

N° d'ordre

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université d'Oran 2

Faculté des Sciences de la Terre et de l'univers, de Géographie et de l'Aménagement du
Territoire
Département des Sciences de la Terre

Laboratoire de Paléontologie Stratigraphie et Paléoenvironnement

Mémoire
Présenté pour l'obtention du grade de
Magister en Sciences de la Terre

Option : Biomarqueurs actuels et fossiles des écosystèmes marins et continentaux

Thème

**La microflore diatomique des dépôts quaternaires de Hassi Manda
(Tabelbala, bordure occidentale de l'Erg Er Raoui, Algérie).**

Par
HAMADAI Ali

Soutenu le / / 2014 devant la commission d'examen :

M. MAHBOUBI	Professeur	Université d'Oran	Président
B. MANSOUR	Professeur	Université d'Oran	Rapporteur
L. BELKEBIR	Professeur	Université d'Oran	Examineur
F. MEBROUK	Maitre de conférences A	Université de Jijel	Examineur

Oran, 2014

AVANT-PROPOS

Avant tout, nous remercions le DIEU le tout puissant qui nous a offert sagesse et santé afin de réaliser ce modeste travail.

Ce travail a été réalisé au sein du Laboratoire de paléontologie & stratigraphie et paléoenvironnement.

Tout d'abord je tiens à remercier Mr. MANSOUR, Maître de Conférences à l'Université d'Oran, mon directeur de recherche, de m'avoir proposé ce sujet de thèse et d'avoir facilité mes démarches d'administration, Sa disponibilité immédiate était d'une grande aide tout le long de mon magistère. J'ai beaucoup apprécié sa façon amicale et en même temps professionnelle de diriger ma recherche, Merci aussi pour les bons moments partagés que ce soit sur le terrain de recherche et au laboratoire. Je lui remercie également pour leurs soutiens, encouragements et précieux conseils.

J'exprime ma profonde reconnaissance à Mr. MAHBOUBI, Professeur à l'Université d'Oran., qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Je tiens aussi à exprimer mes remerciements et ma plus vive gratitude à Mr. BELKBIR et Mr. MEBROUK qui ont accepté de juger mon travail.

Je tiens également à remercier Mm. SATOUR, ainsi que tous les autres enseignants du Laboratoire paléontologie & stratigraphie et paléoenvironnement et tout le personnel du Département de géologie.

Je remercie les habitants de la ville de Tabelbala pour leur hospitalité et leur gentillesse durant mes travaux de terrain.

J'aimerais remercier chaleureusement tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à réaliser cette thèse de magistère.

Enfin, de tout mon cœur, je remercie ma famille de m'avoir fait confiance et de m'avoir soutenue tant au long de mon parcours.

Résumé : *la microflore diatomique des dépôts lacustres quaternaires de Hassi Manda (Tabelbala, bordure occidentale de l'Erg Er Raoui, Algérie).*

Deux dépressions à sédimentation lacustre d'âge holocène, bordant la partie nord-occidental de l'Erg Er Raoui et situées à 40 km au NNW de la ville de Tabelbala ont fait l'objet d'une étude lithologique et paléontologique (essentiellement microflore diatomique) pour une reconstitution paléoenvironnementale.

L'étude de six coupes lithologiques (buttes témoins) a permis de définir deux ensembles sédimentaires :

- un ensemble détritique (argilo-sableux) (ensemble I) ;
- un ensemble chimico-organique (calcaires diatomitiques) (ensemble II).

L'analyse qualitative et quantitative de l'unique coupe Hassi Manda 1 (HMD1) nous a permis :

- d'identifier 45 taxons de diatomées réparties en 19 genres dont deux espèces en nomenclature ouvertes ;

- mettre en évidence plusieurs groupes écologiques tant en salinité qu'en bathymétrie (diatomées d'eau douce, diatomées d'eau oligosaline, diatomées d'eau méso-polysalines, diatomées d'eau douce à oligosaline, diatomées d'eau oligosaline à méso-polysaline ; diatomées euplanctoniques et diatomées périphytiques *s.l.*) ;

- de reconstituer les différentes phases de dépôt :

- une première phase très peu profonde à turbulence des eaux et à tranche d'eau alcaline et d'eau douce à légèrement oligosaline (saumâtre).

- une deuxième phase correspond à une tranche d'eau peu profonde calme et sans turbulence à tranche d'eau douce à oligosaline et alcaline.

- la troisième phase correspond à un milieu de sédimentation très peu profond, calme et à tranche d'eau à caractère d'eau douce à eau méso-polysaline, correspondant à une eau saumâtre. Dans cette phase le pH était alcalin comme dans les autres phases.

La prédominance des diatomées périphytiques *s.l.* peu profond au profit des diatomées euplanctoniques profond correspond à un système lacustre de type étang ou marécage.

Mots clés : holocène, Tabelbala, paléoenvironnement, Hassi Manda, diatomées et Erg Er Raoui.

TABLE DES MATIERES

Avant-propos

Résumé ----- 7

Abstract ----- 8

CHAPITRE I : GENERALITEES

I. INTRODUCTION ----- 10

II. SITUATION GEOGRAPHIQUE REGIONALE ----- 10

1. Erg Er Raoui ----- 10

III. SITUATION GEOGRAPHIQUE LOCALE ----- 11

1. Le puits Hassi Manda ----- 11

IV. GEOMORPHOLOGIE ET HYDROLOGIE DE LA REGION D'ETUDE ---- 12

1. La mise en place des systèmes paléolacustres ----- 12

V. APERCU HISTORIQUE ET SUBDIVISION STRATIGRAPHIQUE DU
QUATERNAIRE DU SAHARA NORD OCCIDENTAL ----- 16

1. Aperçu historique ----- 16

2. La Subdivision stratigraphique du quaternaire ----- 17

2.1. Le quaternaire ancien ----- 18

2.2. Le quaternaire moyen ----- 18

2.3. Le quaternaire récent ----- 18

V. TECHNIQUE ET METHODE D'ETUDE DES DIATOMEES ----- 19

1. Le travail du terrain ----- 19

2. Le travail au laboratoire ----- 19

2.1. Le frottis ----- 19

2.2. Traitement physico-chimique des échantillons et montage des lames

----- 19

2.2.1. Élimination des éléments non siliceux ----- 20

2.2.2. Élimination des détritiques grossier -----	20
2.3. Montage des lames minces -----	22
2.4. Lavage des échantillons -----	23
VI. BUT DE TRAVAIL ET METHODOLOGIE -----	23

CHAPITRE II : LITHOLOGIE

I. INTRODUCTION -----	26
II. DESCRIPTION LITHOLOGIQUE -----	26
1. La première dépression « puits de Hassi Manda » -----	26
1.1. Coupe Hassi Manda 1 (HMD1) -----	26
1.2. Coupe Hassi Manda 2 (HMD2) -----	30
1.3. Coupe Hassi Manda 3 (HMD3) -----	31
1.4. Prélèvement Hassi Manda 4 (HMD4) -----	34
1.5. Prélèvement Hassi Manda 5 (HMD5) -----	34
1.6. Coupe Hassi Manda 6 (HMD6) -----	35
2. La deuxième dépression -----	36
2.1. Coupe A -----	38
2.2. Coupe B -----	38
3. Corrélation -----	39
III. AGE DES DEPOTS PALEOLACUSTRES DE HASSI MANDA -----	40

CHAPITRE III : SYSTEMATIQUE

I. INTRODUCTION -----	41
II. LES DIATOMEES LACUSTRES -----	41
1. Définition et caractères généraux des diatomées -----	41
1.1. Morphologie des diatomées -----	41

1.2. Reproduction -----	43
1.3. Ecologie -----	44
1.4. Intérêts des diatomées lacustres -----	45
III. INVENTAIRE DES DIATOMEES DE LA COUPE DE HASSI MANDA ----	45
1. Méthode de travail -----	45
1.1. Méthodologie -----	45
1.2. Quantification -----	45
1.3. Détermination -----	46
1.4. Autoécologie -----	46
1.5. Représentation graphique et interprétation -----	46
2. LES DIATOMEES CENTRIQUES (CENTROPHYCIDEES) -----	46
3. LES DIATOMEES PENNEES (PENNATOPHYCIDEES) -----	46
IV. CONCLUSION -----	83
CHAPITRE IV : PALEOENVIRPNNEMENT	
I. INTRODUCTION -----	91
II. CARACTERISTIQUES DES MILIEUX AQUATIQUES CONTINENTALES EN ALGERIE -----	92
1. Caractéristiques sédimentologiques et organiques -----	92
1.1. Les lacs -----	92
1.1. 1. Les étagements du système lacustre -----	92
1.1.2. Les différents types des systèmes lacustres -----	93
1.1.3. Classification des systèmes lacustres -----	94
1.2. Etangs et marécages -----	95
1.3. Mares temporaires -----	95

III. LES CARACTERISTIQUES BIOTIQUES ET ABIOTIQUES DES DIATOMEES	95
1. MODE DE VIE DES DIATOMEES	96
2. LA SALINITE (CONDUCTIVITE)	97
3. LE PH	100
4. LA TEMPERATURE	101
IV. LES VARIABLES ENVIRONNEMENTALES	101
1. La silice	101
2. La profondeur	102
3. La superficie des lacs	102
4. Taxa indicateurs	102
V. METHODE D'ETUDE	103
VI. ANALYSE PALEOECOLOGIQUE	103
1. LA COUPE DE HASSI MANDA 1 (HMD1)	103
1.1. Fluctuations du niveau moyen du plan d'eau	106
1.2. La paléosalinité	111
1.3. Le pH	115
1.4. La paléotempérature des eaux	117
VII. CONCLUSION PALEOECOLOGIQUE	119
CHAPITRE V : CONCLUSION GENERALE	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	129
TABLES DES ILLUSTRATIONS	139
PLANCHE	144

CHAPITRE I

GENERALITES

I. INTRODUCTION

L'holocène de l'extrémité ouest du Sahara nord occidental de l'Algérie (Erg Er Raoui) est représenté par des dépôts lacustres et palustres situés dans des dépressions en bordure de l'Erg Er Raoui; dont l'épaisseur totale est difficile à préciser du fait de l'action d'érosion. Ces systèmes lacustres ont connus une période de prolifération extraordinaire de diatomées engendrant des formations calcaro-diatomitiques (calcaire blanc biogénique d'Adolphe et *al.* (1987).

Les travaux sur ces dépôts (celle de l'Erg Er Raoui) sont très peu nombreux. Les seuls travaux concernant cette région sont ceux de Alimen (1970) qui a découvert pour la première fois le site de Hassi Manda et ceux de Baudrimont (1972 et 1973). Ce dernier a établi un inventaire diatomique.

Le présent travail concerne donc l'étude des affleurements (buttes témoins) holocène qui affleurent dans deux dépressions bordant l'Erg Er Raoui orienté NNW-SSE et situé au nord de Tabelbala à environ 40 km à vol d'oiseau.

L'objectif de cette étude est d'inventorier les compositions microfloristiques siliceuses en particulier les diatomées. Une étude systématique et une reconstitution paléoenvironnemental de ces dépôts.

II. Situation géographique régionale

La région d'étude s'inscrit dans le Sahara occidental de l'Algérie. Elle se situe à l'Ouest de l'Erg Er Raoui (fig. 01). Il s'agit d'une région la plus importante du Sahara occidental pour l'étude des phases lacustres attribuées au maximum humide de l'Holocène (Callot, 2008).

1. Erg Er Raoui

Est un ensemble dunaire actif orienté NNW-SSE, situé au nord-ouest du Grand Erg Occidental. Les deux ergs sont séparés par les monts d'Ougarta et l'oued Saoura (fig. 01 et 03).

L'Erg Er Raoui est limité dans sa partie occidentale par les terrains d'âge cambro-ordovicien du Kahal de Tabelbala. Il est limité au nord par la Hamada de Guir et au NE par les monts d'Ougarta et au sud-ouest par la Hamada de la Daoura.

Le secteur d'étude faisant partie d'un système lacustre que nous appelons dans ce travail « système lacustre de Hassi Manda » subdivisé en plusieurs dépressions de superficie différentes et séparé par des affleurements des terrains sous-jacents (substrat calcaire induré), de profondeur ne dépasse pas les trois (03) (Baudrimont, 1973 et observation personnel).

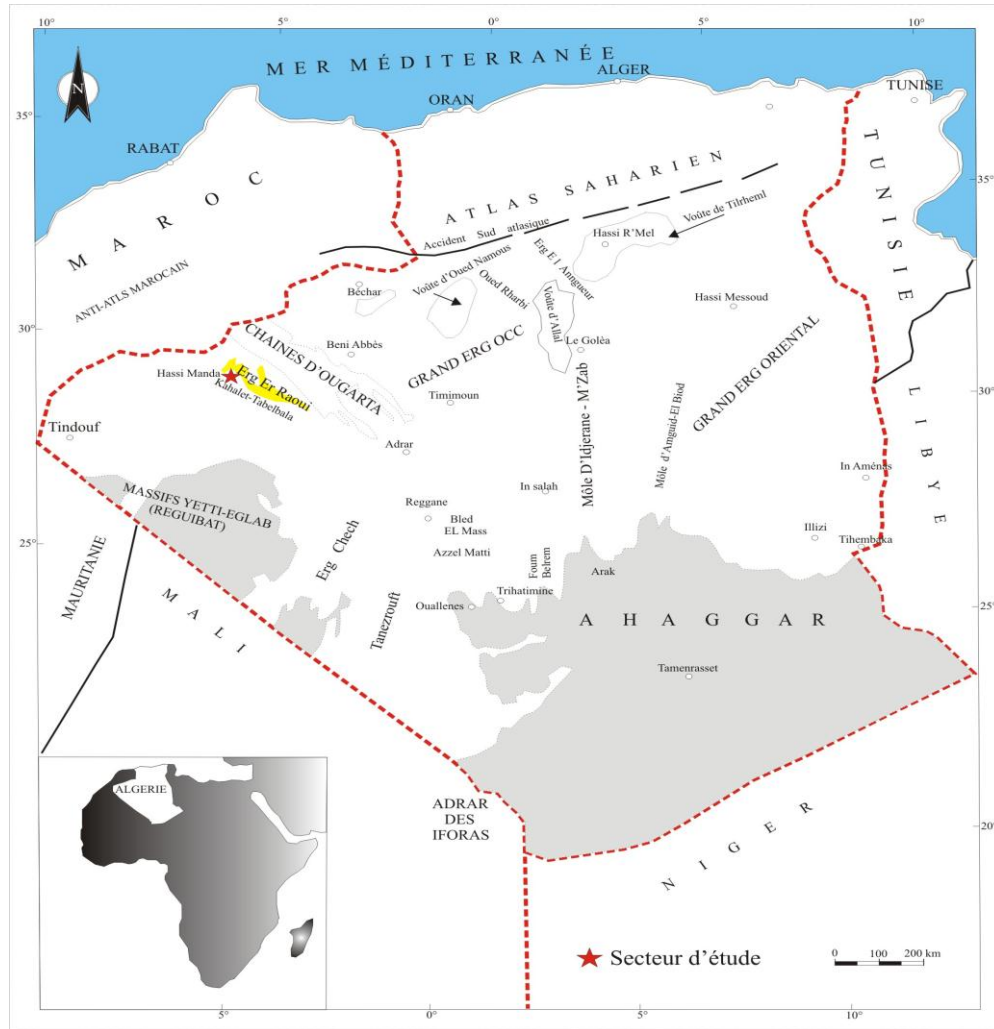


Fig. 01: Cadre géographique générale de la région d'étude.

III. Situation géographique locale (fig.03)

1. Le puits de Hassi Manda

Le secteur d'étude appelé puits de Hassi Manda est représenté par une dépression bordant l'Erg Er Raoui dans sa partie occidentale. Les sédiments à diatomées qui font l'objet de cette étude ont été prélevés dans une dépression représentés par de nombreuses buttes témoins isolées.

Elle se situe dans la bordure ouest de l'Erg Er Raoui au NNW de la ville de Tabelbala à 40 km à vol d'oiseau (fig. 03).

Les reliefs autour du système paléolacustre de Hassi Manda sont très peu marqués : on y distingue de vastes étendues sableuses façonnées en dunes vives ou fixées suivant les régions et des zones profondément érodées par le vent, bien développées au Nord et à l'Est (Erg Raoui). Ces différents paysages sont pour l'essentiel individualisés pendant le quaternaire et ils étaient pratiquement en place au Pléistocène supérieur (Conrad, 1969).

IV. Géomorphologie et hydrographie de la région d'étude

Dans la région d'étude, on peut distinguer trois domaines géomorphologiques: un domaine éolien autour de la dépression de Hassi Manda (les dunes de l'Erg Er Raoui), un domaine fluvial au Sud-ouest de la ville de Tabelbala (ruissellements) et un domaine lacustre (les différentes dépressions à buttes témoins et sebkha d'El Ayech près de la ville de Tabelbala) (fig.03).

L'hydrographie du lac de Hassi Manda est caractérisée par l'absence de cours d'eau superficiels à écoulements permanents. D'après la carte de Tabelbala (1/200 000) le grand Oued Saoura-Masaoud est un grand axe hydrographique qui draine la région de Tabelbala par les eaux d'infiltration en direction des nappes souterraines situées autour du lac (puits de Hassi Manda et d'autres puits qui se situent à l'ouest de Tabelbala à Sabkhat El Ayache). Cette nappe d'eaux, permanentes ou temporaires, est généralement liée à la naissance et le développement du lac de Hassi Manda (Conrad, 1969) (fig.03).

1. La mise en place des systèmes paléolacustres

Dans la région étudiée les dunes vives ne sont pas continuées. Elles reposent sur un substrat sableux continu, plus ancien et plus grossier (Erg ancien). Les zones où les sables anciens ne sont pas recouverts par les dunes vives forment des couloirs appelés *feidjs* (Callot, 2008). Ces surfaces sans dunes vives correspondent à des aires d'ablation éolienne qui favorisent l'apparition de paléolacs. Les aires d'ablation éolienne étant stables, des dépressions libres de dunes s'y sont formées. Des plans d'eau ont pu apparaître du fait de l'intersection entre le fond des dépressions et la surface piézométrique des aquifères.

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

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

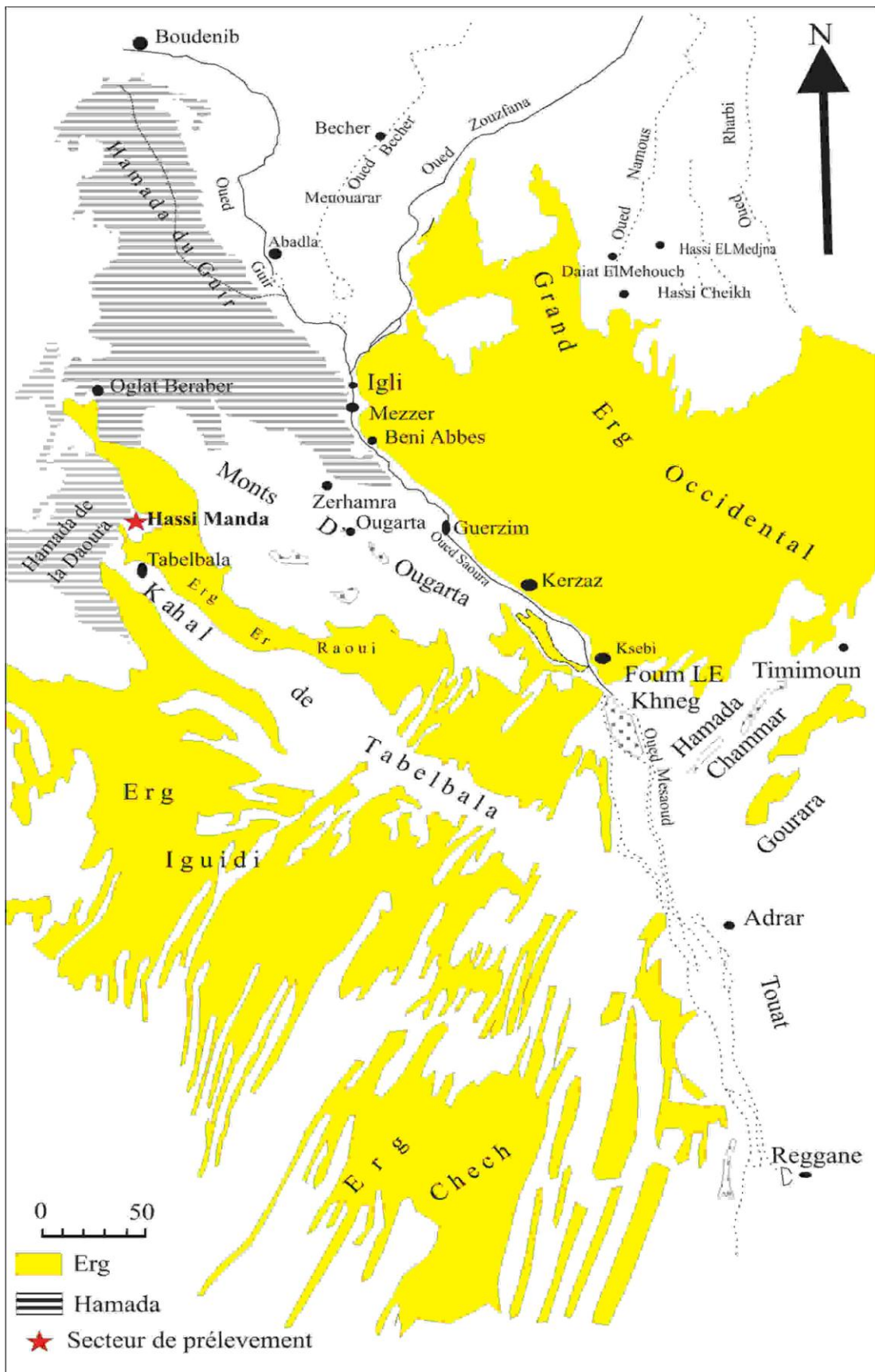


Fig. 02 : Localisation du secteur d'étude (d'après Beucher, 1975).

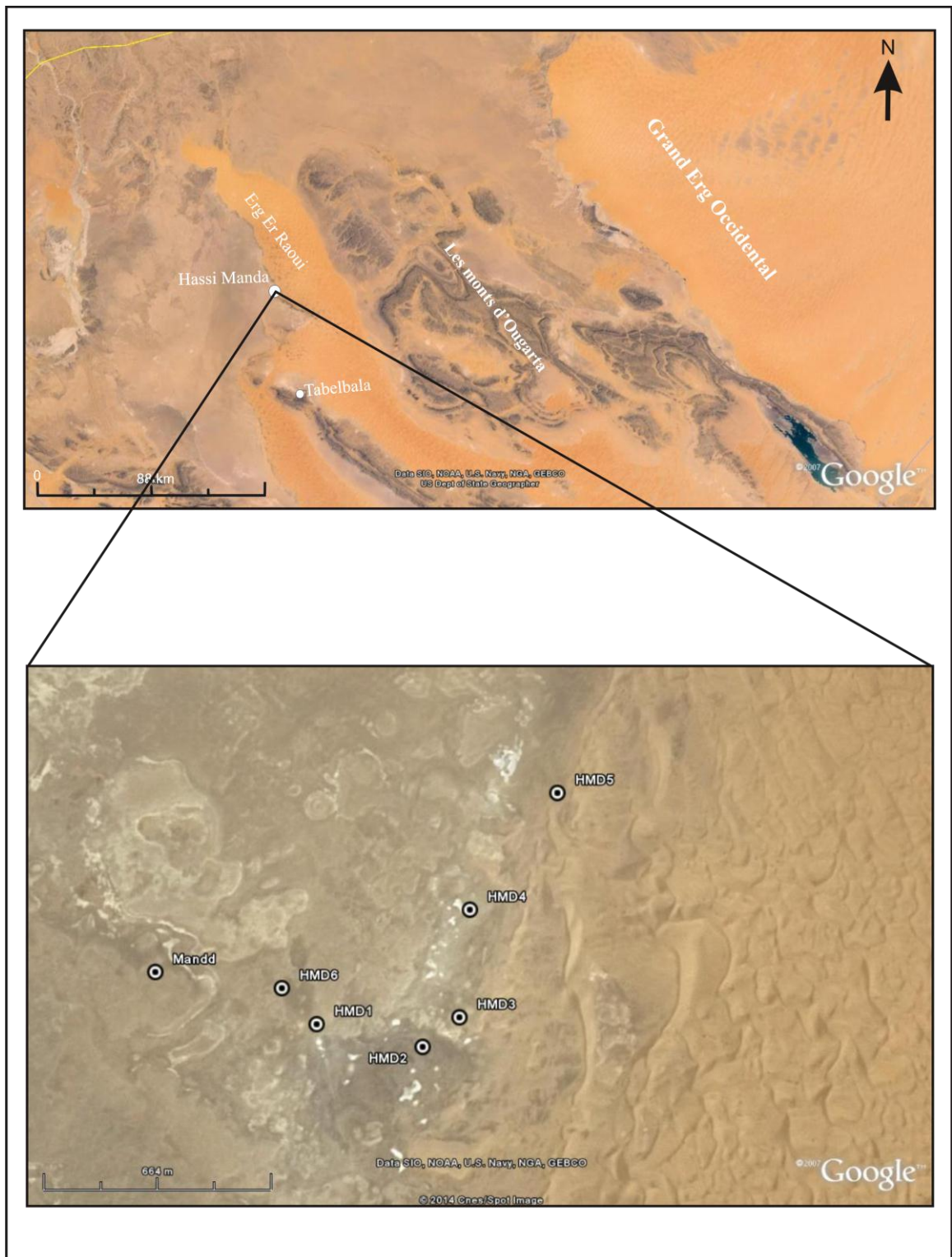


Fig. 03 : Photo satellitaire de la région d'étude.

V. APERCU HISTORIQUE ET SUBDIVISION STRATIGRAPHIQUE DU QUATERNAIRE DU SAHARA NORD OCCIDENTAL

1. Aperçu historique

L'exploration scientifique sur le quaternaire menée dans le Sahara Algérie sont encore relativement peu nombreuses depuis le début des années 1900 tel que (Gautier, 1908 ; Alimen, 1952, 1960, 1963, 1970 ; Alimen et Chavaillon, 1956 ; Chavaillon *et al.*, 1956, 1957 ; Chavaillon, 1964 ; Beucher, 1971 ; Callot, 1984 ; Gasse *et al.*, 1987 ; Gasse, 2002 ; Ajedir, 2002 ; Bezzeghoud, 2009).

On retrouve aussi une étude sur la géologie des terrasses quaternaires et géographie du Sahara Nord Occidental par Flamand (1911) et Gautier (1908).

La haute terrasse de la Saoura a été décrite et daté pour la première fois par Scholler en 1945 et qui a montré que cette terrasse conglomératique d'âge tyrrhénien était emboîtée dans les sables et les grés plio-villafranchien dans le golfe de Mezzar, et signale aussi des argiles intercalés dans les sables. Cet auteur a également évoqué les conditions de sédimentation de la Saoura à cette époque.

Alimen (1952) établi une étude sur les variations granulométriques et morphologiques des sables dunaires du Sahara nord occidental. Cette étude individualise trois terrasses quaternaires dans les chaines de l'Ougarta et la Saoura.

Quaternaire ancien : correspond aux dépôts en nappe et dépôts de vallée.

Quaternaire moyen : représenté par des sables et des grés rose contenant des restes des végétaux.

Quaternaire récent : correspond à des alluvions du fond formé par des sables.

En 1953 Dresh a proposé le terme de « petite Hamada » pour les formations de remblaiement quaternaires et qui existent dans les monts et piedmont d'Ougarta.

Aliment et Chavaillon, 1962 ont découverte des industries à galet dans les conglomérats de la haute terrasse.

Alimen *et al.* (1964) ont réalisé une étude minéralogique au Sahara nord occidental (la Saoura, Monts d'Ougarta, et le Grand Erg Occidental). Ils constatent que les minéraux lourds du Sahara nord-occidental ont parcouru une longue histoire sédimentaire avant leurs incorporation au quaternaire.

Beucher (1971) effectué une étude palynologique sur les formations néogènes et quaternaires du Sahara nord-occidental et indique dans les dépôts quaternaire récents, deux épisodes sédimentaires ; l'un fluvio-lacustre (représente par des dépôts calcaréo-sableux) et l'autre nettement fluviatiles (correspond aux dépôts sableux et gréseux).

Fonte *et al* et Gasse (1990) ont reconstitué le paleoenvironnement et la paléohydrologie ainsi que la paleoenvironnement que la paléoclimatique du nord et sud du Sahara Algérie.

Mais les recherches les plus importantes pour le présent travail sont les études basés sur les assemblages actuels de diatomées ; Ajedir (2002) qui a complété les travaux de Beucher en étudiant la microflore diatomique de la terrasse Pléistocène supérieur d'El Ouata, Mahboubi (2008) qui a étudié les dépôts fluvio-lacustres holocènes de la moyenne Zouzfana et Bezzeghoud (2009) qui a complété les travaux de Gasse *et al* (1987), en étudiant la microflore diatomique holocène de Hassi El Medjna. Cette étude a été faite au Grand Erg Occidental est celle qui se rapproche le plus de la présente étude. En ce qui a trait aux objectifs visés et en ce qui concerne la proximité de la région d'étude.

Dans la région de Hassi Manda, Baudrimont en 1974 a été le premier qui à étudier réellement les diatomées des dépôts lacustres quaternaires, à l'exception de simple étude de Hamadai en 2009 sur des prélèvements provenant d'un système paléolacustre bordant l'Erg Er Raoui dans le cadre d'un mémoire d'ingénieur.

Mourre en 2003 a effectué une étude sur les hachereaux de la région de Hassi Manda.

Dans le présent travail, nous reprenons et poursuivons les études de Baudrimont (1974) sur le système paléolacustre holocène de Hassi Manda qui est situé au Sud de l'Erg Er Raoui. L'utilisation des diatomées doit nous permettre de définir précisément l'évolution de ce lac et d'arriver ainsi à une meilleure compréhension du fonctionnement de ce géosystème lacustre ou palustre.

2. La subdivision stratigraphique du quaternaire

Un aperçu de la stratigraphie des terrains quaternaires s'impose pour mieux cerner notre étude.

Stratigraphiquement, les terrains quaternaires du Sahara nord-occidental ont été subdivisés, en premier lieu, par Alimen (1957), Alimen *et al.* (1959), Chavaillon (1960-1964) et Conrad (1969). Ces auteurs distinguent trois grandes périodes quaternaires (quaternaire ancien, moyen et récent) comportant chacune deux cycles sédimentaires.

2.1. Le quaternaire ancien (2.000.000-250.000 ans B.P)

Il correspond au villafranchien et comporte deux cycles sédimentaires Aïdien et Mazzérien.

L'aïdien est subdivisé en deux périodes : Aïdien I et Aïdien II.

Le mazzérien comporte quatre périodes sédimentaires Mazzérien I, Mazzérien II, Mazzérien III et Mazzérien IV.

2.2. Le quaternaire moyen (250.000-65.000 ans B.P)

Deux cycles sédimentaires sont définis : le Taourirtien et l'Ougartien. Ces deux périodes sont dominées par des vestiges lithiques, témoignant une présence humaine.

Le cycle sédimentaire Ougartien est formé de plusieurs périodes stratigraphiques : Ougartien I, II, III, IV, V, VI et VII.

2.3. Le quaternaire récent (65.000-0 ans B.P)

Cette dernière grande période du quaternaire est composée de deux cycles sédimentaires le Saourien (65.000-8000 ans B.P) et le Guirien (8000-0 ans B.P).

Le cycle sédimentaire Saourien est subdivisé en cinq périodes : Saourien I, II, III, IV et V.

Paléogéographiquement le cycle sédimentaire Guirien débute par une érosion qui a sculpté un talweg dans la terrasse Saourienne (Beucher, 1971).

Les formations sédimentaires lacustres ou palustres et fluviatiles Guirienne se distinguent nettement par leur puissance très faible (2 à 6m) ainsi que par une remarquable coloration de leurs sédiments (brun, brun-rouge, orange ou blanche). Ces formations sont essentiellement des sables diversement consolidés, des calcaires sableux, calcaires diatomitiques et des cailloutis.

Il faut noter que le Guirien est marqué par l'épanouissement de l'industrie néolithique abondante sur toutes les terrasses ou paliers

d'érosion (J. et N. Chavaillon, 1957) et correspond à l'Holocène de Conrad (1969) et les autres auteurs récents Gasse et al (1987), Callot (1984) et Fontes (1991).

Tabl. 01 : Synthèse des données radiochronologiques relatives aux industries préhistoriques et événements climato-sédimentaires de l'ouest du Sahara algérien au cours du quaternaire récent (d'après Conrad, 1969; Baudrimont, 1973) « modifié ».

Age BP	Périodes géologiques			Manifestation climatique	Europe occidentale	Tendance climatique moyenne	Industries humaines	Événements sédimentaire ou évolution morphologique	Formations lacustres à diatomées étudiés
	Chavaillon et Alimen (1964)	Conrad (1969)	Alimen (1957)						
0		Actuel			Actuel	Hyperaride		Erg	
8.000	Quaternaire récent	Holocene	Guirien	1000 BP	Poste glaciaire	Aride à subaride	Néolithiques	Basse terrasse Formations lacustres des ergs, tufs	Hassi Manda 6310 ans BP
				4500 BP		Hyperaride		Formation du Grand Erg occidental	
65.000	Quaternaire récent	Pleistocène supérieur	Saourien	12000 BP	Wurm IV	Subaride	Atérien	Terrasse sableuse de la Saoura	
				Pluvial du Pleistocene supérieur ou dernier pluvial	Wurm III			Petite cycle lacustre à cardium et à Ostracodes (Ahnet, Erg Chech	
				40000 BP	Wurm II				
					Wurm I				

V. TECHNIQUES ET METHODES D'ETUDE DES DIATOMEE.

1. Le travail du terrain

Le travail du terrain a été effectué sur plusieurs coupes levées. Les échantillons récoltés sont emballé dans des sachets en plastique identifié par des étiquettes.

2. Le travail au laboratoire :

Le travail au laboratoire est basé sur deux types de traitement (traitement physico-chimique et lavage).

Après gratté le substrat de 500g de l'échantillon, une quantité de 10g préparé dans des sachets avec des étiquetées montre le lieu et le numéro de prélèvement.

2.1. Le frottis :

Sur une lame de verre quelques sédiment grattés et étalés par quelques gouttes d'eau distillé. Séchage de la lame sur une plaque chauffante de température moyen et l'observation sur le microscope.

2.2. Traitement physico-chimique des échantillons et montage des lames

La pauvreté des sédiments continentales en microflore diatomique, quelques modifications des méthodes de traitement pour les diatomées marines ; modification de poids de sédiments et l'analyse physico-chimique.

10g des sédiments de chaque échantillon a été traité, parfois 20g dans les cas de la pauvreté des sédiments en microflore diatomique.

2.2.1. Élimination les éléments non siliceux associés

Il s'agit les carbonates, la matière organique et les sédiments détritiques grossiers et fins.

Les 10g sont traités à chaud dans un bécher avec l'acide chlorhydrique 20ml, et le peroxyde de l'hydrogène 20ml. Le virage au jaune de la solution détermine l'arrêt de traitement. L'excédent d'acide est éliminé par décantation après plusieurs rinçages successifs à l'eau distillée (le temps de décantation est varié selon l'échantillon).

