excédent d'acide dans les échantillons est éliminé par la décantation (5 à 10 secondes) après plusieurs rinçages successifs à l'eau déminéralisée. Les éléments détritiques grossiers sont éliminés après l'homogénéisation de la solution et la décantation (environ une minute).

La désagrégation du sédiment (la fraction carbonatée et la matière organique) a sollicité l'attaque à froid simultanément des 10g de sédiment. Ceci est pratiqué dans un bûcher à l'acide chlorhydrique (25 ml d'HCl à 15%) et à l'eau oxygénées (25 ml d'hydrogène peroxyde à 110 volumes).

3- Montage des lames (Fig.15 B)

Après homogénéisation de la solution, quelques gouttes sont prélevées, puis déposées et étalées sur une lame couverte d'une mince pellicule d'alcool. Cette préparation est placée sur une plaque chauffante pour le séchage. Après la phase de dessiccation, quelques gouttes de résine sont déposées sur une lame de verre biologique.

L'ensemble est chauffé pendant quelques secondes sur une plaque chauffante. Lorsque la résine arrive à ébullition, la lamelle est déposée sur la lame en l'étalant délicatement jusqu'à l'élimination des bulles d'airs. La lame préparée est ensuite nettoyée à l'acétone afin de l'observer au microscope photonique.

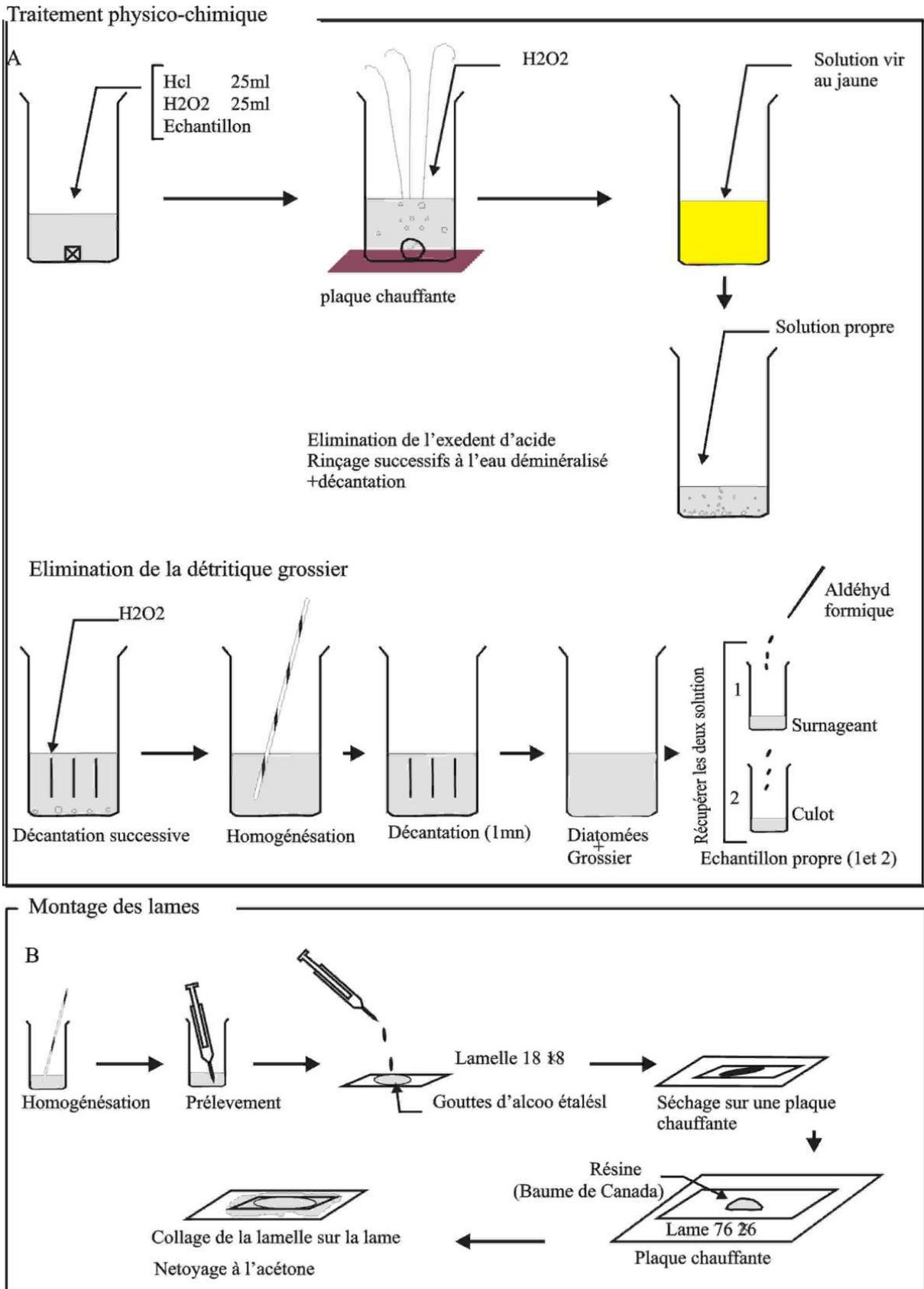


Fig. 15. A : Traitement physico-chimique des échantillons, B : Mantage des lames) (d'après Gardet, 1979, Gersond, 1980 et Mansour, 1991 avec quelques modifications).in hamadai

IV -2-2. Calcimétrie

La calcimétrie consiste à déterminer le volume de CO₂ dégagé par l'action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO₃) d'un échantillon (Fig.16). En toute rigueur, les conditions de température et de pression atmosphériques de la pièce où est effectuée l'analyse doivent être connues et contrôlées.

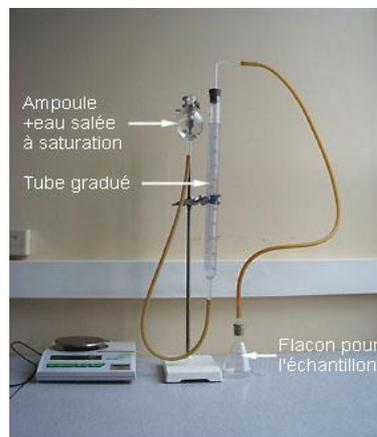


Fig.16. Calcimètre de Bernard

1- Préparation de l'échantillon

On verse à mi-hauteur de l'ampoule une solution saturée de chlorure de sodium (NaCl) (1/4 l environ). Après la calibration, il faut vérifier que le poids de l'échantillon ne dépasse pas 0.5 g. Puis l'échantillon est placé dans un bécher « Erlenmeyer » ; on place le petit tube dans l'erlenmeyer et à l'aide d'une pipette on verse dans le petit tube de l'HCl, et boucher l'erlenmeyer.

2- Mode opératoire

En premier lieu, Il faut modifier la hauteur de l'ampoule pour que l'eau salée soit au même niveau dans l'ampoule et le tube gradué. Ainsi, le contenu de l'Erlenmeyer sera à la pression atmosphérique. Après cela, on note le niveau, et on incline l'erlenmeyer pour faire couler l'acide sur l'échantillon.

L'Erlenmeyer est ensuite laissé reposer et attendre la fin de réaction et le rééquilibrage thermique, la pression du tube gradué est supérieure à la pression atmosphérique. On rétablit la pression atmosphérique en descendant l'ampoule jusqu'à obtenir le même niveau dans l'ampoule et le tube, le CO₂ est à la pression atmosphérique, la mesure peut être effectuée, puis on ouvre l'erlenmeyer, ajouter un peu d'acide sur l'échantillon pour vérifier que tout le CaCO₃ a été attaqué.

3- Calcul de la teneur :



HCl étant en excès, son action sur une mole de CaCO₃ (100 g=mol) libère une mole de CO₂ (22400mL). Connaissant le volume de CO₂ dégagé (niveaux final et initial), on calcule la masse de CaCO₃ attaqué. Connaissant la masse de CaCO₃ et la masse de l'échantillon, on peut calculer le pourcentage de CaCO₃ dans l'échantillon.

Soit une masse de l'échantillon de 0,50 g, un niveau initial de 0mL, un niveau final de 25mL.

Masse. Volume de CaCO₃ de CO₂

$$100 \text{ g } 22400\text{mL} \times = (25 - 0) = 22400$$

$$x \text{ g } 25\text{mL} \times = 0 : 11$$

Masse. Masse de CaCO₃ de sédiment

0 :11 g 0 :50 g y = (0 :11 _ 100)=0 :50

y g 100 g y = 22 ; 0

Il est fortement recommandé d'effectuer plusieurs mesures sur un même échantillon afin d'estimer précisément la teneur en CaCO₃ d'un échantillon.

IV- 2 -3.Granulométrie :

L'analyse granulométrique consiste à mesurer la dispersion des grains suivant leurs dimensions, c'est-à-dire leurs diamètres respectifs. Puis, reporter sur une courbe granulométrique les résultats ainsi obtenus. Lors de ce travail, nous avons eût à traiter à dis échantillons (05 fluviatiles et 05 lacustres) granulométrique différentes.

L'analyse granulométrique est effectuée par tamisage à savoir :

- Ø (mm) 5-2
- Ø (mm) 2-1
- Ø (mm) 1-0.8
- Ø (mm) 0.8-0.4
- Ø (mm) 0.4-0.2
- Ø (mm) 0.2-0.1
- Ø (mm) 0.1-0.08
- Ø (mm) inférieure à 0.08.

Cependant, pour des grains de diamètres inférieurs à 0.08mm, le tamisage n'est plus une solution praticable. En effet, une autre méthode sera expliqué, appelé la sédimentométrie.

I-Généralités

I-1. Les diatomées lacustres :

Les lacs présentent une grande sensibilité aux interactions biotiques et abiotiques du milieu (Kelts et Talbot, 1990). Ce sont des milieux de sédimentation riches en marqueurs des variations de l'environnement (ex : Diatomées, minéraux détritiques ou authigènes, lamination...). Ce sont d'excellents enregistreurs des variations climatiques et anthropiques au cours du temps (Oldfeied, 1977 ; Battarbee, 2000 ; Damnati, 2000). Le message sédimentaire lacustre est révélé par les techniques paléolimnologiques qui font intervenir la stratigraphie, la sédimentologie, la géochimie, la minéralogie, la paléoécologie (Lerman, 1978 ; Damnati, 2000).

Les diatomées lacustres occupent une position particulière en algologie, en limnologie et en paléolimnologie. Elles sont également utilisées en association avec les pollens pour reconstituer les conditions climatiques et les caractéristiques hydrologiques des milieux à travers le temps. Par conséquent, elles constituent dans les sédiments lacustres, des témoins précieux d'un passé récent et aussi plus ancien à l'échelle géologique.

I-2. Intérêt des diatomées :

Les diatomées sont des algues unicellulaires à squelette siliceux. Elles vivent en solitaires ou constituent des colonies sous forme de chaînettes, rubans ou étoiles. Elles sont rencontrées dans tous les milieux aquatiques, mais la plupart des espèces ont de strictes exigences écologiques. Ainsi, leurs associations reflètent avec une grande précision les caractères physico-chimiques de l'environnement (profondeur des eaux, luminosité, température, alcalinité, salinité, richesse en gaz dissous et en matière organique ...).

II- Inventaire microfloristique (diatomées) de la coupe de Hassi El Aez (HAC)

II-1. Méthodologie

Elle consiste à une description du genre, de l'espèce suivie d'un renvoi à la planche et à la figure correspondante, la synonymie ainsi que les dimensions taxonomique et l'écologie. Cette détermination s'effectue à l'aide d'un microscope photonique doté de deux oculaires de (X 10) et des objectifs de (x 40 et x 100)

II-2. Quantification

La taille des frustules est comprise entre moins d'un centième (10 μ m pour les plus petites et peut atteindre un demi-millimètre de longueur (500 μ m) pour les plus grandes. La quantification utilisée est celle de Hurlimann et Schanz (1988).

Le comptage s'est effectué suivant des traversées horizontales en balayant la lame, sur 300 individus.

II-3. Détermination

La classification adoptée dans ce travail est celle proposée par Round et *al.* (1990), Medlin & Kaczmarska (2004), Monnier et *al.* in Stephen Jay Gould (1998)

Les différents taxons de diatomées ont été déterminés (au niveau du genre et/ou au niveau spécifique) en se référant à plusieurs travaux : Husted (1930, 1957), Giaj-Levra et Abate (1993), Alimen et al. (1970), Baudrimont (1973, 1974), Servant-Vildary (1973, 1977, 1978, 1984 et 1986), Germain (1981), Coste et Ricard (1982, 1990), Servant-Vildary et Blanco

CLASSIFICATION DES GENRES DE DIATOMÉES DE LA COUPE DE HASSI LE AEZ
(selon Round et al. 1990, Medlin & Kaczmarska 2004, Monnier et al. 2009) in Luc Ector et Daša Hlúbiková (2010)

Division	Subdivision	Classe	Sous-classe	Ordre	Sous-ordre	Famille	Genre	Espèces
Bacillariophyta	Coscinodiscophytina Medlin & Kaczmarska 2004	Coscinodiscophyceae Round & R.M. Crawford in Round et al. 1990, emend. Medlin & Kaczmarska 2004	Coscinodiscophycidae Round & R.M. Crawford in Round et al. 1990	Melosirales R.M. Crawford in Round et al. 1990	Melosiraceae Kützing 1844 emend. R.M. Crawford 1990	<i>Melosira</i> C. Agardh 1824		<i>Melosira varians</i> C. Agardh 1827,
	Bacillariophytina Medlin & Kaczmarska 2004	Mediophyceae (Jousé & Proshkina-Lavrenko) Medlin & Kaczmarska 2004	Thalassiosirophyceae Round & R.M. Crawford in Round et al. 1990	Thalassiosirales Glezer & Makarova 1986	Stephanodiscaceae Glezer & Makarova 1986	<i>Stephanodiscus</i> Ehrenberg		<i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kützing) Cleve & Moller
						<i>Cyclotella</i> (Kützing) Brébisson 1838		<i>Cyclotella distinguenda</i> Hustedt 1927, <i>Cyclotella mengbiniana</i> Kützing 1844,
								SYNONYME: <i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thwaites 1848,
						Fragilariaceae Greville 1833		
						<i>Fragilaria</i> Lyngbye 1819		<i>Fragilaria capucina</i> Demazières <i>Fragilaria mesolepta</i> Rabenhorst 1861, SYNONYME: <i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i> (Rabenhorst) Rabenhorst 1864, <i>Fragilaria pectinalis</i> (O.F. Müller) Lyngbye 1819
						<i>Tabularia</i> (Kützing) D.M. Williams & Round 1986		<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D.M. Williams & Round 1986, BASIONYME: <i>Diatoma fasciculata</i> C. Agardh 1812 SYNONYME: <i>Fragilaria fasciculata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot 1980,
						<i>Ulnaria</i> (Kützing) Compère 2001		<i>Ulnaria capitata</i> (Ehrenberg) Compère 2001, BASIONYME: <i>Synedra capitata</i> Ehrenberg 1836, SYNONYME: <i>Fragilaria capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot 1980a, <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001, BASIONYME: <i>Bacillaria ulna</i> Nitzsch 1817, SYNONYME: <i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1832,
						<i>Eunotiales</i> Silva 1962		
						<i>Eunotiaceae</i> Kützing 1844		
						<i>Eunotia</i> Ehrenberg 1837		<i>Eunotia arcibus</i> Nörpel & Lange-Bertalot in Lange-Bertalot 1993, <i>Eunotia pectinalis</i> Ehr. 1841 (1943); <i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>minor</i> (Ehr. 1854) Hustedt;
						<i>Cymbellaceae</i> Greville 1833		
						<i>Cymbella</i> C. Agardh 1830		<i>Cymbella caespitosa</i> (Kützing) Brun 1880 <i>Cymbella cymbiformis</i> Agardh, 1830 <i>Cymbella helvetica</i> Kützing 1844, <i>Cymbella bulensis</i> Ehrlich, <i>Cymbella mesiana</i> Cholnoky.
						<i>Gomphonemataceae</i> Kützing 1844		
						<i>Gomphonema</i> Ehrenberg 1832,		<i>Gomphonema intricatum</i> Kützing, <i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) E. Reichardt & Lange-Bertalot 1991, BASIONYME: <i>Gomphonema intricatum</i> var. <i>pumila</i> Cleve-Euler 1932,
						<i>Cocconeidae</i> Kützing 1844		
						<i>Cocconeis</i> Ehrenberg 1837,		<i>Cocconeis placentalis</i> Ehrenberg 1838,
						<i>Achnanthes</i> D.G. Mann in Round et al. 1990		
						<i>Achnantheidae</i> Kützing 1844		
						<i>Achnantheis</i> Kützing 1844,		<i>Achnantheis affine</i> (Grunow) Czarnecki 1994, BASIONYME: <i>Achnanthes affinis</i> Grunow in Cleve & Grunow 1880, <i>Achnantheis lineare</i> W. Smith 1855, SYNONYME: <i>Achnanthes linearis</i> (W. Smith) Grunow in Cleve & Grunow 1880,
						<i>Naviculales</i> Bessey 1907 emend. D.G. Mann in Round et al. 1990		
						<i>Sellaphorineae</i> D.G. Mann in Round et al. 1990		
						<i>Pinnulariaceae</i> D.G. Mann in Round et al. 1990,		
						<i>Pinnularia</i> Ehrenberg, 1841,		<i>Pinnularia viridis</i> Ehrenberg, <i>Pinnularia leptosoma</i> Grunow
						<i>Caloneis</i> Cleve 1894,		<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve <i>Caloneis ventricosa</i> (Ehr.) Meister
						<i>Naviculineae</i> Hendey 1937		
						<i>Naviculaceae</i> Kützing 1844 emend. D.G. Mann in Round et al. 1990		
						<i>Navicula</i> Bory 1822,		<i>Navicula cineta</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard, 1861. <i>Navicula balophila</i> (Grunow) Cleve. <i>Navicula gregaria</i> Donkin 1861, <i>Navicula oblonga</i> Kützing, 1844. <i>Navicula radiosa</i> Kützing, 1844
						<i>Anomoconeis</i> Plützer, 1844.		<i>Anomoconeis sphaerophora</i> (Ehrenberg) Plützer, 1871, <i>Anomoconeis serius</i> (de Brebisson) Cleve <i>Anomoconeis vitrea</i> (Grunow) Ross.
						<i>Mastogloia</i> Thwaites, 1856.		<i>Mastogloia braunii</i> Grunow, 1863. <i>Mastogloia dansei</i> <i>Mastogloia smithii</i> var. <i>lacustris</i> Grunow, 1878. <i>Mastogloia recta</i> Hustedi, 1942,
						<i>Catenulaceae</i> Mereschkowsky 1902		
						<i>Amphora</i> Ehrenberg ex Kützing 1844,		<i>Amphora commutata</i> Grunow. <i>Amphora costata</i> W.Sm. <i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844, <i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow in Schmidt et al. 1875,
						<i>Halampora</i> (Cleve) Levkov 2009		<i>Halampora veneta</i> (Kützing) Levkov 2009, BASIONYME: <i>Amphora veneta</i> Kützing 1844,
						<i>Bacillariales</i> Hendey 1937 emend. D.G. Mann in Round et al. 1990		
						<i>Bacillariaceae</i> Ehrenberg 1831		
						<i>Denticula</i> Kützing 1844,		<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow 1862, SYNONYME: <i>Nitzschia denticula</i> Grunow in Cleve & Grunow 1880, <i>Denticula subtilis</i> Grunow, 1862.
						<i>Nitzschia</i> Hassall 1845,		<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith. <i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot . <i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow. <i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith 1856,
						<i>Rhopalodiales</i> D.G. Mann in Round et al. 1990		
						<i>Rhopalodiaceae</i> (Karsten) Topachevskiy & Oksiyuk 1960		
						<i>Rhopalodia</i> O. Muller 1895		<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Muller 1895
						<i>Epithemia</i> Kützing 1844		<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson, 1988, <i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844, <i>Epithemia turgida</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844, <i>Epithemia sorex</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844,
						<i>Surirellales</i> D.G. Mann in Round et al. 1990		
						<i>Surirellaceae</i> Kützing 1844		
						<i>Surirella</i> Turpin 1828		<i>Surirella ovalis</i> Brébisson, 1838

Fig.17.classification des taxons de diatomée rencontrée le long de la coupe de Hassi El Aez (HAC)

(1984), Ehrlich et Dor (1985), Huault (1985, 1988), Frohlich et Servant-Vildary (1989), Cocquyt (1991), Compère (1991, 2000), Gasse et Fourtanier (1991), Pienitz et al. (1995), Veres et al. (1995), Josenhans et al. (1997), Schwalb et al. (1997), Telford (1998), Villeneuve et Pienitz (1998), Scherrod (1999), Gasse et al. (1987), Agata et Wojtal (2009), Luc Ector et Daša Hlúbiková (2010), Abdelfattah A. Zalat (2014), Stephen Jay Gould (1998), Adjedir (2002) et Hamadai (2015).

4. Autoécologie

Les caractères écologiques des taxons rencontrés sont abordés par synthèse des ouvrages cités ci-dessus et des travaux de Gasse et al. (1987a, 1987b).

III-Résultats d'analyse diatomique

Presque la majorité des échantillons de la coupe renferment des frustules siliceux (diatomées). Les niveaux argilo-sableux fins sont généralement moins riches que les niveaux de calcaires diatomiques.

Cette coupe a révélé une microflore diatomique plus ou moins riche avec 57 espèces, regroupées en 21 genres (Tabl.02).

La classification adoptée de ces taxons est celle de Round et *al.* (1990) (Fig.17)

Cet inventaire diatomique est représenté sous formes des courbes exprimant les fréquences des diatomées en fonction du mode de vie, de la salinité, pH et température. Les interprétations des graphes nous ont permis une reconstitution paléoenvironnementale.

IV- Les caractéristiques abiotiques des diatomées

En raison de leur sensibilité aux facteurs écologiques, comme la concentration en sels et en nutriments, l'agitation des eaux ainsi que la nature du substrat, qui jouent un rôle dans leur distribution dans le milieu, les diatomées fournissent des indices de premier ordre dans l'étude du paléoenvironnement. Dans ce sens, ces organismes sont de véritables fenêtres ouvertes sur le passé grâce à leurs frustules qui se conservent très bien dans les sédiments.

IV-1. Mode de vie des diatomées

Selon leur mode de vie et à partir des travaux anciens, les espèces des diatomées sont classées en deux grandes catégories écologiques : les planctoniques (Euplanctoniques) et les périphytiques ou littorales et même benthiques (Gasse, 1980, 1987 ; Round, 1965, 1984).

Les diatomées planctoniques vivent libres dans l'eau et sont représentées surtout par des centrées isolées ou associées en chaîne. Les diatomées benthiques vivent fixées sur des substrats. On distingue plusieurs types de substrats :

- ✚ Sur d'autres végétaux : diatomées épiphytiques
- ✚ Sur les pierres, roches : diatomées épilithiques
- ✚ Sur les grains de sable : diatomées épipsamniques
- ✚ Sur les animaux : diatomées épizooiques.
- ✚ Sur les sédiments fins : diatomées épipélique.

Les espèces de diatomée des échantillons de la coupe ont été regroupées en terme de mode de vie en plusieurs catégories ou groupes (Tabl.03, Tabl.04)

	Mode de vie				La salinité					PH			Temperateur					
	benthique				d'eau douce	d'eau oligosaline	Mésos - polysaline	Douce - oligosaline	oligo - méta- hypersaline	Indéterminé	Alcalibiontes	Acidophiles	Indéterminé	Oligothermes	Stenothermes	Metathermes	Eurythermes	Indifférentes
planctoniques	Epiphytiques	Epilithiques	Indéterminé															
<i>Cyclotella distinguenda</i>	+				+						+						+	
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	+							+			+							+
<i>Melosira varians</i>	+				+													+
<i>Stephanodiscus minutulus</i>	+										+							+
<i>Achnanbidium affine</i>		+						+			+							+
<i>Achnanbidium lineare</i>		+			+						+							+
<i>Ambora costata</i>				+					+			+						+
<i>Ambora commutata</i>		+						+			+							+
<i>Ambora ovalis</i>		+			+						+							+
<i>Ambora pediculus</i>		+			+						+							+
<i>Anomooneis sphaerophora</i>			+					+			+							+
<i>Anomooneis serins</i>				+					+			+						
<i>Anomooneis vitrea</i>		+									+							+
<i>Cocconeis placentula</i>			+								+							+
<i>Caloneis bacillum</i>			+			+					+							+
<i>Caloneis ventricosa</i>			+		+						+							+
<i>Cymbella caespitosa</i>		+			+							+						+
<i>Cymbella helvetica</i>		+			+													+
<i>Cymbella bulensis</i>		+			+							+						+
<i>Cymbella mesiana</i>				+					+			+						+
<i>Cymbella cymbiformis</i>		+			+						+							+
<i>Denticula subtilis</i>			+				+				+							+
<i>Denticula kuetzingii</i>			+			+					+							
<i>Epithemia adnata</i>		+			+						+							+
<i>Epithemia argus</i>		+				+					+							+
<i>Epithemia soresx</i>				+		+					+							+
<i>Epithemia turgid</i>		+				+					+							+
<i>Eunotia arcubus</i>		+			+							+						+
<i>Eunotia pectinalis</i>		+			+							+						+
<i>Eunotia pectinalis var. minor</i>		+			+							+						+
<i>Fragilaria capucina</i>		+			+						+							+
<i>Fragilaria mesolepta</i>				+					+			+						+
<i>Fragilaria pectinalis</i>									+			+						+
<i>Forma A</i>									+			+						+
<i>Gomphonema intricatum</i>		+					+				+							+
<i>Gomphonema pumilum</i>		+					+											+
<i>Halambora veneta</i>		+				+					+							+
<i>Mastogloia brannii</i>			+					+			+							+
<i>Mastogloia dansei</i>			+					+			+							+
<i>Mastogloia smithii var. lacustris</i>			+								+							+
<i>Mastogloia recta</i>				+					+			+						+
<i>Navicula cincta</i>		+					+				+							+
<i>Navicula gregaria</i>				+					+			+						+
<i>Navicula halophila</i>			+			+					+							+
<i>Navicula oblonga</i>			+			+					+							+
<i>Navicula radiosa</i>		+					+					+						+
<i>Nitzschbia acidoclinata</i>							+				+							+
<i>Nitzschbia acicularis</i>		+					+				+							+
<i>Nitzschbia frustulum</i>		+					+				+							+
<i>Nitzschbia palea</i>			+				+				+							+
<i>Pinnularia leptosoma</i>				+					+			+						+
<i>Pinnularia viridis</i>		+			+						+							+
<i>Rhopalodia gibba</i>		+				+					+							+
<i>Surirella ovalis</i>			+			+					+							+
<i>Tabularia fasciculata</i>				+					+			+						+
<i>Ulnaria capitata</i>		+			+						+							+
<i>Ulnaria ulna</i>		+			+						+							+

Tabl. 03 : Ecologie des différents taxons de diatomées le long de la coupe de Hassi EL Aez

Diatomées Planctoniques	Diatomées benthiques (périphytiques ou littorales)		
	Epiphytiques	Epilithiques -Epipélique	Indéterminé
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Achnanbidium affine</i>	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	<i>Amphora costata</i>
<i>Cyclotella distinguenda</i>	<i>Achnanbidium lineare</i>	<i>Caloneis bacillum</i>	<i>Anomoeoneis serins</i>
<i>Melosira varians</i>	<i>Amphora commutata</i>	<i>C. ventricosa</i>	<i>Cymbella mesiana</i>
<i>Nitzschia acicularis</i>	<i>A. ovalis</i>	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Epithemia sorex</i>
<i>Nitzschia frustulum</i>	<i>A. pediculus</i>	<i>Denticula kuetszingii</i>	<i>Fragilaria mesolepta</i>
<i>Stephanodiscus dubius</i>	<i>Anomoeoneis vitrea</i>	<i>Denticula subtilis</i>	<i>Fragilaria pectinalis</i>
	<i>Cymbella Helvetica</i>	<i>Mastogloia braunii</i>	<i>Forma A</i>
	<i>Cymbella cymbiformis</i>	<i>Mastogloia dansei</i>	<i>Mastogloia recta</i>
	<i>Cymbella, caespitosa</i>	<i>M. smithii</i> var. <i>lacustris</i>	<i>Navicula gregaria</i>
	<i>Cymbella hulensis</i>	<i>Navicula halophila</i>	<i>Nitzschia acidoclinata</i>
	<i>Halamphora veneta</i>	<i>N. oblonga,</i>	<i>Pinnularia leptosome</i>
	<i>Epithemia adnate</i>	<i>Nitzschia palea</i>	<i>Tabularia fasciculata</i>
	<i>Epithemia argus</i>	<i>Surirella ovalis</i>	
	<i>Epithemia turgida</i>		
	<i>Eunotia arcubus</i>		
	<i>Eunotia pectinalis</i>		
	<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>minor</i>		
	<i>Fragilaria capucina</i>		
	<i>Gomphonema intricatum</i>		
	<i>Gomphonema pumilum</i>		
	<i>Navicula cincta</i>		
	<i>N. radiosa</i>		
	<i>Rhopalodia gibba</i>		
	<i>Pinnularia viridis</i>		
	<i>Ulnaria capitata</i>		
	<i>Ulnaria ulna</i>		

Tabl. 04. classification des différents taxons de diatomées selon le mode de vie de la coupe de Hassi EL Aez (HAC).

IV-2. La salinité (conductivité) :

La classification des espèces de diatomées en fonction de la salinité a été le sujet de nombreuses publications. Les plus connues sont celles de Kolbe (1927) et Hustedt (1957) mais Gasse et *al.* (1987), considèrent que ces auteurs ont créés une classification tout en se référant aux eaux de type chloruré. Ceci semble être inadéquat pour les milieux salés continentaux. Pour une bonne approche, la classification adoptée dans ce travail est donc celle de Gasse et *al.* (1987).

Quatre groupes écologiques de diatomées ont été ainsi définis :

- ✚ les diatomées d'eau douce : (< 0,5 ‰) ;
- ✚ les diatomées d'eau oligosaline : (0,5 ‰ et 5 ‰) ;
- ✚ les diatomées d'eau mésosaline à polysaline : (0,5 ‰ et 40 ‰) ;
- ✚ les diatomées d'eau métasaline à hypersaline : (0,5 ‰ et 90 ‰).

Dans ce travail on est classé les groupes de diatomées selon la sainité de la coupe de Hassi El Aez (tableau ci-dessous)

d'eau douce	<i>Achnanthisidium lineare</i> , <i>Amphora ovalis</i> , <i>A. pediculus</i> , <i>Anomoeoneis vitrea</i> , <i>Caloneis ventricosa</i> , <i>Cyclotella distinguenda</i> , <i>Cymbella caespitosa</i> , <i>Cymbella hulensis</i> , <i>Cymbella cymbiformis</i> , <i>Cymbella Helvetica</i> , <i>Epithemia adnata</i> , <i>Epithemia turgida</i> , <i>Eunotia arcubus</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Eunotia pectinalis var. minor</i> , <i>Fragilaria capucina</i> , <i>Melosira varians</i> , <i>Nitzschia acidoclinata</i> , <i>Pinnularia viridis</i> , <i>Rhopalodia gibba</i> , <i>Stephanodiscus minutulus</i> , <i>Ulnaria capitata</i> , <i>Ulnaria ulna</i> ,
d'eau oligosaline	<i>Denticula kuetzingii</i> , <i>Caloneis bacillum</i> , <i>Epithemia argus</i> , <i>E. sorex</i> , <i>Navicula halophila</i> , <i>Navicula oblonga</i> , <i>Navicula cincta</i> ,
Mésosaline à polysaline	<i>Denticula subtilis</i> , <i>Halamphora veneta</i> , <i>Mastogloia dansei</i> , <i>Mastogloia smithii var. lacustris</i> , <i>surirella ovalis</i>
Douce- oligosaline	<i>Cocconeis placentula</i> , <i>Gomphonema intricatum</i> , <i>Gomphonema pumilum</i> , <i>Navicula radiosa</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Nitzschia acicularis</i> , <i>Nitzschia frustulum</i>
Oligosaline - métrasaline - hypersaline	<i>Achnanthisidium affine</i> , <i>Amphora commutata</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Anomoeoneis sphaerophora</i> , <i>Mastogloia braunii</i> ,
Indéterminé	<i>Amphora costata</i> , <i>Anomoeoneis serins</i> , <i>Cymbella mesiana</i> , <i>Fragilaria mesolepta</i> , <i>Fragilaria pectinalis</i> , <i>Forma A</i> , <i>Mastogloia recta</i> , <i>Navicula gregaria</i> , <i>Pinnularia leptosoma</i> , <i>Tabularia fasciculata</i>

Tabl. 05. classification des différents taxons de diatomées selon la sainité de la coupe de Hassi EL Aez (HAC).