2.2.2. Élimination des détritiques grossiers

L'homogénéisation et la décantation de la solution après une minute, les sédiments grossiers décantent rapidement, par contre les diatomées et les microflores associées adoptent par leur forme et leur faible densité une descente moins rapide. Cette opération est répétée trois fois de suite, car le détritique grossier peut entraîner dans sa chute les diatomées et autres formes moins denses.

Le culot ainsi récupéré dans des piluliers étiquetés pour le montage des lames et pour l'analyse finale des diatomées. Enfin l'ajoute de quelques gouttes d'aldéhyde formique (formol) à la solution récupérée (culot et surnageant) pour éviter l'activité bactérienne.

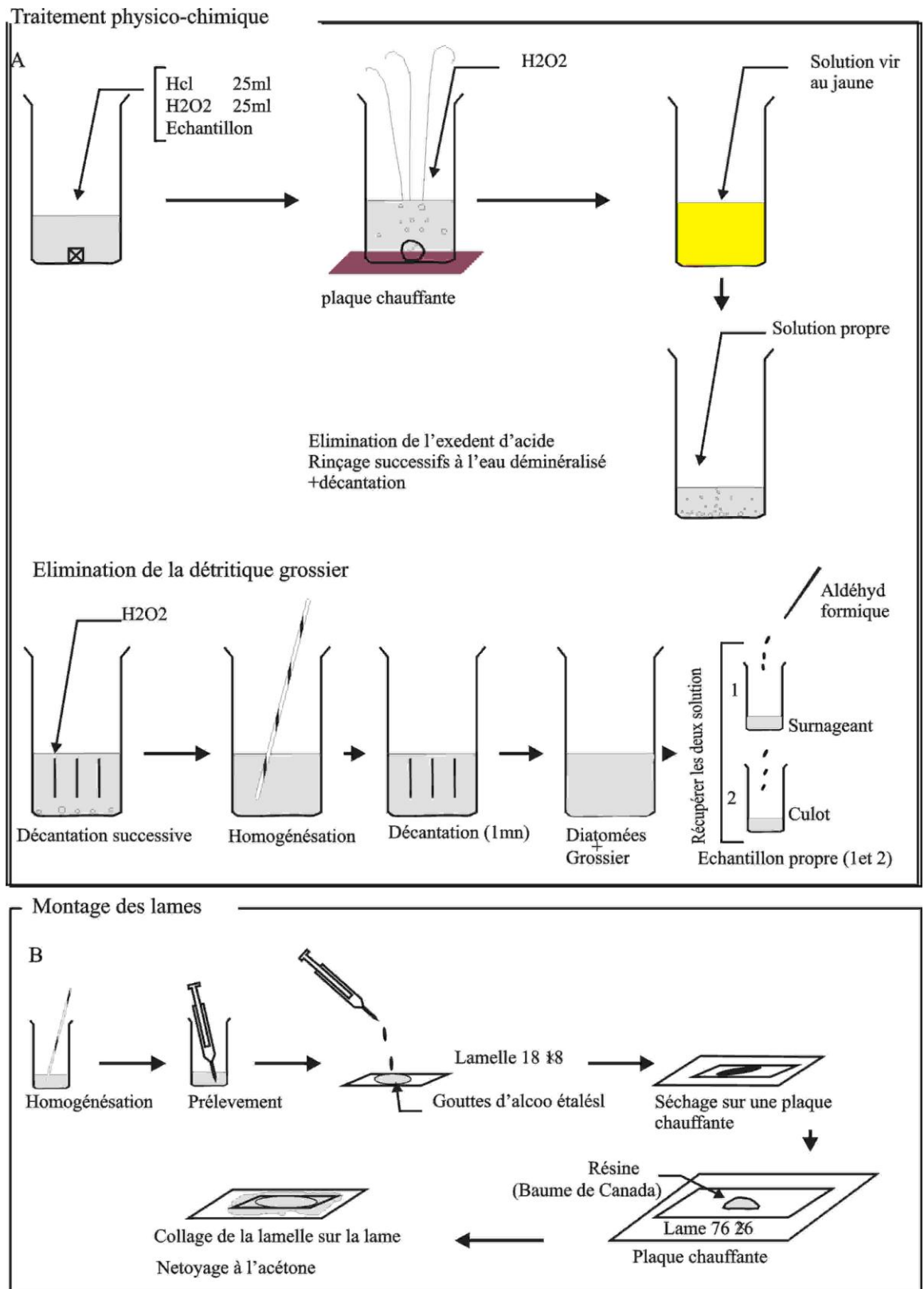


Fig. 04: Traitement physico-chimique des échantillons (d'après Gardet, 1979, Gersond, 1980 et Mansour, 1991 avec quelques modifications).

2.3. Montage des lames minces

Après l'homogénéisation de la solution, et sur une lamelle imprégnée d'alcool, quelques gouttes sont prélevées, puis déposées et étalées. Cette lamelle est placée sur une plaque chauffante pour permettre l'accélération de l'évaporation et donc le séchage. Et collée sur une lame de verre par la colle de baume de Canada (ayant un indice de réfraction : 1,71). La lame préparée est ensuite nettoyée à l'acétone et à l'eau.

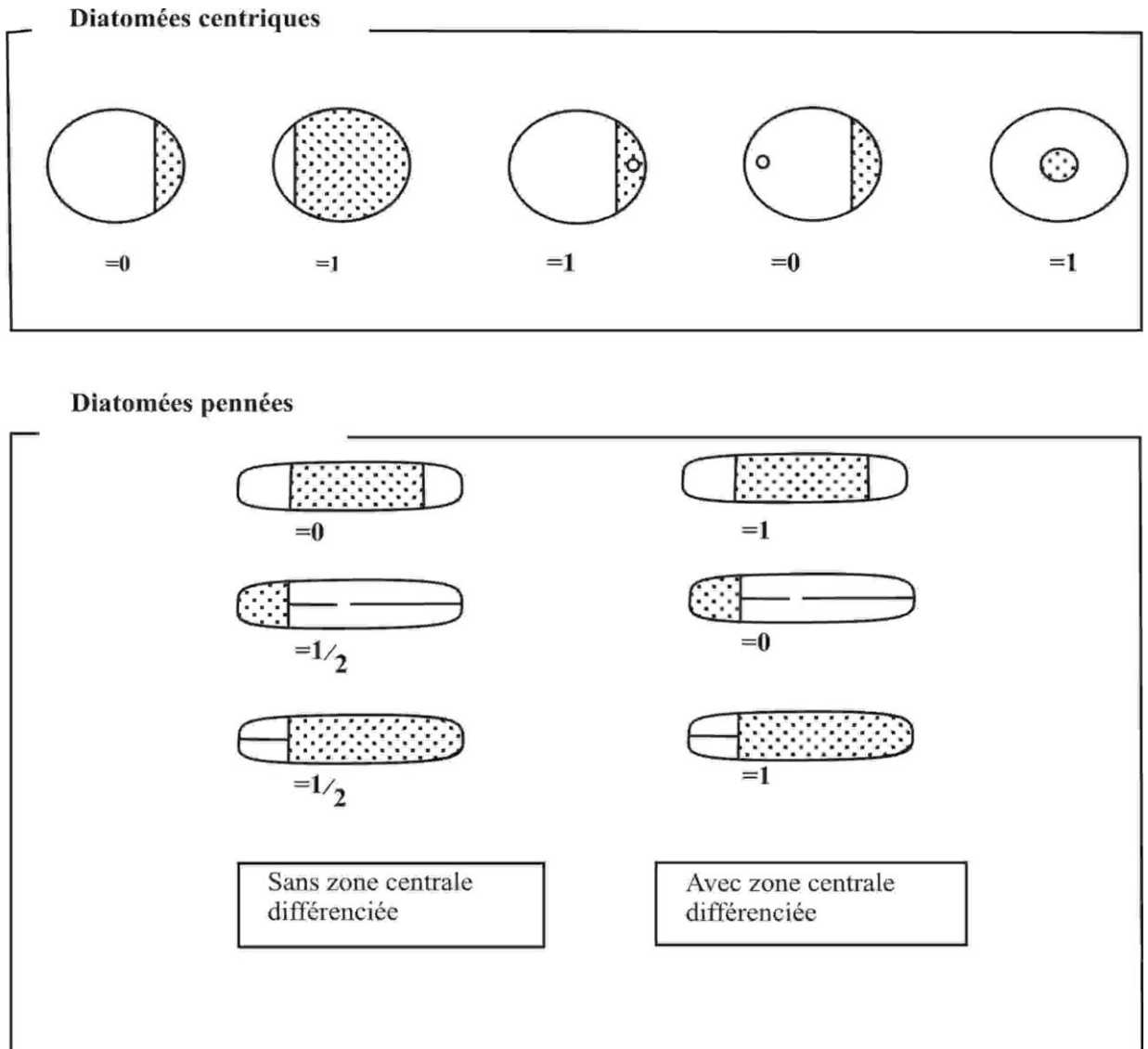


Fig. 05: Unité de comptage d'après Schrader et Gersond (1978) et Cornet (1986).

2.4. Lavage des échantillons

Ce procédure a pour but d'analyser les microflores (Charophytes, débris de végétaux), la microfaune (Ostracodes) ainsi que la faune de petite taille (Bivalve, Gastéropodes, Foraminifères).

On trempe 200g du sédiment dans l'eau ordinaire pendant quelque minute (sédiment très fines). Tamisage du sédiment à travers un tamis à maille de 0,063 mm sous un filet d'eau jusqu'à obtention d'un filtrat claire. Séchage du résidu dans une étuve. Conservation du sédiment dans des piluliers en plastique étiquetés portant le nom de l'échantillon. Pour éviter toute contamination, le tamis est soigneusement lavé puis trempé dans une solution de bleu méthylène à 5% de volume entre chaque traitement.

VI. BUT DE TRAVAIL ET METHODOLOGIE

Notre étude sur les diatomées représente une démarche qui permet de suivre et mieux comprendre l'ampleur de la fréquence des diverses fluctuations environnementales et (climatiques ?) sur des dépôts paléolacustres de la région de Hassi Manda. Le but de ce travail est basé sur l'étude lithologiques des coupes levées, inventaire diatomique et systématique et en fin reconstitution paléoenvironnementale en mettant en évidence les différentes phases d'évolution du système paléolacustre de Hassi Manda.

La démarche suivie dans cette étude est la suivante (fig.06):

- Levée des coupes et échantillonnage sur le terrain.
- Traitement physico-chimique et préparation des lames minces;
- Identification et numérisation des diatomées ;
- Analyse quantitative des diatomées ;
- Reconstitution des conditions paléoenvironnementales

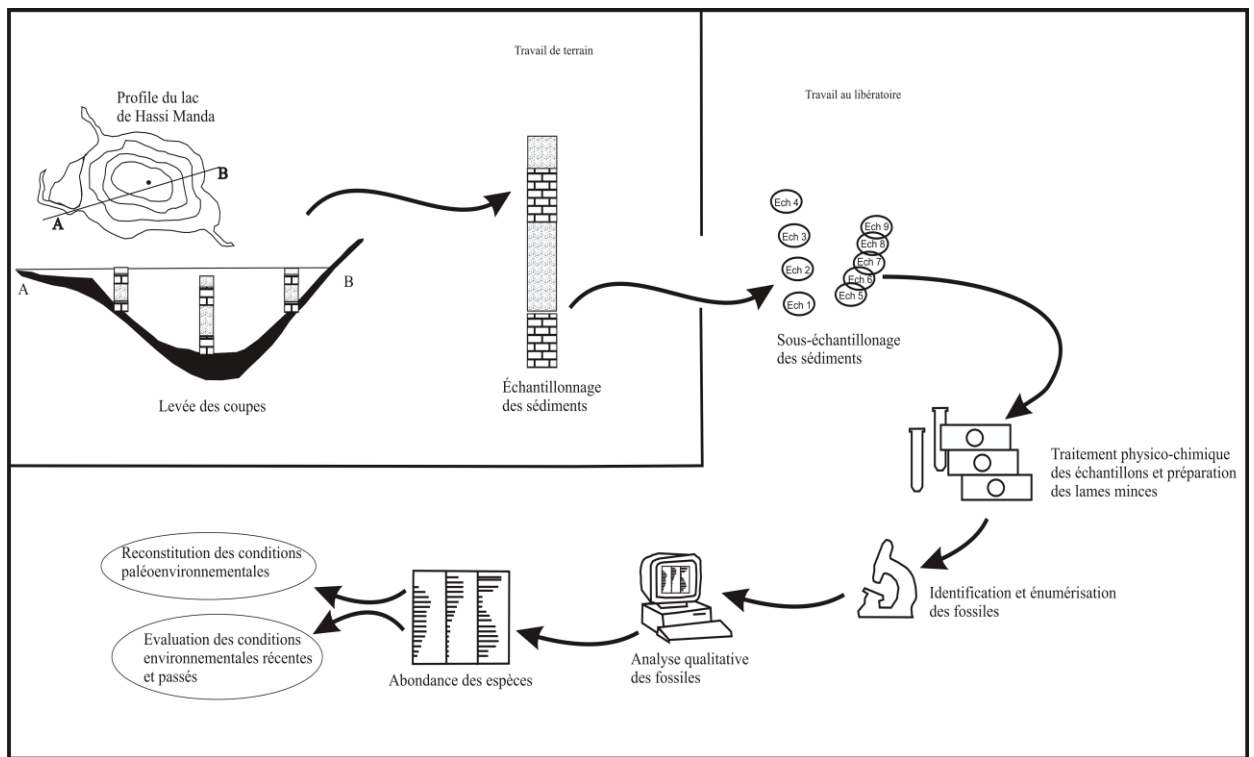


Fig. 06 : Schéma de démarche de travail.

CHAPITRE II

LITHOLOGIE

I. INTRODUCTION

L'étude lithologique a été effectuée dans deux dépressions bordant l'Erg Er Raoui dans le but de mettre en évidence l'évolution sédimentaire du système paléolacustre et d'en ressortir dans la mesure du possible la séquence type de ce système.

Les sédiments étudiés provenant de quatre coupes et deux prélèvements éparés dans la première dépression que nous appelons puits de Hassi Manda.

D'autres sédiments ont été étudiés dans la deuxième dépression provenant de deux coupes qui se situent à un (01) kilomètre au sud-est de la première.

II. DESCRIPTION LITHOLOGIQUE

Les affleurements lacustres faisant l'objet de notre étude se trouvent dans des dépressions à peine marquées, mais étendues, de la topographie pré-lacustre, souvent au contact entre le substratum néogène et les sables de l'Erg. Ces affleurements lacustres peu étendus sont très morcelés par l'érosion éolienne.

1. La première dépression « puits de Hassi Manda »

Dans cette vaste dépression, quatre (04) coupes ont été levées (HMD1, HMD2, HMD3, HMD6) et deux (02) prélèvements (HMD4 et HMD5) ont été effectués réparties au centre et à la périphérie. Une seule coupe (HMD1) a livré une microflore diatomitique et qui a fait l'objet de notre étude.

Le substrat de cette dépression est matérialisé par des calcaires indurés blanchâtres d'âge probablement néogène.

1. 1. Coupe Hassi Manda 1 (HMD1)

La coupe principale (HMD1) se situe à peu près au centre de la dépression sous forme d'une butte témoin de 2,20 m d'épaisseur, entaillée par les processus d'érosion (Fig.7 et 8).

Cette coupe se situe à la proximité du puits de Hassi Manda. Il s'agit de la coupe la plus épaisse dans la région et la plus riche facio-logiquement. L'affleurement a fait l'objet de prélèvements très rapprochés de la base au sommet tous les dix cm, en respectant les limites lithologiques apparentes.

L'ensemble des caractères lithologiques de l'affleurement a permis de distinguer plusieurs faciès et la coupe présente de bas en haut:

- des sables fins de couleur jaunâtres de 10 cm d'épaisseur (on ne connaît pas la base) ;

- des argiles sableuses de 50 cm d'épaisseur de couleur grisâtre renferment des coquilles de gastéropodes (*Limnea* cf. *palustris* Muller et *Planorbis* cf.) (Pl. I, fig. 4 et 5).

- des calcaires argileux plus ou moins induré à la base devenant friables au sommet de couleur grisâtre et de puissance de 40 cm.

- des calcaires diatomitiques de 70cm d'épaisseur, de couleur blanchâtres. Il est friable pulvérulent et renferme des coquilles de gastéropodes (*Limnea* cf. *palustris* Muller et *Planorbis* cf.) (Pl. I, fig. 4 et 5).

Ces deux faciès sont séparés par des liserés noirâtres d'ordre centimétriques lenticulaires et très riche en coquilles de gastéropodes de petites tailles (*Limnea* cf. *palustris* Muller et *Planorbis* cf.) (Pl. I, fig. 4 et 5).

- des calcaires plus indurés (50 cm d'épaisseur), de couleur blanchâtre et pulvérulent renferme des coquilles de gastéropodes (*Limnea* cf. *palustris* Muller et *Planorbis* cf.) (Pl. I, fig. 4 et 5). Cet ensemble d'un aspect plus induré, rappelant les Tachenghit de Baudrimont (1973).

Il est à noter que les faciès de couleur blanchâtre, friable et induré à aspect diatomitique pourrait correspondre macroscopiquement à des diatomites ou calcaires diatomitiques lacustre, mais sont parfois stérile en diatomée, et donc pour éviter toute confusion entre ces termes (calcaires diatomitiques, diatomites ou calcaires) nous aurons utilisé le terme adopté par Adolphe et *al.*, (1987), et Callot et Fontagne (2008) «carbonates blancs biogéniques». Ce faciès a été signalé par Callot (2008) dans les paléolacs intérieur du Grand Erg Occidental.

L'ensemble des caractères lithologiques observés a permis de subdiviser cette formation lacustre en deux ensembles lithologiques nettement distincts. Un ensemble détritique (argiles et sables fins jaunâtres) à la base, évoluant vers un autre ensemble à sédimentation carbonatée (calcaires diatomitiques ou carbonate blanc biogénique).

Dans cette coupe aucun indice n'a été trouvé qui indiquant l'émersion totale et que le lac a subi des phases d'assèchement (absence de fente de dessiccation et des évaporites), probablement qu'une partie de cette sédimentation a été érodée par ablation éolien.

Il faut signaler que le lavage des échantillons de cette coupe (HMD1) a révélé une riche faune de gastéropodes et d'ostracodes ainsi qu'une flore représentée par des charophytes en association avec les diatomées.

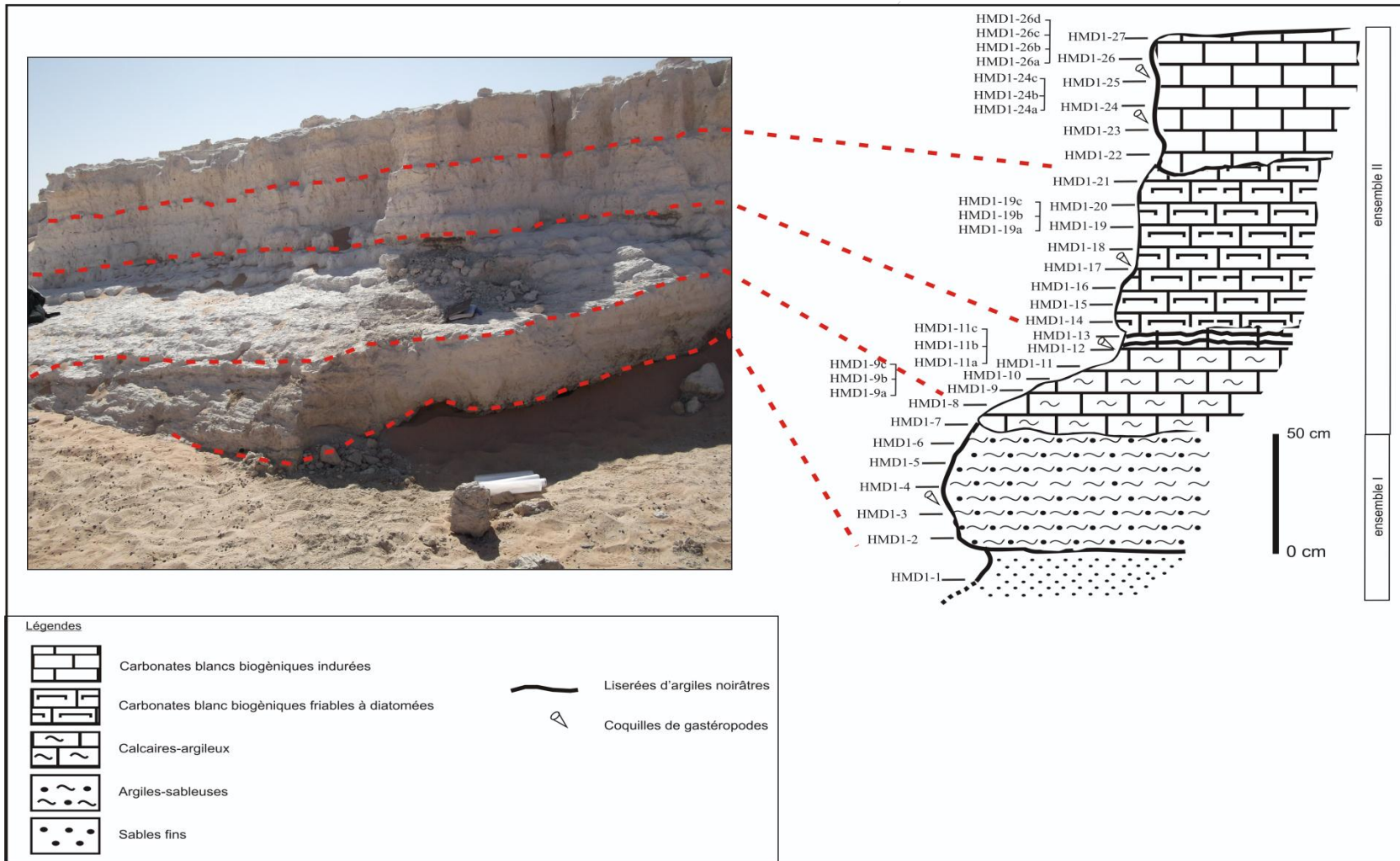


Fig. 07 : Coupe lithologique Hassi Manda 1 (HMD1).

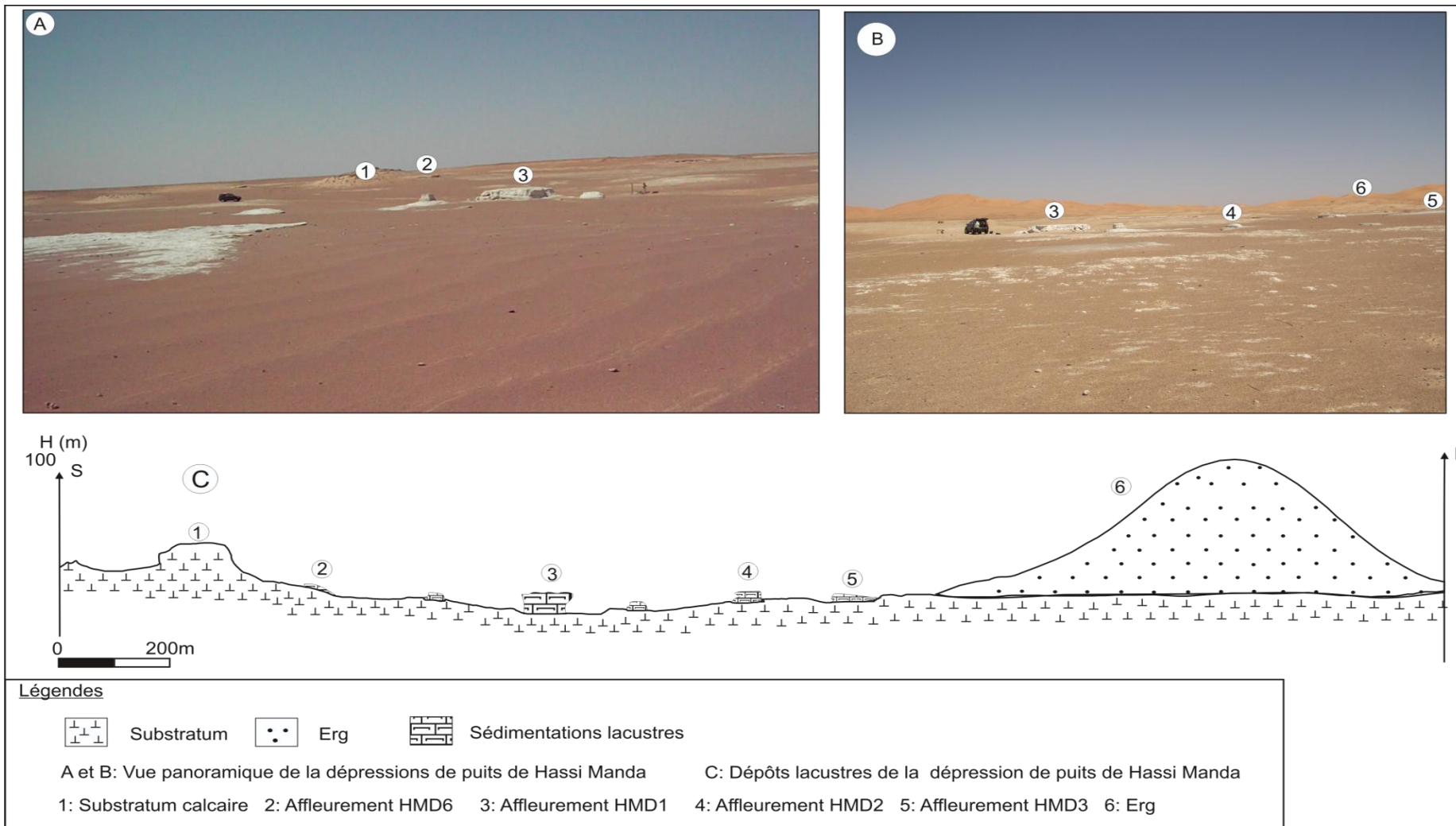


Fig. 08 : Vue panoramique de la dépression de puits de Hassi Manda

1.2. Coupe Hassi Manda 2 (HMD2)

Située à 200 mètres au sud-est de la coupe principale (HMD1). Il s'agit d'une butte témoins moins épaisse ne dépasse pas un (01) mètre (Fig.9).

L'affleurement est constitué d'un seul faciès argilo-sableuse de couleur noirâtre renferme des coquilles de gastéropodes.

Parmi les trois échantillons prélevés espacées de 20 cm, seul l'échantillon HMD2-3 qui a livré quelques débris de frustule de diatomées appartenant au genre Epithemia. Les autres échantillons paraissant stériles.

Le lavage des échantillons de cette coupe n'a révélé aucun faune et flore.

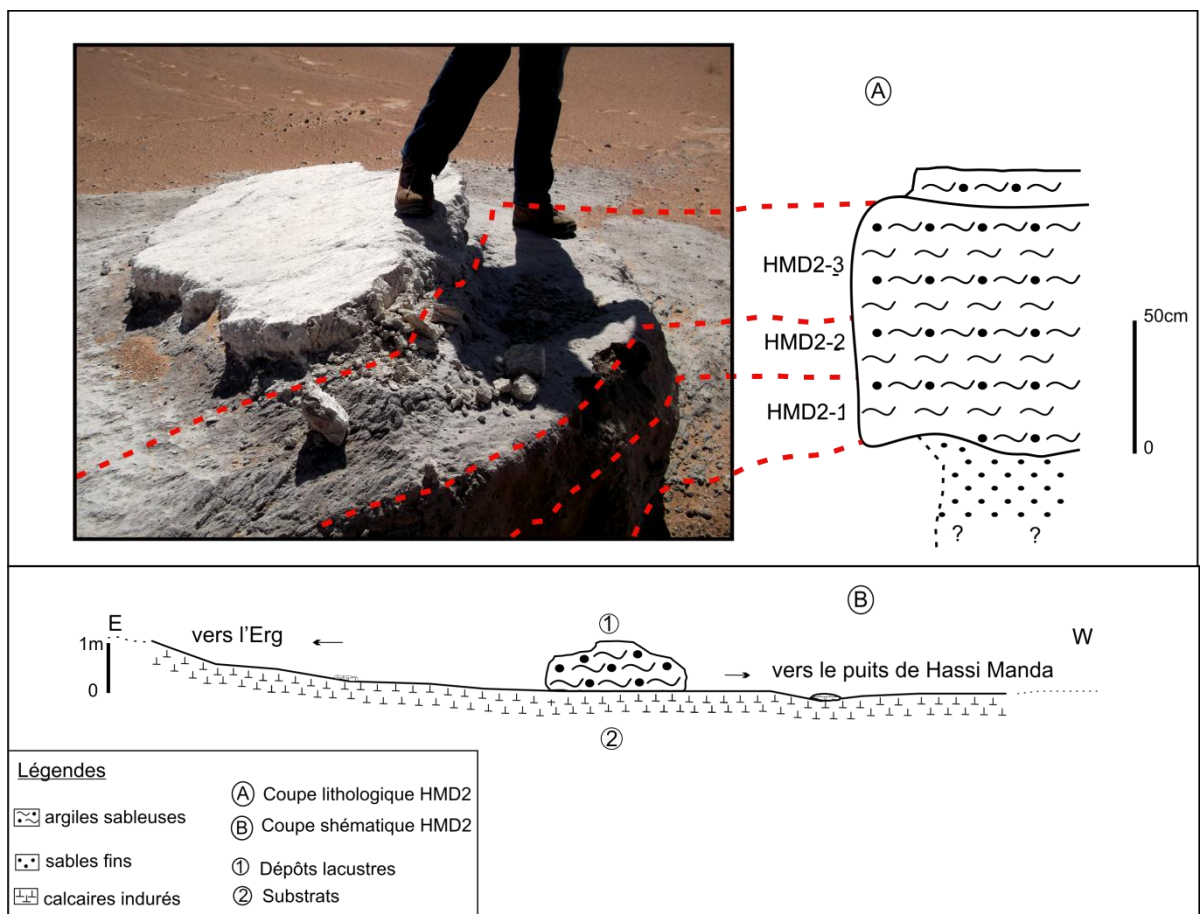


Fig. 09: Coupe Hassi Manda 2 (HMD2)

A : coupe lithologique B : coupe schématique

1.3. Coupe Hassi Manda 3 (HMD3)

Cette coupe est levée en bordure de la dépression en contact avec le substrat sous forme d'une butte témoin moins épaisse. Est un affleurement qui se présente sous forme de vastes surfaces de calcaires. Elle est également constituée de deux ensembles sédimentaires (fig. 10).

- des argiles sableuses (30 cm d'épaisseur) de couleur grisâtre pauvre en gastéropodes. Elles sont très riches en tiges de végétaux calcifiés.
- des calcaires indurés de couleur blanchâtre (30 cm d'épaisseur), riche en tiges de végétaux calcifiés (HMD3.3) (Pl. II, fig. 6).

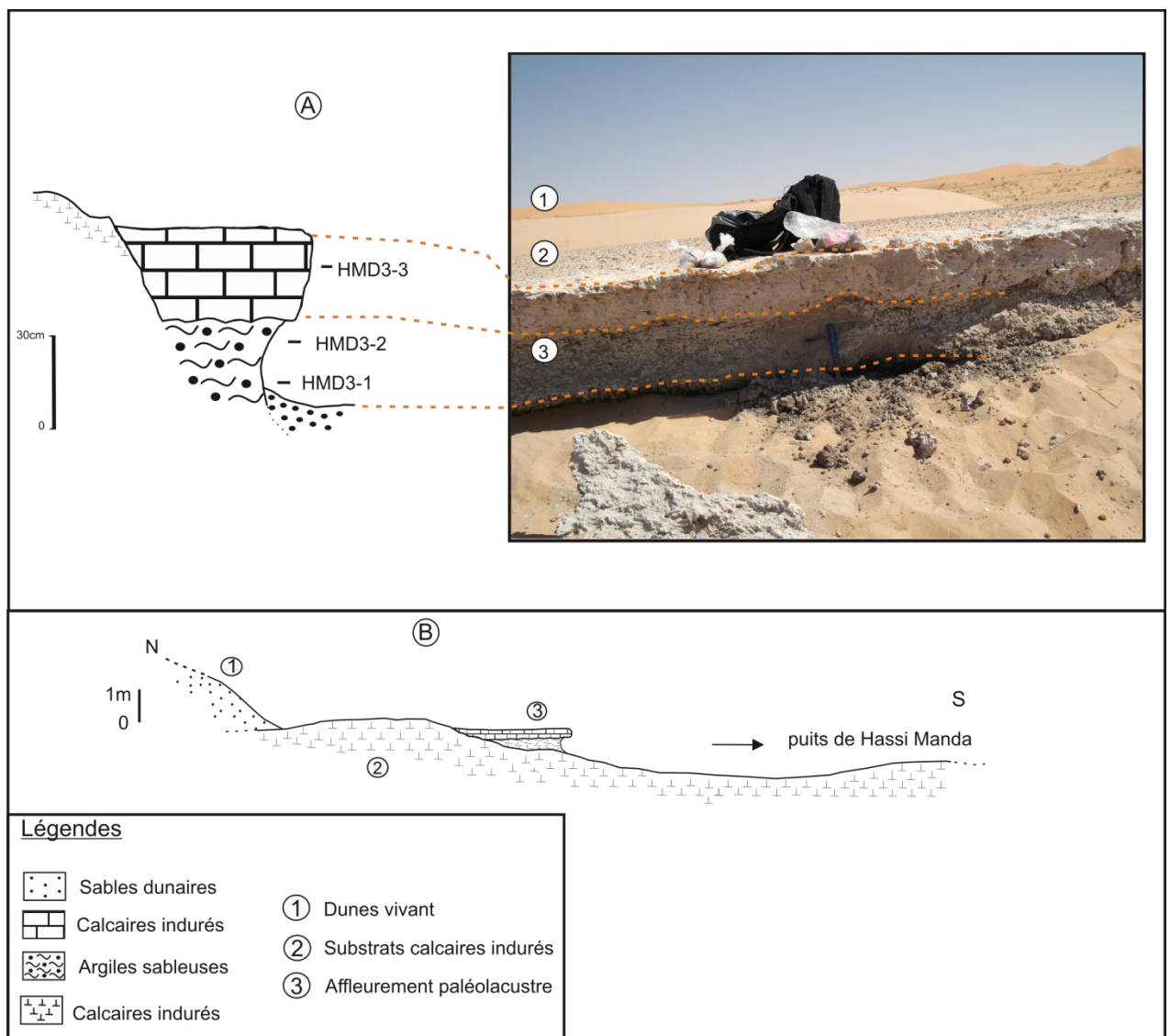


Fig. 10: Coupe Hassi Manda 3 (HMD3).

A : coupe lithologique B : coupe schématique

1.4. Prélèvement Hassi Manda 4 (HMD4)

Ce prélèvement a été effectué à la périphérie de la dépression. Elle est constituée par une petite couche d'argile sableuse très riche en macroflore observable même à l'œil nu représenté par des tiges de végétaux calcifiés (fig.11) (Pl. II, fig. 6).