IV-3. Le PH

Le pH est un des paramètres les plus structurants des communautés de diatomées. Il intervient certainement à travers les processus biochimiques des cellules.

Selon Van Dam et al. (1994), les diatomées peuvent être classifiées en 7 groupes distincts selon leur gradient optimal de pH (Tabl.04 ;Tabl.05).

Classe	Gradient optimal de pH
Acidobionte	pH <5
Acidophile	5 < pH < 7
Circumneutre	pH voisin de 7
Alcaliphile	pH > 7
Alcalibionte	pH exclusivement > 7
Indifférente	Sans optimum apparent

Tabl.06. Classification des diatomées selon leur gradient optimal de pH (Van dam et al. 1994)

Dans ce travail, les diatomées ont été classé en deux (02) groupes on est classé, selon deux caractères : les forme alcaliphiles et les formes acidophiles (Tabl.04, Tabl.06).

Alcaliphiles	Acidophiles	Indifférente
<i>Achnanthidium affine</i> , <i>Achnanthidium lineare</i> <i>Amphora commutata</i> , <i>Amphora ovalis</i> , <i>Amphora pediculus</i> , <i>Anomoeoneis sphaerophora</i> , <i>A. vitrea</i> , <i>Caloneis bacillum</i> , <i>C. ventricosa</i> , <i>Cocconeis placentula</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Cyclotella distinguenda</i> , <i>Cymbella cymbiformis</i> , <i>Epithemia adnata</i> , <i>E. argus</i> , <i>E. sorex</i> , <i>E. turgida</i> , <i>Fragilaria capucina</i> , <i>Gomphonema pumilum</i> , <i>Gomphonema intricatum</i> <i>Halamphora veneta</i> <i>Mastogloia braunii</i> , <i>Mastogloia dansei</i> , <i>Mastogloia smithii var. lacustris</i> , <i>Melosira varians</i> , <i>Navicula cincta</i> , <i>Navicula halophila</i> , <i>Navicula oblonga</i> <i>Nitzschia acicularis</i> , <i>Nitzschia acidoclinata</i> , <i>Nitzschia frustulum</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Denticula subtilis</i> <i>Denticula kuetzingii</i> , <i>surirella ovalis</i> , <i>Pinnularia viridis</i> , <i>Rhopalodia gibba</i> , <i>Stephanodiscus minutulus</i> , <i>Ulnaria capitata</i> , <i>Ulnaria ulna</i>	<i>Eunotia arcubus</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Eunotia pectinalis var. minor</i> , <i>Cymbella Helvetica</i> , <i>Navicula radiosa</i>	<i>Amphora costata</i> , <i>Anomoeoneis serins</i> , <i>Cymbella caespitosa</i> , <i>Cymbella mesiana</i> , <i>Cymbella hulensis</i> , <i>Mastogloia recta</i> , <i>Navicula gregaria</i> , <i>Pinnularia leptosoma</i> , <i>Fragilaria mesolepta</i> , <i>Fragilaria pectinalis</i> , <i>Tabularia fasciculata</i>

Tabl.07. classification des différents taxons de diatomées selon la température de la coupe de Hassi EL Aez (HAC).

IV-4. La température

En général, six catégories d'espèces ou groupes écologiques de diatomées vis-à-vis de la température (tabl. 10) ont été définies par (Lowe, in Clet et Hault, 1987).

Catégories	Température des eaux
Diatomées euthermes	eaux chaudes > 30°C
Diatomées mesothermes	eaux tempérées entre 15 et 30°C
Diatomées oligothermes	températures comprises entre 0 et 15°C
Diatomées stenothermes	ne supportant pas des variations de températures > 5°C
Diatomées metathermes	supportant des variations de températures > 5°C
Diatomées eurythermes	supportant des variations de températures >15°C

Tabl.08. Classification des diatomées vis-à-vis de la température (d'après Lowe, in Clet et Hault, 1987)

Dans ce travail, les diatomées ont été classé en deux (02) groupes on est classé, selon deux caractères : les diatomées eurythermes et les diatomées indifférentes (Tabl.04 ; Tabl.08

Diatomées Eurythermes	Diatomées Indifférentes
<i>Achnanbidium affine</i> , <i>Achnanbidium lineare</i> <i>Amphora commutata</i> , <i>Amphora ovalis</i> , <i>Amphora pediculus</i> <i>Anomoeoneis sphaerophora</i> , <i>A. vitrea</i> , <i>Caloneis bacillum</i> , <i>C. ventricosa</i> , <i>Cocconeis placentula</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Cyclotella distinguenda</i> <i>Cymbella cymbiformis</i> , <i>Cymbella helvetica</i> <i>Epithemia</i> <i>adnata</i> , <i>E. argus</i> , <i>E. sorex</i> , <i>E. turgida</i> , <i>Fragilaria capucina</i> , <i>Gomphonema pumilum</i> , <i>Gomphonema intricatum</i> , <i>Halamphora veneta</i> <i>Mastogloia braunii</i> , <i>Mastogloia dansei</i> , <i>Mastogloia</i> <i>smithii var. lacustris</i> , <i>Melosira varians</i> <i>Navicula cincta</i> , <i>Navicula halophila</i> , <i>Navicula</i> <i>oblonga</i> , <i>Navicula radiosa</i> <i>Nitzschia acicularis</i> , <i>Nitzschia acidoclinata</i> , <i>Nitzschia frustulum</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Denticula subtilis</i> , <i>Denticula kuetszingii</i> , <i>surirella ovalis</i> , <i>Pinnularia viridis</i> <i>Rhopalodia gibba</i> , <i>Stephanodiscus minutulus</i> <i>Ulnaria capitata</i> , <i>Ulnaria ulna</i>	<i>Amphora costata</i> , <i>Anomoeoneis serins</i> , <i>Cymbella</i> , <i>caespitosa</i> , <i>Cymbella mesiana</i> , <i>Cymbella hulensis</i> , <i>Mastogloia recta</i> , <i>Navicula gregaria</i> , <i>Pinnularia leptosoma</i> , <i>Fragilaria mesolepta</i> <i>Fragilaria pectinalis</i> <i>Tabularia fasciculata</i> <i>Eunotia arcubus</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Eunotia pectinalis var. minor</i> ,

Tabl.09. classification des différents taxons de diatomées selon la température de la coupe de Hassi EL Aez (HAC).

V- Approche Paléo-environnementale

Les diatomées sont les premiers producteurs de carbone organique dans les eaux de surface (Barde-Labayle-Bounès, 1980) et sont, à ce titre, représentatives de la production primaire en milieu aquatique. Leur distribution quantitative peut par conséquent nous renseigner sur la fertilité actuelle et passée des eaux.

V-1. Variation de l'extension

Les variations de fréquence des diatomées, planctoniques, littorales, benthiques ou épiphytes reflètent probablement les variations relatives de l'extension et, par conséquent, de la profondeur du paléolac de Hassi El Aez.

Une seule phase a été distinguée montrant une dominance des formes périphtiques sur les formes planctoniques ou euplanctoniques (Fig.18).

L'assemblage est caractérisé par une fréquence plus élevée des diatomées épiphytiques (*Epithemia adnata*, *E. argus* et *E. turgida*, *Cymbella cymbiformis*, *Navicula cincta*, *N. radiosa*). Ces espèces, représentant en moyenne 54,41%, avec une valeur maximale de 86% (éch : HAC1) à la base de la coupe, et minimale de 41.33% (éch : HAC17) au sommet de la coupe.

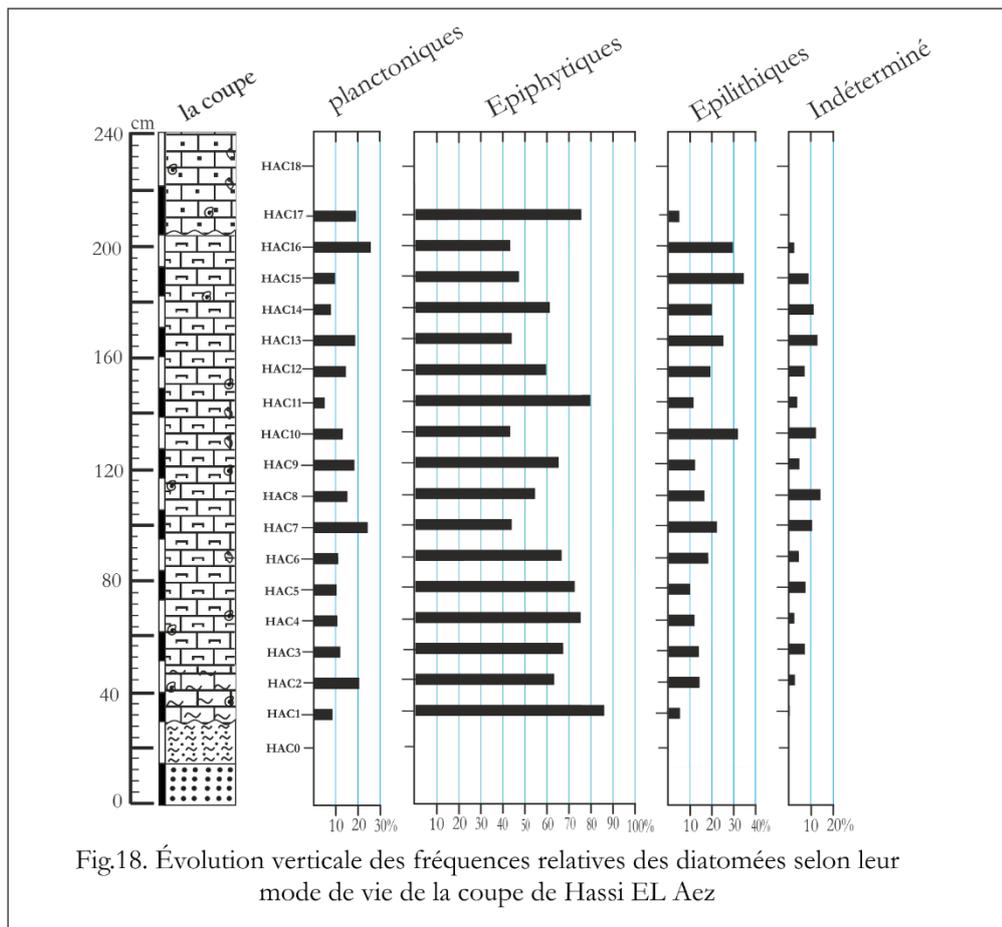
Les formes épipélitiques présentent 16.57 % en moyenne tout au long de la coupe mais la fréquence des formes épipélitiques et/ou épipsammiques sont de faible valeur dans la partie

inférieure de la coupe avec au minimum de 41.33%. Cette fréquence augmente en alternance avec les formes épiphytiques pour atteindre dans l'échantillon (HAC15) 48.67%.

D'autre part les diatomées planctoniques tout en accusant un faible pourcentage représentant 11,87 % en moyenne tout au long de la coupe, montrent des niveaux plus riches qui peuvent atteindre 19.33% (ech : HAC2), 23% (ech : HAC7), 24.33% (ech : HAC16).

La prédominance des formes épiphytiques (54,41 % en moyenne) et la faible la fréquence des formes épipéliques et/ou épipsammiques (16,57 % en moyenne) ainsi que les planctoniques (11,87 % en moyenne), indique un milieu lacustre à tranche d'eau peu profonde calme, favorisant le développement d'une végétation dense. Toute fois les niveaux riche en formes planctoniques : HAC2 (19.33%), HAC7 (23%) et HAC16 (24.33%), montrent que la tranche d'eau devient plus profonde périodiquement.

Une légère augmentation des formes épipéliques et/ou épipsammiques (16.57%) en parallèle avec une légère diminution des formes épiphytiques dans cette phase peut signifier un jeu de turbulence des eaux associées à des apports détritiques confirmé par l'augmentation de pourcentage de quartz dans les niveaux correspondants (fluctuation de courants), et par conséquence une forte oxygénation du milieu de dépôt.



V-2. Paléosalinité

L'analyse des échantillons de la coupe de Hassi El Aez en terme de paléosalinité, montre que :

Les diatomées d'eau oligosaline (*Denticula kuetszingii*, *Epithemia argus* (pl. I, fig. 11,13 ; pl. II, fig. 01,06), *E. turgida* (pl. I, fig. 12), *E. sorex*, *Navicula halophila*, *N.obloga*, *Halamphora veneta* (pl. I, fig. 19), *Caloneis bacillum*, *Rhopalodia gibba* *Surirella ovalis*), tolérant une salinité comprise entre 0,5 et 5‰ sont légèrement élevés avec une moyenne de 31,96 % en moyenne (Fig.19). Cette fréquence augmente dans certains niveaux pouvant atteindre 71,33‰ (dans l'éch. HAC1) et de 60,33‰ dans l'échantillon (HAC11).

Les diatomées d'eau douce (*Achnanthydium lineare*, *Amphora ovalis*, *A. pediculus*, *Anomoeoneis vitrea*, *Caloneis ventricosa* (pl. I, fig. 05), *Cyclotella distinguenda* (pl. I, fig. 02), *Cymbella caespitosa*, *Cymbella hulensis*, *Cymbella cymbiformis* (pl. I, fig. 06 ; pl. II, fig.02), *Cymbella Helvetica*, *Epithemia adnata*, *Epithemia turgida* (pl. I, fig. 012), *Eunotia arcubus* (pl. I, fig. 14), *Eunotia pectinalis*, *Eunotia pectinalis var. minor*, *Fragilaria capucina*, *Melosira varians*, *Nitzschia acidoclinata*, *Pinnularia viridis*, *Rhopalodia gibba*, *Stephanodiscus minutulus*, *Ulnaria capitata*, *Ulnaria ulna*), sont largement fréquentes dans la coupe de Hassi El Aez. Et représentent 26,67% en moyenne tout au long de la coupe.

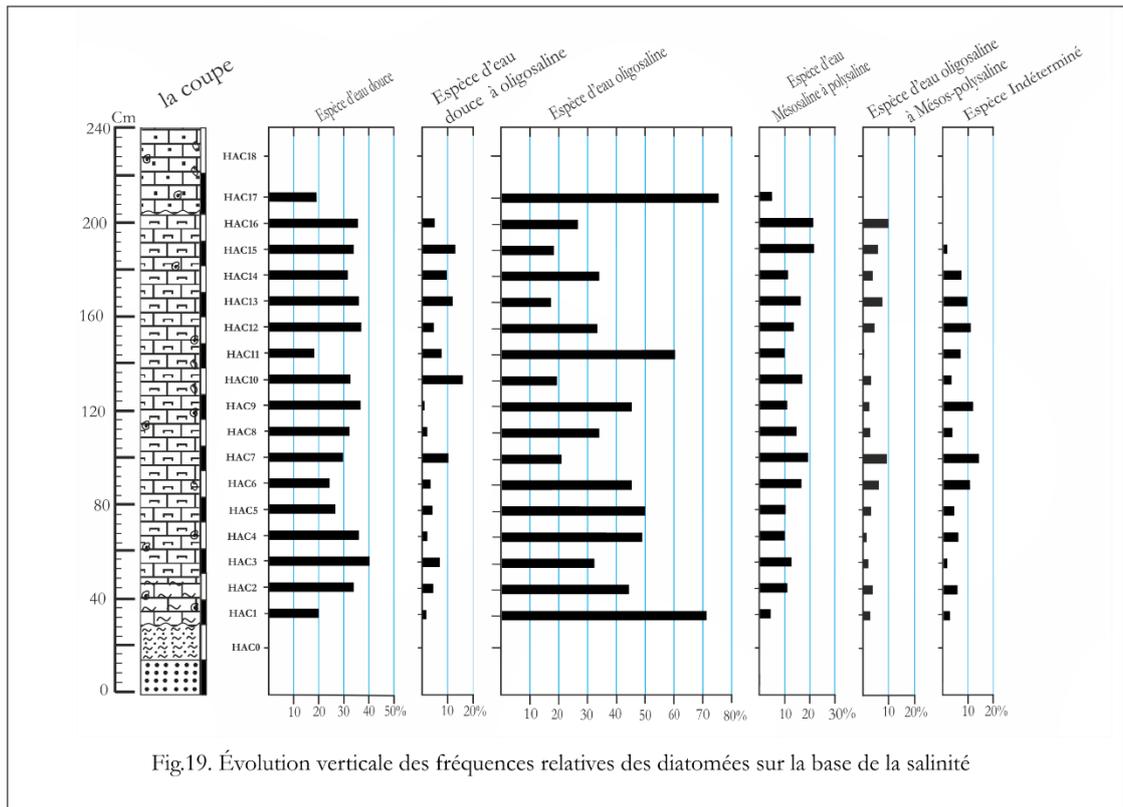
Les formes d'eau douce à oligosaline (*Gomphonema intricatum*, *Gomphonema pumilum*, *Navicula radiosa*, *Nitzschia palea*) dont la salinité est de 0 à 5‰, sont de faible quantité dans l'ensemble des flores, ils ne représentent que 5,45% en moyenne.