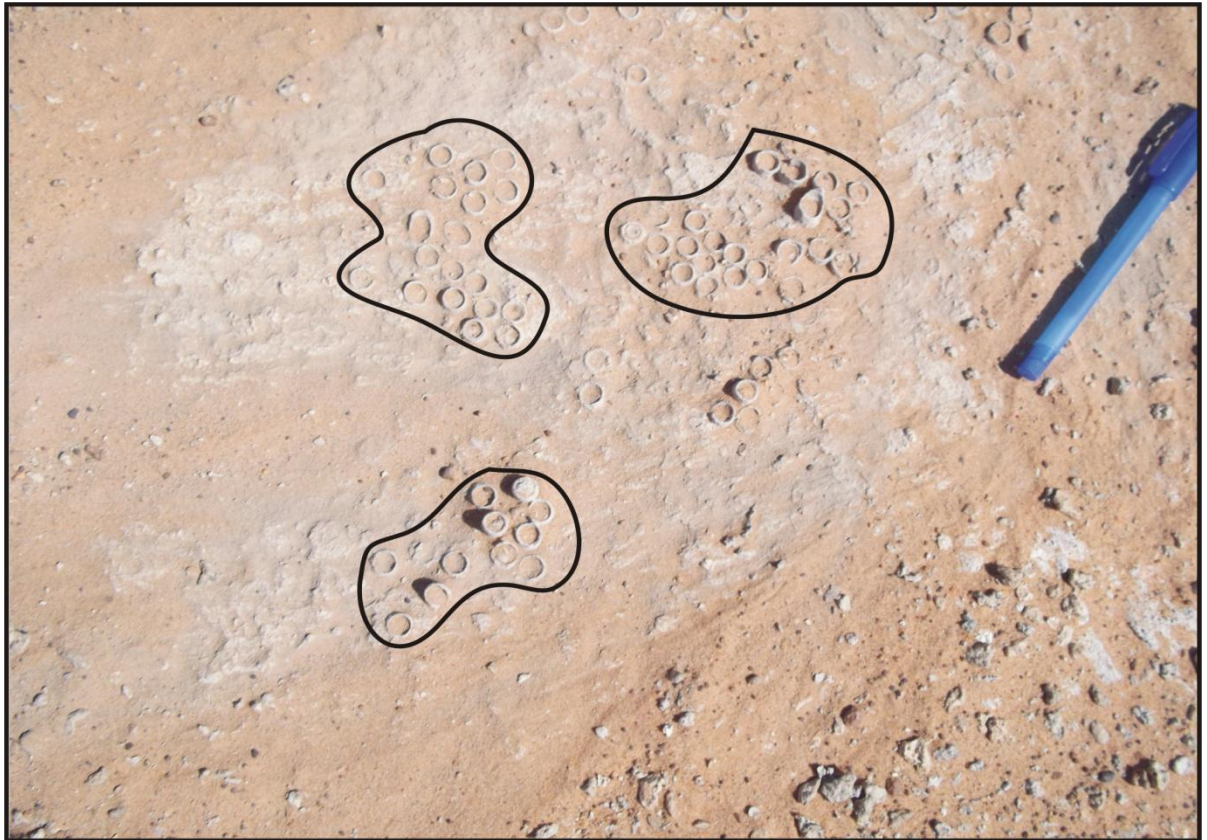


Fig. 11: Prélèvement Hassi Manda 4 (HMD4)

1.5. Prélèvement Hassi Manda 5 (HMD5)

Ce prélèvement a été effectué sur la bordure de la dépression à proximité des dunes vivantes de l'Erg. Elle est constituée par des argiles sableuses de couleur grisâtre, très riche en tiges de végétaux (fig.12).



Fig. 12: Prélèvement Hassi Manda 5 (HMD5)

1.6. Coupe Hassi Manda 6 (HMD6)

Cette coupe a été levée en bordure de la dépression en contact avec le substratum calcaire. Est un affleurement de 70 cm d'épaisseur (Fig.13).

L'évolution sédimentaire se présente de base en haut comme suite :

- des argiles sableuses riches en tige de végétaux de 40 cm d'épaisseur.

- des calcaires argileux de 30 cm d'épaisseur.

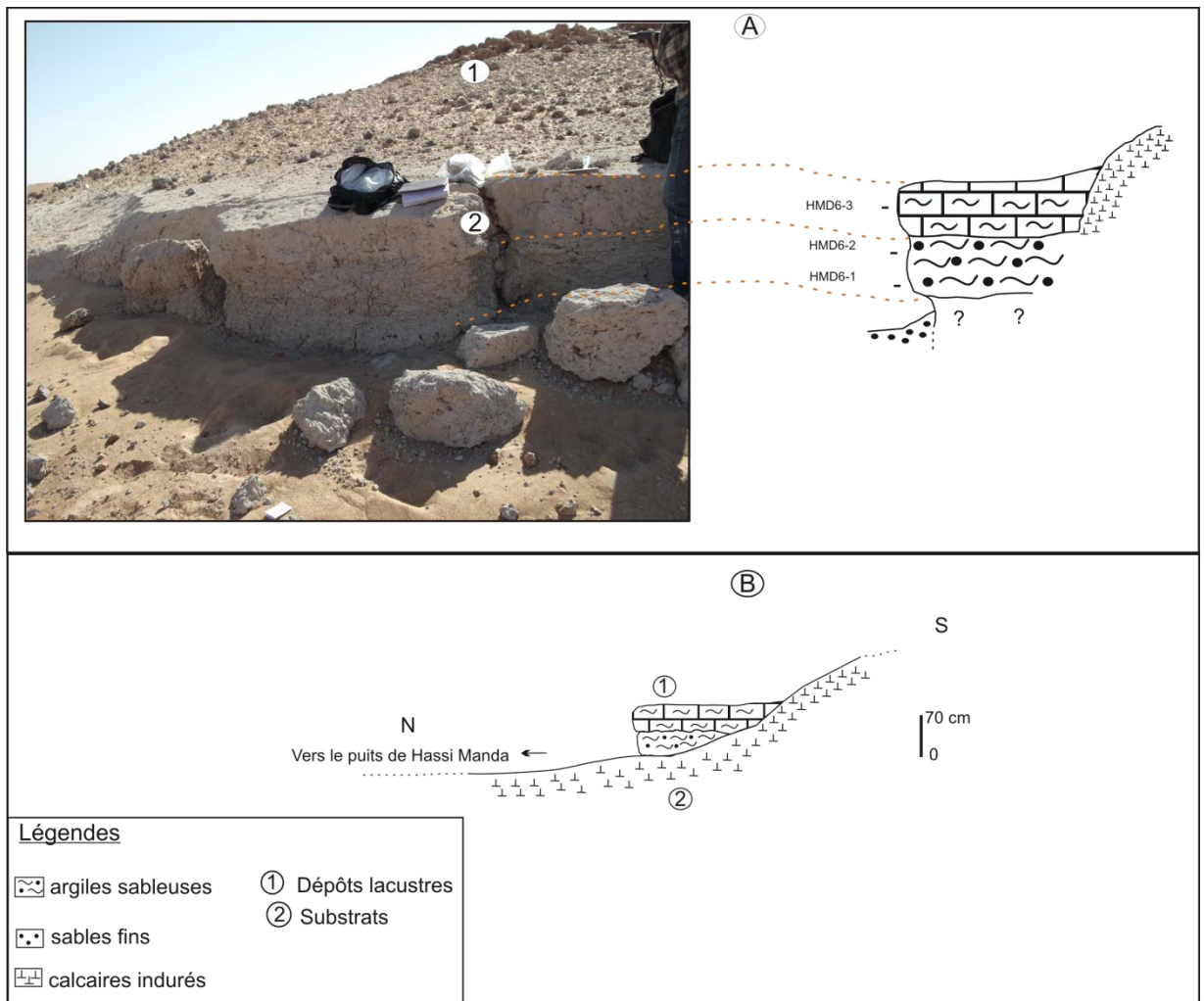


Fig. 13: Coupe Hassi Manda 6 (HMD6).

A : coupe lithologique B : coupe schématique.

2. La deuxième dépression (Fig.14)

Est une petite cuvette interdunaire tapissée de sédiments lacustres, au voisin d'un champ de dunes. Cette cuvette est moins étendue que la précédente et qui se situe à quelques centaines de mètres au nord-est de la première dépression.

Deux coupes lithologiques ont été levées dans cette dépression : l'une dans la bordure en contact avec le substrat calcaire (néogène) a été appelé (Coupe A) et l'autre dans la partie la plus profonde de la dépression a été appelé (Coupe B).

L'échantillonnage a été effectué en fonction des changements lithologiques observés pour chaque affleurement.

Le fait marquant de cette sédimentation est qu'aucune microflore diatomique n'a été décelée dans tous les échantillons prélevés.

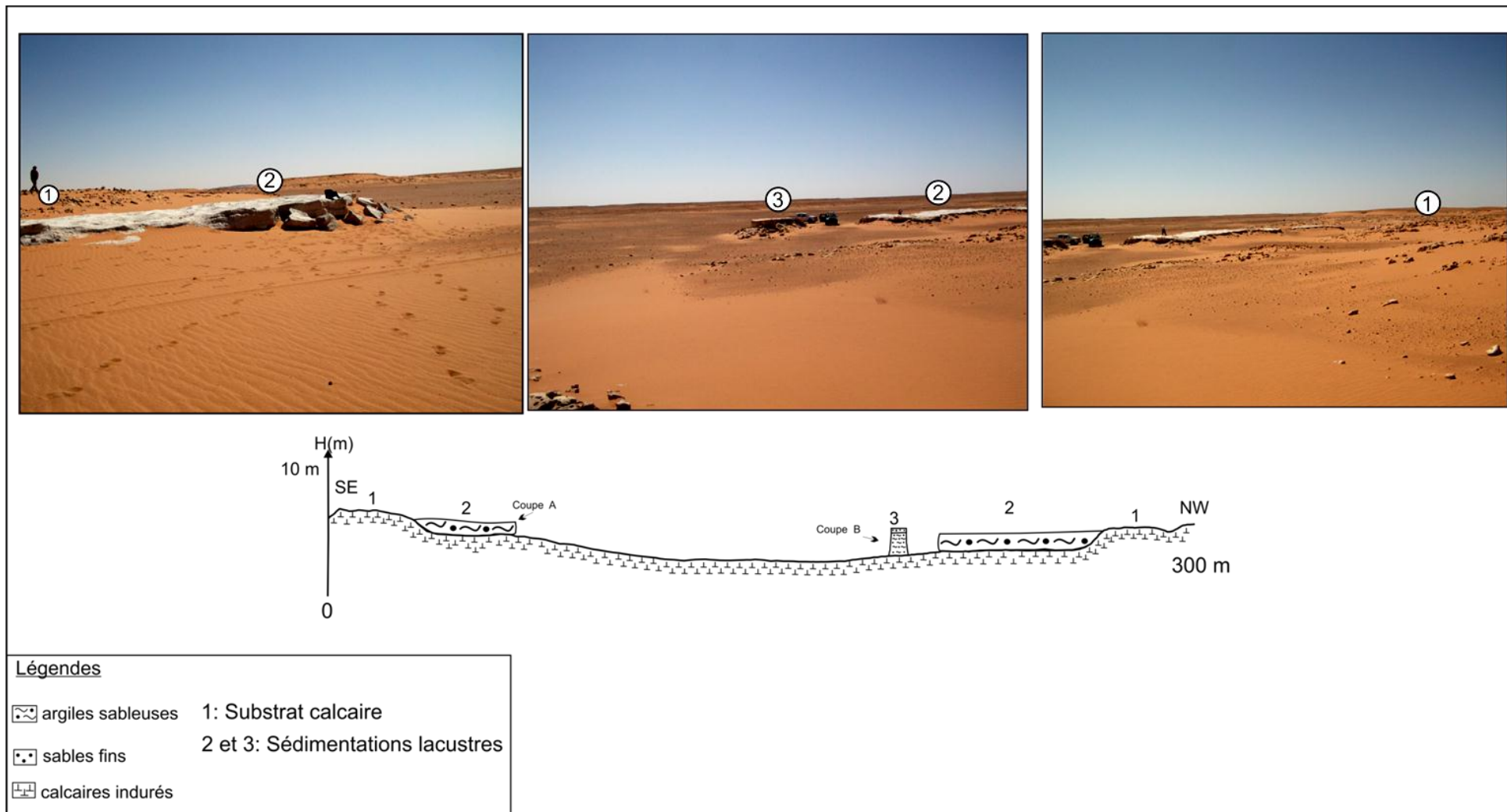


Fig. 14: Coupe schématique des dépôts lacustres de la deuxième dépression de Hassi Manda

2.2. Coupe A (Fig. 14 et 15) :

Est une coupe d'épaisseur de 60 cm. Elle est constituée par un seul faciès argilo-sableuse de couleur grisâtre. Elle renferme des coquilles de gastéropodes (*Limnea* cf. *palustris* Muller et *Planorbis* cf.) (Pl. I, fig. 4 et 5).

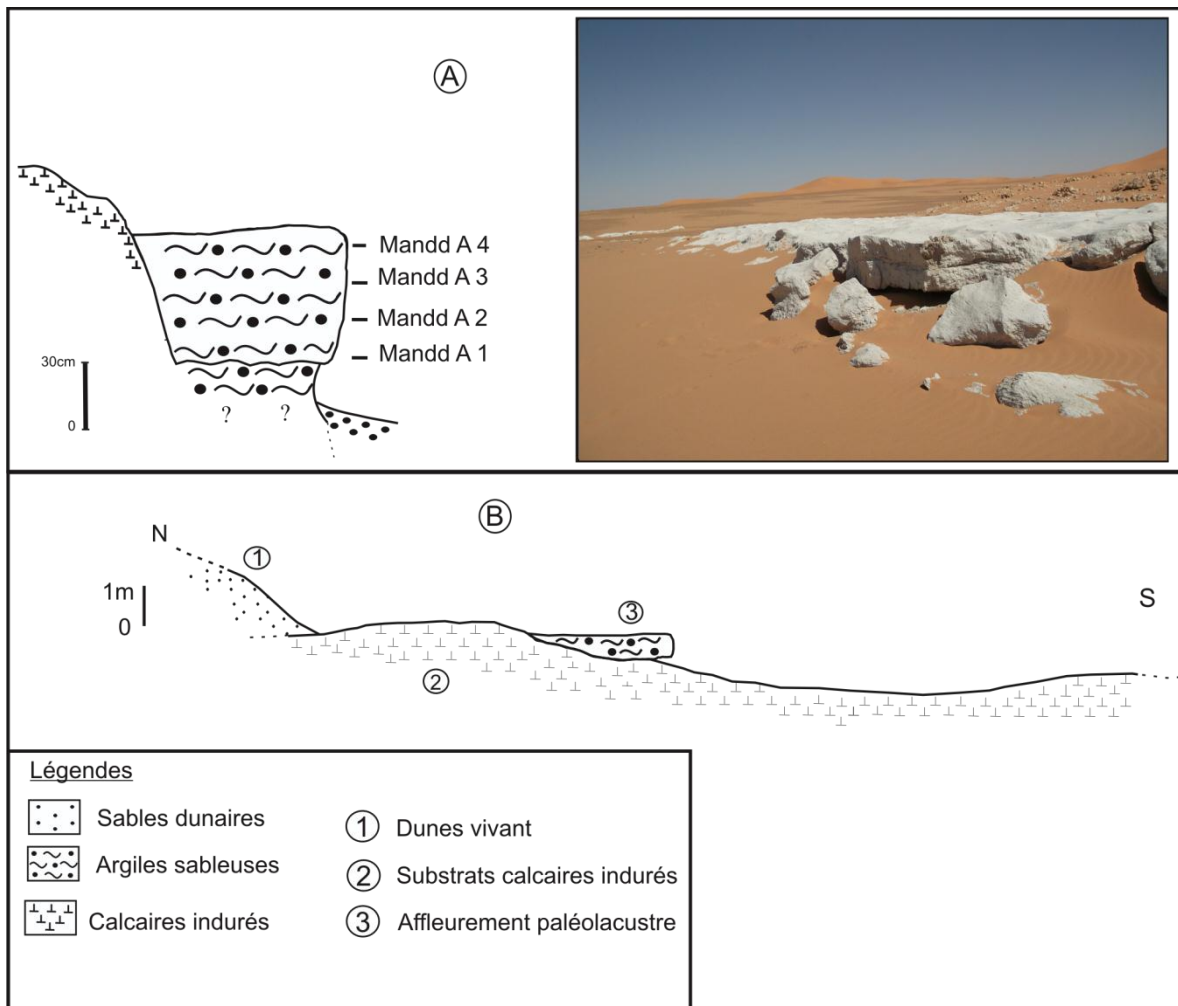


Fig. 15 : Coupe A de Hassi Manda.

A : coupe lithologique B : coupe schématique

2.1. Coupe B (Fig.14 et 15)

Est une coupe levée au centre de la dépression. Il s'agit d'un affleurement plus épais que le précédent. Sa puissance atteindrent les 1,4 m. elle se présente sous forme d'une butte témoin entaillée par les processus d'érosion.

Du point de vue lithologique du bas en haut on distingue :

- des sables légèrement grésifié de couleur beige à jaunâtre de 60 cm d'épaisseur.

- des argiles sableuses moins indurés de couleur grisâtre et de 30 cm d'épaisseur renfermant des coquilles de gastéropodes.

- des argiles calcaires plus indurés de couleur blanchâtre et d'une puissance de 50cm, renfermant des coquilles de gastéropodes (*Limnea cf. palustris* Muller et *Planorbis cf.*) (Pl. I, fig. 4 et 5).

Le passage entre les faciès se fait progressivement. On ne distingue aucune discontinuité.

Le lavage des échantillons a révélé également une riche faune de gastéropodes (*Limnea cf. palustris* Muller et *Planorbis cf.*) (Pl. I, fig. 4 et 5).

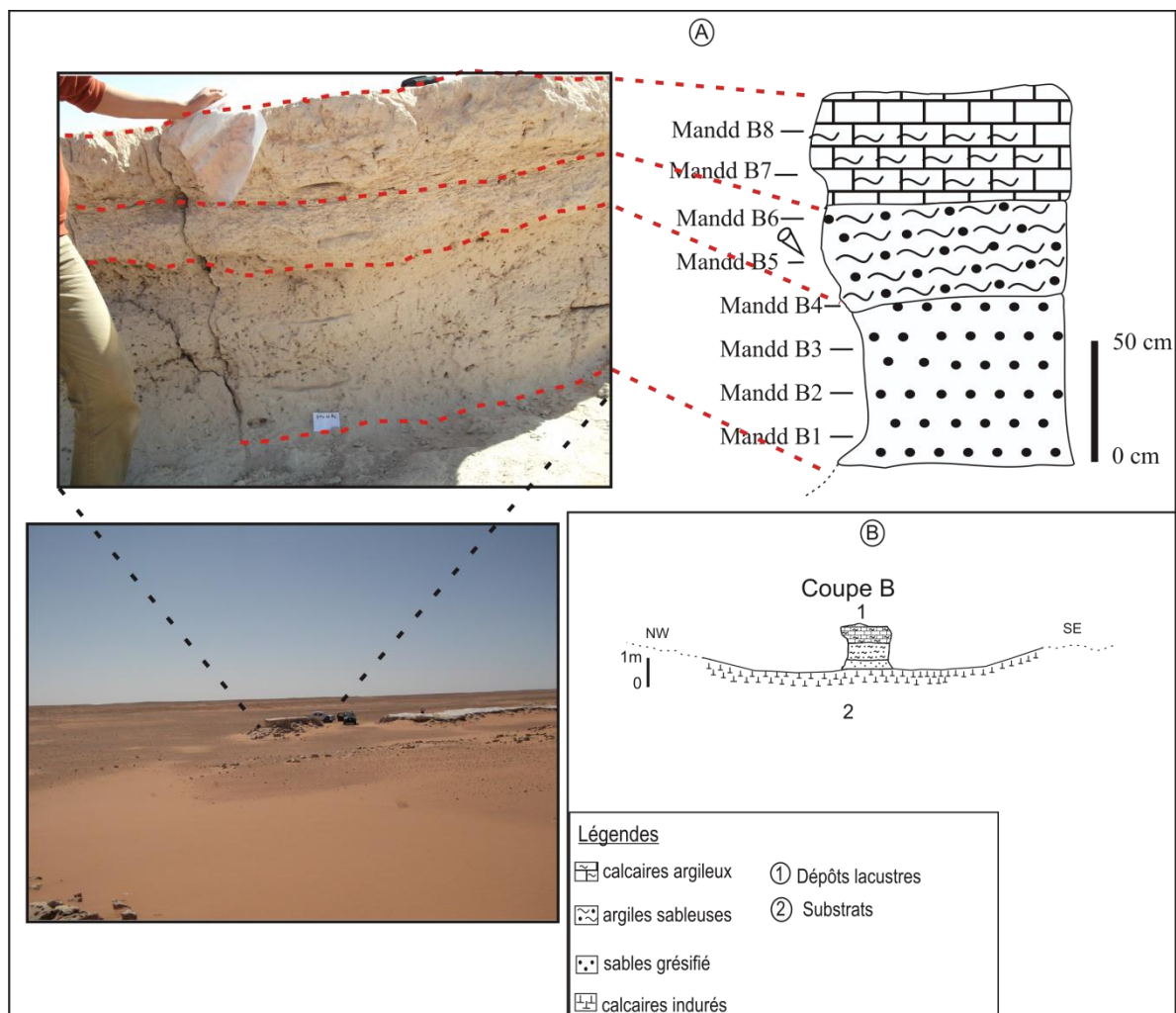


Fig. 16 : Coupe B de la deuxième dépression de Hassi Manda.

A : coupe lithologique B : coupe schématique

3. Corrélation

La corrélation des coupes du puits de Hassi Manda (HMD1) et la coupe B de la deuxième dépression montre une certaine différence et similitude faciologique (fig.).

Les deux coupes sont constituées par deux ensembles sédimentaires dominants ; sédimentation détritique (argilo-sableuse), et une sédimentation chimico-détritique (calcaires argileux).

L'ensemble détritique de la coupe du puits de Hassi Manda est surmonté par des calcaires à diatomées friables et pulvérulents. Tandis que l'ensemble détritique de la coupe B est surmonté par des calcaires argileux.

L'absence des calcaires à diatomées dans la coupe B est probablement due à l'érosion éolienne.

Les sables de la base de la coupe B sont plus indurés que les sables fins de la coupe du puits de Hassi Manda.

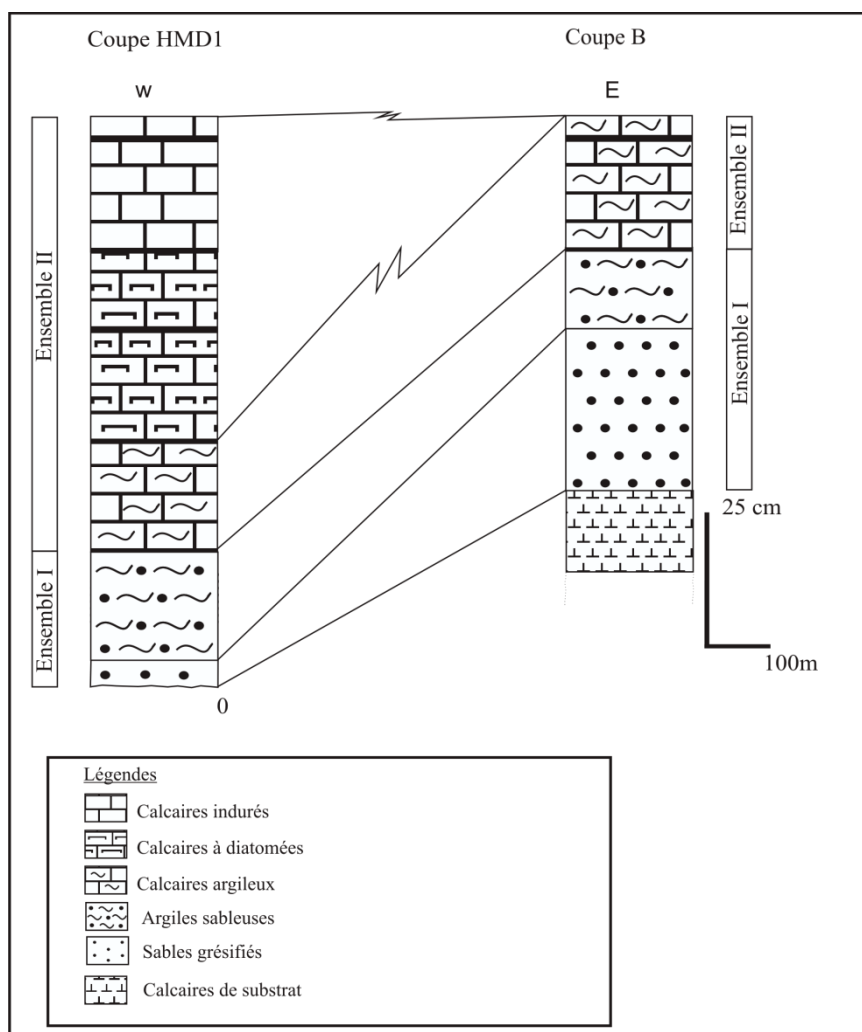


Fig. 17: corrélation lithologique des coupes étudiées de l'Holocène de Hassi Manda

III. AGE DES DEPOTS PALEOLACUSTRES DE HASSI MANDA

Lithologiquement, la fraîcheur et la position des dépôts sont des arguments en faveur d'un âge quaternaire récent. Les travaux de Baudrimont (1973), de Matéu *in* Conrad (1969) et Roubet *in* Conrad (1969) le confirment.

Ces derniers dans leurs travaux ont établi une première datation chronologique au radiocarbone (^{14}C) des sédiments du paléolac de Hassi Manda, montrant un âge Ougartien final II (6380 ± 300 ans B.P) à ces dépôts.

D'autre part, les travaux de Baudrimont (1973) sur la butte témoin du puits de Hassi Manda qui fait partie de notre étude (HMD1), montre un âge holocène (6310 ± 70 ans B.P).

Donc la série quaternaire récent de Hassi Manda est d'âge holocène, correspondant à l'ougartien final II.

CHAPITRE III

SYSTEMATIQUE

I. INTRODUCTION

L'étude paléoenvironnemental des dépôts paléolacustre de la région de Hassi Manda (Erg Er Raoui) nécessite un inventaire diatomique et une étude systématique ainsi que les caractères autoécologiques de tous les taxons rencontrés.

Les diatomées sont des bons indicateurs écologiques et paléoécologiques car ils répondent rapidement à tout changement physique ou chimique survenant dans leur habitat (Smol *in* Talbot, 2000).

Dans ce chapitre l'accent sera mis sur la description, la systématique et l'autoécologie des différents taxons diatomiques rencontrés.

II. LES DIATOMEES LACUSTRES

1. Définition et caractères généraux des diatomées

Les diatomées appelées Bacillariophycées sont des algues brunes unicellulaires appartiennent à l'embranchement des Chromophytes, solitaire ou coloniales. Leur taille est variée de quelques micromètres (μm) à plus de 500 μm . apparus dès le jurassique.

Le nombre d'espèce actuellement connu proche de 11 000 espèces. Deux groupes de ces diatomées se distinguent selon la forme et le mode d'ornementation :

- les Centriques dits aussi Centraux, à symétrie radiaire et ornementation rayonnante. Leurs frustule est cylindrique et les valves sont circulaires ou discoïdes.

- Les Pennées ou pénales à symétrie bilatérale dont les frustules sont elliptiques ou lancéolés caractérisé le plus souvent par une zone médiane non ornementé dite « raphé ».

Leur besoin en lumière et en humidités pour se développer les prédisposent à occuper les différents milieux aquatiques (eaux douce, marin, hypersalé, saumâtre, eau courante et stagnante). Elles peuvent se développe aussi à l'aire libre (aérosols) et sur les sols (sable humide, parois de cavernes, ect).

1.1. Morphologie des diatomées

La cellule d'une diatomée est composé d'un noyau entouré d'une masse cytoplasmique et enveloppe d'un squelette externe siliceux appelé « frustule ».

Ce dernier est composé de deux valves inégales emboîtées l'une dans l'autre. La valve supérieure plus grande appelée épivalve, tandis que la valve inférieure est appelée hypovalve. Chaque valve prolonge d'une ou plusieurs ceintures connectives appelées cingulum. Ce dernier se compose en épicingulum et épocingulum (fig. 18).

La valve et le cingulum composent la thèque conventionnellement, le frustule est donc composé d'une thèque supérieure ou éoithèque (épivalve plus épicingulum), qui vient recouvrir une thèque inférieure ou hypothèque (hypovalve plus hyposingulum).

Les pennées sont ornées par des stries, côtes, cloisons, ponctuation ou autre protubérances.

Les centriques leur ornementation est sous forme de ponctuation (aréoles) à symétrie radiale.

Certaines formes pennées montrent une fente longitudinale (raphé) divise le frustule en deux parties généralement égales. Ce raphé présent généralement sur les deux valves, est interrompu en son milieu par un épaississement appelé le nodule central.

Le raphé se termine par deux nodules terminaux. Systématiquement de part et d'autre du raphé se disposent des côtes et des stries occupant le reste de la surface valvaire.

Les frustules de certaines pennées sont pourvus d'un raphé sur une seule valve (épivalve ou épivalve). Ce raphé peut être absent chez d'autres formes et substitué par une aire hyaline longitudinale (pseudoraphé).

Selon la forme générale de leur frustule et la nature de leur ornementation, les diatomées (les pennées en particulier) peuvent présenter deux axes de symétries un axe longitudinal ou apical. Passant par les deux apex d'une même valve et un axe transversal ou transapical passant par le milieu de la valve et perpendiculaire au précédent.

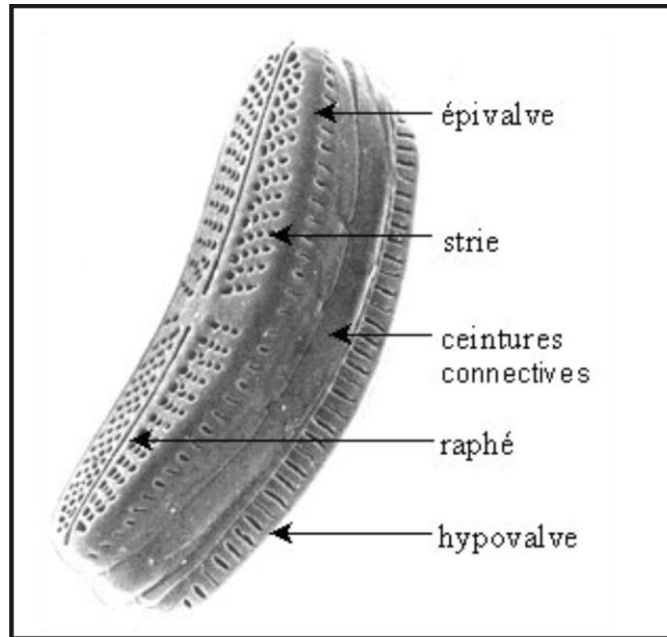


Fig. 18 : Structure d'une diatomée pennée.

1.2. Reproduction

Chez les diatomées deux modes de reproduction se distinguent (fig. 19) :

La division binaire : chaque cellule-mère se divise en deux cellules filles. La taille de la valve diminue à chaque nouvelle génération, jusqu'à ce que la reproduction sexuée (*auxosporulation*) intervienne pour rétablir la taille d'origine.

L'auxosporulation (reproduction sexuée) : Lorsque la taille de l'espèce atteint une valeur minimale critique ou lorsque les conditions environnementales ne sont pas favorables à la multiplication végétative, la reproduction se fait selon un mode sexué (production d'auxospores). La reproduction sexuée permet de regagner la taille maximale de l'espèce.

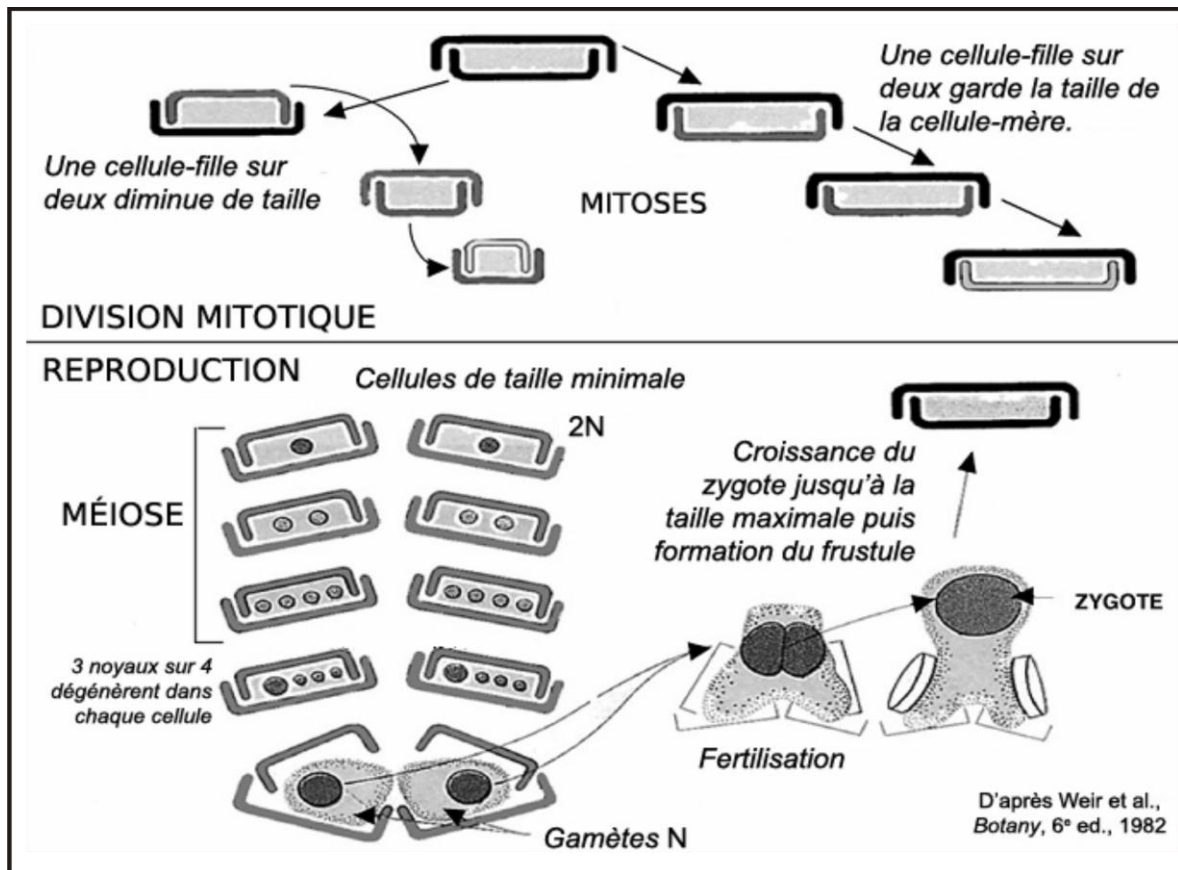


Fig. 19 : Schéma de la division mitotique et de la reproduction méiotique des Diatomées (d'après Cyril Langlois, 2006).

1.3. Ecologie

Les diatomées existent dans la plus part des milieux aquatiques. Elles peuvent être planctoniques ou benthiques.

Les diatomées planctoniques (euplanctonique) qui vivent libres dans l'eau (vagile). Il s'agit généralement des formes centriques.

Les diatomées périphytiques, dite benthiques, colonisent les environnements littoraux et présentent des communautés très différentes selon les types des substrats : l'épipélon (espèce libre vivent à la surface des sédiments), l'épipsammon (vivent à la surface des grains de sable), l'épilithon (vivent sur les substrats durs et inertes de type pierre, bloc et galet), l'épiphytes (vivent à la surface des végétaux aquatiques) et le périphyton qui désigne au sens le plus large toutes les espèces fixés sur des objets immergés ou déposé à leur périphérie immédiate.