Les formes de diatomées oligosalines à méso-polysalines, se représentent par (*Amphora commutata*, *Cyclotella meneghiniana* (pl. I, fig. 01 ; pl. II, fig. 03), *Mastogloia dansei* (pl. I, fig.05) *Mastogloia smithii var. lacustris* (pl. I, fig. 20,21 ; pl. II, fig. 04,07), *Mastogloia braunii* (pl. I, fig.19)) montre une faible abondance, avec une moyenne de 3,5%.

Les formes mésosalines à polysalines (*Achnanthydium affinis*, *Cocconeis pediculus*, *Denticula subtilis*, *Navicula cincta*, *Nitzschia acicularis*, *Nitzschia frustulum*, *Nitzschia acidoclinata*, *surirella ovalis*), tolérant une salinité entre 5 et 30‰. Montre une abondance de 11,67 % en moyenne.

La dominance des diatomées d'eau oligosaline (31,96 % en moyenne) associée aux diatomées d'eau douce (26,67 % en moyenne) suggère un milieu lacustre à tranche d'eau oligosaline à légèrement douce, au moment du dépôt. Ceci pourrait traduire l'effet de dissolution exercé le long de dépôt, par une alimentation soit par des montées d'eau de la nappe phréatique, soit par une alimentation fluviale.

Ce paléolac pourrait être le siège accessoirement d'une tranche d'eau saumâtre, attestée par l'augmentation de fréquence des formes méso-polysaline (11,6 % en moyenne). Ceci suggère des épisodes de concentrations en sels dissous au moment de la sédimentation, due probablement à l'augmentation des apports turbulents de l'alimentation fluviale qui exerce une fluctuation des eaux lacustre, et ainsi que par évaporations.



V-3. Le PH :

Les diatomées alcaliphiles sont les plus abondants avec une fréquence atteignant 73.60% (Fig.20), dans la formation diatomitique lacustre de Hassi El Aez. Ces formes sont représentées essentiellement par ; *Epithemia argus*, *Epithemia adnata*, *Cymbella cymbiformis*, *Cyclotella meneghiniana*, *Mastogloia dansei*, *Mastogloia smithii*, *Nitzschia palea*.

Les espèces alcalibiontes qu'ils ont été considérées comme alcaliphiles, ne représentent que 13,70% en moyenne. Vers la partie sommitale de la coupe une légère augmentation des formes acidophiles s'observe dans l'échantillon (HAC15), représenté par les taxons (*Cymbella helvetica*, *Navicula radiosa*, *Eunotia pectinalis*) avec une moyenne de 4,40% dans l'ensemble de la flore. Tandis que dans la partie inférieure ces formes sont rares et ne représentent que 1.33 %.

Cette analyse confirme que les eaux au moment du dépôt étaient exclusivement alcalines mais subissait dans la partie supérieure une légère acidification liés probablement à des moments d'évaporation ou à des apports liquides par les pluies. Cet épisode légèrement acide est également marqué par la croissance de la fréquence des espèces d'eau mésosaline à polysaline qui coïncide avec les périodes de concentration en sels.

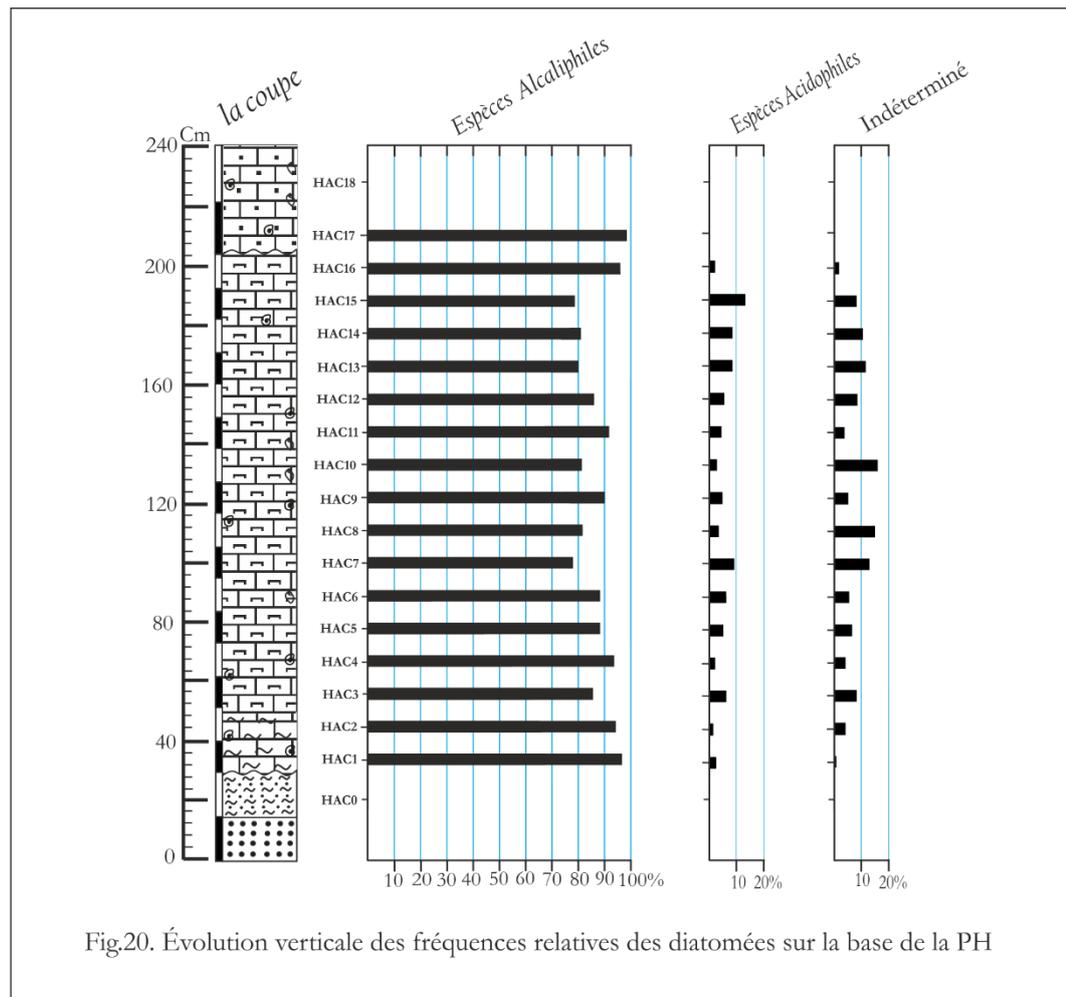
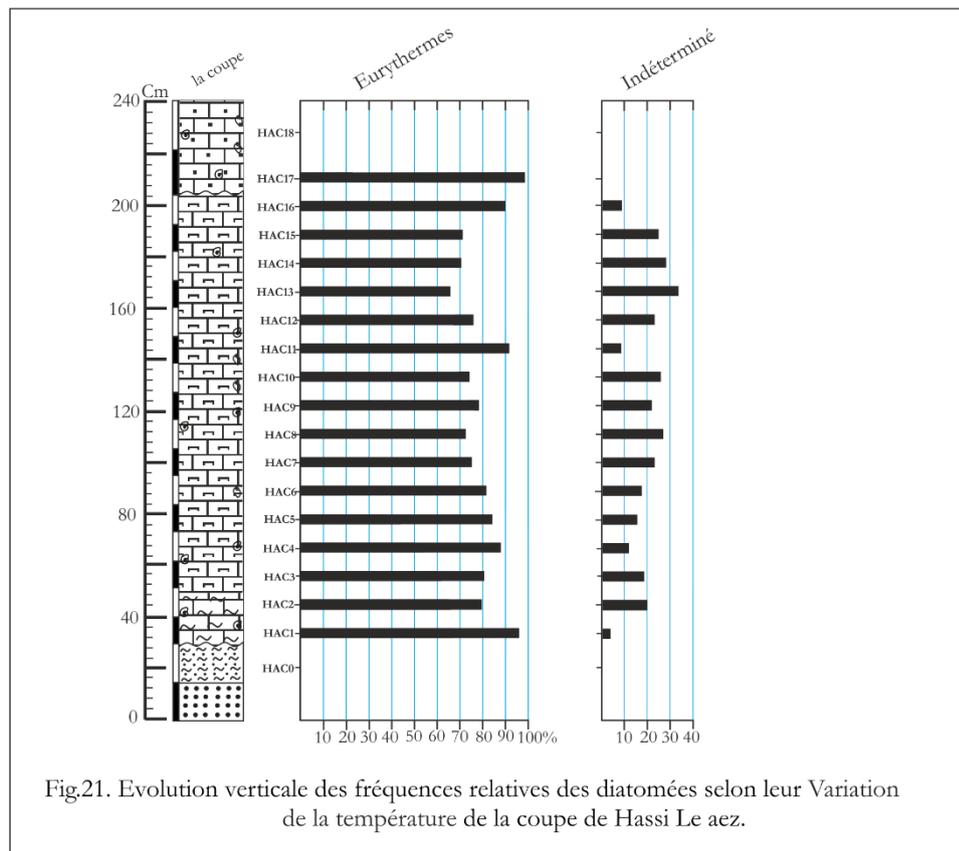


Fig.20. Évolution verticale des fréquences relatives des diatomées sur la base de la PH

V-4. La paléotempérature

L'analyse des diatomées en termes de paléotempérature a révélé une large prédominance des formes de diatomées eurythermes avec 71% en moyenne (Fig.21) tout au long de la coupe. Elles sont représentées par : *Amphora commutata*, *Amphora ovalis*, *Amphora pediculus*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *A. vitrea*, *Cocconeis pediculus*, *Caloneis bacillum*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclotella distinguenda*, *Cymbella cymbiformis*, *Halamphora veneta*, *Epithemia adnata*, *E. argus*, *E. sorex*, *Gomphonema pumilum*, *Gomphonema intricatum*, *Mastogloia dansei*, *Mastogloia smithii* var. *lacustris*, *Navicula radiosa*, *Navicula oblonga*, *Navicula halophila*, *Nitzschia palea*, *Rhopalodia operculata*, *Rhopalodia gibba*, *Denticula subtilis*, *Ulnaria ulna*.

Les formes eurythermes renseignent sur l'existence des conditions thermiques lors de dépôt, qui conditionnent les espèces capable de supporter les variations thermique.



VI. Conclusion

L'étude paléoécologique basée sur l'analyse paléoécologique des groupes de diatomées le long de la coupe de Hassi El Aez montrent une prédominance des espèces épiphytiques, avec une rareté des formes planctoniques, qui traduisent un milieu de dépôt peu profond, calme et sans turbulence et à tranche d'eau oligosaline et alcaline, favorisant ainsi le développement d'une ceinture végétale dense et par conséquent l'accroissement des diatomées épiphytiques. Il est à signaler que la tranche d'eau peu profonde subissait périodiquement des moments de haut niveau.

Elle pourrait correspondre donc à une période d'étiage où le rapport évaporation/drainage est très élevé. Cependant, la fréquence des diatomées d'eau oligosaline et des diatomées d'eau douce au sein de cette phase suggère l'existence de plusieurs épisodes de crue favorisant un drainage assez actif du milieu sous une faible évaporation. L'alimentation était probablement régulière par précipitations, tribulaire, sources, ruissellement. Ceci entraîna une dilution des eaux et offre au milieu une eau oligosaline à douce, perturbé secondairement par des conditions méso-polysaline.

I. Introduction.

D'une manière générale, l'analyse sédimentologique est restée peu développée dans les sites paléolacustres du Grand Erg Occidental lacs de ces régions. Certes les diatomées permettent de suivre l'apparition, le développement, puis la disparition d'un plan d'eau (Servant-Vildary, 1978) mais la sédimentologie s'impose pour mieux cerner la nature et l'origine des matériaux, leur dynamique de mise en place et leur évolution diagénétique.

Les deux analyses (diatomique et sédimentologique) combinées permettent de mieux comprendre le fonctionnement du système lacustre ou « géosystème lacustre » et par conséquent de mieux comprendre l'évolution paléoenvironnementale.

De ce fait, par ce travail nous avons tenté une analyse sédimentologique (granulométrique et calcimétrique) complémentaire pour le site paléolacustre appelé Hassi El Aez en se basant sur deux coupes caractéristiques : Coupe à caractère fluvatile (coupe HAA) et la coupe à caractère lacustre (coupe HAC).

II. Analyse sédimentologique

II-1. Granulométrie et calcimétrie

II-1-1. But de l'essai

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs catégories de grains décroissantes. Du dépôt fluvatile associé au lac du Hassi El Aez.

II-1-2. La granulométrie

L'analyse granulométrique sert à déterminer la distribution en poids des particules d'un matériau suivant leurs dimensions.

II-2. La calcimétrie

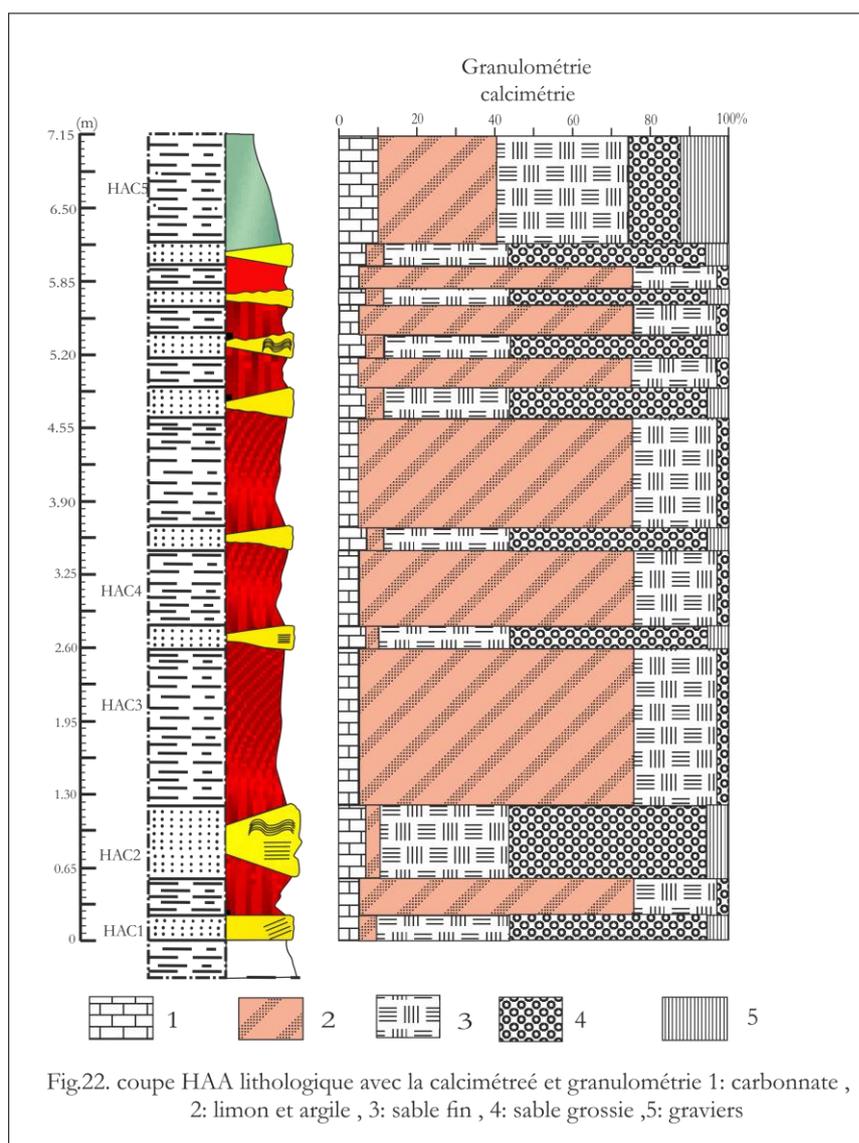
Elle consiste à mettre en évidence le pourcentage (teneur) de carbonate de calcium présent dans les Échantillons ou long de la coupe.

III. La coupe fluvatile de Hassi El Aez (HAA)

III-1. Résultats

La dissymétrie quantifie la déviation d'une distribution granulométrique par rapport à une distribution normale. La dissymétrie met donc en évidence une distribution granulométrique vers des sédiments fins (dissymétrie positive, en raison de la sédimentation de particules fines) ou grossiers (dissymétrie négative, en raison du lessivage ou de l'érosion des particules plus fines par les processus hydrodynamiques) (Rivière, 1977).

Les constituants carbonatés sont très faiblement représentés. Les carbonates tendent à augmenter au sommet de la coupe (Fig.22).



III-2. Description sédimentologique

Les analyses granulométriques et calcimétriques ont permis de distinguer deux faciès principaux.

A. Faciès Grés grisâtre

Ce faciès est constitué par une faible teneur en carbonate (5 à 7%) et des sables très grossiers graveleux (20 et 0.2 mm), des sables moyens et fins (0.2 et 0.02 mm) de couleur jaunâtre et blanche. La morphoscopie des grains de sable montre que les émoussés luisants les plus abondants par rapport aux grains ronds mats et grains non usés.

Ce faciès contient des stratifications obliques à faible angle et parfois déformées. Le dépôt montre un caractère de granoclassement normal et inverse.

Ce faciès passe graduellement au faciès de sable fin et argiles associé à un faciès sableux à stratification entrecroisée, les rides de courant associées à des rides grimpantes (Fig.23, B), et à lamines parallèles. De plus des lentilles de sables, des structures en chenaux (chenalisées).

B. Faciès Argiles

Ce faciès est constitué d'argiles rouges (Fig.23, D), contenant des grains de quartz fins émoussés luisants le plus abondant par rapport aux grains ronds mats et grains non usés de couleur jaunâtre et de dimension. Du point de vue analyse calcimétrique, ce faciès contient à 5% des carbonates



Fig.23. la coupe HAA, A : rides grimpantes, B : faciès contient de stratification oblique à faible angle, C : les rides de courant à mud-crack, D : les argiles

III-2. Interprétation

L'analyse granulométrique montre principalement des constituants limono-sableux, dans laquelle le constituant limon et argile prédomine le long de la coupe, le ballast étant toutefois présent sous forme de granules (graviers). Cette granulométrie démontre un changement des dynamiques fluviales.

Deux modes sont ainsi identifiés dans les sables fins et les sables grossiers. Ces indices montrent un changement du milieu fluviale du lit mineur vers des dépôts d'inondation. Cette progradation est associée à l'augmentation de la teneur de carbonates.

IV. La coupe lacustre (diatomitique) de Hassi El Aez (HAC)

IV-1. Résultats

IV-1-1. Analyses granulométriques et calcimétriques

La dissymétrie quantifie la déviation d'une distribution granulométrique par rapport à une distribution normale. La dissymétrie de la fraction granulométrique de dépôt lacustre de Hassi El Aez met donc en évidence une distribution granulométrique vers des sédiments fins qui reflète une dissymétrie positive, en raison de la sédimentation de particules fines. La teneur en carbonates varié d'un échantillon tout au long de la coupe lacustre de Hassi El Aez (HAC). (Fig.3, A et B).

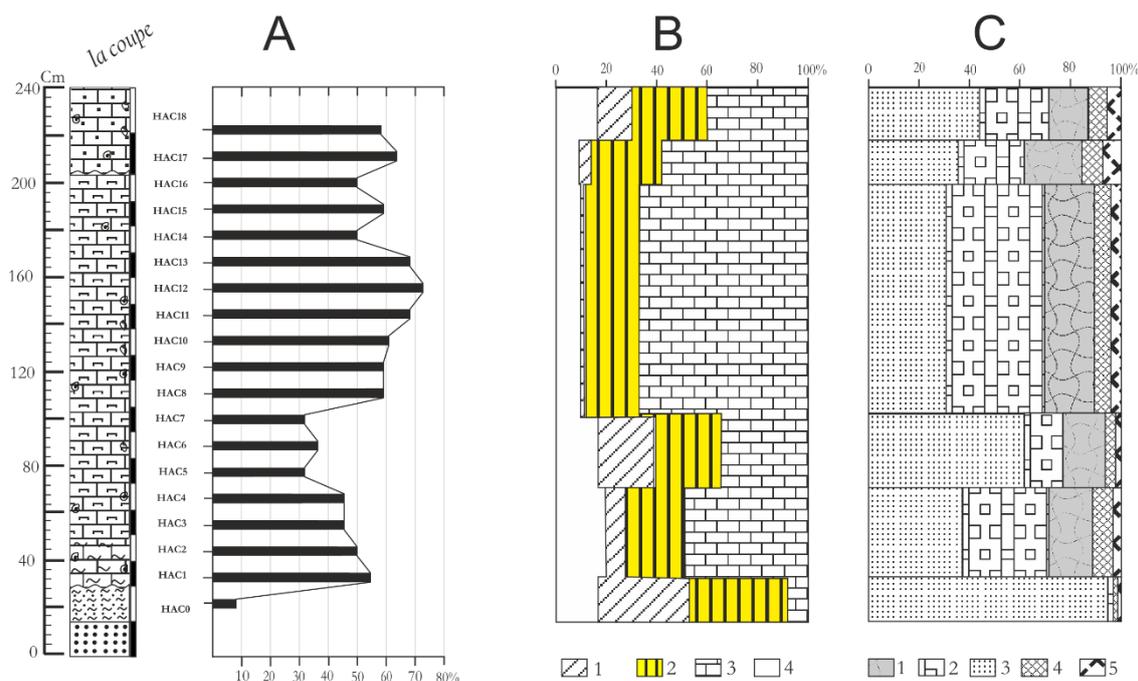


Fig.24.coupe HAC A: la teneur de carbonate ,B: calcimétreé et granulométrie 3: carbonate , 4: les fraction fin : daitomée argile et mateire organique ,2: sable fin , 1: sable grossie ; C: analyses de la loupe binoculaire : 1: ostracode , 2: agrigats , 3: quartz , 4:fragment de tige .5: gasteropode et fragment de gasteropode

IV-1-1. Observation au la loupe binoculaire

L'observation à l'aide d'une loupe binoculaire a pour but de déterminer les composants et les caractéristiques géométriques des différents minéraux existants dans ce dépôt lacustres (Fig.24, C)

IV-2. Interprétation des résultats

IV-2-1. Les éléments constitutifs

Les analyses sédimentologies (granulométrie, Calcimétrie) effectués sur les dépôts de la coupe C conduisent à distinguer les éléments suivants :

A. Le carbonate :

Les apports carbonatés peuvent être incommptable. Les sources de carbonates sont variables, Dans le cas des sédiments de la coupe, la distribution de la calcite permet de mettre en évidence une teneur forte à moyenne. Dans certains niveaux, on note une chute témoignant soit une hétérogénéité des processus de précipitation très localisés ou traduisant les variations saisonnières.

B. La silice :

La majorité de la silice amorphe est d'origine biologique, liée à la sécrétion de frustules siliceux par les diatomées qui prolifèrent dans les milieux lacustres. Ces frustules constituent la matrice de l'ensemble des dépôts sédimentaires lacustres, qu'ils soient quartzeux, argileux ou carbonatés. Cette minéralisation s'effectue durant l'évaporation ou au cours de la diagenèseprécoce à partir de solutions fortement concentrées en silice dissoute (Sebag et al. 1999).

A. Le quartz :

Le quartz est présent dans tous les dépôts étudiés dans Hassi El Aez, que ce soit celle de substrat lacustre (dépôts fluviatile) ou celle du paléolac de Hassi El Aez. L'omniprésence du quartz s'explique par la nature du substratum régional. Le quartz est donc d'origine éolienne, soit directement par piégeage, soit indirectement par remaniement lié aux sources d'alimentations.

B. Les agrégats :

Les agrégats rencontrés dans ces dépôts sont formés de grains de quartz argilo-sableux agglomérés par des matériaux organiques. Ces agrégats sont toujours présents dans les résidus de tamisage et peuvent représenter la totalité de la fraction la plus grossière. Des amas de cellules sont associés aux filaments et aux biofilms.

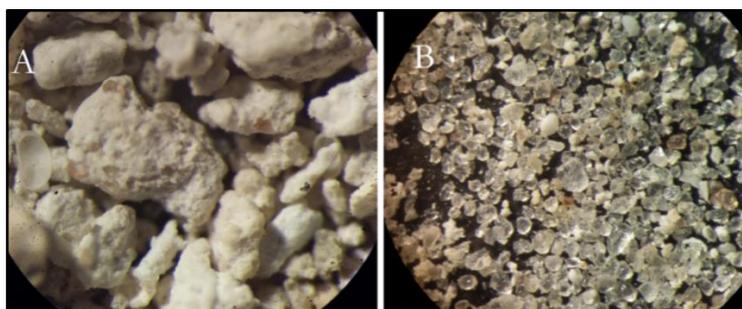


Fig.25. les éléments constitutifs (A : les agrégats ; B : les grains de quartz).

C. Les argiles :

Les argiles (les fractions fines) peuvent comprendre une fraction fluviatile/éolienne détritique et une fraction lacustre néoformée. Dans la région étudiée sont principalement d'origine détritique. Transportées et se déposent directement dans le lac où ils sont formés la base du dépôt carbonaté diatomitique.

D. Les ostracodes :

Les Ostracodes sont des petits Crustacés vivant dans la mer et les eaux douces et saumâtres. Appartient à l'embranchement des Arthropodes. Les études d'écologie s'attachent en général à la relation entre les associations d'ostracodes et la profondeur ou l'éloignement par rapport au littoral (PURI et al. 1969, LACHENAL 1989). Dans les sédiments étudiés des associations lacustres sont alors identifiées. Cette relation est en fait indirecte et les caractéristiques des différentes associations peuvent être rapidement résumées comme il suit :

Les faunes lacustres sont les plus euryhalines et les plus eurythermes ; elles peuvent supporter des variations de salinité et température.

IV-2-2. Faciès sédimentaires

Dans l'ensemble de dépôt lacustre de Hassi El Aez, trois faciès principales peuvent être distingués :

a. Faciès argilo-sableux.

Il se présente sous la forme d'une d'argile avec des lamine plus ou moins continus latéralement, constituée par des sables grossiers (20 et 0.2 mm), des sables moyens et fins (0.2 et 0.02 mm) et de tenure de carbonate entre (8 à 10%), ce faciès contient par des fragmente de gastéropode (*Planorbis*) et des ostracodes.

b. Facies carbonatés diatomitique argileuses.

Présente par de tenure de carbonate entre 28 à 30% est constituée par des graine de quartz fine et grossiers et des agrégats, contient de fragment et coquille de gastéropodes, Les ostracodes sont abondant par pour le fragment des tiges végétale ; Carbonatés argileuses diatomitique à la base sont mises en place dans un environnement lacustre très peu profonde périodiquement calme.

c. Faciès carbonatés. (daitomitique, sableuse)

Les carbonatés à tenure plus de 50% composés d'une matrice argilo-carbonatée diatomitique, très poreuse, riche en éléments figurés (grains de quartz, agrégat, fragments, tiges). La dimension des graines de quartez est très fin (0.2 à 0.02 mm).La matrice, localement grumeleuse et bioturbée, est constituée d'une fraction argileuse sombre, très riche en frustules, intimement liée à une calcite microcristalline.

La distribution de cette phase carbonatée est responsable d'un aspect moiré de la matrice. Les quartzs subarrondis forment des alignements horizontauxdiffus. Ces alignements se remarquent d'autant mieux qu'ils sont constitués de grains isométriques. Les biorestes sont nombreux et variés : valves d'ostracodes (*Candona*, *Darwinula*, *Limnocythere*, *Pseudocandona*) et fragments de coquilles des gastéropodes (*Planorbis* et *Limnea*), et des nombreux fragments végétaux.

Ces niveaux témoignent de la relative stabilité d'un milieu aquatique. La présence de nombreuses traces d'activité biologique (terries...) témoigne d'une faible profondeur d'eau. Les ciments carbonatés qui leur sont associés ont probablement été mis en place lors de remises en eau postérieures à l'assèchement (concentration des eaux phréatiques). Les analyses sédimentaires effectuées montrent que cette zone de sédimentation correspondait à un lac en bordure de la dépression interdunaire, qui s'installe au-dessus d'un dépôt fluvial antérieurement déposé.

Plusieurs structures et éléments faunistiques ont été observés tels que : tiges, fragment de gastéropodes, et des cristaux dispersés dans les sédiments. Cette diversité témoigne une tranche d'eau peu profonde.

Les conclusions du présent travail confirment donc par des arguments directs les interprétations précédentes : milieu peu profonde, favorable au développement d'écosystèmes bactériens (Durand *et al.*, 1984) (abondance des bio-agrégats).

VI. Évolution paléoenvironnementale :

Les analyses sédimentologiques permettent de proposer une évolution des conditions de dépôts reflétant les changements du contexte hydroclimatique local. Dans le cadre d'une démarche séquentielle, les paramètres sédimentologiques peuvent être interprétés à l'échelle de la coupe, et à l'échelle des échantillons prélevés sur le terrain (séquence granulométriques-calcimètre).

Dans la coupe Hassi El Aez, les limites lithologiques permettent de définir une séquence qui reflète des changements climatiques. Dans cette séquence on peut distinguer :

- le substratum sableux qui a été exposé à l'activité fluviatile avant la mise en place de system lacustre. (Fig.6.A, B)
- Les carbonates diatomitiques argileux qui reflètent la mise en eau de la dépression dont le fonctionnement oscille entre celui d'un réacteur biogéochimique et celui d'un bassin de décantation (sédimentation mixte biogéochimique et détritique). Ceci peut traduire une phase d'instabilité climatique responsable d'exondations et de remises en eau successives.
- Les diatomites carbonatées, qui sont liées à une modification majeure du contexte climato-hydrologique.

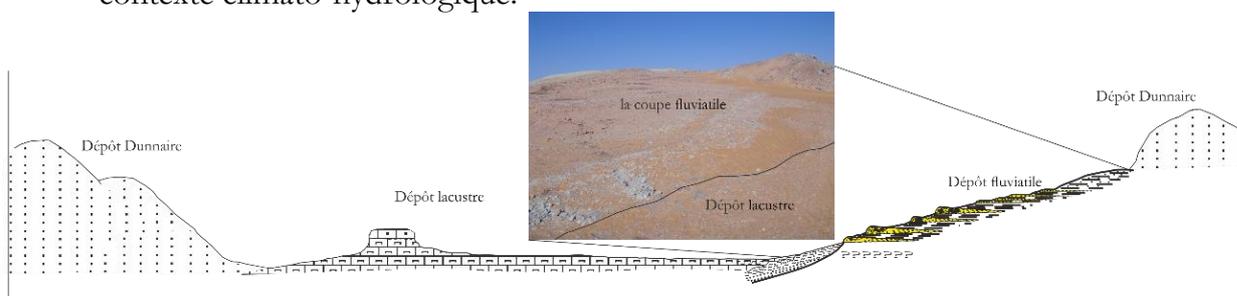


Fig.28. Évolution paléoenvironnementale ; A : Coupe schématique explicative le dépôt fluviatile avant la mise en place de système lacustre

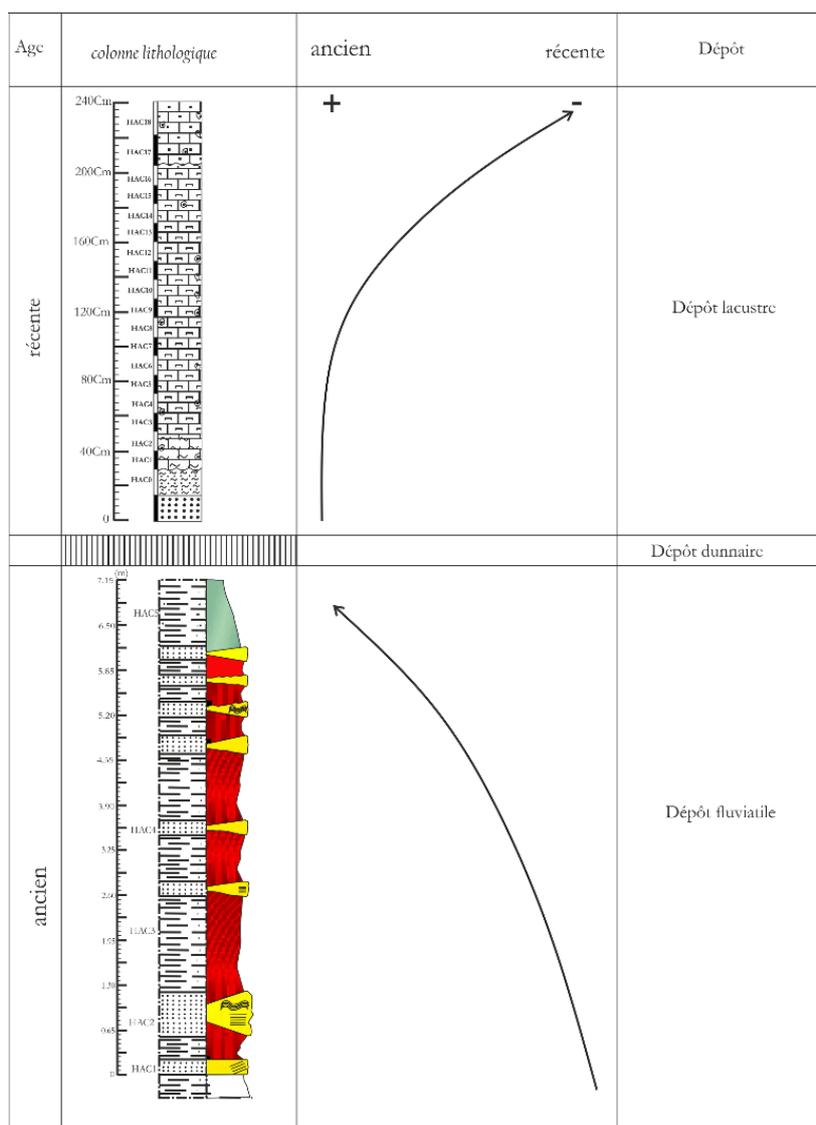


Fig.28. Évolution paléoenvironnementale ; B : le dépôt fluvatile avant la mise en place de system lacustre

VII. CONCLUSION

Les analyses sédimentologiques nous permis de définir les constituants des dépôts d'un point de vue quantitatif et qualitatif (nature, taille, forme, aspect, etc.). Trois dynamiques sédimentaires dominantes ont ainsi été distinguées en relation avec le contexte climatique et l'origine de l'eau (superficielle ou phréatique) : décantation de matériel éolien, silice biogénique, et précipitations physico-chimiques. Nous avons ainsi retracé l'évolution du lac de HassiElAez basant sur les flores de diatomées, qui ils sont représentatif de l'évolution hydroclimatique régionale au cours de l'Holocène.