Par ailleurs le développement des diatomées est lié même si parfois étroitement à la température, la vitesse de courant, le pH, la salinité, la matière organique, les nutriments et la teneur en silice, et par conséquent aux variations saisonnière et annuelle du milieu.

1.4. Intérêts des diatomées lacustres

Les diatomées fossiles sont de précieux marqueurs paléoécologiques (paléotempérature, paléosalinité et paléobathymétrie) permettant la reconstitution environnementale des paléo-milieus. Elles sont qualifiées des biomarqueurs.

Les diatomées actuelles sont utilisées en écologie et environnement comme Indice Biologique Diatomées (I.B.D) pour évaluer la qualité biologique des eaux, l'évolution temporelle et spatiale de la qualité de l'eau et les conséquences d'une perturbation sur l'environnement.

III. INVENTAIRE DES DIATOMEES DE LA COUPE DE HASSI MANDA

1. METHODE DE TRAVAIL

L'inventaire de la microflore diatomique constituera le support indispensable à l'approche paléoenvironnementales de cette étude.

1.1. Méthodologie

Il comportera une description du genre (clés de détermination), une nomenclature binominale (genre et espèce) suivie d'un renvoi à la planche et à la figure correspondantes, une synonymie, une description du taxon, dimension et l'écologie. Cette détermination s'effectuée à l'aide d'un microscope photonique doté deux oculaires de (X 10) et des objectifs de (X 40 et X 100).

1.2. Quantification

Plusieurs méthodes de quantifications ont été utilisées. Certaines sur 300 individus (Ehrlich et Dor, 1985 ; Huault, 1985 ; Pienitz et al, 1992 ; Seriessol et Krier, 1995, Villeneuve et Pienitz, 1998), d'autre fois sur 500 individus (Hurlimann et Schanz, 1988)

Dans cette étude la majorité du comptage a été effectué sur 500 individus. Il est à noter que certains échantillons plus ou moins pauvre en diatomées n'ont pas atteint les 500 individus pour la lame.

1.3. Détermination

La classification adoptée dans ce chapitre est celle proposée par Round *et al.*, 1990).

Pour la détermination des différents taxons de diatomées, plusieurs ouvrages ont été la base de notre détermination générique et au niveau spécifique, Hustedt (1930-1957), Gijbels et Abate (1946), Alimen *et al.* (1970), Hajos (1970), Baudrimont (1973 ; 1974), Servant-Vildary (1973, 1977, 1978, 1984, 1986), Germain (1981), Coste et Ricard (1982, 1990), Huault et Levebver (1983), Ehrlich et Dor (1985), Huault (1985, 1988 et 1989), Fourtanier (1987), Ricard (1987), Hurlimann et Schanz (1988), Frohlich et Servant-Vildary (1989), Cocquyt (1991), Compere (1991, 2000), Gasse et Fourtanier (1991), Pienitz *et al.* (1997), Telford (1998), Villeneuve et Pienitz (1998) et Scherrod (1999).

1.4. Autoécologie

L'écologie des taxons de diatomées rencontrées est adoptée à partir des ouvrages et les documents cités ci-dessus et surtout des travaux de Gasse *et al.*, à l'exception des espèces indéterminées.

1.5. Représentation graphique et interprétation

L'ensemble des données obtenues de l'inventaire diatomique sont représentées sous formes de courbes exprimant les fréquences des diatomées en fonction du mode de vie, de la salinité, pH et température. Les interprétations de ces graphes nous ont permis une reconstitution paléoenvironnementale (voir chapitre IV).

2. LES DIATOMEES CENTRIQUES (CENTROPHYCIDEES)

Embranchement : **Bacillariophyta**

Classe : **Mediophyceae** (Jousé et Proshkina-Lavranko) Medlin et Kaczmerska, 2004

Ordre : **Thalassiosirales** Glezer et Makarova, 1986

Famille: **Stephanodiscaceae** Glezer et Makarova, 1986

Genre : *Cyclotella* Kützing, 1833

Ce genre a été créé par Kützing en 1833. Les individus sont solitaires ou coloniaux en courts filaments ou dans un mucilage. Les valves sont circulaires à elliptiques. La surface valvaire plane ou ondulée, habituellement divisée en deux parties : une partie externe ou marginale, portant des aréoles disposées en stries radiales séparées par des rayons hyalins, une zone centrale ou interne ornée différemment.

Cyclotella meneghiniana Kützing, 1834

Références :

- 1970- *Cyclotella meneghiniana* Kützing : Alimen et *al.*, p.107, pl. III, fig. 7.
- 1971- *Cyclotella meneghiniana* Kützing : Beucher, pl. XXIII, fig. 4.
- 1974- *Cyclotella meneghiniana* Kützing : Baudrimont, p. 259, pl. 19, fig. 10.
- 1992- *Cyclotella meneghiniana* Kützing : Pienitz et *al.*, p. 119, pl. II, fig. 1-5.
- 1994- *Cyclotella meneghiniana* Kützing : Fan, pl.VII, fig.9 et 10.

Description :

Ce taxon mérite une mention spéciale bien que sa détermination ne me pose pas des problèmes. C'est une forme à valve circulaire d'un diamètre de 10 à 33 µm. La surface valvaire s'organise en deux zones nettement distinctes. Une zone centrale hyaline, non ornée et une zone externe ou marginale portant des ponctuations disposées en stries radiales (10 à 14 en 10 µm) séparées par des rayons hyalins. La zone centrale est la plus grande que l'externe.

Ecologie :

C'est une espèce littorale planctonique dite euplanctonique (Seriesosol et Krier, 1995). Elle est nettement halophile, alcaliphile pour Foged (1948). C'est une forme ubiquiste des eaux douces, saumâtres et sursalées pour Wood (1963), ce qui permet de la classer dans le groupe des espèces euryhalobes. Caljon et Cocquyt (1992) la considèrent comme une forme cosmopolite, euryhaline, limnobionte.

En Algérie (Baudrimont, 1973), elle est abondante dans les eaux α et β mésohaline et absente des eaux oligohalines. Elle est alcaliphile (pH de 7,1 à 8,2) et se rencontre dans tous les types chimiques d'eaux (chlorurées sodique, sulfatées, calcique, sulfatées sodiques et bicarbonatées calcique).

C'est une forme qui support des températures élevées de l'ordre de 60° tel que les eaux thermales. Elle est donc eurytherme d'après Baudrimont (1973).

D'après les travaux de Gasse et *al.*, (1987) est une espèce planctonique, tolère une salinité comprise entre 5‰ et 30‰, a été trouvée dans des eaux à pH alcaline (8 à 9).

Cyclotella kutzingiana Thwaites

Références :

- 1978- *Cyclotella kutzingiana* Thwaites : Servant-Vildary, pl. II.1, fig. 11, pl. II.6, fig. 4.
 1981- *Cyclotella kutzingiana* Thwaites : Germain, p.35, pl. 7, fig.10-12.
 1993- *Cyclotella kutzingiana* Thwaites : Giaj-Levra et Abate, pl.1, fig.5.

Description :

C'est une valvaire circulaire de 10 à 20 μm de diamètre. La surface valvaire est divisée en deux zones, l'une interne hyalin et l'autre externe orné de ponctuations disposées en stries radiales (12 à 14 en 10 μm). Cette espèce se distingue de *cyclotella meneghiniana* par une zone marginale (externe) large que la zone centrale (interne).

Cette espèce est considérée pour certain auteurs comme synonymie de *Cyclotella meneghiniana* .

Ecologie :

C'est une espèce des eaux douces assez commune. Elle se trouve à l'état planctonique que benthique, elle semble limitée aux milieux calcaires (Germin, 1981). Elle est rencontrée par Baudrimont (1974) dans les sources fortement minéralisée, mais elle est considérée comme espèce allochtone, apporté par les eaux de ruissellements. Elle est euryionique, liée aux eaux leptomesohalines (teneur en sels de 0,2 à 5‰) bicarbonatées calciques et chlorosulfatées sodiques, riche en calcium (calciphile).

Selon Gasse et *al.*, est une espèce planctonique, d'eau douce (support une salinité comprise entre 0‰ et 0,5‰), et tolère un pH alcaline.

3. LES DIATOMÉES PENNÉES (PENNATOPHYCÉES)

Embranchement : **Bacillariophyta**

Sous-embranchement : **Bacillariophytina** Midlin et Kaczmarksa, 2004

Classe : **Bacillariophyceae** Haeckel, 1878 emend Midlin et Kaczmarksa, 2004

Sous-classe : **Fragilariophycidae** Round *in* Round et *al.*, 1990

Ordre : **Fragilariales** Silva, 1962 emend Round *in* Round et *al.*, 1990

Famille : **Fragilariaceae** Greville, 1833.

Genre : *Fragilaria* Lyngbye, 1819.

Les individus sont solitaires ou coloniaux. Le frustule est d'une forme variable (linéaire, lancéolé ou elliptique) en vue valvaire et rectangulaire en vue connective d'une longueur de 15 à 18 μm et d'une largeur de 5 μm . L'aire axiale est rectiligne. La surface valvaire porte des côtes transapicales internes souvent radiales aux extrémités. Les stries sont de 10 à 15 en 10 μm .

Fragilaria brevistriata Grunow *in* Van Heurck, 1885

Références :

- 1978 - *Fragilaria brevistriata* Grunow : Servant-Vildary, pl. II.1, fig. 1 et 2, pl. II.4, fig. 15.
- 1981- *Fragilaria brevistriata* Grunow : Germain, pl. 20, fig.22-31.
- 1994 - *Fragilaria brevistriata* Grunow : Fan, pl.VIII, fig.13.
- 2000 - *Fragilaria brevistriata* Grunow : Campeau, p. 94, pl. 5, Fig. 23 et 24.
- 2000 - *Fragilaria brevistriata* Grunow : Karin, pl. 1, Fig. 7 et 8.

Description :

C'est une forme allongée de 15 à 18 μm de longueur. Elle est elliptique avec des extrémités plus ou moins rostrées. Elle est renflée au centre. L'ornementation est représenté par des stries transversales (10 à 15 en 10 μm) sont espacées et formées de gros pores arrondis. L'aire axiale est lancéolée et large.

Ecologie :

C'est une espèce planctonique, vivant dans la partie littorale des lacs. Elle indique un milieu peu profond et pauvre en sels dissous (Serant-Vildary, 1978). C'est une forme oligohalobe indifférente pouvant supporter de légères salinités de l'eau (mesoeuryhaline = 8-10 ‰). Elle est alcaliphile cosmopolite.

D'après Fan (1994) est une forme tychoplanctonique. Il est fréquent dans les communautés benthiques littorales, et se rencontre aussi dans le plancton des zones peu profond de divers lacs.

Elle est oligihalobe pour Hustedt (1957) et Foged (1981), alcaliphile (Foged, 1964, 1981).

En association avec *Navicula oblonga*, *Navicula halophila* représenterait des conditions littorales aux eaux concentrées en sels (Fan, 1994).

En Algérie c'est une espèce oligihalobe indifférent support de légère salinité de l'eau. Elle est alcaliphile, cosmopolite (Baudrimont, 1974).

Selon Gasse et *al.*, (1987) est une espèce d'eau douce, planctonique et alcaliphile.

Genre: *Synedra* Ehrenberg, 1830

Les frustules sont très allongés (longues), le plus souvent isolées mais forment parfois des colonies étoilées et le plus rarement rubanées. La surface valvaire est très étroite dépourvue de raphé. Les stries sont transversales et interrompues le long de l'aire longitudinale ou pseudoraphé. Les frustules de ce genre sont araphidés.

Synedra capitata Ehrenberg, 1836

Références :

1981- *Synedra capitata* Ehrenberg : Germain, pl. 23, fig.1, 2, 1 bis et 2 bis.

1993- *Synedra capitata* Ehrenberg : Giaj-Levra et Abate, pl.6, fig.1.

Description :

C'est une forme très allongées d'une longueur de 100 à 300 µm. Elle est plus ou moins lancéolées ou linéaires parfois un peu courbées ou ondulées, munies d'une ligne médiane hyaline ou d'un espace blanc parfois peu distincts; fréquemment munies d'un pseudo-nodule médian et souvent de nodules terminaux très-petits et peu visibles. Les stries sont de 8 à 9 en 10 µm,

Ecologie :

Est une espèce épipélique et/ou épipsammique (Denys, 1991), d'eau douce (Van Heurk, 1885) et alcaliphile (Foged, 1980 et Denys, 1991).

Synedra ulna (Nitzsch) Lange-Bertalot, 1988.

Références :

- 1897-1908- *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg : Peragallo, p. 317, pl. LXXX, fig. 1.
- 1981- *Synedra ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot : Germain, pl. 24 et 168, fig. 8.
- 1988- *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot : Hurlimann et Schanz, p. 368, pl. 1, Fig. 7-9.
- 1993- *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot : Giaj-Levra et Abate, pl.2, fig.27, pl.3, fig.10 et 18, pl.27, fig.27.
- 1994 – *Synedra ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot : Fan, Pl. VIII, Fig. 31.
- 2000 - *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg : Stéphane Campeau, p. 120, pl. 6, Fig. 5 et 6.

Description :

Les frustules sont solitaires rarement en colonie. C'est une valve lancéolée linéaire de 3 à 4 µm de largeur. Les extrémités sont plus ou moins capitées. La surface valvaire est très étroite présente un pseudo-raphé également étroit et des stries transversales (10 en 10 µm) interrompues par l'aire longitudinale (pseudo-raphé).

Ecologie :

Pour Hustedt (1930), elle est oligohalobe indifférente, évitant les eaux typiquement saumâtres.

C'est une forme indifférente à la teneur en sels et alcaliphile (Foged, 1948). Elle caractérise les eaux moyennement polluées ou en voies d'autoépuration (Wurtz, 1957). Elle supporte des eaux légèrement acides (Baudrimont, 1974).

Elle est trouvée par Baudrimont (1974) dans les eaux à température de 60°.

D'après Gasee et al., (1987) est une espèce planctonique, d'eau douce, , tolère un pH alcaline (comprise entre 7 et 8).

Pour Foged (1964) et Titiana et al., 2011 est une forme alcaline.

Elle présente les mêmes caractères écologiques que *Fragilaria brevistriata* (Servant-Vildary, 1978).

Synedra ulna var. *biceps* (Nitzsch) Lange-Bertalot, 1988.

Références :

1993- *Synedra ulna* var. *biceps* (Nitzsch) Lange-Bertalot : Giaj-Levra et Abate, pl.2, fig.29, pl.6, fig.2.

Description :

C'est une valve lancéolée linéaire. Les extrémités sont capitées. Le pseudo-raphé est étroit. Les stries sont robustes (10 en 10 μm), finement divisées en travers, laissant habituellement un espace hyalin quadrangulaire à la partie moyenne de la valve. Cette forme n'a pas été trouvée complètement dans nos échantillons.

Ecologie :

D'après Baudrimont (1974) elle est oligihalobe indifférent, évitant les eaux typiquement saumâtres, caractérisé les eaux moyennement polluées ou en cours de d'autoépuration, β mésohalobe, euryionique, fréquente dans les eaux bicarbonatées calciques et chloro-sulfatés sodique. Elle est signalée pour la première fois dans les eaux sulfurées calcique, elle y tolère 1,7 mg/l d' H_2S libre et des températures de 60°. Elle est trouvée par Baudrimont (1974) dans les eaux à température de 60°.

Sous-classe : **Eunotiophycidae** D.G Man *in* Roun et *al.*, 1990

Ordre : **Eunotiales** Silva, 1962

Famille : **Eunotiaceae** Kutzing, 1844

Genre : *Eunotia* Ehrenberg, 1837

Les frustules sont courbées en vue valvaire et rectangulaire en vue connective. C'est une forme isopolaire avec des extrémités arrondies ou capités. La disposition du raphé sur la valve est très variée. La valve est striée transversalement. La face connective est large et quadrangulaire.

Eunotia arcus Ehrenberg, 1837

Références :

- 1978 - *Eunotia arcus* Ehrenberg : Servant-Vildary, pl. II. 8, fig. 7.
1981 - *Eunotia arcus* Ehrenberg : Germain, pl. 31, fig. 27.
1993 - *Eunotia arcus* Ehrenberg : Giag-Levra, pl. 4, fig. 3, pl. 15, fig. 17.
1994 - *Eunotia arcus* Ehrenberg : Fan, Pl. IX, Fig. 1 et 2.

Description :

La valve est dorsi-ventrale, large, de 20 à 50 μm de longueur sur 5 à 8 μm de largeur. Elle présente de grosses capitations aux extrémités. Les pseudo-nodules terminaux sont très petits. Les stries sont à peu près transversales, finement perlées, au nombre de 7 à 9 en 10 μm . La face connective est quadrangulaire.

Ecologie :

C'est une espèce des eaux douces (Van Heurck, 1885). C'est une espèce qui a été trouvée dans les eaux légèrement acides des milieux tourbeux (Germain, 1981).

Est une espèce euryionique, leptomesohalobe dans des eaux bicarbonatées calciques, est une espèce calciphile (Baudrimont, 1974).

Est une espèce acidophile (Foged, 1980), Titiana et *al.*, 2011), épiphytique littorale et d'eau douce (Gasse et *al.*, 1987), planctonique pour Hassan et *al.*, (2010).

Eunotia pectinalis (Kutzing) Rabenholt, 1864

Références :

- 1978 - *Eunotia pectinalis* (Kutzing) Rabenholt : Servant-Vildary, pl. II. 7, fig. 4 et 5.
1981 - *Eunotia pectinalis* (Kutzing) Rabenholt : Germain, pl. 33, 34, 35, 36, 37.
1993 - *Eunotia pectinalis* (Kutzing) Rabenholt : Giag-Levra, pl. 3, fig. 11 et 14, pl. 4, fig. 5, 6 et 8, pl. 28, fig. 4, pl. 29, fig. 17.

Description :

La valve est longue, mince, de 10-60 μm de longueur sur 5-11 μm de largeur. Les bords de la valve sont parallèles et très peu arqués. Les extrémités sont très peu

capitées. Les stries transversales sont finement perlées au milieu de la valve, mais plus serrées aux extrémités. La face valvaire est caractérisée par des pseudo-nodules, de petite taille visible sur le bord ventral.

La face connective est quadrangulaire longue, avec une zone marquée des stries ponctuées.

Ecologie :

Est une espèce euryionique, leptomesohalobe dans des eaux bicarbonatées calciques, est une espèce calciphile (Baudrimont, 1974).

Est une espèce benthique (Titiana et al, 2011), épipsammique (Denys, 1991), d'eau douce (Van Heurk, 1885) et acidophile (Foged, 1980).

Sous-classe : **Bacillariophycideae** D.G Man in Round et al., 1990

Ordre : **Cymbellales** D.G Man in Round et al., 1990

Famille : **Cymbellaceae** Greville, 1833

Genre : *Cymbella* Agardh, 1830

Les valves sont généralement dorsi-ventral, en forme de croisant. Le bord ventral des valves présente un ou plusieurs stigmas. La surface valvaire est plane. Les frustules sont symétriques par rapport à l'axe longitudinal. Est un genre biraphidés à raphé de forme rectiligne à incurvé.

Cymbella affinis Kutzing, 1844

Références :

1974- *Cymbella affinis* Kutzing : Baudrimont, pl. 21, fig. 37.

1981- *Cymbella affinis* Kutzing : Germain, pl. 104, fig. 1 à 11.

1993- *Cymbella affinis* Kutzing : Giaj-Levra et Abate, pl.15, fig.44 et 45.

Description :

Les frustules sont courts, de 15-60 µm de longueur et de 5-10 µm de largeur. Le bord dorsal de la valve est très arqué, le bord ventral un peu convexe. Le raphé est très arqué, parallèle au bord dorsal, bordé d'une zone hyaline étroite. Les extrémités sont rostrée. Les stries médianes sont au nombre de 9 en 10 µm.

Ecologie :

Est une espèce oligohalobe indifférent, β mésohalobe en Algérie, elle est fréquent dans les eaux sulfatées, chloro-sulfaté sodique, bicarbonatées calcique et chloro-sulfatées. Elle est alcaliphiles (Baudrimont, 1973).

C'est une petite espèce d'eau douce (Germain, 1981).

Est une espèce alcaliphiles (Foged 1964 et 1980, Baudrimont 1973, Denys 1991, Titiana et al 2011).

Cymbella cymbiformis Agardh, 1830Références :

- 1946- *Cymbella cymbiformis* Agardh : Giaj-Levra et Abate, p.262, pl. 17, fig. 2.
1974- *Cymbella cymbiformis* Agardh : Baudrimont, p. 262, pl. 21, fig. 36.
1981- *Cymbella cymbiformis* Agardh : Germain, pl. 103, fig. 12 à 14.
1982- *Cymbella cymbiformis* Agardh : Krammer, pl. 1086.
1986- *Cymbella cymbiformis* Agardh : Servant-Vildary, p. 119, pl. 10, fig. 160-163 ; pl. 12, fig. 189.
2000- *Cymbella cymbiformis* Agardh : Lavoie, pl. 35, fig 3.

Description :

C'est une forme à bord dorsale bombé et un bord ventral au centre de la valve et droite dans l'autre partie de la valve de 30-100 μm de longueur et de 10-15 μm de largeur. Le raphé est toujours médian avec double ligne, terminer par fissure court diriger vers le coté dorsal. L'aire centrale montre un seule stigma. L'aire longitudinale est étroite dilaté au centre. Les stries à peines radiantés (8 à 10 en 10 μm), ponctués et formées de pores externes en tirets parallèle au raphé.

Les valves de cette espèce sont plus étroites que celle de *Cymbella affinis*.

Ecologie :

C'est une forme littorale, meso-polyhaline, alcaliphile (Denys, 1991).

Elle est oligohalobe indifférent, se rencontrée dans les eaux leptomesohalines alcalines, sulfatées sodiques et bicarbonatées calcique (Baudrimont, 1973).

D'après Hassan (2010) est une espèce vit fixé sur les sédiments, et sur les grains de sable (Denys, 1991), d'eau douce (Van Heurk, 1885 et Titiana et *al.*, 2011).

Cymbella sp.

Description :

Est une forme de petite taille à bord dorsal arqué, et à bord ventral convexe de 10 µm de longueur et de 5 µm de largeur. Le raphé est arqué, parallèle au bord dorsal. Les extrémités sont rostrées ; les stries sont absentes. J'ai considéré cette espèce comme *Cymbella affinis* avec des stries non visible.

Famille : **Gomphonemataceae** Kutzing, 1844

Genre : *Gomphonema* Ehrenberg, 1832

Les individus sont généralement réunis en colonies en forme d'éventail, libre ou attachées à un substrat par un stipe muqueux dichotome. Le frustule est cunéiforme en vue connective. Ce genre se distingue par la présence d'un stigma (point) dans l'aire centrale. Les valves sont symétriques par rapport à l'axe longitudinal, dissymétrique par rapport à l'axe transapical. Elles sont généralement hétéropolaires. Elles ont généralement des pôles non capités ou seulement le pôle apicale capité. Les stries, généralement fines, sont formés de poroïdes arrondis ou réniformes, plus petits. Le raphé est distinct et rectiligne.

Gomphonema acuminatum Ehrenberg, 1832

Références :

1978- *Gomphonema accumunatum* Ehrenberg : Servant-Vildary, pl. II, 2, fig. 8.

1993 – *Gomphonema accumunatum* Ehrenberg : Giag-Levra, pl. 15, fig. 27.

2008 - *Gomphonema accumunatum* Ehrenberg : Lavoie, pl. 41, fig. 2.

Description :

La valve est cunéiforme, renflée au milieu, de 10 à 30 µm de longueur sur 10-15 µm de largeur. La partie inférieure à bords presque parallèles, un peu contractés en dessous de la partie médiane. Les extrémités sont dilatées, capitées, triangulaires, obtuses et apiculées. Le raphé est entouré d'une zone hyaline distincte. Les stries (8-10

en 10 µm) sont médianes opposées au point unilatéral, très courtes, les autres toutes également longues, finement ponctuées, radiantées.

Ecologie :

Est une espèce alcaliphile qui supporte un pH voisin à 7 (Foged 1964 et 1980, Baudrimont 1973, Denys 1991 et Titiana et al 2011).

Est une forme fréquente dans les eaux leptomésosalines (teneur en sels de 0,2 à 5‰) alcaline et sulfatées sodiques (Baudrimont, 1973).

Gomphonema intricatum Kutzing, 1844

Références :

1978- *Gomphonema intricatum* Kutzing : Servant-Vildary, pl. II. 6, fig. 8, pl. II. 10, fig. 3.

1981 - *Gomphonema intricatum* Kutzing : Germain, pl. 113, fig. 1 à 5.

1993 – *Gomphonema intricatum* Kutzing : Giag-Levra, pl. 15, fig. 18.

Description :

La valve est linéaire très étroite et fine, de 10-50 µm de longueur sur 3 à 5 µm. Les extrémités sont arrondies. Le raphé est légèrement sinué. Les stries (8-10 en 10 µm) sont robustes, transversales n'atteignant pas le raphé.

Ecologie :

Est une espèce alcaliphile (Foged 1964 et 1980, Gasse et al 1987 et Titiana et al 2011).

D'après Baudrimont (1974) est une espèce oligohalobe indifférente, commune dans les eaux chlorurées sodiques et sulfatées sodiques, leptomésosaline et alcaliphiles.

Gomphonema gracile Ehrenberg, 1838

Références :

1978- *Gomphonema gracile* Ehrenberg : Servant-Vildary, pl. II. 10, fig. 4.

1888 - *Gomphonema gracile* Ehrenberg : Pelletan, Fig. 130, 6

1993 – *Gomphonema gracile* Ehrenberg : Giag-Levra, pl. 15, fig. 18.

Description :

Cette espèce a une forme longue nettement naviculoïde, de 20 à 50 µm de longueur sur 5 à 10 µm de largeur. Les extrémités sont presque semblables. Elles sont réellement en losange très allongé. La bande hyaline le long du raphé est extrêmement mince, mais elle se dilate beaucoup autour du nodule médian, où elle présente un point latéral isolé. Les stries (10 à 15 en 10 µm) sont transapicales.

Ecologie :

D'après Baudrimont (1974) est une espèce des eaux léptomésahalobes et alcaliphiles, oligohalobe indifférent (Foged, 1980).

Est une espèce épipsammique et saumâtre (Denys, 1991), alcaliphiles et oligohalobe indifférent Foged (1964 et 1980).

Pour Gasse et *al.*, (1987) est une espèce littorale épiphytique et d'eau douce.

Elle est benthique pour Titiana et *al.*, (2011).

Ordre : **Naviculales** Bessey, 1907 emend D.G Mann *in* Round et *al.*, 1990

Sous-ordre : **Naviculineae** Hendey, 1937

Famille : **Naviculaceae** Kutzing, 1844 emend D.G Mann *in* Round et *al.*, 1990

Genre : *Navicula* Bory, 1822

Les frustules sont habituellement libres, solitaires et parfois unies dans un mucus pour former des colonies rubanées. Les valves sont linéaires, lancéolées, elliptiques ou fusiformes. Les extrémités sont aigues, arrondies, rostrées ou capitées.

Chaque valve est munie d'un raphé axial linéaire interrompu au centre par un nodule et se termine par deux nodules polaires non développés transversalement. L'aire longitudinale est étroite à large. La surface valvaire est porte des punctuations de tailles et de formes très variable, arrosée en stries mais pouvant être disposées sans ordre particulière.

Navicula cuspidata (Kutzing) Kutzing, 1844

Références :

1981 - *Navicula cuspidata* Kutzing : Germain, pl. 63, fig. 1 à 4.

1993 - *Navicula cuspidata* Kutzing : Giag-Levra, pl. 10, fig. 17, pl. 11, fig. 1, pl. 12, fig. 2.

Description :

Valves largement lancéolées, à bord ventral parfois aplatie, de 90-100 μm de longueur sur 20-30 μm de largeur. Les extrémités sont longuement rostrées. Le raphé est courbé, entouré d'une faible zone hyaline, très dilatée autour du nodule médian. Les stries transversales (11 à 15 en 10 μm) sont parallèles sur presque toute la surface de la valve, légèrement convergent aux extrémités. Les stries longitudinales parallèles à l'axe sont un peu plus serrées. L'area longitudinale est assez étroite et à peine élargie au centre.

Ecologie :

C'est une espèce trouvée à l'état benthique par Germain (1981) sur les boues des ruisseaux et des grandes cours d'eau (dépôts littoraux), pas très sensible à la pollution.

Pour Foged (1980) elle est oligohalobe indifférent et se développe à pH voisine de 7 et optimale à pH supérieur à 7. Pour Baudrimont (1973) est une espèce alcaliphile, oligohalobe indifférent, rencontrée dans des eaux oligohalines et leptomésahalines bicarbonatées calciques.

Est une espèce d'eau douce et saumâtre (Denys, 1991).

Navicula halophila (Grunow) Cleve, 1894

Références :

1981 - *Navicula halophila* (Grunow) Cleve : Germain, pl. 65.

1994 - *Navicula halophila* (Grunow) Cleve : Fan, Pl. XII, Fig. 20.

Description :

La valve est lancéolée rarement rhomboédrique, de 30-40 μm de longueur sur 10-15 μm de largeur. Les extrémités sont rostrés, capités ou sub-capitée. Le raphé est nettement visible presque dans toute les formes. L'aire centrale est étroite s'élargir au centre de la valve, tandis que l'aire longitudinale bien marquée. Les stries transversale (10-15 μm) sont parallèles, radiant au centre, convergentes aux extrémités de la valve.

Dans cette espèce on peut avoir des lignes de stries longitudinales qui sont parallèles aux côtés de la valve.

Ecologie :

Pour Foged (1964 et 1980) c'est une espèce alcaliphiles, mesohalobe.

D'après Baudrimont (1973) est une espèce qui se rencontre dans des eaux alcalines (pH voisine de 7).

Pour Denys (1991) c'est une espèce périphytiques peuvent coloniser n'importe quel type de substrats et qui vive dans des eaux saumâtres, alcaliphile.

D'après Gasse et al (1987) c'est une espèce vit fixé sur les sédiments organiques fins, sur des substrats durs/roches et sur les grains de sable, oligosaline (tolérant une salinité comprise entre 0,5 ‰ et 5 pour mille).

Navicula oblonga Kützing, 1844

Références :

1970- *Navicula oblonga* Kützing : Alimen et al., p.107, pl. III, fig. 2.

1971 - *Navicula oblonga* Kützing : Ehrlich, pl. XXIII, fig. 1.

1978- *Navicula oblonga* Kützing : Servant-Vildary, pl. III. 1, fig. 8.

1993 - *Navicula oblonga* Kützing : Giag-Levra, pl. 12, fig. 14.

2000 - *Navicula oblonga* Kützing : Campeau, p. 106, pl. 18, fig. 1 et 2.

Description :

La valve est linéaire à légèrement lancéolée, de 100 à 120 µm de longueur sur 20 à 30 µm de largeur. Les bords valvaires sont légèrement ondulés. Les extrémités sont larges et ondulées. L'aire longitudinale est bien définie tendant à s'élargir vers le centre. L'aire centrale plus ou moins large et arrondie. Le nodule terminal est bien marqué. Les stries (10-15 en 10 µm) sont légèrement ondulées, radiant à convergentes aux extrémités.

Ecologie :

Pour Baudrimont, 1973 elle est oligohalobe indifférente et alcaliphile. Oligohalobe indifférente (Servant-Vildary, 1978 ; Foged 1980 et Denys, 1991).

Est une espèce oligohalobe selon Hustedt (1930) et Foged (1978). Elle préfère une eau concentrée en minéraux, alcaline (Patrick et Reimer in Fan 1994).

Cholnoky *in* Fan 1994 considéré que cette espèce est capable de supporter des légères fluctuations de pression osmotique, et son pH optimum est de 8,3 à 8,7.

C'est une espèce épipélique et/ou épipsammique, oligosaline (0,5 à 5‰) et alcaliphile (Gasse et *al.*, 1987).

Navicula radiosa Kützing, 1844

Références :

- 1974- *Navicula radiosa* Kützing : Baudrimont, p. 262, pl. 21, fig. 41.
 1978- *Navicula radiosa* Kützing : Servant-Vildary, pl. II. 10, fig. 10.
 1988 - *Navicula radiosa* Kützing : Hürliman et Schanz, p. 369, pl. 2, fig. 27.
 1993 - *Navicula radiosa* Kützing : Giag-Levra, pl. 12, fig. 10.
 2000 - *Navicula radiosa* Kützing : Campeau, pl. 20, fig. 5.

Description :

La valve est linéaire-lancéolée, de 50-100 µm de longueur sur 5-10 µm de largeur. Le raphé est rectiligne légèrement ondulé. Les extrémités sont acutées et arrondies. Les stries (8-10 en 10 µm) sont radiantées et changent la direction de l'inclinaison au niveau du dernier quart de la longueur. L'aire longitudinale est presque nulle, l'aire central est circulaire à longitudinalement elliptique.

Ecologie :

C'est une espèce épiphyte, acidophile (pH : 6,5 à 7), d'eau douce (Servant-Vildary, 1978). Elle est ubiquiste à la salinité, au pH et à l'agitation de l'eau (Foged, 1948).

C'est une forme commune en Algérie (Baudrimont, 1973), eurytherme, β mesohalobe, alcaliphile ou euryionique, très fréquente dans des eaux sulfatées sodiques et bicarbonatées calciques. Elle se rencontre aussi dans les eaux sulfurées calciques des sources thermales où elle tolère 5mg/l d'hydrogène sulfuré libre et une température atteignant 80° (Baudrimont, 1973).

pour Gasse et *al.*, (1987) est une espèce épipélique et/ou épipsammique, d'eau douce, et tolère un pH égale à 7 (alcaliphile).

Est une espèce oligohalobe indifférent (Denys, 1991 et Foged, 1980).

Navicula tuscula Ehrenberg, 1840

Références :

19881 - *Navicula tuscula* (Ehrenberg) Grunow : Germain, pl. 81, fig. 5 à 7.

Description :

Valves elliptiques, de 50 à 100 µm de longueur sur 5 à 10 µm de largeur. Les extrémités fortement rostrées-capitées. Le raphé est entouré d'une étroite zone hyaline dilatée autour du nodule médian en un pseudostauros irrégulièrement subdivisé. Les stries sont au nombre de 7 à 8 en 10 µm, devenant radiantées au milieu de la valve, finement divisées en travers et interruptions fréquentes dont l'ensemble forme des lignes longitudinales irrégulières.

Ecologie :

Est une espèce d'eaux douces et saumâtres (Germain, 1981). Elle se trouve généralement dans des étangs où se trouve très grande nombre de *Mastogloia*.

Est une espèce alcaliphiles, oligohalobe indifférent et d'eau douce (Foged, 1980).

Pour Denys (1991) Est une espèce benthique et Alcalibionte.

Genre : *Anomoeoneis* Pfitzer, 1871

Les individus peuvent être libres ou solitaires. Le frustule est rectangulaire en vue connective. Les valves sont lancéolées à lancéolées rhomboïdes. Le raphé est bien marqué et rectiligne, doté d'un nodule centrale bien apparent. L'aire centrale est dilatée, arrondis ou en losange. La surface valvaire porte des aréoles poroïdes, rondes, elliptiques à rectangulaires. Ces aréoles (ou pores) sont disposés en stries transapicales, formant des alignements longitudinaux irrégulière.

Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg) Pfitzer, 1871

Références :

1974 - *Anomoeoneis sphaerophora* (Ehrenberg) Pfitzer : Baudrimont, pl. 21, fig. 31.

1981 - *Anomoeoneis sphaerophora* (Ehrenberg) Pfitzer : Germain, pl. 61, fig. 1 à 3.

1993 - *Anomoeoneis sphaerophora* (Ehrenberg) Pfitzer : Giag-Levra, pl. 27, fig. 6.

1994 - *Anomoeoneis sphaerophora* (Ehrenberg) Pfitzer : Fan, Pl. XI, Fig. 10.

Description :

Les valves sont elliptiques, lancéolées, d'environ 100 µm de longueur sur 20 à 25 µm de largeur. Les extrémités sont rostrées parfois capités. Le raphé est rectiligne portant un nodule central. L'aire centrale est plus large, régulière. En vus externe, les stries (15 à 17 en 10 µm) sont formées de courtes tirets également espacés.

Ecologie :

Est une espèce littorale rencontrée dans des eaux à conductivité moyenne ou élevée (Krammer et Lange-Bertalot, 1986). Elle est alcaliphile pour Boudrimont (1974) et Hustedt (1957), et alcalibionte selon Jørgensen *in* Fan (1994).

Pour Fan (1994) est une espèce épiphytique, oligosaline et alcaline (pH= 8,4).

Est une espèce qui se rencontré exclusivement dans les milieux de pH supérieur à 7 (Foged 1964 et 1980, Titiana et *al.*, 2011).

En Algérie c'est une espèce leptomesohalobe et α mesohalobe et se rencontrée dans des eaux sulfatées sodiques, chlorurées sodiques et bicarbonatées sodiques. Est une espèce alcaliphile et eurytherme.

Elle est benthique épipelique (Gasse et *al.*, 1987). C'est une forme acidobionte, d'eau Méta à Hypersaline (Gasse et *al.*, (1987, Servant-Vildary et Blanco; 1984)

Genre : *Mastogloia* Thwaites, 1856

Les frustules sont solitaires et généralement épiphytiques, rarement libres. Les valves ont une forme rectangulaire en vue connective. Le frustule est linéaire, lancéolé et elliptique. Les extrémités sont rostrées, arrondies ou même capitées. Le raphé est droit ou ondulé. Les stries sont généralement radiantés, souvent décussés ou formant des lignes longitudinales ondulées.

Mastogloia braunii Grunow, 1863

Références :

1897-1908- *Mastogloia braunii* Grunow : Peragallo, p. 33, pl. VI, fig. 6-9.

1946- *Mastogloia braunii* Grunow : Giaj-Levra et Abate, p. 282, pl. 27, fig. 4.

1970- *Mastogloia braunii* Grunow : Hajós, p. 947, pl. VIII, fig. 1-2 et 5.

1974- *Mastogloia braunii* Grunow: Boudrimont, p. 260, pl. 20, fig. 30.

1978- *Mastogloia braunii* Grunow : Schrader et Gersonde, pl. III, fig. 6-11.

1993- *Mastogloia braunii* Grunow : Giag-Levra, pl. 27, fig. 4.

Description :

La valve est lancéolée elliptique, de 30-95 µm de longueur sur 25-40 µm de largeur. Le raphé est droit. Le nodule central est large et prolongé en deux aires latérales lyriformes. Les chambres marginales quadrangulaires sont de 4 à 6, les médians souvent élargies. Les stries (8-10 en 10 µm) sont finement ponctuées. Les extrémités sont sub-rostré.

Ecologie :

C'est une espèce littorale, épiphyte dans des eaux saumâtres (Hajós, 1970). Elle est commune dans les eaux saumâtres marines ou continentales. Elle tolère une salinité comprise entre 50-70‰ (Ehrlich et Dor, 1985). D'après Schrader et Gersonde (1978b), cette forme est β mesohalobe, correspondant à une salinité de 0 à 10‰.

D'après Baudrimont (1973) est une espèce alcalibionte, polyhalobe très euryhaline. Pour Foged (1980) est une espèce alcaliphile et Mesohalobe.

Pour Denys (1991) est une espèce vit fixé sur les grains de sable, d'eau saumâtre et mésohalobe.

D'après Gasse et al (1987) est une espèce épipsammique et/ ou épipélique, tolérant une salinité comprise entre 0,5 ‰ et 90 ‰ (métasaline à hypersaline).

Mastogloia smithii var. *lacustris* Grunow, 1878

Références :

1946- *Mastogloia smithii* var. *lacustris* Grunow : Giag-Levra et Abate, p. 244, pl. 8, fig. 8.

1974- *Mastogloia smithii* var. *lacustris* Grunow : Baudrimont, p. 260, pl. 20, fig. 29.

1978- *Mastogloia smithii* var. *lacustris* Grunow : Servant-Vildary, pl. II. 6, fig. 9.

1986- *Mastogloia smithii* var. *lacustris* Grunow : Krammer et Lange-Bertalot, p. 434, pl. 201, fig. 4 et 5.

1998- *Mastogloia smithii var.lacustris* Grunow : Villeneuve et Pienitz, p. 169, fig. 22.

Description :

La valve est allongée, de 28 à 52 μm de longueur sur 20-26 μm de largeur. Les extrémités sont subapiculées. Le raphé est droit. Cette variété se distingue par ses stries (6-9 en 10 μm) plus fines et son aire longitudinal stauroneiforme. L'aire centrale est rectangulaire, transversale et plus ou moins grande.

Ecologie :

Pour Patrick et Reimer *in* Fan (1994) est une forme périphytique tolérante vis-à-vis de la teneur en sels dissous. Elle est classée comme mesohalobe par Foged (1984).

D'après Gasse et *al* (1987) se trouve dans des habitats littoraux, aux eaux oligosalines à mesopolysalines et dans des eaux alcaline (pH supérieur à 8).

Elle est rencontrée en Algérie par Baudrimont (1974) dans des eaux salées, chlorurées ou carbonatés.

Mastogloia muradii voigt

Références :

1981 - *Mastogloia muradii* voigt : Germain, pl. 45, fig. 12 à 16 et pl. 167, fig. 3.

Description :

La valve est fusiforme, de 18-33 μm sur 6-10 μm . les extrémités sont légèrement rostrées. L'aire centrale est très large de forme quadrangulaire, tandis que l'aire longitudinale très étroite. La surface valvaire est ornée par des stries radiantés (10-16 en 10 μm) nettement ponctuées. Le raphé est sinueux.

Ecologie :

Est une espèce très fréquente dans les étangs dans des terrains acides sur des roches suintants, parfois calcaire lacustre dans un pH de 8 à 8,2 (Germain, 1981).

Est une espèce alcaliphiles pour Gasse et *al* (1987).

Mastogloia recta Hustedt, 1942

Références :

1981 - *Mastogloia recta* Hustedt : Germain, pl. 45, fig. 8 à 11 et pl. 167, fig. 2.

Description :

La valve est allongée à ovale, de 23 à 54 μm de longueur sur 10 à 12 μm de largeur. Les bords de la valve sont presque parallèles avec des extrémités arrondies, subarrondies et rostrée. Le raphé est très ondulé. L'aire centrale est très petite, tandis que l'aire longitudinale est légèrement étroite. Les stries (10-13 en 10 μm) sont radiantés et très ponctuées.

Ecologie :

C'est une forme très répandue dans les étangs où elle accompagne d'autres espèces de *Mastogloia* (Germain, 1981).

Mastogloia elliptica (Agardh) Cleve, 1893

Références :

1993 - *Mastogloia elliptica* (Agardh) Cleve : Giag-Levra, pl. 23, fig. 8.

1994 - *Mastogloia elliptica* (Agardh) Cleve : Fan, Pl. IX, Fig. 28.

2000 - *Mastogloia elliptica* (Agardh) Cleve : Campeau, p. 99, pl. 14, fig. 5 et 6.

Description :

C'est une forme à valve elliptique, de 15 à 34 μm de longueur sur 10 à 12 μm de largeur. Les extrémités sont arrondies. Le raphé est ondulé encadré par deux lignes parallèles de grosses ponctuations. L'aire centrale est étroite, arrondies. L'aire longitudinale est étroite. Les stries (15 en 10 μm) sont radiantés, très ponctués. La face valvaire est caractérisée par des chambres marginales très nombreuses.

Ecologie :

D'après Denys (1991) est une espèce vit fixé sur les grains de sable (épipsamique) et supporte des eaux saumâtre.

Pour Foged (1980) est une espèce mesohalobe se rencontre à pH voisin de 7.

Pour Denys (1991) est une espèce qui support des eaux saumâtre, vit dans un microhabitat éponitique et benthique et se développe de façon optimale à pH supérieur à 7 et voisin de 7.

En Algérie elle est rencontrée dans des eaux α mesohaline (teneur en sels de 10 à 30‰) chlorurées sodiques alcalines (Baudrimont, 1973).

Sous-ordre : **Sellaphorineae** D.G Mann *in* Round et *al.*, 1990

Famille : **Pinnulariaceae** D.G Mann *in* Round et *al.*, 1990

Genre : *Pinnularia* Ehrenberg, 1843

Les frustules sont généralement solitaires et libres. Les valves sont linéaires lancéolées et rectangulaires en vue connective. Les extrémités sont arrondies. La surface valvaires est le plus souvent plane mais parfois fortement convexe à stries transversales lisses ayant l'aspect de fortes côtes polie.

L'aire longitudinale est bien marquée et large. L'aire centrale formé parfois un stauros ou un fascia.

Le raphé se présente soit sous forme d'une ventrale verticale, perpendiculaire à la surface valvaire, soit sous forme d'une fente oblique le plus souvent droite. Les nodules centraux polaires sont larges.

Pinnularia biceps Gregory, 1856

Références :

1981 - *Pinnularia biceps* Gregory : Germain, pl. 89, fig. 1 à 6.

Description :

C'est une forme à valve presque linéaire à bord ondulés, plus ou moins fortement capitée. La longueur des valves est de 30 à 50 μm et la largeur de 5 à 10 μm . L'aire longitudinale est assez large. L'aire centrale est circulaire. Le raphé est légèrement sinueux, parfois droite, toujours infléchi d'un côté près du nodule central. Les côtes sont plus ou moins radiant au centre.

Ecologie :

Est une espèce très variable des tourbières ou étangs tourbeux (Germain, 1981)

Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg, 1841Références :

- 1946- *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg : Giag-Levra et Abate, p. 250, pl. 11, fig. 19 et p. 252, pl. 12, fig. 23.
- 1986- *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg : Servant-Vildary, pl. 9, fig. 159.
- 1991- *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg : Compère, p. 235, fig. 207.
- 1992- *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg : Cocquyt, p. 123.
- 1993 - *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg : Giag-Levra, pl. 11, fig. 19, pl. 12, fig. 23.

Description :

La valve est linéaire elliptique sans renflements, de grande taille, de 30 à 100 µm de longueur sur 10-15 µm de largeur. Les extrémités sont arrondies. Le raphé est complexe, présente des fissures terminales. Les côtes sont lisses plus ou moins robustes, radiant au centre, convergentes et parallèles aux extrémités. L'aire longitudinale est large. L'aire centrale est bien marquée et circulaire. Le nodule terminal est bien visible.

Ecologie :

C'est une forme oligosaline pour Gasse et *al.*, 1987. Elle se développe dans des eaux à pH de 6,6 à 8,5. C'est une espèce fréquente dans les eaux à contenu faible à modéré en électrolytes.

C'est une espèce benthique pour Denys (1991) et Titiana et *al.*, (2011), épipélique (Hassan, 2010).

Est une espèce oligohalobe indifférent (Foged, 1980 et Denys, 1991), support des eaux saumâtres (Titiana et *al.*, 2011).

Pinnularia gibba Ehrenberg, 1843Références :

- 1978 - *Pinnularia gibba* Ehrenberg : Servant-Vildary, pl. II.9, fig. 1.
- 1981 - *Pinnularia gibba* Ehrenberg : Germain, pl. 91, fig. 4 à 18.
- 1993 - *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg : Giag-Levra, pl. 15, fig. 5.

Description :

La valve est linéaire elliptique avec renflements au centre, de 30 à 65 µm de longueur sur 10-14 µm de largeur. Les extrémités sont arrondies. Le raphé est complexe, présente des fissures terminales. Les côtes sont lisses plus ou moins robustes, radiant au centre, convergentes et parallèles aux extrémités. L'aire longitudinale est large. L'aire centrale est bien marquée et circulaire. Le nodule terminal est bien visible.

La différence entre cette espèce (*Pinnularia gibba*) et l'espèce précédente (*Pinnularia viridis*) par le renflement médian qui se prolonge en diminuant insensiblement jusqu'aux renflements terminaux. Les côtes manquent parfois sur la partie médiane. Elle est de petite taille que la précédente.

Ecologie :

Est une espèce de très large répartition, à part les grandes formes qui sont localisées dans les tourbières, les petites formes localisées dans les ruisseaux calmes ou étangs non tourbeux et propres (Germain, 1981).

Est une espèce benthique (Denys, 1991), épiphytique et épipélique et/ou épipsammique (Hassan et al., 2010).

Est une espèce oligohalobe indifférente pour Denys (1991) et Foged (1980).

Pinnularia leptosoma (Grunow) Cleve, 1895

Références :

1981 - *Pinnularia leptosoma* Grunow : Germain, pl. 88, fig. 22 à 24.

1986 - *Pinnularia leptosoma* Grunow : Servant-Vildary, pl. 9, fig. 153.

Description :

La valve est linéaire parfois renflée au centre, de 20-30 µm de longueur sur 5 µm de largeur. Les extrémités sont arrondies ou sub-rostrées. Le raphé est toujours rectiligne. L'aire centrale est étroite stauroneiforme au centre. L'aire longitudinale est étroite, bien visible. Les stries (11 à 14 en 10 µm) sont interrompues, un peu radiant au centre et presque parallèles aux extrémités.

En vue connective cette espèce montre une valve très large avec des côtes très courtes.

Ecologie :

C'est une espèce moins répandue, localisée dans les roches schisteuses (Germain, 1981).

Genre : *Caloneis* Cleve, 1894

Les frustules sont généralement solitaires et libres. Les valves sont linéaires, lancéolées et renflées au centre. Les extrémités sont rostrées. La surface valvaire montre une ou deux lignes longitudinales proches du bord de la valve très perceptibles sur les grandes espèces. Les stries sont très fines, parallèles au centre, elles peuvent être radiantées, parallèles ou convergentes aux extrémités, parfois interrompues au centre formant un véritable stauros.

Caloneis ventricosa (Ehrenberg) F.Meister, 1912

Références :

1981 - *Caloneis ventricosa* (Ehrenberg) F.Meister : Germain, pl. 86, fig. 4 à 14.

Description :

Les valves sont renflées au centre et présentent le plus souvent un autre renflement vers les extrémités, c'est-à-dire un contour tronqué plus ou moins accentué, longueur de 40 à 100 µm, largeur 10 à 15 µm. Le raphé est droit. L'aire longitudinale est large, légèrement dilatée au centre. L'aire centrale à peine individualisée. Les stries sont de 15 à 20 en 10 µm, sont presque parallèles sur toute la valve, légèrement radiantées aux extrémités.

Ecologie :

C'est une espèce benthique (Denys, 1991), oligohalobes et alcaliphiles (Baudrimont, 1973).

Sous-ordre : **Diploneidinea** D.G Man *in* Round et *al.*, 1990

Famille : **Diploneidaceae** D.G Man *in* Round et *al.*, 1990

Genre : *Diploneis* (Ehrenberg) Cleve, 1894

Les individus sont libres ou solitaires. Les valves sont elliptiques à linéaires-elliptique avec des extrémités arrondies. En vue connective le frustule est rectangulaire. La surface valvaire montre des ponctuations diffères de l'aire longitudinales à celle de l'aire centrale. Le raphé est rectiligne doté d'un nodule central. Les cotes sont robustes.

Les frustule de ce genre sont biraphidés.

Diploneis ovalis (Hilse) Cleve, 1891

Références :

- 1970 - *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve : Alimen et *al.*, p.107, pl. III, fig. 1.
 1971 - *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve : Beucher, pl.XXIII, fig.2.
 1994 - *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve : Fan, Pl. X, Fig. 2.
 2000 - *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve : Campeau, p.90, pl. 12, fig. 1-3.
 2008 - *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve : Lavoie, pl. 30, fig. 5.

Description :

La valve est elliptique, plus allongée, légèrement renflé au centre, de 50 µm de longueur sur 30 µm de largeur. Les extrémités sont arrondies. L'aire centrale est plus large au centre, bordé par une ligne de ponctuation très forte diffère à celle qui représente par des stries presque parallèles et radiantés aux extrémités. Le nombre de strie est atteint 12 en 10 µm. Le raphé est droit (rectiligne).

Ecologie :

C'est une forme benthique d'eau douce, douce à oligosaline (tolérant une salinité comprise entre 0-5 ‰) (Hajos, 1970). C'est une espèce alcaliphile, leptomesohalope et oligohalobe indifférent pour Hustedt (1930). Elle est présente dans des eaux leptomesohalines (teneur en sels de 0,2 à 5‰) sulfatées calciques (Baudrimont, 1973). A noter qu'elle est considérée comme aérophile facultative d'après Servant-Vildary (1978).

Elle est rencontrée dans des eaux alcalines (pH voisin de 7), (Baudrimont 1973, Foged 1980, Denys 1991 et Titiana et *al* 2011).

Ordre : **Thalasiophysales** D.G Man in Round et *al.*, 1990

Famille : **Catenulaceae** Mereschkowsky, 1902

Genre : *Amphora* Ehrenberg, 1831

Ce genre se distingue par la forme extrêmement dissymétrique de ses valves. Les frustules présentent un côté dorsal plus ou moins bombé ou convexe et un côté ventral peu concave parfois droit. La surface valvaire est caractérisée par des aréoles poroïdes, plus ou moins allongées transapicalement et plus ou moins inégale entre elle. Le raphé est très excentrique et situé près du bord ventral sur les deux valves. Le nodule médian peut être marginal. Ce nodule médian est quelquefois dilaté en stauros. Les nodules terminaux sont situés tout à l'extrémité des valves, vus par la face connective.

Amphora commutata Grunow, 1880

Références :

1974 - *Amphora commutata* Grunow : Baudrimont, p. 262, pl. 21, fig. 31.

1981 - *Amphora commutata* Grunow : Germain, pl. 109, fig. 3 et 4.

Description :

La valve est dorsi-ventral, elliptique, linéaire de 55 à 60 μm de longueur et de 10 à 14 μm largeur. Les extrémités sont rostrées. Le raphé est bi-arqué. Le coté dorsale est caractérisé par des stries très fortes (10 en 10 μm), radiantées constituées d'aréoles poroïdes. Le coté ventral présente une rangée de courtes stries marginales.

Ecologie :

C'est une espèce commune dans les eaux salées continentales, pachymesohalobe (teneur en sels de 5 à 10‰) et leptomesohalobe (teneur en sels de 0,2 à 5‰). Elle est alcaliphile, fréquente dans les eaux sulfatées sodique, chlorurées sodique et magnésiennes (Baudrimont, 1973).

C'est une espèce d'eaux saumâtres pour Van Heurk, 1885.

Pour Denys (1991) elle est épontique (épipsammique) et benthique, support des eaux saumâtre et alcaliphiles.

D'après Gasse (1987) est une espèce épiphytique littorale et méso-polysaline, littorale, tolère un pH alcalin.

Amphora holsatica Hustedt, 1925

Références :

1981 - *Amphora holsatica* Hustedt : Germain, pl. 109, fig. 1 et 2.

Description :

Les frustules elliptiques de 30 à 60 μm de longueur et de 15-30 μm de largeur. Les valves isolées sont parfois légèrement capitées. Le raphé presque droit non incurvé, les stries dorsales sont fortes, 15 à 20 en 10 μm , radiantées non interrompues au centre et fortement ponctuées 15 à 20 points en 10 μm . Les stries de la partie ventrale sont plus fines.

Ecologie :

Est une espèce benthique, alcalibionte, et mesohalobe (Denys, 1991).

C'est une espèce d'eau saumâtre ou salée (Germain, 1981).

Amphora sp

Description :

C'est une valve de forme elliptique, légèrement capitée de 30 μm de longueur et de 15 μm . Le caractère essentiel de cette espèce est l'absence totale d'ornementation (stries). L'area centrale est très large. Cette espèce me pose un problème de détermination à cause d'absence totale des stries sur la valve.

Ordre : **Bacillariales** Hendey, 1937 emend D.G Man in Round et al., 1990

Famille : **Bacillariophyceae** Ehrenberg, 1831

Genre : *Denticula* Kutzing, 1844

Les valves sont fusiformes et symétriques par rapport à un axe longitudinal droit. Ce sont des formes coloniales formant des chaînes. La surface valvaire est striée. Les extrémités sont arrondies à aigues et le système raphéen centrale à modérément excentré.

Denticula elegans Kutzing, 1844

Références :

1981- *Denticula elegans* Kutzing : Germain, pl. 116, fig. 1 à 5.

1993 – *Denticula elegans* Kutzing : Giag-Levra, pl. 1, fig. 16, pl. 29, fig. 7.

Description :

C'est une forme lancéolée de 15 à 75 µm de longueur sur 5 µm de largeur. Le canal raphéenne difficilement observable, souvent latérale, montrant de fortes cotes (4 à 5 en 10 µm). En vue connective les cotes transversales se terminent par de gros boutons sur des cloisons parallèles aux valves.

Ecologie :

Espèce considéré comme aérophile, oligohalobe et généralement alcaline (Baudrimont, 1974). Est une espèce pachymésahalobe à oligohalobe, alcaliphile se rencontré dans des eaux sulfatés sodiques, chlorurés sodiques, bicarbonatés calciques, sulfurés calciques et sulfatés calciques. Elle support des eaux riche en silice (de 16 à 84 mg/l) dans les sources thermales. Elle support des températures plus élevé (60 à 80°) et de forte teneur en hydrogène sulfuré libre. Est une espèce Eurytherme (Baudrimont, 1974).

D'après Gasse *et al.*, c'est une espèce alcaliphile, vit fixé sur la vase, les pierres et les grains de sable, méso-polysaline.

Pour Foged (1980) c'est une espèce oligohalobe indifférent, alcaliphiles.

Genre : *Nitzschia* Hassal, 1845

Les frustules sont libres et parfois en colonies. La valve est en générale linéaire. Le raphé est marginale. La surface valvaire est ponctuée formant des sties transapicales et souvent interrompues par l'aire longitudinale.

Nitzschia angustata (Smith) Grunow, 1880

Références :

- 1981 - *Nitzschia angustata* (Smith) Grunow : Germain, pl. 127, fig. 10.
- 1993 - *Nitzschia angustata* (Smith) Grunow : Giag-Levra, pl. 19, fig. 8.
- 1994 - *Nitzschia angustata* (Smith) Grunow : Fan, Pl. XVI, Fig. 24.
- 2000 - *Nitzschia angustata* (Smith) Grunow : Campeau, p. 112, pl. 38, fig. 4 et 10.

Description :

C'est une forme à valve linéaire, de 15-20 μm de longueur. Les extrémités sont rostrés, plus longues. Les stries sont de nombre de 15 à 17 μm , très fortes peu ondulées sur les extrémités de la valve.

Ecologie :

Pour Baudrimont (1974) est une forme leptomésohalobe, alcaliphile, rencontré dans des eaux bicarbonatées calciques.

Pour Gasse et *al.*, (1987) est une espèce aérophiles, support des eaux d'eau douce et alcaliphile.

Est une espèce oligohalobe indifférent et d'eau douce (Foged, 1980 ; Denys, 1991).

Nitzschia littoralis Grunow in Cleve & Grunow, 1880

Références :

1981 - *Nitzschia littoralis* Grunow : Germain, pl. 125, fig. 3 à 5.

1994 - *Nitzschia littoralis* Grunow : Fan, Pl. XVI, Fig. 23.

Description :

C'est une forme à valves larges, lancéolées. La carène est légèrement infléchie au centre vers l'intérieur de la valve. Les stries sont transversales, très fines avec de larges ondulations longitudinales.

Ecologie :

Pour Denys (1991) est une espèce benthique (vit fixé sur n'importe quel substrat) et qui support des eaux douce et saumâtre, alcaliphile.

est une espèce marine Van Heurk (1885) et saumatres (Germain, 1981).

Nitzschia palea (Kützing) W. Smith, 1856

Références :

1978- *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith : Servant-Vildary, pl. II. 10, fig. 9 et 13, pl. III. 1, fig. 6.

1981 - *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith : Germain, pl. 132, fig. 1 à 11.

1993 - *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith : Giag-Levra, pl. 19, fig. 23.

1986 - *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith : Servant-Vildary, Pl. 13, fig. 205

2008 - *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith : Lavoie, pl. 57, fig. 1.

Description :

C'est une forme à valves linéaires-lancolées, de 20 à 60 μm de longueur sur 3 à 5 μm de largeur. Les extrémités sont rostres.

La surface valvaire est très étroite par rapport à la longueur du frustule. Le raphé est marginal. Les stries sont transversales et se disposent en pointier équidistants.

Ecologie :

Pour Denys (1991) c'est une espèce benthique et support des eaux douce et saumâtre, alcaliphile,

Pour Baudrimont (1973) est une espèce très commun en Algérie, indicateur des eaux polluées, support de forte concentration en hydrogène sulfuré libre (4 mg/l), leptomesohalobe et oligohalobe dans des eaux chlorurées sodiques, bicarbonatées calciques, sulfurées calciques et sulfurées sodique. Se rencontre aussi dans des eaux non polluées.

Pour Gasse et *al.*, (1987) est une espèce épipélique et/ou épipsammique, oligohalobe indifférent (Foged, 1991 et Campeu, 2000)

Nitzschia recta Hantzsch ex Rabenhorst, 1862

Références :

1981 - *Nitzschia recta* Hantzsch : Germain, pl. 131, fig. 1 à 3.

1993 - *Nitzschia recta* Hantzsch : Giag-Levra, pl. 20, fig. 9.

1994 - *Nitzschia recta* Hantzsch : Fan, Pl. XVI, Fig. 26.

2000 - *Nitzschia recta* Hantzsch : Campeu, p. 113, pl. 37, fig. 4.

Description :

Est une valve linéaire, lancolé, de 30-80 μm de longueur sur 5 μm de largeur. Les extrémités sont légèrement capitées. La forme observée a des stries très fines et 8 à 9 points carénaux en 10 μm .

C'est une forme à carène un peu plus excentrique. Les stries sont de nombre de 30 en 10 μm .

Ecologie :

Elle est trouvée par Germain (1981) dans des milieux divers sur des macrophytes, d'eaux douces et saumâtres (Van Heurk, 1885).

Est une espèce oligohalobe indifférent, alcaliphile, leptomesohalobe dans des eaux bicarbonatées calciques (Baudrimont, 1973).

Est une espèce benthique (Titiana et *al.*, 2011), oligohalobe indifférent, alcaliphile (Foged, 1980).

Genre : *Hantzschia* Grunow, 1877

Les individus sont solitaires. Le frustule est linéaire, légèrement courbé dans l'axe transapical mais pas selon l'apical. Le côté ventral est concave, bi-arqué ou rectiligne. Le côté dorsale est habituellement convexe. L'apex est rostré, rostré-capité ou allongé. Deux raphés sont présents du même côté de la valve. La surface valvaire est ornée d'aréoles poroïdes circulaires ou ovoïdes. La section transversale est rectangulaire.

Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow, 1880

Références :

1974- *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow : Baudrimont, p. 265, pl. 22, fig. 57.

1984- *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow : Servant-Vildary, p. 50, pl. V, fig. 12 et 13.

1988- *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow : Hürliman et Schanz, p. 371, pl. 4, fig. 10.

1993- *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow : Giag-Levra, pl. 19, fig. 4, pl. 29, fig. 16.

2000- *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow : Campeau, p. 98, pl. 38, fig. 14.

Description :

La valve est linéaire, atténué rostré aux pôles, de 15 µm de largeur mais aucune forme a été trouvé complète pour déterminé la longueur. Le borde dorsal est convexe, le bord ventral est droit et très largement constricté au centre. Les stries sont de nombre de

10 en 10 μm , formées d'une rangée de pores (ponctuations) très fines et très serrées. Les fibules centrales sont très écartées.

Ecologie :

C'est une forme aérophile pour Servant-Vildary (1978). Elle est oligohalobe indifférente, euriyonique tolérant la présence d' H_2S libre (Baudrimont, 1967).

Pour Wurtz (1957 *in* Baudrimont, 19731), elle est une des espèces « s'avancant le plus loin dans les eaux polluées ». Elle est saprophyte pour Pierre (1968), cosmopolite pour compère (1991) et aérophytique pour Cocquyt (1991). Concernant sa tolérance en température il s'agit d'une forme eurytherme (Baudrimont, 1974).

Pour Gasse *et al.*, (1987) est une espèce aérophile, d'eau douce et alcaliphiles.

Ordre : **Rhopalodiales** D.G Mann *in* Round *et al.*, 1990

Famille : **Rhopalodiaceae** (Karsten) Tapochevs'kyj et Oksiyuk, 1960

Genre : *Rhopalodia* O. F. Muller, 1895

Les frustules sont solitaires, libre ou fixées. La valve est étroite avec des extrémités courbées en forme de crochet. Le canal raphéen est excentré vers le coté dorsal. Les stries sont en apparence plus lisses.

Les valves sont linéaires à linéaire-elliptiques en vue connective. Les pôles sont arrondis.

Rhopalodia gibba (Ehrenberg) O. Muller, 1895

Références :

1974 - *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Muller : Baudrimont, pl. 21, fig. 47.

1981 - *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Muller : Germain, pl. 119, fig. 1 à 5.

1993 – *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Muller : Giag-Levra, pl. 19, fig. 2.

2008 - *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Muller : Lavoie, pl. 52, fig. 4.

Description :

C'est une forme très étroite, de 50 à 150 μm de longueur sur 20 à 30 μm de largeur. Les extrémités sont arquées sous forme de crochet. Le canal raphéen est situé proche de la coté dorsal de la valve. Les côtes sont très fortes avec un espacement

régulier. Le nombre de côte est varié entre 5 et 8 en 10 μm , entre ces côtes se trouve deux rangés d'aréoles plus fines.

Ecologie :

En Algérie et d'après Baudrimont (1974) est une espèce oligohalobe indifférent, leptomesohalobe, alcalibionte, rencontré dans des eaux chlorurées sodiques et bicarbonatées calciques.

D'après Gasse et *al.*, (1987) c'est une espèce qui vit fixé sur les algues ou végétaux supérieur (épiphyte), d'eau douce (support une salinité comprise entre 0‰ et 0,5‰), se développe dans un pH alcaline.

Rhopalodia gibberula (Ehrenberg) O. Muller, 1895

Références :

- 1978- *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. Muller : Servant-Vildary, pl. III. 1, fig. 9 et fig. 15.
- 1981 - *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. Muller : Germain, pl. 121, fig. 1 à 9.
- 1993 - *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. Muller : Giag-Levra, pl. 27, fig. 17.
- 1999 - *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. Muller : Mansour et Saint-Martin, p. 404. 1, fig. 6.

Description :

C'est une forme à valve dorsiventrals, arqué, de 20 à 80 μm de longueur sur 15 à 20 μm de largeur. Le coté ventral est rectiligne, tandis que le coté dorsal est convexe. Les extrémités sont arrondies et dirigées vers le coté ventral.

La surface valvaire est ornementée par des côtes (3 à 4 en 10 μm) moins serrées et moins radiantes au centre et devient serrées aux extrémités. La surface intercostale sont couverte de fine stries. Le raphé est en forme de V.

Les chambres (4 en 10 μm) ont une forme polygonales et de taille différentes.

Ecologie :

C'est une forme littorale, dans les eaux salines et saumâtres (Hajos, 1970). C'est une espèce oligohalobe pour Hustedt (1930), mesohalobe pour Foged (1948). Elle tolère une salinité comprise entre 50 et 70‰ (Ehrlich et Dor, 1985).

En Algérie elle est α et β mesohalobe, alcaliphile (Baudrimont, 1974 et Gasse 1987), alcalibionte pour Foged, 1980 et indifférent pour Titiana et *al.*, 2011. Elle est commune dans les eaux continentales chlorurées sodiques (Parriaud et Baudrimont, 1967) et dans les eaux thermales (Scheminzky, 1964) où elle supporte des températures de 50 à 65°. Elle est aussi fréquente dans les eaux sulfatées calciques, chlorurées sodiques et bicarbonatées sodiques.

C'est une forme cosmopolite (Compère, 1991). C'est une forme meso-euhalobe, halophile, indiquant des eaux plus concentrées en sels (Servant-Vildary, 1978).

Elle est rencontrée même dans les diatomées marines messéniennes du bassin de Chélif (Mansour et Saint-Martin, 1999).

Pour Gasse et *al.*, (1987), c'est une espèce qui vit fixé sur la vase, les pierres et les grains de sable et qui supporte de salinité comprise entre 40‰ et 90‰. Est une espèce alcalibionte, oligohalobe indifférent (Foged, 1980).

Genre : *Epithemia* Kutzing, 1844

Les individus sont solitaires, habituellement épiphytes. Les valves ont arquées et dorsi-ventral avec un bord dorsal convexe et un bord ventral droit. Les extrémités sont capitées, rostrées ou arrondis. Le système raphéen est situé généralement vers la marge ventrale de la valve et au centre de la valve formant un V.

Epithemia argus (Ehrenberg) Kutzing, 1844

Références :

- 1970- *Epithemia argus* Kützing : Alimen et al., p.107, pl. III, fig. 3.
 1971- *Epithemia argus* Kützing : Beucher, pl. XXIII, fig. 2 et 3.
 1988- *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kützing : Krammer et Lange-Bertalot, p. 147, pl. 102, fig. 1, 3 et 8.
 1998- *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kützing : Villeneuve et Pienitz, p. 173, 73, fig. 76-79.

Description :

Les valves est dorsi-ventrale, arquée, de 40 à 100 μm de longueur sur 10 à 14 μm de largeur. Le coté ventral presque droit, le coté dorsal est convexe. Les extrémités sont très arrondies à légèrement capitées. Le raphé est situé vers la marge ventrale de la valve prenant, au centre la forme de V. la surface valvaire est ornée d'un ensemble de côte transversales robustes. Les espaces intercostaux sont couverts généralement de plus de trois (03) rangées de grosses ponctuations. La valve présente en vue interne des chambres polygonales de différentes dimensions (2 chambres en 10 μm).

Ecologie :

Elle est oligohalobe indifférente, alcaliphile, et légèrement aérophile. Elle est présente aussi dans des eaux sulfurées calcique et leptomesohalines (Baudrimont, 1973 ; 1974).

C'est une espèce épiphyte, présente dans des milieux à concentration moyenne à élever en électrolytes (Villeneuve et pienitz, 1998), des ruisseaux sources et suintements rocheux.

Pour Gasee et *al.*, (1987) est une espèce épiphytique, oligosaline (support de salinité comprise entre 0,5‰ et 5‰), et qui tolère un pH alcaline. Est une espèce oligohalobe indifférent (Baudrimont, 1973 ; Foged, 1980).

Epithemia turgida (Ehrenberg) Kützing, 1844

Références :

- 1867- *Epithemia turgida* (Ehrenberg) Kützing : Ichikawa, p. 73, pl. IV, fig. 10.
- 1970 - *Epithemia turgida* (Ehrenberg) Kützing : Hajós, p. 947, pl. IX, fig. 5.
- 1973 - *Epithemia turgida* (Ehrenberg) Kützing : Ehrlich, p. 21, pl. IV, fig. 10.
- 1981 - *Epithemia turgida* (Ehrenberg) Kützing : Germain, pl. 118, fig. 1 à 4.
- 1993 - *Epithemia turgida* (Ehrenberg) Kützing : Giag-Levra, pl. 17, fig. 23, pl. 30, fig. 9.