Les analyses des diatomées sont basées sur celles résultant de l'analyse de Gasse, 1987 et 2002. L'analyse sédimentologique permet de préciser l'analyse paléoécologique (flores de diatomés) et confirme la faible tranche d'eau du lac avec un contexte physico-chimique.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les dépôts fluviaux-lacustres d'âge holocène de la région de Hassi El Aez qui s'inscrit dans la partie centrale de Grand Erg Occidentale, à environ 70 Km au Nord de l'Oasis de Tinerkouk (Gourara Septentrional), ont fait l'objet d'une étude lithologique, sédimentologique et paléontologique en terme de diatomées. Cette étude nous a permis de ressortir de nombreux résultats sur le plan paléontologique, sédimentologique et paléoenvironnementale.

Le levé de coupes dans la dépression interdunaire de la région de Hassi El Aez a permis de distinguer une unité à sédimentation fluviale (coupe HAA), constituée d'une alternance d'argiles et sables en structures lenticulaires ; surmonté d'une unité sédimentaire à caractère lacustre (Fig.) à faciès variable (calcaires diatomitiques argileux et des calcaires diatomitiques, surmontés par un niveau de calcaires sableux légèrement diatomitiques (coupe HAC). Ces deux unités sont diachronique (stratigraphiquement les dépôts paléolacustre sont postérieur aux dépôts fluviale).

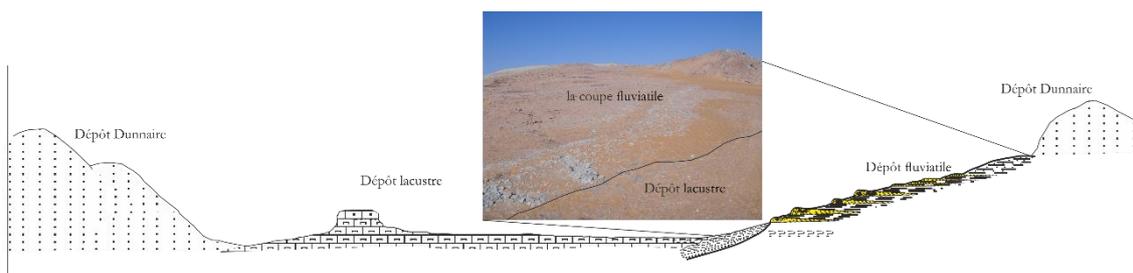


Fig.29. Évolution paléoenvironnementale ; A : Coupe schématique explicative le dépôt fluviale avant la mise en place de système lacustre

L'analyse quantitative et qualitative de la microflore diatomique des faciès lacustres (unité lacustre : coupe de Hassi El Aez HAC) a révélé 58 espèces et variétés de diatomées réunies en 21 genres. A partir de cette analyse, plusieurs groupes écologiques en fonction de la salinité, ont été ainsi définis. La majorité de ces groupes écologiques sont liés à un pH alcalin. L'un des traits majeurs de cette microflore diatomique ou de ces groupes écologiques est la prédominance des diatomées épiphytiques au profit des formes planctoniques, suggérant un milieu de sédimentation lacustre à tranche d'eau peu profonde soumise sporadiquement à des épisodes plus profondes comme l'atteste la fréquence élevée des formes planctoniques dans certains échantillons.

Les fluctuations des différents groupes écologiques définis, le long de la coupe, ont permis de mettre en évidence l'évolution paléoenvironnementale du paléo-lac, surmontant le dépôt fluviatile détritique, et qui correspond à un milieu peu profond à tranche d'eau oligosaline, ces dépôts montrent une seule phase de sédimentation. Une phase peu profonde, calmes à tranche d'eau alcaline, et oligosaline, soumise à de brefs périodes plus profondes et à des épisodes d'assèchement au moment de la sédimentation de la partie sommitale.

Dans le cadre sédimentologique, l'analyse granulométrique et la calcimétrie des sédiments de l'unité fluviatile (Coupe Hassi El Aez HAA) montrent des constituants limono-sableuse, avec une prédominance de limons et argiles. Cette granulométrie plaide en faveur d'un changement des dynamiques fluviatiles. Deux modes sont donc identifiés dans les sables fins et les sables grossiers. Ces indices montrent un changement du milieu fluviatile du lit mineur vers des dépôts d'inondation cette progradation est associée à l'augmentation de la teneur en carbonates.

En général, trois dynamiques sédimentaires dominantes ont ainsi été distinguées : décantation de matériel éolien, silice biogénique, et précipitations physico-chimiques. les résultats obtenus permet de préciser l'analyse paléocéologique (flores de diatomées) et confirme la faible tranche d'eau du lac dans un contexte physico-chimique.

Références bibliographiques.

- ADJEDIR M. (2002)** - La microflore diatomique et paléoenvironnement du Pléistocène supérieure des dépôts d'El Ouata (Sahara nord- occidental, Algérie). Thèse Magister, Univ. Oran (Algérie), 159 p., 8 tabl., 26 fig., 6 pl.
- Alali A. Benmohammadi A, Boudad L, Aqid N. (2014)** - Etude Sedimentologique Des Sables Dunaires DeLa Plaine De Tafilalet. Larhyss. J. ISSN 1112-3680, n°17, pp. 155-177
- ALIMEN H. (1952)** – Terrains néogènes et quaternaires. XIXème Congr .géol. intern. Alger 1952, Monogr. Région,sér 1, n° 15, 207 p.
- ALIMEN H. (1956)**- sable quaternaire du Sahara nord-occidental (Saoura-Ougarta). Pub. Serv. Carte géol. Algérie, Bull. n°15 : 207 p.
- ALIMEN H. (1960)** – Tertiaire et Villafranchien au Sahara nord-occidental.C .R. somm. S.G.F: 238-240.
- ALIMEN H., CHAVAILLONS J. et CONRAD G. (1959)** – Formation arides et paléosols quaternaires au Sahara nord-occidental. C .R. somm. S.G.F: 104-105.
- ALIMEN H., CHAVAILLON J. Et DUPLAIX S. (1964)** – Minéraux lourds des sédiments quaternaires du Sahara nord-occidental, pub. Centre. rech. Sous-sol saharien, C.N.R.S, paris, sér : géol n°4, 71 p.
- ALIMEN H., BEUCHER Fr., CASTA L. et EHRlich A. (1970)** – Sédiments quaternaires à diatomées du Sahara nord occidental. Bull. Soc. Géol. France, 7, XII, n°1, pp. 103-107.
- Allaire N. (1997)**- Relation entre les assemblages de diatomées et les variables environnementales de 70 lacs du Québec-Labrador et résultats préliminaires d'une étude paléolimnologique du lac Hope Simpson. Thèse M.A., Université Laval, Québec, Québec.
- Benallou S. (2013)** – Inventaire fossilifère d'un dépôt lacustre quaternaire du Hassi Manda (Erg Raoui) sud ouest du Sahara algérienne. Mém ING, Univ, Oran, Algérie : 50p.
- Beucher Fr. (1971)** - Etude palynologique de formations néogènes et quaternaires du Sahara nord-occidental. Thèse Fac. Sci. Paris. A. O.5408, série : Géologie n°20, 283 p., 56 fig., tabl., 23 pl. h.-t.
- BAUDRIMONT R. (1972)** – Diatomées des sédiments néolithiques d'Anou oua Léliou (Erg d'Admer-Sahara algérien) : leur intérêt paléoécologique . 97 Cong Soc. Savantes, Nantes.
- 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, sér n° 12 : 265 p., 22 pl.ht.
- BAUDRIMONT R. (1974)**– Recherches écologiques sur les diatomées des eaux continentales du Maroc. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Alger, t. 65, fasc. 1 et 2 : 34 p
- BEUCHER Fr. (1975)**– Etude palynologique de formation néogène et quaternaire du Sahara nord-occidental. Thèse. Fac. Sci. Paris, A. O. 5408, sér : géol n°20 : 283 p.
- BOURRELLEY P. (1981)** – Les Algues d'eau douce : algues jaunes et brunes. N. Boubée & C. Paris., n° 28, II, 517. P

Références bibliographiques.

- BEZZEGHOUD B. (2009)** – La microflore diatomique et paleoenvironnement des dépôts lacustres Holocène de Hassi El Medjna (Grand Erg Occidental, Algérie). Thèse Magister, Univ. Oran (Algérie), 144 p, 10 tabl, 24 fig, VII pl. ht.
- Cailleux A. (1937)** – Méthode d'étude de la de la morphologie des grains de sables. C. R. somm. Soc. Géol. Fr., T.16. pp. 224- 225.
- CALJON A. et COCQUYT C. (1992)**– Diatoms from surface sediments of the northern Part of Lake Tanganyika. *Hydrobiologia* 230 : 135-156.
- 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. (1988)**– Evolution polyphasée d'un massif dunaire subtropical : le grand Erg Occidental (Algérie). *Bull. soc. Géol. France.*, n°6 : 1073-1079.
- CALLOT Y. (1991)**- Histoire d'un massif de dunes, le Grand Erg Occidental (Algérie).Pub. Sécheresse, Paris, n°2 : pp. 26 – 39.
- CALLOT Y. (1991)** - Géodynamique et paleoenvironnement de l'Atlas Saharien au Grand Erg Occidental : dynamique éolienne et paléo-lacs Holocènes. Thèse Doct. Univ. Paris: 192 p.
- CALLOT Y. et al., (2000)** - Geomorphologic approach for modeling the surface features of arid environments in a model of dust emissions: application to the Sahara desert. Pub. Elsevier, Paris, n°13: pp. 245 – 270.
- CALLOT Y. et al., (2008)** - Les sites lacustres d'âge holocène dans l'est du Grand Erg occidental (nord-ouest du Sahara algérien) : interprétation géomorphologique et paléoclimatique. Pub. Géomorphologie : relief, processus, environnement, Paris, n° 3, p. 187-200.
- CAMPEAU, S. (1998)** - Diatomées des milieux côtiers actuels et tardi-holocènes de la Mer de Beaufort. Distribution des assemblages modernes, développement d'un modèle numérique de reconstitution des variations du niveau marin relatif et biostratigraphie. Thèse Philosophiae Doctor., Université Laval, Québec, (Canada). 237 p
- Capot- Rey R. (1941)** – Observation géologiques à la bordure de l'Erg occidental. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, t. XXXII, pp. 47-55.
- CHAVAILLON J. (1960)**– Précisions apportées à la chronologie quaternaire du Sahara nord-occidentale (subdivision de l'Ougartien). C.R. somm. Soc. géol. Fr: 182-183.
- 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.
- COMPÈRE P. (1984)** – *Nitzschia fragiliformis* a new species from NW Sudan forming ibbo-like colonies. 8 th Diatom-Symposium: 253-258.
- COMPÈRE P. (1988)**– *Brachysira Microcephala* (GRUNOW) compère nom correct de «*Navicula exilis* » Grunow, 1860, nom Kutzing 1844. *Mém. Soc. Roy. Bot. Bely.*10 : 9-11

Références bibliographiques.

- COMPERE P. (1991)** – Contribution à l'étude des algues du Sénégal : Algues du lac de Guiers et du Bas Sénégal. Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. / Bull. Nat. PllantentuinBelg. n°15 (3/4): pp. 171-267.
- COMPERE P. (2000)** – Clé provisoire pour la détermination des genres de diatomées d'eau douce. Version 5-V.
- CONRAD G. et CONRAD J. (1965)** – Précisions stratigraphique sur les dépôts Holocènes du Sahara occidental grâce à la géochronologie absolue. Extrait. C. R. somm. Soc. Géol. France., fasc. 7 : p. 234.
- CONRAD G. (1969)** – L'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algérien (Saoura, Erg Chech, Tanezrouft, Ahnet-Mouydir). Pub. Centre Rech. Zones arides, C.N.R.S., sér : géologie n°10 : 527 p.
- CORNET C. (1986)** – Contribution à l'étude de l'évolution paléoécologique de la fin du quaternaire dans les Vosges et L'Eifel, d'après les diatomées d'eau douce. Thèse, Univ. Catholique Louvain : p. 1-176.
- COSTE M. et RICARD M. (1990)** – Diatomées continentales des îles de Tahiti et de Moorea (Polynésie Française). Continental diatom for Tahiti and Island (Franch, polynesie). Ouvrage dédié à H. Germain, Koeltz : pp. 33-62.
- D. Sebag, A. Durand, Z. Garba2, J. Lang & E. P. Verrecchia 2006**_ Dynamique sédimentaire et diagenétique d'un lac interdunaire holocène *Africa Geoscience Review*, Vol. 13, No. 4, pp. 409-423, 2006 en milieu subaride (N'Guigmi, Lac Tchad, Niger)
- EHRlich A. et DOR L. (1985)** – Photosynthetic microorganisms of the Gavish Sabkha. Hypersaline ecosystems, *Ecologia Studies*, 53: pp. 296-321. 6 pl.
- FALLU, M.A. (1998)** - Distribution des diatomées d'eau douce en Jamésie-Hudsonie, Québec, et développements d'un modèle de reconstitution paléoclimatique. Thèse de Maître ès Arts., Université Laval, Québec, (Canada), 98 p.
- FALLU, M.-A. & R. PIENITZ. (1999)** - Diatomées lacustres de jamésie-hudsonie (Québec) et modèle de reconstitution des concentrations de carbone organique dissous. *Ecoscience*, 6: 603-620 pp. Unrestrict PDF - Trial Edition Website : <http://www.unrestrictpdf.com>132
- FAN, H. (1994)** – Paléoenvironnement, Paléoclimat du Tibet Occidental (Bassin de Bangong Co) au quaternaire supérieur. Approche par l'étude des diatomées. Thes. Doct. Univ. Paris: 38-137.
- FERNAND, J. (2006)** - Les eaux sauvages des régions arides. Notions de base sur l'hydrologie des déserts. Pub., Géomorphologie : relief, processus, environnement, n° 4, p. 285-298.
- FLAMAND G.B.M. (1911)** – Recherches géologiques et géographiques sur le « Haut pay de l'Oranie et sur le Sahara » (Algérie et territoires du Sud). Thèse Lyon, Reyédit., 1 vol. in-4.
- FONTES J-C. et GASSE F. (1991)** – PALHYDAF (Paleohydrologie in Africa) program : objectives, methods, major results. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology* 84 : Elsevier sci pub B. V., Amsterdam : pp. 191-215.

Références bibliographiques.