Description :

La valve est dorsi-ventrale de forme allongée et arquée à extrémités capitées. *Epithemia turgida* a une taille plus importante que celle *Epithemia argus*. Elle peut atteindre 100 μm de longueur et 15 μm de largeur. Le borde ventral de la valve est droit tandis que le bord dorsal est très convexe au milieu de la valve.

En vue interne la valve présente des chambres polygonales de différentes tailles, de nombre de 4 à 5 en 10 µm. Les cotes sont robustes, constituées de deux rangées de grosses ponctuations intercostales.

Ecologie :

C'est une espèce épiphyte, oligohaline et alcalibionte. Elle est cosmopolite, commune dans les eaux douces à saumâtres, sur des algues supérieures (Hajos, 1970).

Est une espèce rencontrée exclusivement dans les milieux alcaline (pH supérieur à 7) (Foged 1964 et 1980).

Ordre : **Surirellales** D.G Mann *in* Round et *al.*, 1990

Famille : **Surirellaceae** kutzing, 1844

Genre : *Surirella* Turpin, 1828.

Les individus sont solitaires. Les frustules sont elliptiques, lancéolés, cunéiforme ou linéaire parfois constrictés en milieu. Elles peuvent être isopolaire ou hétéropolaires. Les faces valvaires sont ondulées transversalement. Les stries sont unisériées ou multisériées.

L'absence d'ondulation transversale a permis de séparer le genre *Surirella* de *Cymatopleura* de d'en créer un genre à part.

Surirella ovalis Brébisson, 1838

Références :

1974 - *Surirella ovalis* Brébisson : Baudrimont, pl. 22, fig. 48.

1981 - *Surirella ovalis* Brébisson : Germain, pl. 151, fig. 1 à 12.

1993 - *Surirella ovalis* Brébisson : Giag-Levra, pl. 22, fig. 7.

Description :

La valve est ovale-elliptique, de 20 à 40 µm de longueur sur 10 µm de largeur. Le coté marginale est courte, étroites et hétéropolaire. Le pseudo-raphé est étroit. Les stries sont délicates, au nombre de 8 en 10 µm. la face valvaire est faiblement cunéiforme.

Ecologie :

D'après Baudrimont en Algérie, est une espèce très fréquent dans les eaux salées, leptomésohalobe euryionique, dans des eaux chlorurées sodiques, sulfatées sodiques, bicarbonatées sodiques, bicarbonatées calciques et sulfurées calciques. Elle support de haute température de l'eau (eurytherme) et forte concentration en hydrogène sulfuré libre.

Pour Gasse et *al.*, (1987) est une espèce épipélique et/ou épipsammique, tolère une salinité comprise entre 5‰ et 30‰.

Pour Titiana et *al.*, (2011) est une espèce douce à oligosaline (tolère une salinité comprise entre 0 à 6‰) et alcaliphile.

Pour Foged (1980) c'est une espèce alcaliphile mesohalobe, douce et saumâtre (Van Heurk, 1885).

VI. CONCLUSION

L'étude microfloristique des échantillons du site de Hassi Manda a permis de répertorier 45 espèces et variétés de diatomées réunies en 19 genres avec 02 espèces en nomenclatures ouvertes, dont 11 espèces ont été inventoriées par Baudrimont (1974). Les autres espèces ont été signalées pour la première fois.

Selon leur mode de vie, leurs exigence vis-à-vis de la salinité et du pH de l'eau, plusieurs groupe diatomiques ont été distingués et sont reportés dans le tableau 03.

Selon leur mode de vie ou d'habitat, on peut distinguer les diatomées planctoniques et les diatomées périphytiques.

Les diatomées planctoniques :

(*Cyclotella kutzingiana*, *Cyclotella menegheniana*, *Gomphonema accumulatum*)

Les diatomées périphytiques s.l :

Ce groupe écologique de diatomées comprend :

- Aérophiles:

(*Diploneis ovalis*, *Hantzschia amphioxys*).

- Épiphytiques :

(*Epithemia argus*, *Eunotia arcus*, *Eunotia pectinalis*, *Gomphonema gracile*, *Gomphonema intricatum*, *Pinnularia gibba*, *Rhopalodia gibba*).

- Épilitiques :

(*Amphora commutata*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *Cymbella affinis*, *Cymbella cymbiformis*, *Denticula elegans*, *Mastogloia braunii*, *Mastogloia elliptica*, *Mastogloia muradii*, *Mastogloia smithi* var *lacustris*, *Navicula halophila*, *Navicula oblonga*, *Navicula radiosa*, *Nitzschia angustata*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia recta*, *Pinnularia viridis*, *Rhopalodia gibberula*, *Surirella ovalis*).

En fonction des exigences des diatomées vis-à-vis de la salinité, certains taxons sont regroupés en plusieurs groupes, en se basant d'une synthèse des plusieurs travaux, et surtout de ceux de Gasse (1987) :

Les diatomées d'eau douce :

(*Caloneis ventricosa*, *Cyclotella kutzingiana*, *Cymbella cymbiformis*, *Diploneis ovalis*, *Eunotia arcus*, *Eunotia pectinalis*, *Gomphonema accumulatum*, *Navicula cuspidata*, *Navicula oblonga*, *Navicula tuscula*, *Nitzschia recta*, *Pinnularia gibba*, *Pinnularia viridis*, *Rhopalodia gibba* , *Synedra capitata*, *Synedra ulna*).

Les diatomées d'eau douce à oligosaline :

(*Fragilaria brevestriata*, *Gomphonema gracile*, *Gomphonema intricatum*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula radiosa*, *Nitzschia palea*).

Les diatomées d'eau oligosaline :

(*Cymbella affinis*, *Epithemia argus*, *Navicula halophila*, *Nitzschia angustata*).

Les diatomées d'eau oligo-meso-polysaline :

(*Amphora commutata*, *Cyclotella menegheniana*, *Denticula elegans*)

Les diatomées d'eau Mesosaline à polysaline :

(*Amphora holsatica*, *Mastogloia elliptica*, *Mastogloia muradii*, *Mastogloia smithi* var *lacustris*, *Nitzschia lithoralis*, *Surirella ovalis*).

En fonction du pH on distingue les espèces suivantes :

Les diatomées alcaliphile :

(*Amphora commutate*, *Caloneis ventricosa*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *Cyclotella kutzingiana*, *Cyclotella menegheniana*, *Cymbella affinis*, *Cymbella cymbiformis*, *Denticula elegans*, *Diploneis ovalis*, *Epithemia argus*, *Fragilaria brevestriata*, *Gomphonema accumulatum*, *Gomphonema gracile*, *Gomphonema intricatum*, *Hantzschia amphioxys*, *Mastogloia elliptica*, *Mastogloia muradii*, *Navicula cuspidate*, *Navicula halophile*, *Navicula oblonga*, *Navicula radiosa*, *Nitzschia angustata*, *Nitzschia lithoralis*, *Nitzschia recta*, *Pinnularia biceps*, *Pinnularia leptosome*, *Rhopalodia gibberula*, *Surirella ovalis*, *Synedra capitata*, *Synedra ulna*, *Synedra ulna* var *biceps*).

Les diatomées alcalibiontes :

(*Amphora holsatica*, *Mastogloia braunii*, *Mastogloia smithi* var *lacustris*, *Navicula tuscula*, *Rhopalodia gibba*).

Les diatomées acidophiles :

(*Eunotia arcus*, *Eunotia pectinalis*)

Les diatomées circumneutrals :

(*Nitzschia palea*, *Pinnularia viridis*).

En fonction des exigences vis-à-vis à la température on distingue deux groupes.
Les diatomées euthermes, et les diatomées eurythermes.

Les diatomées eurythermes :

(*Amphora commutate*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *Cyclotella kutzingiana*, *Cyclotella menegheniana*, *Cymbella cymbiformis*, *Denticula elegans*, *Diploneis ovalis*, *Epithemia argus*, *Fragilaria brevestriata*, *Gomphonema intricatum*, *Hantzschia amphioxys*, *Mastogloia smithi var lacustrine*, *Navicula halophile*, *Navicula oblonga*, *Navicula tuscula*, *Navicula radiosa*, *Pinnularia viridis*, *Rhopalodia gibba*, *Rhopalodia gibberula*, *Surirella ovalis*, *Fragilaria ulna*, *Fragilaria ulna var biceps*).

Ecologie Taxons rencontrés	Mode de vie					Salinité					pH					Températures						
	Planctoniques	Benthiques	Périphytiques s. l			Douces	Oligosalines	Mésopolysalines	Douce-oligosalines	oligo-meso-poly	Alcaliphiles	Alcalibiontes	Acidophiles	Circumneutral	Acidobiontes	Oligothermes	Mésothermes	Euthermes	Sténothermes	Métathermes	Eurythermes	
			Aérophiles	Epilithiques	Epiphytiques																	
<i>Amphora commutata</i>				+					+	+											+	
<i>Amphora holsatica</i>		+						+			+											
<i>Amphora</i> sp																						
<i>Anomooneis sphaerophora</i>				+							+											+
<i>Caloneis ventricosa</i>				+	+						+											
<i>Cyclotella kutzingiana</i>	+				+						+											+
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	+								+		+											+
<i>Cymbella affinis</i>				+		+					+											
<i>Cymbella cymbiformis</i>				+	+						+											+
<i>Cymbella</i> sp																						
<i>Denticula elegans</i>				+					+		+											+
<i>Diploneis ovalis</i>			+		+						+											+
<i>Epithemia argus</i>					+	+					+											+
<i>Eunotia arcus</i>					+	+							+									
<i>Eunotia pectinalis</i>					+	+							+									
<i>Fragilaria brevestriata</i>									+		+											+
<i>Gomphonema accumulatum</i>	+				+						+											
<i>Gomphonema gracile</i>					+						+											
<i>Gomphonema intricatum</i>					+						+											+
<i>Hantzschia amphioxys</i>			+						+		+											+
<i>Mastogloia braunii</i>				+								+										
<i>Mastogloia elliptica</i>				+				+			+											
<i>Mastogloia muradii</i>				+				+			+											
<i>Mastogloia recta</i>																						
<i>Mastogloia smithi</i> var. <i>lacustris</i>				+				+				+										+
<i>Navicula cuspidata</i>		+			+						+											+
<i>Navicula halophila</i>				+		+					+											+
<i>Navicula oblonga</i>				+	+						+											+
<i>Navicula radiosa</i>				+					+		+											+
<i>Navicula tuscula</i>					+						+											+
<i>Nitzschia angustata</i>				+		+					+											
<i>Nitzschia hantzschiana</i>		+																				
<i>Nitzschia littoralis</i>		+						+			+											
<i>Nitzschia palea</i>				+					+					+								
<i>Nitzschia recta</i>				+	+						+											
<i>Pinnularia biceps</i>		+																				
<i>Pinnularia leptosoma</i>		+																				
<i>Pinnularia gibba</i>					+	+					+											
<i>Pinnularia viridis</i>				+	+									+								+
<i>Rhopalodia gibba</i>				+	+							+										+
<i>Rhopalodia gibberula</i>				+							+											+
<i>Surirella ovalis</i>				+				+			+											+
<i>Synedra capitata</i>		+			+						+											
<i>Synedra ulna</i>					+						+											+
<i>Synedra ulna</i> var <i>biceps</i>											+											+

Tabl. 03 : Ecologie des différents taxons de diatomées le long de la coupe de Hassi Manda 1 (HMD1).

Planctoniques	Mode de vie			Salinité				
	Périphytiques s.l			Douces	Oligosalines	Mésopolysalines	Douce-oligosalines	Oligo-mésopolysalines
	Aérophiles	Epilithiques	Epiphytiques					
<i>Cyclotella kutziana</i> <i>Cyclotella menegheniana</i> <i>Gomphonema accumunatum</i>	<i>Diploneis ovalis</i> <i>Hantzschia amphioxys</i>	<i>Amphora commutata</i> <i>Anomoeoneis sphaerophora</i> <i>Cymbella affinis</i> <i>Cymbella cymbiformis</i> <i>Denticula elegans</i> <i>Mastogloia braunii</i> <i>Mastogloia elliptica</i> <i>Mastogloia muradii</i> <i>Mastogloia smithi var lacustrine</i> <i>Navicula halophila</i> <i>Navicula oblonga</i> <i>Navicula radiosa</i> <i>Nitzschia angustata</i> <i>Nitzschia palea</i> <i>Nitzschia recta</i> <i>Pinnularia viridis</i> <i>Rhopalodia gibberula</i> <i>Surirella ovalis</i>	<i>Epithemia argus</i> <i>Eunotia arcus</i> <i>Eunotia pectinalis</i> <i>Gomphonema gracile</i> <i>Gomphonema intricatum</i> <i>Pinnularia gibba,</i> <i>Rhopalodia gibba</i>	<i>Caloneis ventricosa</i> <i>Cyclotella kutziana</i> <i>Cymbella cymbiformis</i> <i>Diploneis ovalis</i> <i>Eunotia arcus</i> <i>Eunotia pectinalis</i> <i>Gomphonema accumunatum</i> <i>Navicula cuspidata</i> <i>Navicula oblonga</i> <i>Navicula tuscula</i> <i>Nitzschia recta</i> <i>Pinnularia gibba</i> <i>Pinnularia viridis</i> <i>Rhopalodia gibba</i> <i>Synedra capitata</i> <i>Synedra ulna</i>	<i>Cymbella affinis</i> <i>Epithemia argus</i> <i>Navicula halophila</i> <i>Nitzschia angustata</i>	<i>Amphora holsatica</i> <i>Mastogloia elliptica</i> <i>Mastogloia muradii</i> <i>Mastogloia smithi var lacustrine</i> <i>Nitzschia lithoralis</i> <i>Surirella ovalis</i>	<i>Fragilaria brevestriata</i> <i>Gomphonema gracile</i> <i>Gomphonema intricatum</i> <i>Hantzschia amphioxys</i> <i>Navicula radiosa</i> <i>Nitzschia palea</i>	<i>Amphora commutata</i> <i>Cyclotella menegheniana</i> <i>Denticula elegans</i>

Tabl. 04: classification des taxons diatomiques selon leurs modes de vie, la salinité et l'alcalinité de l'eau.

Ordres	Familles	Genres	Espèces
Classosporales Glezer et Makarova, 1986	Stephanodiscaceae Glezer et Makarova, 1986	Cyclotella Kützting, 1833	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützting, 1834 <i>Cyclotella kütztingiana</i> Thwaites
Cyclotellaales Silva, 1962 emend Round et al., 1990	Fragilariaceae Greville, 1833	Fragilaria Lyngbye, 1819	<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow in Van Heurck, 1885
Eunotiiales Silva, 1962	Eunotiaceae Kützting, 1844	Synedra Fehrenberg, 1830	<i>Synedra capitata</i> Fehrenberg, 1836 <i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot, 1988 <i>Synedra ulna</i> var. <i>biceps</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot, 1988
Cymbellales D.G. Mann in Round et al., 1990	Cymbellaceae Greville, 1833	Cymbella Agardh, 1830	<i>Cymbella affinis</i> Kützting, 1844 <i>Cymbella cymbiformis</i> Agardh, 1830 <i>Cymbella</i> sp
Gomphonematales Bessey, 1907 emend D.G. Mann in Round et al., 1990	Gomphonemataceae Kützting, 1844	Gomphonema Ehrenberg, 1832	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg, 1832 <i>Gomphonema intricatum</i> Kützting, 1844 <i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg, 1838
Naviculales Henney, 1937 emend D.G. Mann in Round et al., 1990	Naviculaceae Kützting, 1844 emend D.G. Mann in Round et al., 1990	Navicula Bory, 1822	<i>Navicula cuspidata</i> (Kützting) Kützting, 1844 <i>Navicula halophila</i> (Grunow) Cleve, 1894 <i>Navicula oblonga</i> Kützting, 1844 <i>Navicula radiosa</i> Kützting, 1844 <i>Navicula tuscula</i> Ehrenberg, 1840
Pinnulariales D.G. Mann in Round et al., 1990	Pinnulariaceae D.G. Mann in Round et al., 1990	Pinnularia Ehrenberg, 1843	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> (Ehrenberg) Pfitzer, 1871 <i>Mastogloia braunii</i> Grunow, 1863 <i>Mastogloia smithii</i> var. <i>lacustris</i> Grunow, 1878 <i>Mastogloia muradii</i> Voigt <i>Mastogloia recta</i> Hustedt, 1942 <i>Mastogloia elliptica</i> (Agardh) Cleve, 1893
Diploneidiales D.G. Mann in Round et al., 1990	Diploneidaceae D.G. Mann in Round et al., 1990	Diploneis (Ehrenberg) Cleve, 1894	<i>Caloneis ventricosa</i> (Ehrenberg) F. Mcister, 1912 <i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve, 1891
Catenulales Mereschkowsky, 1902	Catenulaceae Mereschkowsky, 1902	Amphora Ehrenberg, 1831	<i>Amphora commutata</i> Grunow, 1880 <i>Amphora holistica</i> Hustedt, 1925 <i>Amphora</i> sp

CHAPITRE IV

PALEOENVIRONNEMENT

I. INTRODUCTION

Pour mettre en perspective les variations environnementales actuelles et futures, on doit les replacer dans leur contexte temporel et spatial, c'est à dire examiner les variations que ces systèmes ont connu dans le passé. Comme les registres humains ne couvrent qu'une infime partie de l'holocène, c'est ici que la recherche paléolimnologique prend toute son importance.

Les processus environnementaux internes et externes reliés à un système paléolacustre et à son bassin versant sont potentiellement enregistrés dans ses sédiments. Ces derniers renferment entre autre des bioestres floristiques et faunistiques (diatomées, charophytes, ostracodes et autres).

L'étude de ces bioestres (en particulier les diatomées) permet la reconstitution paléoenvironnemental de ces dépôts.

Après leur mort, les diatomées laissent des enveloppes (frustules) de silices, qui s'empilent en couche au fond de l'eau. Ces organismes unicellulaires constituent des marqueurs biologiques très spécifiques d'un milieu d'où leur utilisation pour la reconstitution environnementale.

En plus, il est connu depuis longtemps que les conditions écologiques telles que l'habitat, les caractères physico-chimiques des eaux (salinités, température, pH ect.) influence simultanément sur la distribution des espèces de diatomées et sur la composition de leurs assemblage (Patrick in Fan, 1994).

Pour mieux cerner le potentiel indicateur, nous avons adopté l'approche paléoécologique à partir des diatomées en visant d'abord à déterminer les préférences écologiques (autoécologie) de différentes espèces ou groupe de diatomées et ensuite de l'appliquer dans le passé.

Une analyse quantitative (comptage des diatomées) et qualitatives (détermination des différents taxons rencontrés) a été effectués sur le site d'étude afin d'étudier la distribution des différentes espèces et leurs variation verticales.

L'autoécologie des taxons rencontrés nous permet d'apprécier le degré d'évolution paleoenvironnementale de l'écosystème paléolacustre de la région de Hassi Manda.

II. CARACTERISTIQUES DES MILIEUX AQUATIQUES CONTINENTALES EN ALGERIE

1. Caractéristiques sédimentologiques et organiques

En Algérie Baudrimont (1973) distingue les paléomilieux franchement lacustres et d'autre palustres (étangs et marécages) qui sont définies par leur caractères sédimentologique et paléontologiques.

1.1. Les lacs

Les paléomilieux lacustres sont des formations aquatiques profondes où les dépôts s'organisent en auréoles concentriques de granulométrie décroissantes du rivage vers le centre du lac (Baudrimont, 1973). Le climat aride provoque la stagnation des eaux lacustres et la précipitation des évaporites. En conséquence la séquence type d'un lac est constituée de termes suivants : argiles, calcaires couronnées de faciès évaporitiques.

La faune et la flore (en particulier les diatomées périphtiques) sont très riches et diversifiées.

L'argument valable d'un dépôt paléolacustre (profond et épaisseur des sédiments important) est l'abondance des espèces euplanctonique (planctoniques) par rapport à l'ensemble de la flore diatomique périphtiques *s.l.*

1.1. 1. Les étagements du système lacustre

Elle est placée sous la double influence des facteurs mécaniques (mouvement des eaux et d'oscillation de la surface) et des facteurs chimiques (présence de gaz dissous, en particulier O₂).

Deux étages de vie se distinguent dans la colonne d'eau d'un milieu lacustre (fig. 20) :

- l'épilimnion ou l'étage éclairé. Il est le lieu où se réalise la synthèse chlorophyllienne. L'eau est donc colonisée par un plancton lacustre formé d'algues microscopiques (diatomées...) dont la densité varie selon la quantité et la nature des apports riverains.

- l'hypolimnion ou l'étage profond. Il est conditionné par l'obscurité et l'augmentation de la pression. L'abondance en plancton est très variable et est fonction de l'intensité des mouvements verticaux. La sédimentation fine y prédomine.

Les organismes végétaux de l'épilimnion libèrent dans le milieu de l'oxygène comme déchet de la photosynthèse tandis que dans l'hypolimnion les animaux et micro-organismes chimiosynthétiseurs et minéralisateurs consomment cet oxygène (Dussard *in* Ogier, 1999).

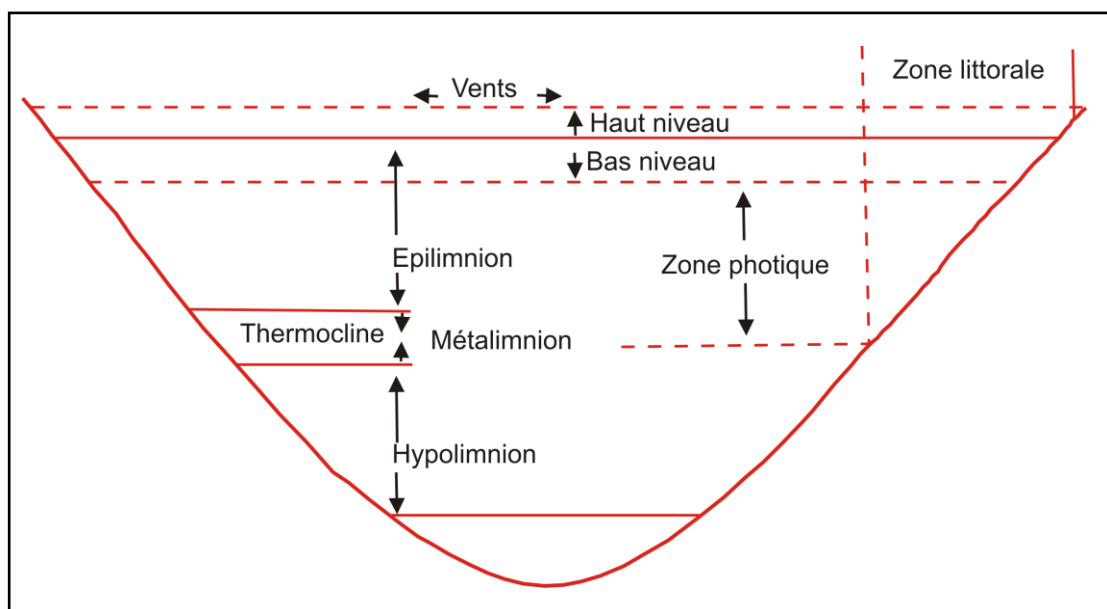


Fig. 20: Composantes importante d'un système lacustre

1.1.2. Les différents types des systèmes lacustres

Selon l'importance de ces étages, les biologistes distinguent différentes catégories de lacs qui vont du statut de lac oligotrophe à celui de lac eutrophe en passant par tous les intermédiaires :

Les lacs oligotrophes : Ils présentent une faible productivité en matière organique et des brassages des eaux importants, ce qui amène de l'oxygène jusqu'aux plus grandes profondeurs.

Les lacs eutrophes : Ils présentent une forte productivité en matière organique avec une rapide diminution de l'oxygène en dessous de la surface.

L'oxygène ne parvient pas jusqu'au fond en raison de la rareté des brassages et/ou de sa consommation par les micro-organismes. L'hypolimnion est donc pauvre en oxygène et la matière organique, non oxydée, s'accumule dans le fond des lacs. L'épilimnion est en revanche propice au développement phytoplanctonique et est, par conséquent, enrichi en oxygène dissous.

1.1.3. Classification des systèmes lacustres

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

Les lacs hydrographiques recevaient, les apports hydrologiques de grands fleuves dont les bassins de drainage étaient très étendus et très étalés en latitude.

Les lacs interdunaires : Ils étaient localisés dans les dépressions souvent fermées des ergs fossiles façonnés pendant la période aride datée de 20 000 à 12 000 ans BP environ. Ils étaient surtout alimentés par des nappes souterraines localement affleurant, mais la nature même des eaux sera différente suivant les époques et la localisation géographique (Servant Vildary, 1978).

Le cas le plus fréquent est celui d'une nappe souterraine dont la tranche d'eau supérieure affleurant est météorique. Les milieux sont oligotrophes et la flore où dominent *Cyclotella* et *Fragilaria* se modifie surtout en fonction de l'extension des surfaces d'eau libre, de la proximité des lignes de rivages, c'est à dire de la paléobathymétrie.

Le deuxième cas, est surtout caractérisé par l'explosion des *Melosira*, ce qui indique peut être la présence d'une teneur optimum en silice dans le milieu. Compte tenu du contexte paléogéographique, on peut admettre que ces lacs interdunaires pouvaient être alimentés par des eaux lacustres.

Les lacs de piémont : se situaient dans des dépressions fermées limitées par des reliefs ; les eaux de ruissellement, drainées sur ces reliefs, participaient de manière prépondérante à l'alimentation des nappes lacustres. Les bassins de drainage étaient peu étendus (quelques centaines de km² au maximum).

1.2. Etangs et marécages

Ils sont individualisés par affleurement de la nappe souterraine ou des sources artésiennes.

Ces milieux caractérisés par la prédominance des diatomées périphytiques *s.l* et la rareté des diatomées euplanctoniques (planctoniques).

Cette population diatomique témoigne d'un milieu aquatique peu profond et de faible superficie. La genèse de ces milieux est liée à l'affleurement de la nappe phréatique ou des sources artésiennes (Baudrimont, 1973).

Les dépôts marécageux se distinguent par l'abondance de la matière organique et la présence des mollusques (gastéropodes, ...), des restes de poisson et des traces de phragmites.

1.3. Mares temporaires

Les mares temporaires sont généralement d'une faible superficie, comme les guelta actuelles de l'Algérie qui sont caractérisées par des eaux peu minéralisées et une abondance et variété de la flore diatomique périphytique. Ces retenues d'eau sont issues de l'accumulation des eaux de pluie dans des cuvettes gréseuses ou dans des lits d'oued. L'existence de ces gueltas est liée directement au rythme des précipitations et au taux de l'évaporation.

III. LES CARACTERISTIQUES BIOTIQUES ET ABIOTIQUES DES DIATOMEES

La spécificité d'un lac, ou son écosystème, est définie par plusieurs caractéristiques biotiques et abiotiques.

La première composante est la morphométrie du lac, c'est-à-dire la structure du bassin immergé : la profondeur, la position des affluents et des effluents et la forme du bassin.

La deuxième composante est la structure physique, c'est-à-dire la distribution de la lumière, de la température, des vagues et des courants qui varient de façon journalière et saisonnière.

La troisième composante regroupe les paramètres chimiques : la distribution de l'oxygène dissous, les sels minéraux, la teneur en métaux et tout autre élément caractérisant la chimie de l'eau. Le bassin versant et l'atmosphère sont aussi des composantes abiotiques importantes.

La relation entre les diatomées et les variables environnementales n'étant pas linéaire. La réponse des espèces vis-à-vis des variations du milieu (température, pH, substrat etc) se fait plutôt de façon unimodale (Gause, 1930; Whittaker 1956; ter Braak & van Dam *in* Fallu, 1998). Chacune des espèces atteint un maximum d'abondance (optimum) pour un environnement précis et ne pourra survivre au delà ou en de çà d'une certaine limite. Cette limite est le seuil de tolérance de l'espèce (Odum *in* Fallu, 1998).

Pienitz et *al.*, (1995) ont montré que la température des eaux de surface et la profondeur de la colonne d'eau qui expliquent le mieux la distribution des espèces de diatomées.

Selon Rühland (1996) la variation dans les assemblages d'espèces de diatomées serait étroitement liée aux changements des taux de l'alcalinité et de la conductivité.

D'autre part Pienitz & Smol (1993) ont montré que le carbone organique dissous (COD) et le carbone inorganique dissous (CID) sont les variables déterminantes dans les lacs.

Pour l'interprétation écologique des séquences fossiles des diatomées, les connaissances des préférences autoécologiques des différentes espèces sont essentielles.

1. MODE DE VIE DES DIATOMEES

Selon leur mode de vie les diatomées ont été classées en deux grandes catégories écologiques:

Les diatomées euplanctoniques (planctoniques) : sont les formes qui se déplacent passivement en eau libre.

Les diatomées périphtiques : sont les formes qui vivent fixé préférentiellement sur un substrat. Ce groupe comprend plusieurs formes (diatomées épipéliques, diatomées épipsamiques, diatomées épilithiques, diatomées épiphytiques, diatomées épizoïques et les diatomées aérophiles) (tabl. 06).

Tabl. 06: Classification des diatomées selon le type de substrat Lavoie et *al.*,
(2008)

Classe		Substrat
Péριοhytiques s.l	Epipèliques	Sédiments organiques fines
	Epipsamiques	Grains de sable
	Epilithiques	Substrats dures/roches
	Epiphytiques	Macrophytes
	Epizoïques	Animaux
	Aérophiles	/

2. LA SALINITE (CONDUCTIVITE)

La salinité des eaux est un facteur influençant la composition qualitative et quantitative des assemblages des diatomées Baudrimont (1973).

3. La classification des espèces de diatomées en fonction de la salinité a fait l'objet de plusieurs publications et par plusieurs auteurs Kolbe (1927), Hustedt (1957), Gasse et al (1987) (tabl. 07).

Pour une bonne approche, la classification adoptée dans notre travail est donc celle de Gasse et al. (1987).

Six groupes écologiques de diatomées ont été ainsi définis :

Les diatomées d'eau douce: se prolifèrent dans une salinité ne dépassant pas 0,5 ‰.

Les diatomées d'eau oligosaline: tolérant une salinité comprise entre 0,5 ‰ et 5 pour mille.

Les diatomées d'eau mésosaline: tolérant une salinité comprise entre 5 ‰ et 20 pour mille.

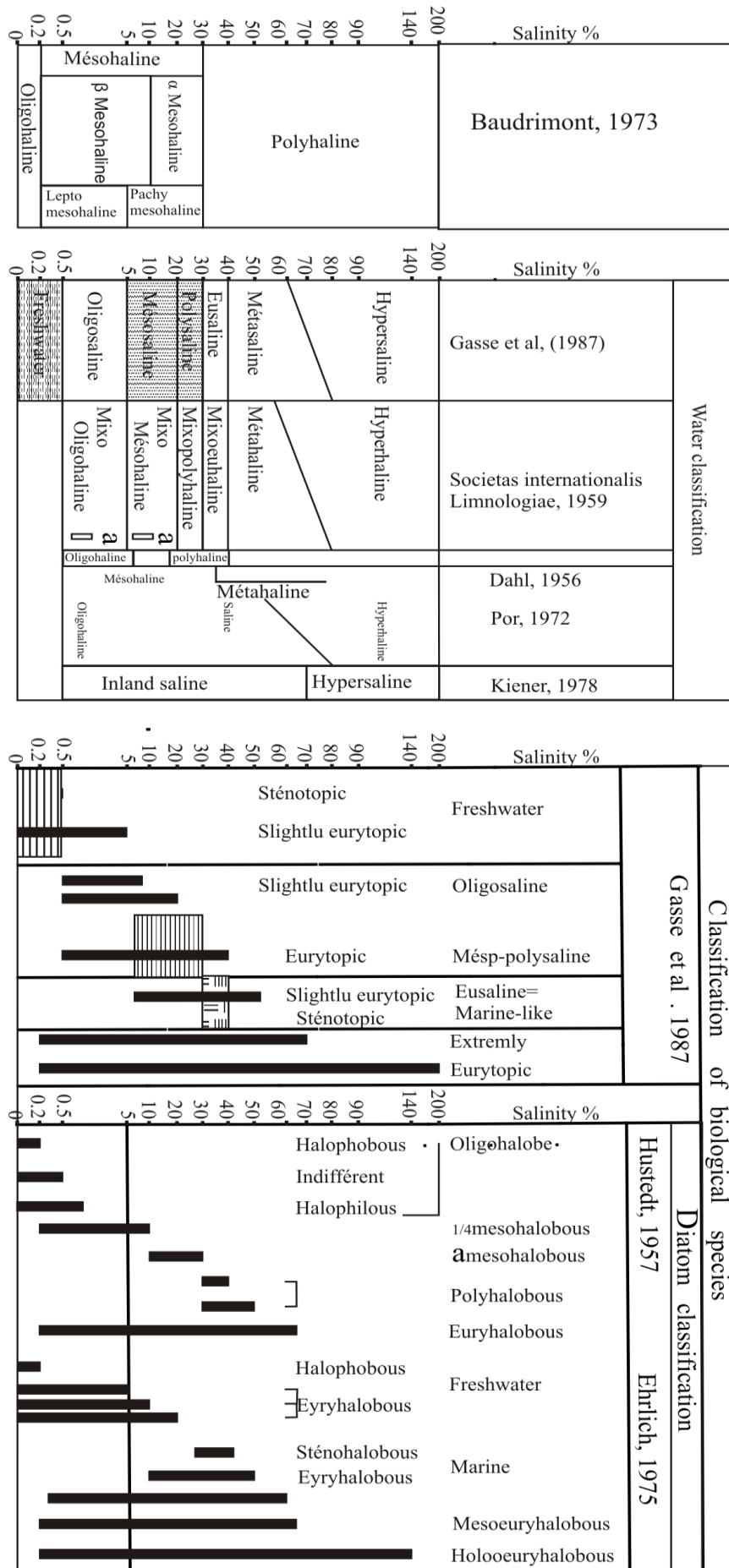
Les diatomées d'eau polysaline: tolérant une salinité comprise entre 20 ‰ et 30 pour mille.

Les diatomées d'eau eusaline: se prolifèrent dans une salinité comprise entre 30 ‰ et 40 pour mille.

Les diatomées d'eau métasalines à hypersalines: tolérant une salinité comprise entre 40 ‰ et 90 pour mille.

D'après Baudrimont (1974) les eaux saumâtres ont été classées en trois groupes (tabl. 07) :

- 1- Les eaux oligohalines : teneur en sels de 0 à 0,2‰.
- 2- Les eaux mésohalines :
 - β mésohalines :
 - a- Leptomesohalines : teneur en sels de 0,2 à 5‰.
 - b- Pachymésohalines : teneur en sels de 5 à 10‰.
 - α mésohalines : teneur en sels de 10 à 30‰.
- 3- Les eaux polyhalines : teneur en sel égale ou supérieur à 30‰.



Tabl. 07 : Classification des eaux et des organismes en milieu aquatiques continentaux d'après Gasse et al, 1987 modifié.

3. LE PH

Les diatomées répondent de façon particulièrement marquée aux variations de pH, bien qu'il n'y ait aucune explication écophysiologique détaillée permettant de comprendre comment le pH influence la croissance et l'habileté compétitive des espèces de diatomées (Battarbee et *al.*, in Lavoie et *al.*, 2008).

Une forte variabilité dans la composition des communautés de diatomées est observée particulièrement dans les régions où les cours d'eau ont une faible capacité tampon (milieu généralement à faible pH). L'eutrophisation (Processus qui, par apport d'éléments nutritifs dans un milieu aquatique, amène la multiplication des être vivants qu'il renferme, son enrichissement en matière organique et, finalement une diminution de la quantité d'oxygène dissous conduisant à des conditions anoxiques) peut dans ce cas provoquer une augmentation du pH. L'effet de l'eutrophisation sur le pH est moindre dans les cours d'eau ayant une concentration naturelle élevée en minéraux (Leland et Porter in Lavoie et *al.* 2008).

L'analyse des relations entre les communautés de diatomées et le pH a fait l'objet de beaucoup d'études. La classification adoptée dans ce travail et celle de Van Dam et *al.* in Lavoie et *al.* 2008 (Tabl. 08) .

Tabl. 08 : Classification des diatomées selon leur gradient optimal de pH (Van Dam et *al.*, in Lavoie 2008).

pH	Classes	Gradient de pH
1	Acidobiontique	Vivant exclusivement dans des eaux de pH < 7, et dont le développement optimal se situe à des pH ≤ 5,5
2	Acidophile	Se rencontre à des pH voisin de 7, mais qui se développe de façon optimal à pH < 7
3	Circumneutre	Généralement lorsque le pH ≈ 7
4	Alcaliphile	Se rencontre à pH voisine de 7, mais qui se développe de façon optimal à pH > 7
5	Alcalibiontique	Se rencontre exclusivement dans les milieux de pH > 7
6	Indifférente	Sans optimum apparente

4. LA TEMPERATURE

Les différents auteurs ont tenté de déceler la température optimale pour le développement de chaque espèce, et les variations de température tolérées par l'espèce. (Lavoie *et al.*, 2008) a pu définir six (06) catégories d'espèces ou groupes écologiques de diatomées vis-à-vis la température des eaux (Tabl. 9).

Tabl. 09 : Classification des diatomées selon leur gradient optimal de température (Lavoie *et al.* ; 2008).

Classes	Gradient de température
Oligotherme	0 à 15 °C
Mésotherme	15 à 30 °C
Eutherme	30 °C et plus
Sténotherme	$\Delta < 5$ °C
Méthatherme	$\Delta = 5$ à 15 °C
Eurytherme	$\Delta > 15$ °C

IV. LES VARIABLES ENVIRONNEMENTALES

1. La silice

Plusieurs études ont décelé l'importance de la silice pour expliquer les variations de la composition des assemblages de diatomées (e.g. Rühland, 1996 ; Allaire, 1997 ; Hay *et al.*, 1997).

Possédant un frustule siliceux, les diatomées ont une exigence nutritionnelle en silice (SiO₂) élevée. Le degré de silicification du frustule est variable et peut atteindre jusqu'à 95,6% (South & Whittick, 1987) et représenter entre 25 et 60% du poids sec de l'organisme (Home & Goldman, 1994). La silice utilisée pour la synthèse du frustule est présente dans l'eau sous forme d'acide silicique [H₂SiO₄]. Lors du dépôt, l'acide silicique est hydraté pour créer une forme amorphe de silice, ou opale (un quartzite) (Landry et Mercier, 1992).

Les diatomées n'ont pas la capacité d'emmagasiner la silice lorsque celle-ci est abondante. La division cellulaire sera donc limitée si la concentration en silice est

trop faible. De plus, la silice utilisée par les diatomées n'est pas recyclée parce qu'à la suite de leur mort, le frustule se dépose au fond du lac et y est enfoui avec les sédiments. La silice provient donc essentiellement des eaux de ruissellement qui, riches en gaz carbonique, altèrent la roche et permettent la libération de SiO_2 soluble (Home & Goldman, 1994).

Les fortes concentrations en SiO_2 semblent influencer la répartition de certaines espèces.

2. La profondeur

L'influence de la profondeur sur la répartition des espèces varie selon la latitude.

L'étude de Moser *et al.* (1998) indique que l'abondance relative d'espèces planctoniques s'accroît avec la profondeur des lacs ou systèmes lacustres.

Les lacs transparents et profonds peuvent avoir les mêmes espèces benthiques (périphytiques *s.l.*) que les moins profonds (la lumière pénétrant parfois jusqu'au fond), mais avec une augmentation de l'abondance relative des espèces planctoniques.

Que le lac soit profond ou non, et qu'une couche de matières en suspension bloque la pénétration des rayons solaires, les espèces présentes seront celles adaptées à vivre en surface. C'est peut être une des raisons pour laquelle on trouve une grande proportion d'espèces planctoniques par rapport aux espèces benthiques dans les systèmes paléolacustres du Sahara de type étang ou marécage et non de type lacustre *s.s.*

3. La superficie des lacs

La superficie des lacs est une autre variable considérée importante dans la répartition des espèces. L'effet de la superficie du lac sur les assemblages d'espèces peut être expliqué par les vents, ce qui provoquera le mélange des eaux de surface du lac, et favorisera ainsi les échanges avec l'atmosphère, ainsi que la disponibilité des nutriments.

4. Taxa indicateurs

Certains taxa peuvent avoir un potentiel indicateur élevé. Ces taxa deviennent utiles lorsqu'on veut qualifier rapidement un environnement dans lequel on les trouve en abondance.

V. METHODE D'ETUDE

La reconstitution environnementale des dépôts du système paléolacustre Hassi Manda, les données autoécologiques des différentes espèces identifiées ont été utilisés.

Les pourcentages relatifs des espèces tirées de l'analyse qualitative et quantitative sont illustrés sous forme de courbe ou diagrammes diatomiques (en fonction du mode de vie, la salinité, le pH et la température) constituant ainsi une base à notre approche paléoenvironnementale.

VI. ANALYSE PALEOECOLOGIQUE

1. LA COUPE DE HASSI MANDA 1 (HMD1)

L'une des caractéristiques essentielles de la flore de diatomée de la coupe de Hassi Manda est la rareté des Centrophycidées (espèces à symétrie radiaire) par rapport aux Pennatophycidées (espèces à symétrie bilatérale) (fig. 21).

Les centrophycidées les plus répandues dans la région de Hassi Manda sont, dans leur majorité, planctoniques profondes. Ces derniers ne sont représentés que par trois espèces (*Cyclotella kutzingiana*, *Cyclotella menegheniana*, *Gomphonema accumulatu*) qui ne représentent que 6,8 % en moyenne. Par contre les espèces périthytiques *s.l* (Pennatophycidées) peu profond sont abondant et représentent la totalité de la flore diatomique avec 75,5 % en moyenne du totale de la flore.

Les formes aérophiles n'apparaissent que dans la partie inférieure et sporadiquement dans quelques autres niveaux (fig. 22).

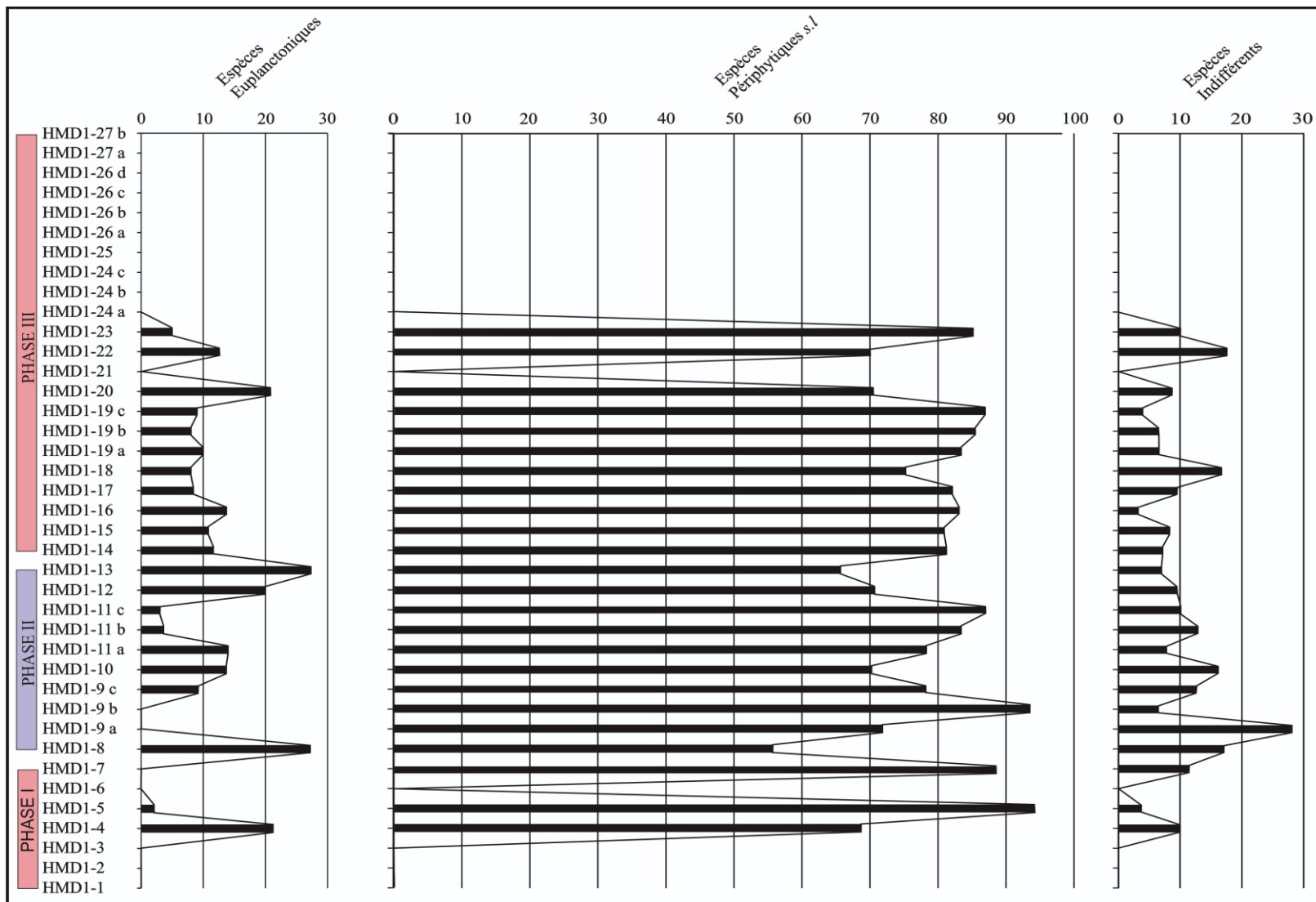


Fig. 21: Evolution verticale des fréquences relatives des diatomées euplanctonique (planctoniques) au profit des diatomées périphytiques *s.l* (coupe de Hassi Manda 1).

1.1. Fluctuation du niveau moyen du plan d'eau

L'étude des variations du niveau moyen du plan d'eau est basée sur l'analyse des variations verticales des fréquences des formes euplanctoniques (planctoniques) et périphytiques *s.l.*

L'analyse de ces deux groupes écologiques nous a permis de distinguer trois phases (fig. 22).

Phase I (HMD1-1 à HMD1-7)

Cette première phase est caractérisée par l'abondance des formes épilithiques (*Amphora commutata*, *Caloneis ventricosa*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *Cymbella affinis*, *Cymbella cymbiformis*, *Denticula elegans*, *Mastogloia braunii*, *Mastogloia elliptica*, *Mastogloia muradii*, *Mastogloia smithi var lacustris*, *Navicula halophila*, *Navicula oblonga*, *Navicula radiosa*, *Nitzschia angustata*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia recta*, *Pinnularia viridis*, *Rhopalodia gibberula*, *Surirella ovalis*) avec 52,8 % en moyenne.

Les diatomées euplanctoniques (planctoniques) représentées par (*Cyclotella kutzingiana*, *Cyclotella menegheniana*, *Gomphonema accumulatum*), sont fréquentes avec une moyenne de 11,7 %. Le niveau HM 1-4 a enregistré une fréquence des formes euplanctoniques égale à 21,2 %.

Il est à noter que la fréquence des espèces épiphytiques (*Epithemia argus*, *Eunotia arcus*, *Eunotia pectinalis*, *Gomphonema gracile*, *Gomphonema intricatum*, *Pinnularia gibba*, *Rhopalodia gibba*) est plus faible et représente 8,2 % en moyenne. Cette fréquence moyenne même étant faible, néanmoins certains niveaux enregistrent un pourcentage plus élevé (HMD1-9a, HMD1-9b, HMD1-9c, HMD1-18, HMD1-19b et HMD1-23).

D'autre part les niveaux (HMD1-4, HMD1-5 et HMD1-7) sont caractérisés par l'apparition des formes aérophiles (*Diploneis ovalis*, *Hantzschia amphioxys*) et qui ne représentent que 24,8 % en moyenne.

Cette première phase témoigne d'une tranche d'eau très peu profonde, turbulente, attestée par la fréquence élevée des espèces épilithiques ainsi que la fréquence notable des aérophiles (24,8 %). L'abondance des individus brisés de *Diploneis ovalis* peut étayer l'hypothèse d'une tranche d'eau très peu profonde et à forte turbulence.

Cette phase est apparemment soumise périodiquement à des épisodes d'assèchement attesté par l'apparition des espèces aérophiles dans les niveaux (HMD1-4, HMD1-5 et HMD1-7).

Le niveau (HMD1-4), caractérisé par une fréquence de formes euplanctoniques considérable, témoigne soit d'une augmentation épisodique du niveau du plan d'eau, qui est contradictoire avec la fréquence des formes aérophiles (17,2 %), soit que ces formes euplanctoniques (enregistrant un pourcentage notable) montrent qu'il s'agit de formes adaptées à vivre en surface même si la tranche d'eau est faible en fonction de la transparence épisodiques des eaux.

Phase II (HMD1-8 à HMD1-13)

Dans cette deuxième phase le pourcentage des différents groupes en termes de bathymétrie montre un phénomène inverse par rapport à la première phase (fig. 21).

Cette deuxième phase est donc caractérisée par une légère diminution des formes épilithiques avec 41,1 % en moyenne au lieu de 52,8 % en moyenne dans la première phase et une augmentation remarquable des formes épiphytiques avec 24,2 % en moyenne au lieu de 6,2 % en moyenne dans la première phase.

Les diatomées planctoniques enregistrent eux aussi une augmentation de cette fréquence avec une moyenne de 14,7 % au lieu de 11,7 % en moyenne dans la première phase.

D'autre part, les diatomées aérophiles sont très rares et ne représentent que 1,6 % en moyenne et n'apparaissent apparue uniquement que dans deux niveaux (HMD1-10 et HMD1-12).

Cette phase témoigne d'une tranche plus profonde que la première et donc une phase à tranche d'eau peu profonde attestée par la fréquence significative des formes planctoniques dites euplanctoniques (14,7 %).

Ce ci plaide en faveur alors d'une augmentation de la profondeur le long de la sédimentation de ces deux phases (mais toujours dans le contexte peu profond).

Phase III (HMD1-14 à HMD1-27)

Cette troisième phase est caractérisée par l'abondance des formes épilithiques avec 55,7 % en moyenne (fig. 22).

Les formes épiphytiques représentent une fréquence de 21,2 en moyenne (un pourcentage plus élevé que dans la première phase et moins élevé que dans la deuxième phase).

Les diatomées planctoniques sont rares et ne dépassent guère 10,7 % en moyenne.

La prédominance des formes épilithiques et la diminution des formes planctoniques plaident en faveur d'un abaissement du niveau moyen du plan d'eau et de l'installation d'un milieu très peu profond.

Cette phase reflète une chute du niveau moyen du plan d'eau par rapport à la deuxième phase et donc un retour vers un milieu très peu profond comme dans la première phase. La différence réside en un seul caractère qui est l'absence relative de la turbulence.

Cette phase très peu profonde témoigne donc d'un milieu calme et sans turbulence par rapport à la première phase attestée par le pourcentage plus élevé des formes épiphytiques qui atteignent 21,2 % en moyenne au lieu de 6,2 % en moyenne dans la première phase très peu profonde.

En guise de conclusion, le niveau moyen du plan d'eau au moment de la sédimentation du système paléolacustre holocène subissait des fluctuations liées probablement en premier lieu au rapport alimentation (ou drainage) /évaporation.

L'histoire de l'évolution de ce paléoécosystème lacustre et surtout de la dépression étudiée et la coupe (HMD1) ayant livré des diatomées montre que la sédimentation s'est effectuée en trois phases :

La première phase traduit un milieu de dépôt très peu profond, caractérisé par l'abondance des formes épilithiques (52,8 % en moyenne) et aérophiles (24,8 % en moyenne) au profit des espèces euplanctoniques (11,7 % en moyenne) et des espèces épiphytiques (6,2 % en moyenne).

La prolifération des diatomées épilithiques reflète une agitation des eaux. Le milieu semblerait être épisodiquement soumis à des tempêtes et des courants profonds favorisant un enrichissement de la tranche d'eau oxygénée.

La deuxième phase, correspond à un milieu de dépôt peu profond riche en diatomées épilithiques (41,1 % en moyenne) et marquée par l'augmentation des espèces épiphytiques (24,2 % en moyenne) ainsi que les diatomées euplanctoniques (14,7 % en moyenne) et la rareté des diatomées aérophiles (1,6 % en moyenne). Il s'agit d'une phase à tranche d'eau peu profond, calme et sans turbulence.

Donc, le système paléolacustre de Hassi Manda semble être transparent et calme dans cette deuxième phase, attesté par l'augmentation des espèces planctoniques et des espèces épiphytiques, ce qui augmente l'effet de la profondeur sur la répartition des espèces. L'absence de la turbulence et donc la limpidité de l'eau favorise le développement d'une ceinture végétale dense dans une tranche d'eau peu profonde, grâce au processus de la photosynthèse et par conséquent la prolifération des diatomées épiphytiques.

Toutefois, une augmentation de la fréquence de diatomées euplanctoniques (planctoniques) est associée directement aux changements hydrologiques engendrés par l'élévation du niveau d'eau du lac.

L'apparition des formes aérophiles dans les niveaux (HMD1-10 et HMD1-12), reflète que le milieu lacustre est soumis à une légère évaporation dans un climat humide à la fin de cette phase avec une diminution d'alimentation en cours d'eau.

Il y a une forte accumulation de la matière organique dans le niveau (HMD1-12) qui peut être attribuée à un abaissement important du niveau d'eau. On peut attribuer cet abaissement du niveau d'eau à une diminution d'alimentation en eau (précipitations).

L'abaissement du niveau de l'eau semble être due à une aridification qui perturbe le bilan hydrique et devient négatif ($\text{Précipitation/Evaporation} < 1$).

La diminution progressive du niveau lacustre, les eaux lacustres se concentrent et le milieu tend peu à peu au confinement (matière organique, sulfures, activité microbienne).

La troisième phase correspond à un milieu de dépôt très peu profond calme et sans turbulence, caractérisé par l'abondance des diatomées épilithiques (55,7 % en moyenne) et la diminution des diatomées euplanctoniques (10,7 % en moyenne) par rapport à la première phase.

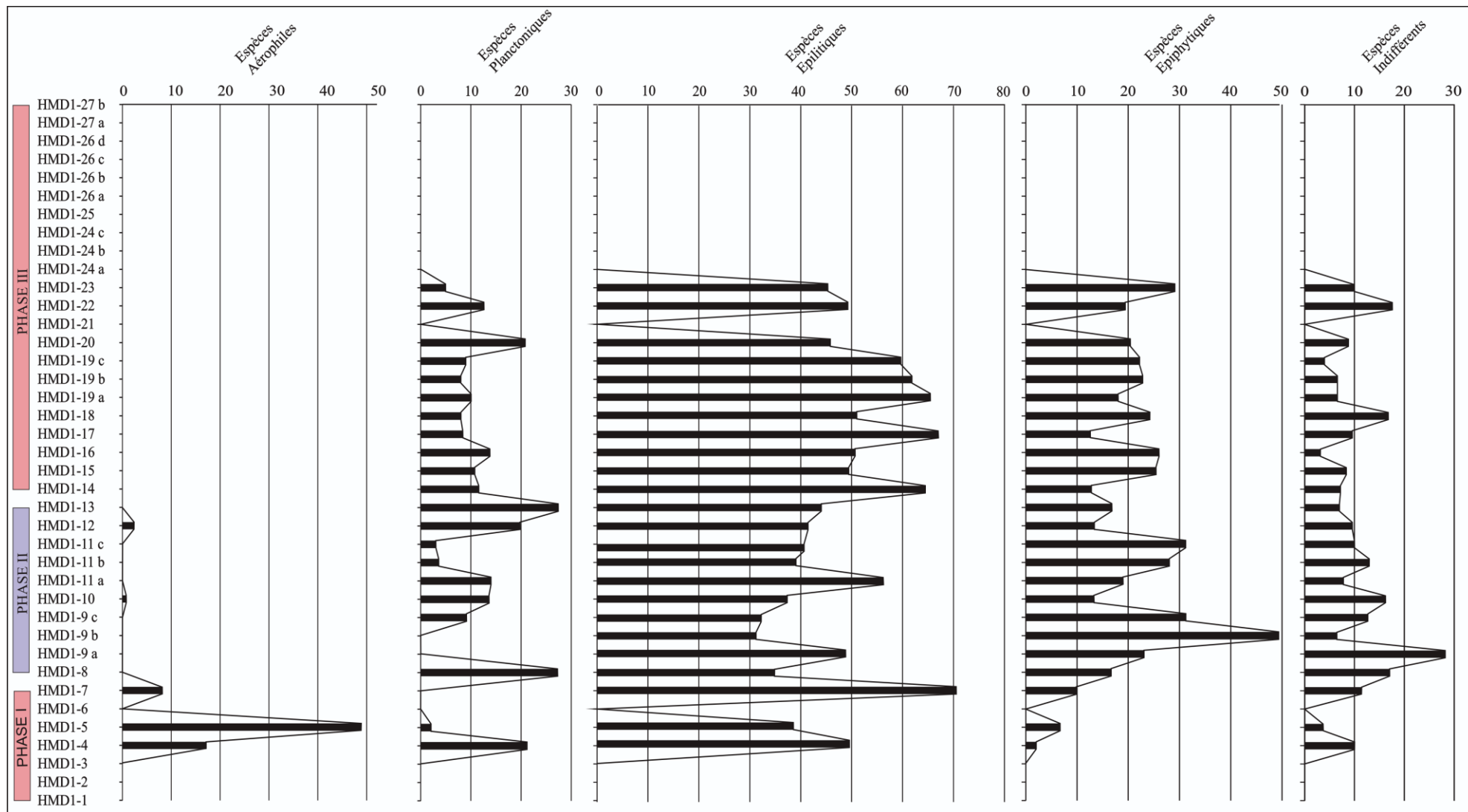


Fig. 22: Evolution verticale des fréquences relatives des diatomées selon leur mode de vie de la coupe de Hassi Manda 1 (HMD1).

1.2. La paléosalinité

L'analyse en fonction de la salinité des différents groupes écologiques définis auparavant a permis de distinguer deux phases (Fig. 23):

Phase I (entre HMD1-1 et HMD1-13)

Cette première phase est caractérisée par la prédominance très large des diatomées d'eau douce (tolérant une salinité comprise entre 0 et 0,5‰). Elles sont représentées par : *Caloneis ventricosa*, *Cyclotella kutzingiana*, *Cymbella cymbiformis*, *Diploneis ovalis*, *Eunotia arcus*, *Eunotia pectinalis*, *Gomphonema accumulatum*, *Navicula cuspidata*, *Navicula oblonga*, *Navicula tuscula*, *Nitzschia recta*, *Pinnularia gibba*, *Pinnularia viridis*, *Rhopalodia gibba*, *Synedra capitata* et *Synedra ulna*. Ce groupe écologique représente 60 % en moyenne du totale de la flore diatomique.

Les diatomées d'eau oligosaline (*Cymbella affinis*, *Epithemia argus*, *Navicula halophila*, *Nitzschia angustata*) (Fig.19) se proliférant dans une salinité comprise entre 0,5 et 5‰ représentent en moyenne 9,9 % dans tous les échantillons.

Les formes d'eau douce à oligosaline (0 à 5‰) caractérisées par *Fragilaria brevestriata*, *Gomphonema gracile*, *Gomphonema intricatum*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula radiosa*, et *Nitzschia palea* sont relativement faibles et ne représentent que 7,3 % en moyenne.

Les formes de diatomées qui se prolifèrent dans une salinité comprise entre 0,5 et 30 ‰ (oligosalines à méso-polysalines) se représentent uniquement par trois espèces : *Amphora commutata*, *Cyclotella menegheniana* et *Denticula elegans* avec un moyenne de 7,8%.

Les formes mésosalines à polysalines (tolérant une salinité comprise entre 5 et 30‰). Elles sont représentées par *Amphora holsatica*, *Mastogloia elliptica*, *Mastogloia muradii*, *Mastogloia smithi var lacustrie*, *Nitzschia lithoralis* et *Surirella ovalis*. Ce groupe est relativement faible et ne représente que 6,4 % en moyenne.

la présence non négligeable d'une part des diatomées d'eau oligosaline dans les niveaux (HMD1-9a, HMD1-9b et HMD1-9c) représentant 22,9 % en moyenne et d'autre part la fréquence élevée des formes d'eau douce à oligosaline dans l'échantillon (HMD1-9b) avec 23,4 % en moyenne et des formes d'eau oligo-méso-polysaline dans l'échantillon (HMD1-7) avec 16,4 % en moyenne témoigne d'une

tendance à une concentration épisodique en sels du milieu au moment du dépôt correspondant à des épisodes à forte évaporation (fig. 23).

L'abondance des diatomées d'eau douce (60 % en moyenne) et la fréquence des diatomées d'eau oligosaline (9,9 % en moyenne) plaident en faveur d'une tranche d'eau douce à oligosaline au moment du dépôt qui traduit une phase de dissolution (crue) alimenté soit par des montées d'eau de la nappe phréatique, soit par une alimentation des précipitations (pluies).

Phase II (HMD1-14 à HMD1-27)

Cette partie supérieure de la coupe de Hassi Manda est caractérisée par une augmentation remarquable des formes d'eau méso-polysaline avec 25,2 % en moyenne au lieu de 6,2 % en moyenne dans la première phase et une diminution des formes d'eau douce avec 39 % en moyenne au lieu de 60 % en moyenne dans la première phase.

Les formes d'eau oligo-meso-polysaline enregistrent eux aussi une augmentation de cette fréquence avec une moyenne 9,8 % au lieu de 7,8 % en moyenne dans la première phase.

D'autre part, les formes d'eau oligosaline ne représentent que 7,8 % en moyenne.

Cette phase témoigne d'une tranche d'eau saumâtre attestée par l'augmentation de fréquence des formes méso-polysaline (25,2 % en moyenne), respectivement dans les niveaux (HMD1-16, HMD1-17, HMD1-18, HMD1-19b et HMD1-22) (35,5 % en moyenne). Ce qui suggère des épisodes de fortes concentrations en sels dissous.

En conclusion, les eaux ont connu un ensemble de phases de concentration en sels dissous subissant des phases de dilutions. Ceci est généralement en relation directe avec le taux, la composition chimique des apports d'eau et la température extérieure (Pouriot et Meybeck *in* Adjedir, 2002).

Les phases de concentration en sel dissous coïncident avec les phases où le milieu connaissait un abaissement du niveau moyen du plan d'eau. Elle correspond soit aux périodes d'évaporation des eaux précédentes, soit aux eaux provenant des sources artésiennes.

L'isolement du lac de Hassi Manda du réseau hydrographique nous a permis de le classer comme un lac oligotrophe (faible productivité en matière organique et des brassages des eaux importants) au moins pendant certaines époques de son histoire et la nappes est peut être parfaitement fermées et les seules pertes qu'elles subissent sont dues à l'évaporation, donc les sels dissous ont tendance à s'y accumuler pendant ces périodes d'acidification.

Par contre, les phases de dilution, qui correspond aux épisodes d'augmentation du niveau moyen du plan d'eau, sont en rapport avec les périodes d'alimentation en eaux douce proviennent de la pluie.

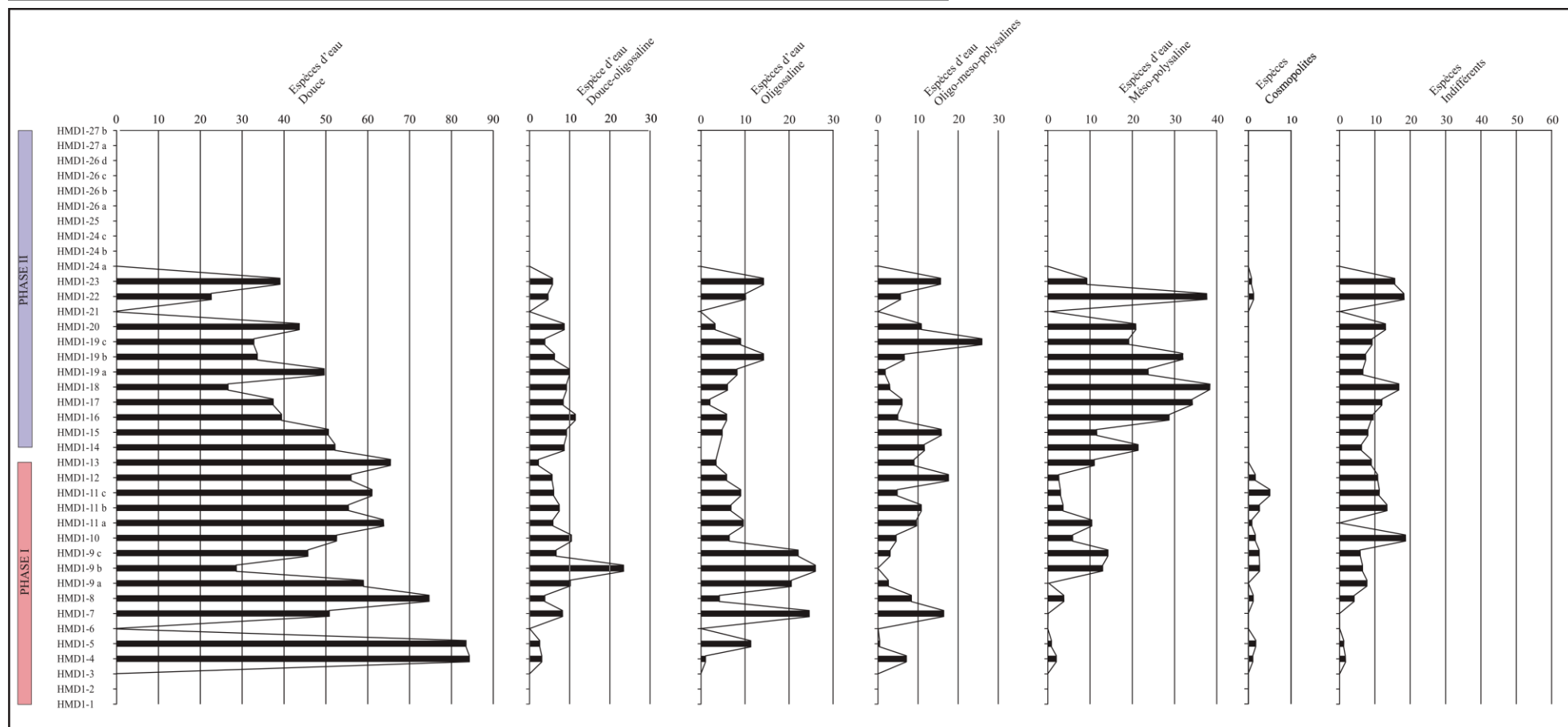


Fig. 23 : Evolution verticale des fréquences relatives des diatomées regroupées selon la salinité (coupe de Hassi Manda)

1.3. Le pH

Les niveaux étudiés sont largement prédominés par les formes dite alcaliphiles (des formes qui se prolifèrent dans un pH alcalin). Il s'agit essentiellement de *Amphora commutata*, *Caloneis ventricosan*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *Cyclotella kutzingiana*, *Cyclotella menegheniana*, *Cymbella affinis*, *Cymbella cymbiformis*, *Denticula elegans*, *Diploneis ovalis*, *Epithemia argus*, *Fragilaria brevestriata*, *Gomphonema accumulatum*, *Gomphonema gracile*, *Gomphonema intricatum*, *Hantzschia amphioxys*, *Mastogloia elliptica*, *Mastogloia muradii*, *Navicula cuspidata*, *Navicula halophila*, *Navicula oblonga*, *Navicula radiosa*, *Nitzschia angustata*, *Nitzschia lithoralis*, *Nitzschia recta*, *Pinnularia biceps*, *Pinnularia leptosoma*, *Rhopalodia gibberula*, *Surirella ovalis*, *Synedra capitata*, *Synedra ulna* et *Synedra ulna var biceps*). Leur fréquence atteint 73,6 % en moyenne (Fig. 24).

Les espèces alcaliphiles (*Amphora holsatica*, *Mastogloia braunii*, *Mastogloia smithi var lacustrie*, *Navicula tuscula*, *Rhopalodia gibba*) représentent 11,8% en moyenne (Fig.23). Il est à noter que ces formes sont considérées comme alcaliphiles.

Les formes "acidophiles" (*Eunotia arcus*, *Eunotia pectinalis*) ne sont représentatives qu'à partir de l'échantillon HMD1-13 avec un moyen de 4,7 %.

Cependant dans la partie inférieure ces formes sont très rares (ne dépasse guère 1,5 % en moyenne) et ne sont présentes que dans quelques niveaux (HMD1-8, HMD1-9a, HMD1-9c, HMD1-10 et HMD1-11a).

L'abondance des formes liées à un pH alcalin et la faible fréquence des espèces inféodées à un pH acide ne dépasse guère 3,6 % en moyenne du total de la flore diatomique, traduit que les eaux au moment du dépôt étaient franchement alcalines mais subissaient dans la partie supérieure de légère acidification et épisodiquement dans la partie inférieure (HMD1-8, HMD1-9a, HMD1-9c, HMD1-10 et HMD1-11a).

Ces périodes d'acidification sont probablement liées à une évaporation ou à des apports liquides par les pluies qui probablement acides.

Il est à noter que les épisodes d'acidités des eaux sont également marqués par la fréquence élevée en espèces d'eau mésosaline à polysaline qui coïncide avec les périodes de concentration en sels ; Ceci indique le phénomène de cause à effet montrant la relation entre la concentration de l'eau en sel et son acidité.