- FROHRLICH F. et SERVANT-VILDARY S. (1989)** – Evaluation of diatom content by counting and infrared analysis in quaternary fluvio-lacustrine deposits from Bolivia. *Diatom Research* Vol. 4 (2): pp. 241-248.
- GARDETTE D. (1979)** – Apport de l'étude des diatomées et des silicoflagellés à la biostratigraphie. Reconstitution du Messinien de méditerranée : analyse de quelques tripolis du passage Mio-pliocène à Chypre, en Crète et au Maroc. Thèse. Doc. 3 cycle. Univ. Paris-sud : 274 p.
- Garba, Z. 1997-** Dynamique des transports éoliens et enregistrement sédimentaire de l'aridité à la limite Sahara-Sahel depuis 15,000 ans (Massif de Termit et Manga méridional, Niger). *Thèse Doctorat*, 412 p. Université Bourgogne, Dijon, France.
- GASSE F., FONTES J-C et ROGNON P. (1974)** - Variations hydrologiques et extension des lacs Holocènes du désert Danakil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, palaeoecology*, 15 : Elsevier sci pub Company, Amsterdam, Printed in the Netherlands : 109-148.
- 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., TEHET R., DURANTA. et GILBERT E. (1990)**– The arid-humid transition in the Sahara and the Sahel during the last deglaciation. *Nature* 346 : 141-156.
- GASSE F. et FOURTANIER E. (1991)**– African diatom palaeoecology and biostratigraphy. *Journ. African. Earth sci*, vol 12, n°. ½ : 325-334.
- GASSE F., JUGGINS S. et BEN KHELIFA L. (1995)** – Diatom based transferfunction for inferring past hydrochemical characteristics of African lakes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, palaeoecology*, 117 : France : 31-54.
- GASSE F. (2002)**- Diatom inferred salinity and carbonate oxygen isotopes in Holocene waterbodies of the Western Sahara and Sahel (Africa). *Quaternary Science Review*. 21, France : 737-767.
- GASSE F. (2007)** – La recherche française sur le climat. *Paléoclimatologie. Lett. Program. Intern. geosphere-program. Mondial. Rech. climat (PIGB-PMRC). C.N.R.S*, 4 p.
- GARDETTE D. (1979)** – Apport de l'étude des diatomées et des silicoflagellés à la biostratigraphie. Reconstitution du Messinien de méditerranée : analyse de quelques tripolis du passage Mio-Pliocène à Chypre, en Crète et au Maroc. Thèse Doc. 3 cycle, Univ. Paris-sud : 274 p.
- GIAJ-LEVRA P. et ABATE O. (1993)**– Le diatomée d'acqua dolce in Italia. Edit. dall'Enea, Roma : 290 p.
- Grekoﬀ N. (1956)** – Guide pratique pour la détermination des ostracodes postpaléozoïque. Soc. edit. technip. pp. 33- 43.
- HAJOS M. (1970)** – The mediterranean diatoms : Init. Rep. D.S.D.P. Proj Washington Vol. XII : 944-970.

Références bibliographiques.

- HAMADI A. (2015)**- La microflore ditomitique des dépôts quaternaire de Hassi Manda (Tabelbela, bordure occidentale de l'Erg ErRaoui, Algérie). Thèse Magister, Univ. Oran (Algérie), 142p ., Tab 9.,27 fig.,3pl.
- HOOVER R.B. (1979)**– Those Marvelous, Myriad Diatoms. National Geographic : 871-878.
- HUAULT M-F. et LEFEBVRE D.(1983)** – Un dépôt Holocène exceptionnel dans la basse-vallée de la seine : la diatomite calcifiée de la Mailleraye-Sur-Seine (France). Bull. Ass. Fr. Et. Quat., 4 : 171-181.
- HUAULT M-F. (1989)**– Les diatomées Holocène de l'estuaire de la seine au Havre (Seine- Maritime). Essai de reconstitution de l'évolution du milieu durant le subboréal et la subatlantique.Bull. Ass. Fr. Et. Quat., 1 : 39-49.
- HURLIMANN J. et SCHANZ F. (1988)**– Periphyton diatom communities and tropic states of three shallow lakes in the pfynwald region of canton valais, Switzerland. Arch. Hydrobiol, Suppl. Algological Studies. 48 : 351-371.
- HUSTEDT F. (1957)** – Die "Diatomeenflora" der Flusssysteme der Weser im gebiet der Hansestadt Bremen. Abh. naturw. Ver. Bremen. 34 (3) : 181-440.
- JENSEN, N.G. (1985)** – The Pennate Diatoms. A Translation of Hustedt's "Die Kieselalgen, 2. Teil" with supplement by N.G. Jensen. Königstein: Koeltz, 918 pp.
- KRAMMER, K. (2002)** - Cymbella. Dans Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats (H. Lange -Bertalot, dir.). A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell, 3: 1-584.
- KRAMMER, K. (2003)** - Cymboplectra, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybella. In: Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters Unrestrict PDF - Trial Edition Website : <http://www.unrestrictpdf.com>135 and comparable habitats (H. Lange -Bertalot, dir.). A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell, 4: 1-530.
- KRAMMER, K. et LANGE-BERTALOT H. (1991a)** - Bacillariophyceae, Teil 3, Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Band 2/3: Süßwasserflora von Mitteleuropa (begründet von A. Pascher). Gustav Fischer, Stuttgart, 576 p.
- KRAMMER, K. ET LANGE-BERTALOT H. (1991b)** - Bacillariophyceae, Teil 4, Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. . Band 2/4: Süßwasserflora von Mitteleuropa (begründet von A. Pascher). Gustav Fischer, Stuttgart, 536 p.
- KRAMMER, K. et LANGE-BERTALOT H. (2004)** - Bacillariophyceae, Teil 3, Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Band 2/3 (second edition). Süßwasserflora von Mitteleuropa (begründet von A. Pascher). Gustav Fischer, Stuttgart, 599 p.
- LANGE-BERTALOT, H. (1996)** - Kobayasia bicuneus gen. et spec. nov. Iconographia Diatomologica, vol 4, pp. 1-287. LAVOIE, I. et al., (2008). - Guide d'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada. Presses de l'Université du Québec (Canada). 243 p., 9 tabl., 68 pl.
- LOIR M. (2004)** – Guide de diatomées. Les guides du naturaliste, Déchaux et Niestlé, Paris, 239 p.

Références bibliographiques.

- Mahboubi S. (2008)**- les dépôts fluvio-lacustres holocènes de la moyenne Zouzfana(Région de Thaghit, Sahara nord-occidental, Algérie). Mém ING, Univ, Oran,
- MANSOUR B. (1991)** – La serie Diatomitique Messinienne de SIG : Etude systématique des Diatomées et implication paléoécologiques.,These. Magister. univ. Oran (Algerie), 145 p, 11.pl.
- MANSOUR B., MOISSETTE P., NOEL D et ROUCHY M. (1995)**– L'enregistrement par les associations de diatomées des environnements messiniens : l'exemple de la coupe de Sig (bassin du Chélif-Algérie). Geobios 28, 3 : 261-279.
- MANSOUR B. & SAINT MARTIN J.P. (1998)** – Condition de dépôt des diatomées messéniennes en contexte de plate-forme carbonatée d'après l'étude des assemblages de diatomées : exemple du Djebel Murdjadjo (Algérie). BEOBIOS,32, 3 : pp. 395-408.
- PERAGALLO H. et M. (1897-1908)** – Diatomées marines de Frances et des districts maritimes voisins. 2 vol : 491-137.
- PIENITZ R., WALKER I.R., ZEEB B.A., SMOL J.P., et LEAVITT P.R (1992)** – Biomonitoring past salinity changes in an athalassic subarctic lake. Int. J. Salt Lake Res. 1(2), pp.91-123, 7 pl.
- PIENITZ R., SMOL J.P. et BIRKS H. (1995)** – Assessment of freshwater diatoms as quantitative indicators of past climatic change in the Yukon and Northwest Territoire. Canada. Journal of Paleolimnology 13 : 21-49.
- PIENITZ R., SMOL J.P., et MACDONALD. (1999)** – Paleoclimatological reconstruction of Holocene climatic trends from two boreal treeline lakes, northwest territories, , Arctic, Antarctic and Alpine research, Canada, vol.31, n.1, pp. 82-93.
- Pipik, R. et Marie A. (2005)** Espèces du groupe de *Candona candida*, *Candona neglecta* et quelques *Candona* à l'aspect morphologique problématique (*Candonidae*, *Ostracoda*) du Bassin de Turiec (Miocène supérieur, Slovaquie). Ann. Paléon.91. pp. 280– 309.
- PRENANT A. (1951)** – Morphologie de la plaine de la Zousfana. Trav. Inst. Rech. sahariennes. Alger, t 7 : 23-67.
- PONADER, K. (2000)** - Analyse paléolimnologique d'un lac subarctique à la limite des arbres, Québec nordique, basée sur les assemblages fossiles de diatomées. Thèse de Maître ès Arts. Univ. Laval, Québec (Canada), 85 p.
- RICARD M. (1987)** – Atlas du phytoplankton marin. Mus. Natn. Hist. nat., Paris: 142.p.
- ROUX M. et SERVANT-VILDARY S. (1984)** – Comparaison stratigraphique de peuplement de diatomées fossiles et actuelles provenant des montagnes de Bolivie. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol., vol. XIV. n°1, Paris : pp. 3-13.
- Rosenfeld A., Nathan Y. et Ortal R. (2003)** - Palaeoenvironment of the Acheulian Gesher Benot Ya'aqov Pleistocene lacustrine strata, Northern Israel–lithology, ostracod assemblages and ostracod shell geochemistry. Jour African Earth Sciences 3. pp. 169–181.
- Rosenthal Y., Katz A. et Tchernov E. (1989)** - The reconstruction of Quaternary freshwater lakes from the chemical and isotopic composition of Gastropod shells: the Dead Sea Rift, Israel. Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeocol. 74. pp. 241–253.

Références bibliographiques.

- Rossetti G., Bartoli M. et Martens K. (2004)** - Limnological characteristics and recent ostracods (Crustacea, Ostracoda) of freshwater wetlands in the Parco OglioSud (Northern Italy). *Ann. Limnol.*, 40. pp. 329-341.
- ROUX M. et SERVANT-VILDARY S. (1984)**- Comparaisons statistiques de peuplements de diatomées fossiles et actuelles provenant des montagnes de Bolivie. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol.* Vol. XIV. n°1. Paris : 3-13.
- RUMEAU A. et COSTE M. (1988)** – Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*: 69p.
- SAINT MARTIN J.P., PESTRIA S., MANSOUR B. et NOTONIER R. (1999)** – Diatomées associées aux tapis microbiens : une clé pour la compréhension des constructions microbiennes anciennes ?. *Cryptogamie : Algologie*. 20 vol, n°2 : 108-109. *Astrobiology.*, Springer., The Hebrew University of Jerusalem, Israel For further., Vol. 19. 533 p.
- SAULNIER-TALBOT, É. (2000)** - Succession lacustre et variations limnologiques holocènes du lac Kachishayoot, Québec nordique, inférées par les assemblages fossiles de diatomées. Thèse Maître ès Arts., Université Laval, Québec, (Canada). 105 p.
- SCHERROD B.L. (1999)** – Gradient analysis of diatom assemblage in a Puget Sound salt marsh: can such assemblages be used for quantitative paleoecological reconstitution. *Paleogeography, paleoclimatology, paleoecology*, 149, pp.213-226. SECKBACH, J - *The Diatom World : Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and*
- SCHOELLER H. (1945)**– Le Quaternaire de la Saoura et du Grand Erg occidental. *Trav. Inst. Rech. Sahar.* 3 : 57-71.
- SCHOEMAN F.R. et ASHTON P.J. (1982)**– The diatom flora in the vicinity of the Pretoria Salt Pan, Transvaal, Republic of South Africa. I. Diatomaceae III. *Nova Hedwigia*, 73 : 21-54.
- SEBAG D. et al (2006)** - Dynamique sédimentaire et diagénétique d'un lac interdunaire holocène en milieu subaride (N°Guigmi, Lac Tchad, Niger) *Pub. Fr. Africa Geoscience Review*, Vol. 13, No. 4, pp. 409-423.
- SERIEYSSOL K.K. et BLANC P. (1983)**– Preliminary attempts of transmission work using a scanning electron microscope. Applied to diatoms. *Revue. Micropaléontologie*. 26 vol. N. 1. Paris.
- SERIEYSSOL K. et GASSE F. (1991)**- Diatomées néogènes du massif central Français : quelques faits biostratigraphiques. *Paléontologie. C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 312, sér II : 957-964.
- SERIEYSSOL K.K. et KRIER V. (1995)** – Diatoms from the archeological site, «Le Grand Marais», Champagne-Sur-Oise, France. *Vie milieu*, 45(3/4) : 243-248.
- SERIEYSSOL K.K., THERIOT E. et GASSE F. (1996)**– *Stephanodiscus radiatus* and *Mesodictyon gasseae*, two new upper Miocene species of the Thalassiosiraceae from Ardèche, France. *Nova Hedwigia* 62 : 221-231.
- SERIEYSSOL K.K., GARDUNO I.I. et GASSE F. (1998)**– *Thalassiosira dispar* comb. Nov. and *T. cuitzeonensis* spec. Nov. (Bacillariophyceae) found in Miocene sediments from France and Mexico. *Nova Hedwigia* 66 : 177-186.

Références bibliographiques.

- SERVANT-VILDARY S. (1973)** – Le plio-quatenaire ancien du Tchad : Evolution des associations des diatomées, stratigraphie, paléocologie, Cah.O.R.S.T.O.M., sér.Géol., vol. v. n° 2, pp. 169-216.
- SERVANT-VILDARY S. et BLANCO M. (1984)** – Les diatomées fluvio-lacustre pliopleistocene de la formation Charana (1) (Cordillère occidentale des Andes, Bolivie). Cah.O.R.S.T.O.M., sér. Géol., vol.XIV, n° 1, pp. 55-102.
- SERVANT-VILDARY S. (1977)** – Etude des diatomées et pléolimnologie du bassin
- SERVANT-VILDARY S. et FONT S.J.C. (1978)**– les lacs quaternaires des hauts plateaux des Andes Boliviennes Premières interprétations Paléoclimatiques. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol. Vol. X. n° 1 : 9-23. **SERVANT-VILDARY S. et BLANCO M. (1984)** - Les diatomées fluvio-lacustres plio pléistocènes de la formation Charana (Cordillère occidentale des Andes, Bolivie). Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Géol., Vol. XIV, n°1 : 55-102.
- 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.
- SERVANT-VILDARY S. (1984)** – Les diatomées des lacs sursalés boliviens. Sous classe PENNATOPHYCIDÉES. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol. Vol. XIV. n°1. Paris : 35-53.
- SERVANT-VILDARY S. (1984)** – Les diatomées du lac sursalés boliviens : sous-classe pannatophycidées, I- famille des Nitzschiacées. Cah.O.R.S.T.O.M., sér. Géol., vol. XIV, n° 1, pp.35-53.
- SERVANT-VILDARY S. (1986)** – Les diatomées actuelles des Andes de Bolivie (Taxonomie, écologie). Cah. Micropaléontologie, N.S, Vol. 1-N°3 et 4, Edit. CNRS : 99- 150.
- SIMONSEN, R. (1987)** – Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. Berlin-Stuttgart: Cramer/Bornträger. Vol. 1, Catalogue, 525 pp; vol. 2, pl 1-395; vol. 3, pl 396-772.
- STRAUB F. et CORNET C. (1995)** – Fragmentation et dissolution des frustules des diatomées : méthodes de comptages pour apprécier l'état de conservation des assemblages fossiles, vie milieu. 45. (3/4), pp. 327-335.
- Tomas, C.R. (1997).** - Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press Inc., San Diego. pp. 1-858.

PLANCHE I

- Fig. 1. *Cyclotella meneghiniana* Kutzing, 1834.
Vue valvaire
- Fig. 2. *Cyclotella distinguenda* Hustedt 1927.
Vue valvaire
- Fig. 3. *Stephanodiscus minutulus* (Kutzing) Cleve & Moller.
Vue valvaire
- Fig. 4. *Amphora costata* W.Sm.
Vue valvaire
- Fig. 5. *Caloneis ventricosa* (Ehrenberg) F.Meister.
Vue valvaire
- Fig. 6. *Cymbella caespitosa* (Kutzing) Brun 1880.
Vue valvaire
- Fig. 7. *Cymbella helvetica* Kützing 1844.
Vue valvaire
- Fig. 8. *Cymbella hulensis* Ehrlica.
Vue valvaire
- Fig. 9. *Cymbella cymbiformis* Agardh, 1830.
Vue valvaire
- Fig. 10. *Denticula subtilis* Grunow, 1862.
Vue valvaire
- Fig. 11. *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kutzing, 1844.
Vue valvaire
- Fig. 12. *Epithemia turgida* (Ehrenberg) Kützing, 1844.
Vue valvaire
- Fig. 13. *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kutzing, 1844.
Vue connective
- Fig. 14. *Eunotia arcubus* Nörpel & Lange-Bertalot in Lange-Bertalot 1993.
Vue valvaire
- Fig. 15. *Eunotia pectinalis* Ehr. 1841 (1943).
Vue valvaire
- Fig. 16. *Fragilaria capucina* Demazières.
Vue valvaire
- Fig. 17. *Fragilaria mesolepta* Rabenhorst 1861.
Vue valvaire
- Fig. 18. *Halamphora veneta* (Kützing) Levkov 2009.
Vue valvaire
- Fig. 19. *Mastogloia braunii* Grunow, 1863.
Vue valvaire
- Fig. 20. *Mastogloia smithii* var. *lacustris* Grunow, 1878.
Vue valvaire
- Fig. 21. *Mastogloia smithii* var. *lacustris* Grunow, 1878.
Vue valvaire

PLANCHE I



PLANCHE II

Fig. 1- *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kützing, 1844.
(M. E. B.) Vue valvaire L = 66 μm , l = 10 μm (éch. Hm₀₃).

Fig. 2- *Cymbella cymbiformis* Agardh, 1830.
(M. E. B.) Vue valvaire L = 42 μm , l = 10 μm (éch. Hm₀₃).

Fig. 3- *Cyclotella meneghiniana* Kützing, 1834.
(M. E. B.) Vue valvaire D = 9 μm (éch. Hm₀₃).

Fig. 4- *Mastogloia smithii* Grunow, 1863.
(M. E. B.) Vue Vue valvaire (éch. Hm₀₃).

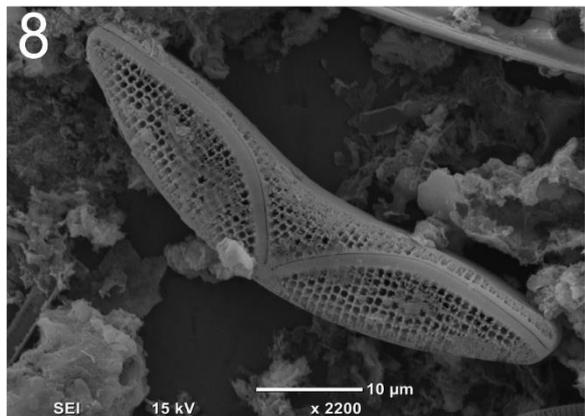
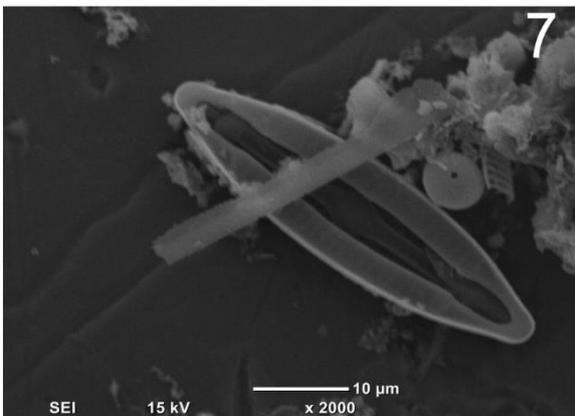
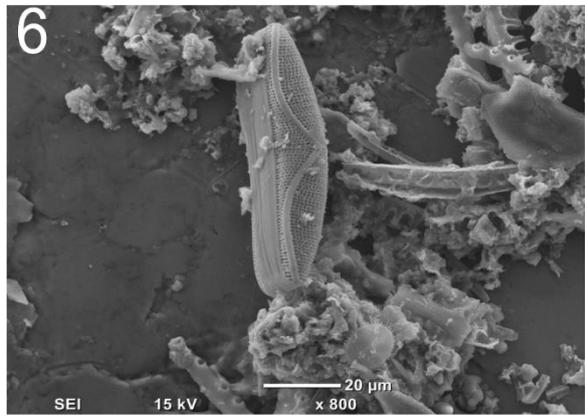
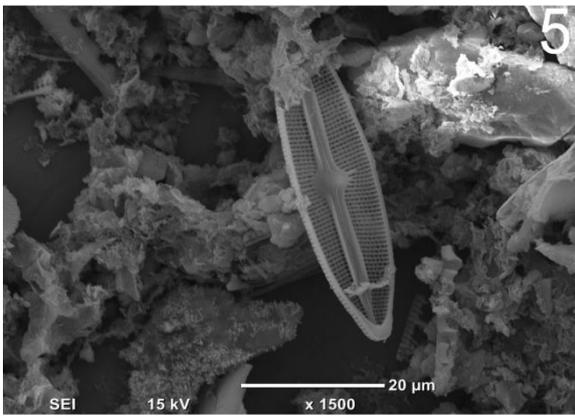
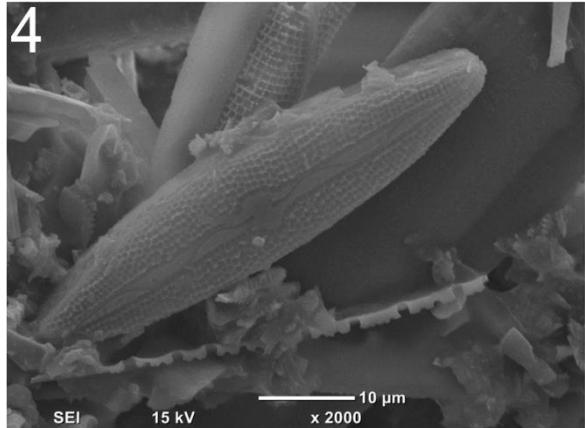
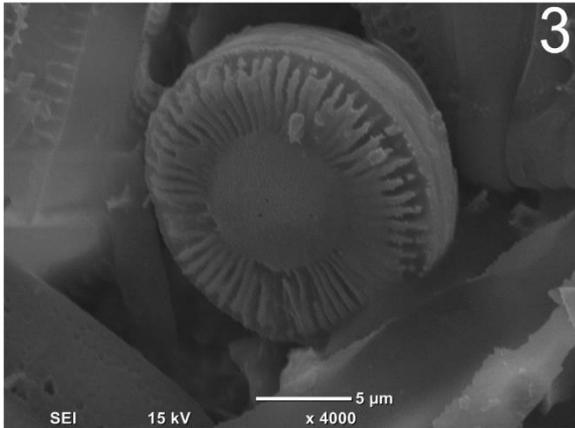
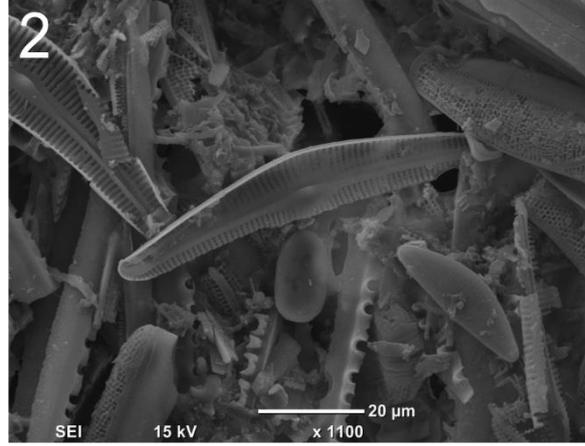
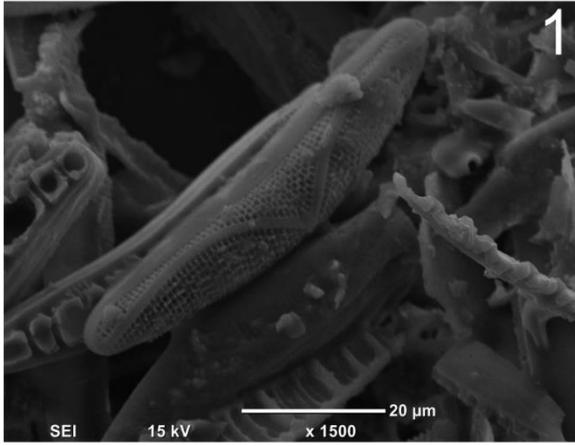
Fig. 5- *Mastogloia dansei* Thwaites,
(M. E. B.) Vue valvaire (éch. Hm₁₅).

Fig. 6- *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kützing, 1844.
(M. E. B.) Vue valvaire L = 66 μm , l = 10 μm (éch. Hm₀₃).

Fig. 7- *Mastogloia smithii* Grunow, 1863.
(M. E. B.) Vue valvaire (éch. Hm₀₃).

Fig. 8- *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kützing, 1844.
(M. E. B.) Vue valvaire L = 66 μm , l = 10 μm (éch. Hm₀₃).

PLANCHE II



Les annexes I

Tab : Calcimétrie et Granulométrie de la coupe fluviale (HAA).

échantillons	toux de CaCO ₃	sable fin	sable grossie	gravier	Limon	Totale
HAA1	5%	34%	52%	2%	7%	100%
HAA2	7%	22%	32%	30%	9%	100%
HAA3	5%	42%	36%	12%	5%	100%
HAA4	7%	22%	2%	0%	69%	100%
HAA6	10%	36%	14%	12%	28%	100%

Tab : Analyse de loupe binoculaire de la coupe lacustre (HAC).

échantillons	Détritique	agrégats	Ostracodes	Gastéropodes	Tiges	Totale
HAC5	42,00	30,00	17,00	4,33	6,67	100,00
HAC4	35,00	29,00	25,33	3,67	7,00	100,00
HAC3	27,00	42,33	22,00	3,00	5,67	100,00
HAC2	61,00	15,33	20,67	1,00	2,00	100,00
HAC1-1	38,00	31,00	19,67	2,67	8,67	100,00
HAC1	94,00	3,67	1,67	0,33	0,33	100,00

Tab : Calcimétrie et Granulométrie de la coupe lacustre (HAC).

échantillons	toux de CaCO ₃	sable fin	sable gross et moyen	autre	totale
HAC8	40%	30%	12%	18%	100%
HAC7	58%	27%	5%	10%	100%
HAC6	66%	22%	0%	12%	100%
HAC5	28%	30%	30	12%	100%
HAC3	8%	39%	46%	7%	100%

Les annexes II

Tab : Pourcentage des analyses d'écologies de diatomées de la coupe lacustre HAC

		Mode de vie					La salinité					pH					La température												
Echantillon	Epaisseur	Planctoniques	Epiphytiques	Epithétiques	Indète	Totale	Echantillon	Epaisseur	d'eau douce	d'eau oligosaline	Mésosaline à polysaline	Douce-oligosaline	oligo - métrasaline à polysaline	Indéterminé	Totale	Echantillon	Epaisseur	Alcaliphiles	Alcalibiontes	Circumneutre	Acidophiles	Indéterminé	Totale	Echantillon	Epaisseur	Eurythermes	Indifférentes	Totale	
																													HAC0
HAC0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	HAC0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	HAC0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	HAC0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HAC1	35,0	8,0	86,0	5,3	0,7	100,0	HAC1	35,0	20,0	71,3	4,3	1,7	2,7	0,0	100,0	HAC1	10,0	88,0	8,3	0,3	2,3	1,0	100,0	HAC1	10,0	96,0	4,0	100,0	
HAC2	50,0	19,3	63,3	14,3	3,0	100,0	HAC2	50,0	34,0	44,3	11,0	4,3	3,7	2,7	100,0	HAC2	35,0	83,0	11,3	0,0	1,3	4,3	100,0	HAC2	35,0	80,0	20,0	100,0	
HAC3	60,0	11,3	67,3	14,0	7,3	100,0	HAC3	60,0	40,3	32,3	12,7	7,0	2,0	5,7	100,0	HAC3	50,0	67,0	18,7	0,0	6,0	8,3	100,0	HAC3	50,0	81,3	18,7	100,0	
HAC4	70,0	10,0	75,3	12,0	2,7	100,0	HAC4	70,0	36,0	49,0	10,0	2,0	1,3	1,7	100,0	HAC4	60,0	79,7	14,0	0,0	2,0	4,3	100,0	HAC4	60,0	88,0	12,0	100,0	
HAC5	80,0	9,7	72,7	10,0	7,7	100,0	HAC5	80,0	26,7	50,0	10,3	4,0	3,0	6,0	100,0	HAC5	70,0	74,0	13,3	1,0	5,0	6,7	100,0	HAC5	70,0	84,3	15,7	100,0	
HAC6	90,0	10,3	66,7	18,3	4,7	100,0	HAC6	90,0	24,3	45,3	16,7	3,3	6,0	4,3	100,0	HAC6	80,0	69,3	19,0	0,0	6,0	5,7	100,0	HAC6	80,0	82,3	17,7	100,0	
HAC7	100,0	23,0	44,0	22,3	10,7	100,0	HAC7	100,0	29,7	21,0	19,3	10,3	9,0	10,7	100,0	HAC7	90,0	63,3	13,7	1,0	9,0	13,0	100,0	HAC7	90,0	76,7	23,3	100,0	
HAC8	110,0	14,3	54,7	16,7	14,3	100,0	HAC8	110,0	32,3	34,0	14,7	2,0	2,7	14,3	100,0	HAC8	100,0	67,0	14,3	0,3	3,3	15,0	100,0	HAC8	100,0	73,0	27,0	100,0	
HAC9	120,0	17,3	65,3	12,3	5,0	100,0	HAC9	120,0	36,7	45,3	11,0	1,0	2,3	3,7	100,0	HAC9	110,0	74,0	16,0	0,0	4,7	5,3	100,0	HAC9	110,0	78,0	22,0	100,0	
HAC10	130,0	12,3	43,3	32,0	12,3	100,0	HAC10	130,0	32,7	19,3	17,0	16,0	3,0	12,0	100,0	HAC10	120,0	49,3	18,3	13,7	2,7	16,0	100,0	HAC10	120,0	74,0	26,0	100,0	
HAC11	140,0	4,7	79,7	11,7	4,0	100,0	HAC11	140,0	18,3	60,3	10,0	7,7	0,3	3,3	100,0	HAC11	130,0	78,0	13,3	0,3	4,3	4,0	100,0	HAC11	130,0	91,3	8,7	100,0	
HAC12	150,0	13,7	59,7	19,3	7,3	100,0	HAC12	150,0	37,0	33,3	13,7	4,7	4,3	7,0	100,0	HAC12	140,0	66,7	18,7	0,7	5,3	8,7	100,0	HAC12	140,0	75,3	24,7	100,0	
HAC13	160,0	17,7	44,0	25,3	13,0	100,0	HAC13	160,0	36,0	17,3	16,3	12,0	7,3	11,0	100,0	HAC13	150,0	56,7	21,3	2,0	8,3	11,7	100,0	HAC13	150,0	64,7	35,3	100,0	
HAC14	170,0	7,3	61,3	20,0	11,3	100,0	HAC14	170,0	31,7	34,0	11,3	9,7	3,7	9,7	100,0	HAC14	160,0	63,3	15,0	2,7	8,3	10,7	100,0	HAC14	160,0	70,3	29,7	100,0	
HAC15	180,0	9,0	48,0	34,7	8,3	100,0	HAC15	180,0	33,3	18,3	21,7	13,0	6,3	7,3	100,0	HAC15	170,0	53,7	23,3	2,3	13,0	7,7	100,0	HAC15	170,0	70,0	30,0	100,0	
HAC16	190,0	24,3	43,7	29,7	2,3	100,0	HAC16	190,0	35,3	26,7	21,3	5,0	10,0	1,7	100,0	HAC16	180,0	73,3	21,3	1,7	2,0	1,7	100,0	HAC16	180,0	86,0	14,0	100,0	
HAC17	215,0	19,0	76,0	5,0	0,0	100,0	HAC17	215,0	19,0	76,0	5,0	0,0	0,0	0,0	100,0	HAC17	190,0	95,0	5,0	0,0	0,0	0,0	100,0	HAC17	190,0	81,0	0,0	100,0	
HAC18							HAC18									HAC18	215,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	HAC18	215,0	0,0	0,0	0,0	
moy		12,9	58,4	16,8	6,4		moy	27,5	35,7	11,9	5,5	3,6	3,6	5,3		moy	63,2	13,9	1,4	4,4	4,4	6,5		moy	71,0	18,3			