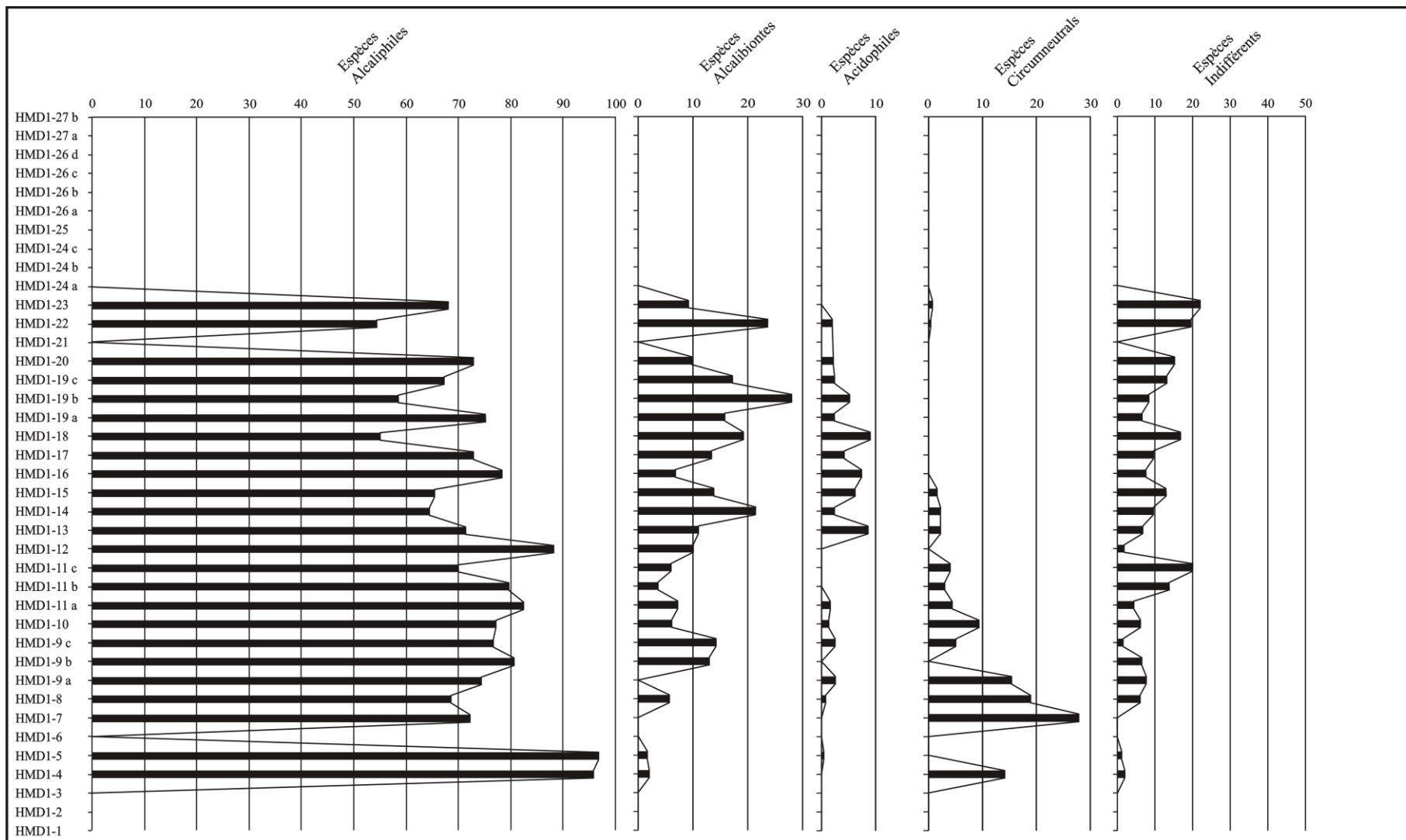


Fig. 24: évolution verticale des fréquences relatives des diatomées regroupées selon le pH (Hassi Manda)

1.4. La paléotempérature des eaux

L'inventaire microfloristique de ce site a révélé une prédominance des formes de diatomées eurythermes (supportant des variations de température plus de 15°C), représenté par *Amphora commutate*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *Cyclotella kutzingiana*, *Cyclotella menegheniana*, *Cymbella cymbiformis*, *Denticula elegans*, *Diploneis ovalis*, *Epithemia argus*, *Fragilaria brevestriata*, *Gomphonema intricatum*, *Hantzschia amphioxys*, *Mastogloia smithi var lacustrine*, *Navicula halophile*, *Navicula oblonga*, *Navicula tuscula*, *Navicula radiosa*, *Pinnularia viridis*, *Rhopalodia gibba*, *Rhopalodia gibberula*, *Surirella ovalis*, *Fragilaria ulna* et *Fragilaria ulna var biceps*. Ces formes eurythermes atteignent un pourcentage 73,7 % en moyenne (Fig. 25).

Ceci peut reflète l'existence des conditions thermiques ne permettant que le pullulement d'une flore algale, spécialement eurytherme capable de supporter les variations thermique.

En guise de conclusion, le milieu de dépôt dans ce site était propice à la prolifération des diatomées eurythermes (supportant les variations de la température).

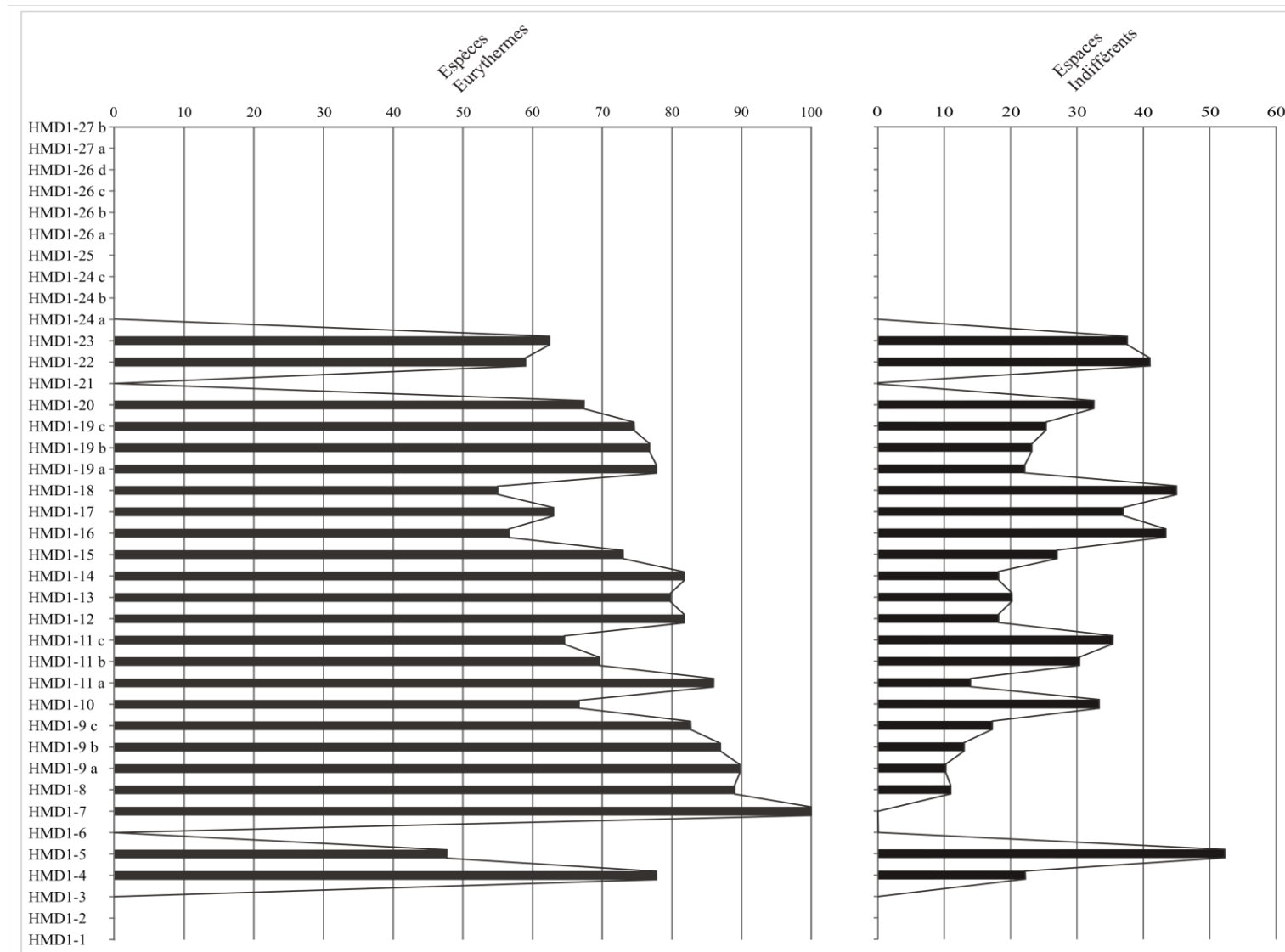


Fig. 25: Evolution verticale des fréquences relatives des diatomées regroupées selon la paléotempérature (coupe de Hassi Manda 1)

VII. CONCLUSION PALEOECOLOGIQUE

L'étude sédimentologique du paléosystème lacustre de Hassi Manda nous a donc permis de définir les constituants des dépôts d'un point de vue qualitatif (nature lithologique). Deux dynamiques sédimentaires dominantes ont ainsi été distinguées en relation avec le contexte climatique (rapport précipitations/évaporation) et l'origine de l'eau (superficielle ou phréatique): sédimentation argileuses (dépôts détritiques), précipitations physico-chimiques (dépôts biochimiques). L'enregistrement sédimentaire à Hassi Manda est représentatif de l'évolution hydroclimatique régionale au cours de l'Holocène moyen et supérieur.

L'étude paléoécologique basée sur les diatomées de la coupe de Hassi Manda a permis de distinguer la prédominance des espèces pérythytiques *s.l* peu profond par rapport aux diatomées euplanctoniques (planctoniques) profondes. La rareté des formes euplanctoniques suggèrent un milieu de dépôt peu profond n'ayant atteint à aucun moment de son histoire de grande profondeur correspond probablement soit à un vaste étang soit à un vaste marécage.

Il est à noter, que l'abondance relative des espèces euplanctoniques de diatomées s'accroît avec la profondeur des milieux aquatiques profonds (lacs) Servant-Vildary (1977) et Moser *et al.*, (1998).

L'analyse lithologique et paléoécologique des groupes de diatomées le long de la coupe de Hassi Manda a permis de définir deux phases à caractères lacustres.

Phase I (très peu profond)

Cette phase correspond à un milieu de dépôt très peu profond, caractérisé par une eau douce à oligosaline à PH alcalin. Cette phase est à eau agitée et soumise périodiquement à des périodes d'assèchement attesté par l'apparition des espèces aérophiles dans quelques niveaux (fig. 26).

La fréquence de diatomées oligosalines et les diatomées mésosalines à polysalines respectivement dans certains niveaux au sein de cette phase suggèrent plusieurs épisodes à concentration en sels au moment du dépôt.

Par ailleurs, cette tranche d'eau est soumise à de fortes concentrations en sels épisodiques et par conséquent à des épisodes d'évaporations correspondant à des brefs épisodes d'aridification qui perturbe le bilan hydrique devenant négatif (précipitation/évaporation < 1).

Les phases de milieux très peu profonds correspondent éventuellement aux épisodes d'étiage où le rapport évaporation/drainage est très élevé. Ce sont les phases où le milieu était très mal drainé et la tranche d'eau a été soumise longuement à l'évaporation et les pertes par les émissaires (concentration des eaux en sels dissous) (fig. 26).

Phase II (peu profond)

Cette deuxième phase est plus profonde que la phase précédente mais toujours dans le contexte peu profond. Elle traduit un milieu de dépôt peu profond, calme et sans turbulence et à tranche d'eau douce à oligosaline et alcaline.

Cette phase étant calme favorise le développement d'une ceinture végétale dense (phragmites) et par conséquent la prolifération des diatomées épiphytiques. 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 à oligosaline respectivement dans quelques niveaux au sein de cette phase suggère plusieurs épisodes à concentration en sels sous un climat aride au moment du dépôt.

Les milieux peu profonds reflètent probablement les épisodes de crues où le rapport drainage/évaporation est très élevé. Ces épisodes de crue favorisent 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 douce à oligosaline (fig. 26).

Phase III (très peu profond)

La troisième phase correspond à un milieu de sédimentation très peu profond, calme et à tranche d'eau à caractère d'eau douce à eau méso-polysaline, correspondant à une eau saumâtre. Dans cette phase le pH était alcalin comme dans les autres phases.

Les phases de concentration en sel dissous coïncident avec les phases où le milieu connaissait un abaissement du niveau moyen du plan d'eau. Elle correspond soit aux périodes d'évaporation des eaux précédentes, soit aux eaux provenant des sources artésiennes (puits de Hassi Manda) (fig. 26).

Par contre, Les phases de dilution, qui correspond aux épisodes d'augmentation du niveau moyen du plan d'eau, sont en rapport avec les périodes d'alimentation en eaux douce proviennent de la pluie.

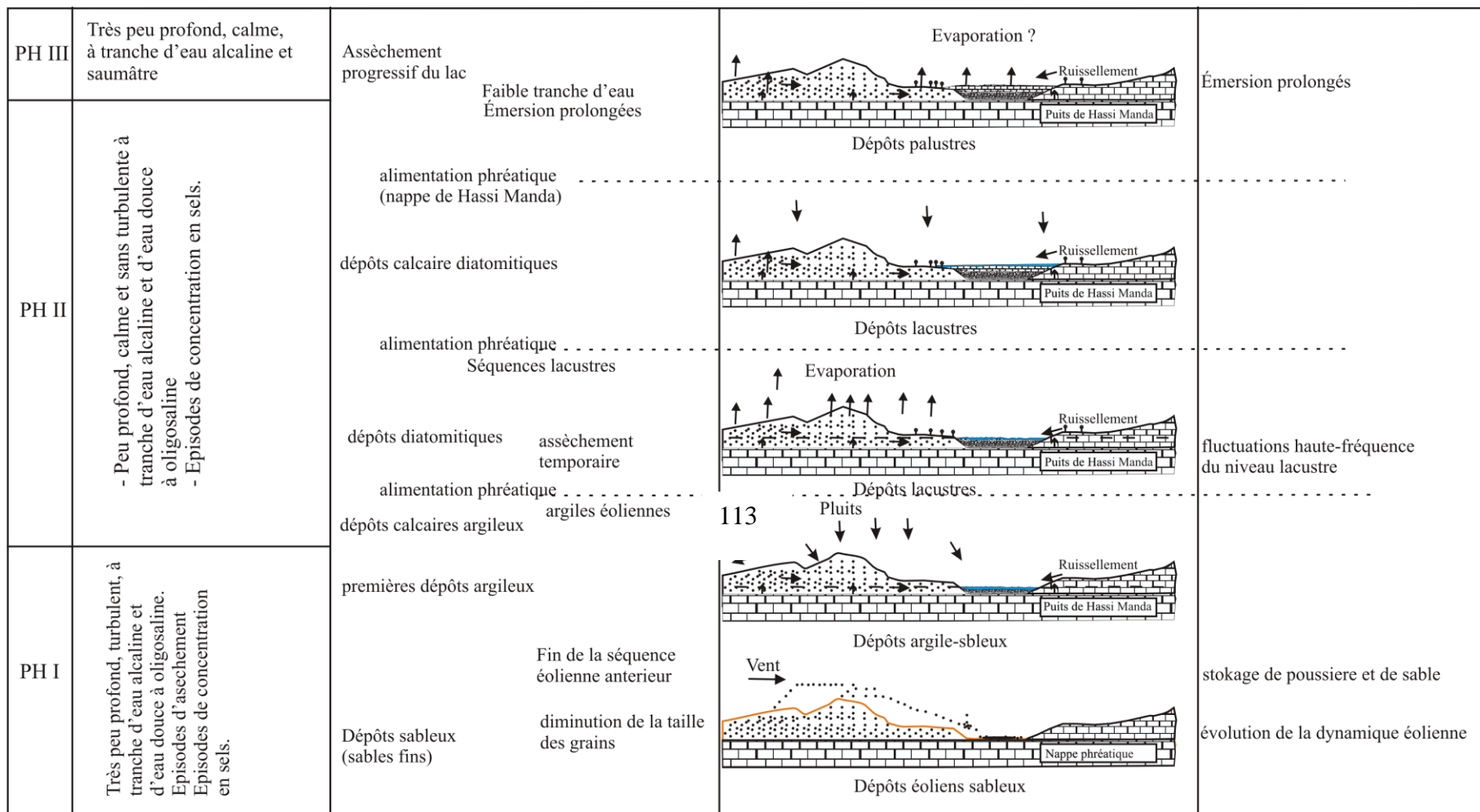


Fig. 26: Evolution paléoenvironnemental du paléosystème lacustre de Hassi Manda au cours de l'holocène.

Conclusion générale

Les affleurements d'une sédimentation lacustre de deux dépressions interdunaires bordant la bordure nord-occidentale de l'Erg Er Raoui, situé à 40 km (à vol d'oiseau) au NNW de la ville de Tabelbala ont fait l'objet de notre étude.

Cette sédimentation que nous appelons, sédimentation paléolacustre de Hassi Manda (relative au lieu-dit Puits de Hassi Manda), daté de l'holocène (Baudrimont, 1973 et Mateu, 1964) a révélé de nombreux résultats sur le plan lithologique, paléontologique (essentiellement flore diatomique) et paléoenvironnemental.

L'étude lithologique des six coupes étudiées dans les deux dépressions voisines : coupe de Hassi Manda 1, coupe Hassi Manda 2, coupe Hassi Manda 3, coupe Hassi Manda 6 (de la première dépression) et coupe A et coupe B (de la deuxième dépression) a permis de définir deux ensembles sédimentaires :

- un ensemble détritique argilo-sableux fins de couleur jaunâtres (ensemble I).

- un ensemble à sédimentation chimico-organique de nature carbonatée (ensemble II). Ce dernier est représenté par des « carbonates blancs biogéniques » Adolphe et *al.*, (1987) et par des calcaires argileux.

L'analyse qualitative et quantitative de la microflore diatomique de l'unique coupe (HMD1) ayant livré des diatomées, nous a permis d'identifier 45 espèces, réunies en 19 genres et x familles avec deux espèces en nomenclature ouverte.

A partir de cette analyse, plusieurs groupes écologiques en fonction de la salinité, ont été ainsi définis : diatomées d'eau douce, diatomées d'eau oligosaline, diatomées d'eau mésosaline à polysaline, diatomées d'eau douce à oligosaline et diatomées d'eau oligosaline à méso-polysaline. La majorité de ces groupes écologiques sont liées à un pH alcalin.

En fonction de la fluctuation du plan d'eau (bathymétrie) d'autres groupes écologiques ont été définies : diatomées périphytiques *s.l* (aérophiles, épilithiques et épiphytiques) et diatomées euplanctoniques.

L'un des traits majeurs de cette microflore diatomique ou de ces groupes écologiques est la prédominance des diatomées périphytiques *s.l* peu profond par rapport aux diatomées euplanctoniques profondes. La rareté des formes euplanctoniques suggèrent un milieu de dépôt peu profond n'ayant atteint à aucun moment de son

histoire de grande profondeur correspond probablement soit à un vaste étang, soit à un vaste marécage.

Les fluctuations de ces groupes écologiques, le long de la coupe (HMD1) étudiée, ont permis de reconstituer le milieu de sédimentation du système paléolacustre de Hassi Manda (étang ou marécage) et donc l'évolution paleoenvironnementale de la région de Hassi Manda.

L'analyse de ces dépôts montre trois phases de sédimentation tout au long du dépôt (fig. 27) :

- une première phase très peu profonde à turbulence des eaux et à tranche d'eau alcaline et d'eau douce à légèrement oligosaline (saumâtre).
- une deuxième phase correspond à une tranche d'eau peu profonde calme et sans turbulence à tranche d'eau douce à oligosaline et alcaline.
- la troisième phase correspond à un milieu de sédimentation très peu profond, calme et à tranche d'eau à caractère d'eau douce à eau méso-polysaline, correspondant à une eau saumâtre. Dans cette phase le pH était alcalin comme dans les autres phases.

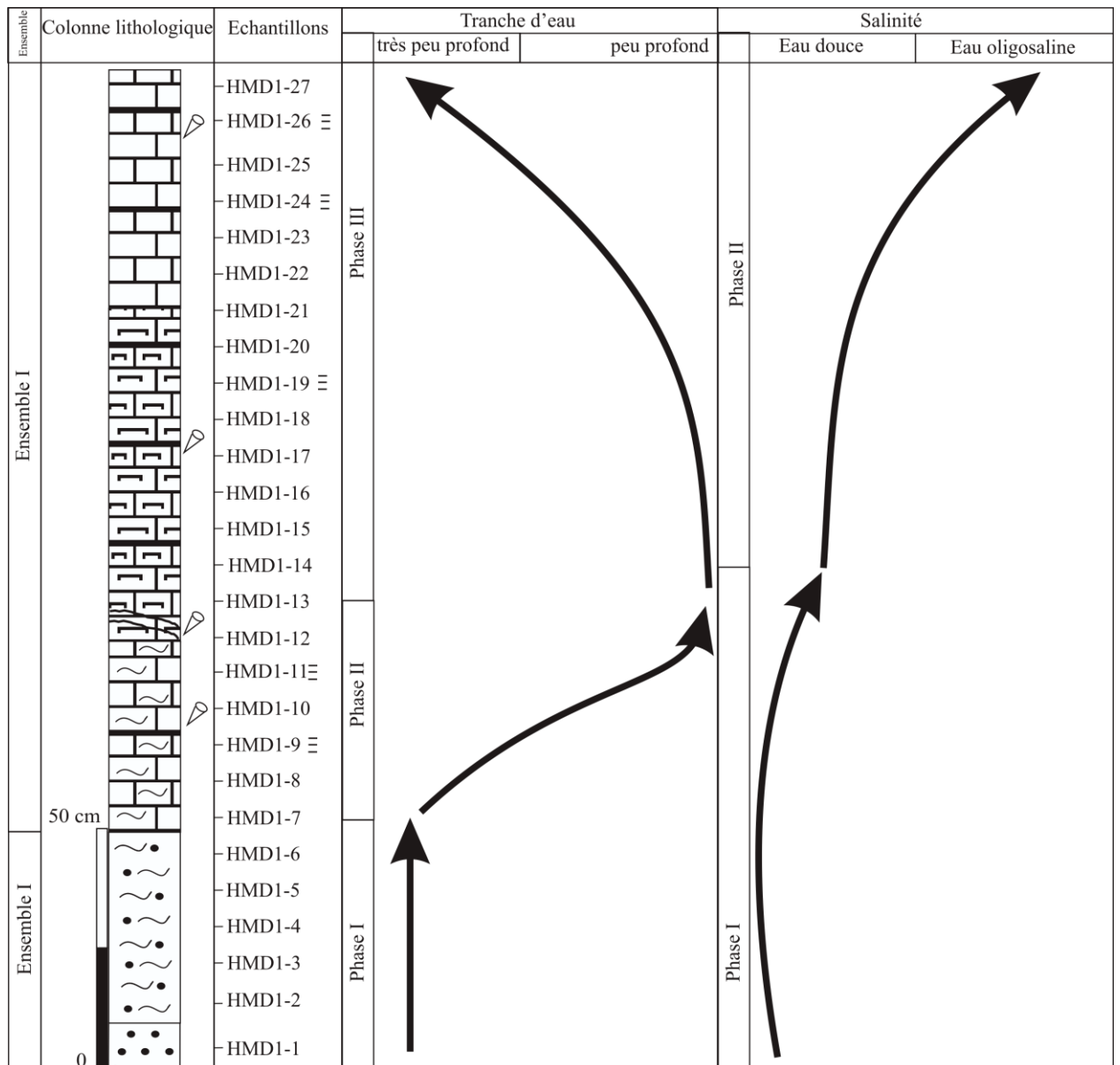


Fig. 27 : Les différentes phases de sédimentation le long de la coupe Hassi Manda 1 (HMD1).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
REFERENCES 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.
- 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., 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.
- 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. (1973)** – Recherche écologique sur les diatomées des eaux continentales du Maroc. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord. Alger*, t. 65, fasc.1 et 2 : 34 p.
- BELLINGER. G & SIGEE. C (2010)** - Freshwater Algae : identification and use as bioindicators. *Environmental Science and Policy*, Central European University, Hungary, 271 p.
- BERARD-TERRIAULT, L., POULIN, M., et BOSSE, L. (1999)** - Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires. *CNRC-NRC. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario) KIA 0R6, Canada.*

- BEUCHER Fr. (1971)** – Etude palynologique de formations néogènes et quaternaires du Sahara nord-occidental. *Thes. Fac. Sci. Paris, A. O. 5408*, sér : géol n°20, 283 p., 56 fig., tabl., 23 pl ht.
- BOURRELLEY P. (1981)** – Les Algues d'eau douce : algues jaunes et brunes. *N. Boubée & C. Paris.*, n° 28, II, 517. p.
- 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.
- CALLOT Y. (1988)** - Evolution polyphasée d'un massif dunaire subtropical : le Grand Erg Occidental (Algérie). *Bull. soc. Géol. France.*, n°6. pp. 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.
- COCQUYT C. (1991)** – Diatomées from easter Island. *Biol. Jb. Dodonaea*, 59, Belgium: pp. 109-124.
- CLET M. et HUAULT M-Fr (1987)** – Les dépôts lagunaires du Reuverien dans les argiles de la Lond (Normandie, France). *Bulletin de l'association française pour l'étude du quaternaire*. 4 : pp. 195-202.
- COHEN, Z. (1999)** - Chemicals From Microalgae., *Taylor & Francis Inc . Ben Gurion University of the Negev, Israel.*

- COMPÈRE P. (1984)** – *Nitzschia fragiliformis* a new species from NW Sudan forming ribbo-like colonies. 8 th Diatom-Symposium: 253-258.
- COMPÈRE 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. Pllantentuin Belg.* n°15 (3/4): pp. 171-267.
- COMPÈRE 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.
- CORNET C. (1986)** – Contribution à l'étude de l'évolution paléocéologique 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. (1982)** – A systematic approach to the freshwater diatom of Seychelles and Mauritius Island. *Diatom-Symposium*, n°7: pp. 307-326, pl. 4, fig. 1.
- 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.
- COSTE M. (1994)** – les variations biologiques : des indicateurs de l'état de santé de l'écosystème aquatiques. *Séminaire national* 2 et 3 November 1994. Paris. Texte des conférences : 17 p.
- Edward G. B et David C. S (2010)** - Freshwater Algae : Identification and use as Bioindicators. *John Wiley & Sons, Ltd. Environmental Science and Policy, Central European University, Hungary and Manchester University, UK.* 265 p.
- 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.

- 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.
- FOGED, N. (1964)** – Freshwater Diatoms from Spitsbergen. *Tromsø Museums Skrifter*. **11**, 205 pp, 22 pls.
- FOGED, N. (1975)** – Some Littoral Diatoms from the Coast of Tanzania. *Bibl. Phycol.* **16**, 126 pp, 31 pls.
- FONTES J-C. et GASSE F. (1987)** – Programme palhydaf. Etat d'avancement. Résumés des communications, *Géodynamique*. 2. (2). pp. 127-160.
- FONTES J-C. et GASSE F. (1991)** – PALHYDAF (Paleohydrologie in Africa) program : objectives, méthodes, major résultats. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology* 84 : *Elsevier sci pub B. V.*, Amsterdam : pp. 191-215.
- FROHRLICH F. et SERVANT-VILDARY S. (1989)** – Evaluation of diatom content by counting and infrared analysis in quaternary fluvio-lacustr 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 Messénien de méditerranée : analyse de quelques tripolis du passage Mio-pliocène à Chypre, en Crète et au Maroc. *Thes. Doc. 3 cycle. Univ. Paris-sud* : 274 p.
- GASSE F., FONTES J-C. et ROGNON P. (1974)** – Variations hydrologiques et extension des lacs holocène du désert Danakil., *Palaéogeography, Palaéoclimatology, Palaéoécologie*, 15 : *Elsevier. Sci. Pub. Company*, Amsterdam, Printed in the Netherland : pp. 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. *Paléogeography, Paléoclimatology, Paléoécologie*, 60: *Elsevier. Sci. pub. B.V.* Amsterdam: 46 p.

- GASSE F., TEHET R., DURANT A., et GILBERT E. (1990)** – The arid-humid transition in the Sarhara and Sahel during the last deglaciation., *Nature*. 346. pp. 141-146.
- GASSE F. et FAURTANIER E. (1991)** – African diatom paleoecology and biostratigraphy. *Jour. African. Earth Sci.*, vol. 12, n° 1/2: pp. 325-334.
- GASSE F. (2001)** – PALEOCLIMATE: Hydrological changes in Africa. Centre. Européen. Rech. Enseign. *Géosci. Environnement.Sci.* Vol. 292.no. 5525, pp. 2259-2260.
- GASSE F. (2002)** – Diatom-inferred salinity and carbonate oxygen isotopes in Holocene waterbodies of the Western Sahara and Sahel (Africa). *Quaternary science reviews*. 21, France: pp. 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.
- GERMAIN H. (1981)** – Flore des diatomées-d'eau douce et saumâtre du massif Armoricaïn et des contrées voisines d'Europe occidentale. 1 vol. *Boubée (édit)*. Paris: 444 p.
- GIAJ-LIVRA P. et ABAT O. (1993)** – Le diatomée d'acqua dolce in italia. *Edit. dall'Enea, Rom*: 290 p., 30 pl.
- HUAULT M-F. (1985)** – Apport des diatomées à la reconstitution des paleoenvironnements : l'exemple du marais Vernier lors de la transgression flandrienne. *Bull. Ass. Fr. quat.*, 4 : pp. 209-217.
- HUAULT M-F. et LEVEBVER D. (1983)** – Un dépôt Holocène exceptionnelle dans la base-vallée de la Seine : La diatomite calcifiée de la Mailleray-Sur-Seine (France). *Bull. Ass. Fr. quat.*, 4 : pp. 171-181.
- HUAULT M-F. (1988)** – Le marais de la Harelle (Seine-Maritime) : Reconstitution des paleoenvironnements holocene d'après l'étude des diatomées et des pollens. *Extrait. Inf. Géol. Bassin*. Paris. Vol. 25, n°2, p. 15-20.
- HUAULT M-F. (1989)** – Les diatomées Holocène de l'estuaire de la Seine au Havre (Seine-Maritime). Essai de reconstitution de l'évolution de milieu durant le subboréal et le subatlantique. *Bull. Ass. Fr. quat.*, 1 : pp. 39-43.
- HURLIMANN J. et SCHANZ F. (1988)** – Periphyton diatom communities and trophic state of three shallow lakes in the Pfynward region of canton Valais, Switzerland. *Arch. Hydrobiol. Suppl. Algological Studies*, 48: pp. 351-371.

- 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.
- SECKBACH J. et KOCIOLEK J.P.** (2011) - The Diatom World, Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology. *University of Colorado, Boulder, CO, USA., springer.,vol 19*, 534p.
- KRAMMER, K. & H. Lange-Bertalot, (1986)** - Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. Dans Ettl, H., G. Gartner, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.). *Sübwasserflora von Mitteleuropa*, Band 1. *Gustav Fischer Verlag*, Stuttgart/New York, 876 pp.
- KRAMMER, K. & H. Lange-Bertalot, (1988)** - Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Çurirellaceae. Dans Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.). *Sübwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/2. *Gustav Fischer Verlag*, Stuttgart/New York, 596 pp.
- KRAMMER, K. & H. Lange-Bertalot, (1991 a)** - Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Dans Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds). *Sübwasserflora von Mitteleuropa*, Band 3. *Gustav Fischer Verlag*, Stuttgart/Jena, 576 pp.
- KRAMMER, K.** (1992)- *Pinnularia*, eine Monographie der europäischen Taxa. *Bibliotheca Diatomologica*, 26: 1-353.
- KRAMMER, K.** (1997a). Die cymbelloiden Diatomeen, Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 1. *Allgemeines und Encyonema part.* *Bibliotheca Diatomologica*, 36: 1-382.
- KRAMMER, K.** (1997b) - Die cymbelloiden Diatomeen, Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. *Encyonema part., Encyonopsis and Cymbellopsis.* *Bibliotheca Diatomologica*, 37: 1-469.
- KRAMMER, K.** (2000) - The genus *Pinnularia*. 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*, 1: 1-703.
- 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) - *Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybella*. In: *Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters*

- 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 des naturaliste, *Delachaux et Niestlé*, Paris, 239 p.
- 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. & 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.
- MOURRE V. (2003)** - Implications culturelles de la technologie des hachereaux. *Thèse Doctorat*, Univ. Paris X - Nanterre (France) ,895 p.
- OGIER S.** (1999) - Diagenèse précoce en domaine lacustre : étude des composés minéraux et organiques des sédiments récents du lac d'Aydat (Puy de Dôme, France). *Thèse. Doct.* univ. Orleans (France), 245 p., 59. Fig.
- PETER J et al., (2002)**- Phytoplankton productivity. *Blackwell science*. Oxford (USA).381 p.

- 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 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.
- 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 phytoplancton 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.
- 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 Astrobiology., *Springer., The Hebrew University of Jerusalem, Israel For further., Vol. 19.* 533 p.
- SERIEYSSOL K et GASSE F (1991)** – Diatomées néogènes du massif central Français : quelques faits biostratigraphiques, *C. A. Acad. Sci. Paris*, t.312, sér. II, p.957-964.
- SERVANT-VILDARY S. (1973)** – Le plio-quatenaire ancien du Tchad : Evolution des associations des diatomées, stratigraphie, paléoécologie, *Cah.O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, vol. v. n° 2, pp. 169-216.
- SERVANT-VILDARY S. (1977)** – Etude des diatomées et pléolimnologie du bassin Tchadien au cénozoïque supérieur. *Travaux et document O.R.S.T.O.M.*, 84 (2 vol) : 346 p.

- 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 du lac sursalés boliviens : sous-classe pannatophycidées, I- famille des Nitzschiacées. *Cah.O.R.S.T.M., sér. Géol.*, vol. XIV, n° 1, pp.35-53.
- SERVANT-VILDARY S. (1986)** – Les diatomées actuelles des Andes de Bolivie (Taxonomie, écologie). *Cah. De micropaléontologie*. Vol.1. n° 3 et 4, pl. 14, pp. 100-153.
- SERVANT-VILDARY S. et BLANCO M. (1984)** – Les diatomées fluvio-lacustre plio-pleistocene de la formation Charana (1) (Cordillère occidental des Andes, Bolivie). *Cah.O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, vol.XIV, n° 1, pp. 55-102.
- 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. (1993)** – Diatom and their preservation in the sediments of Lake Neuchatel (Switzerland) as evidence of past hydrological change. *Hydrobiologia* 269/270: pp. 167-178.
- 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.
- TELFORD R.J (1998)** – Diatom stratigraphies of lakes Awassa and Tilot, Ethiopia: Holocene records of groundwater variability and climat change. *Thesis: Doctor of Philosophy degree*, university of wales.
- Tomas, C.R.. (1996)**. - Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. *Academic Press Inc.*, San Diego. pp. 1-598.
- Tomas, C.R. (1997)**. - Identifying Marine Phytoplankton. *Academic Press Inc.*, San Diego. pp. 1-858.
- TREMBLAY, R. (1999)**. - Étude paléolimnologique de l'histoire trophique du lac saint-charles, réservoir d'eau potable de la communauté urbaine de Québec. *Thèse Philosophiae Doctor.*, Université Laval, Québec, (Canada). 107 p.
- VAN DER WERFF A. & HULS A. (1957-1974)** – Diatomeeenflora van Nederland. Reprint 1976. *O. KOELTZ Science Pub*. Koenigstein. 581 p.

- VAN HEURCK, H.** (1880-1885) - Synopsis des Diatomées de Belgique. Atlas, pls. 1-30 (1880); pls. 31-77 (1881); pls. 78-103 (1882); pls. 104-132 (1883); Table alphabétique, 120 p. (1884); Texte, 235 p. (1885). Ducaju et Cie, Anvers (reprinted by Linnaeus Press, Asterdam 1981).
- VAN HEURCK, H.** (1896). - A treatise on the Diatomaceae. *William Westly et Son*, London, p. 1-558, 35 pls.
- VAN HEURCK, H.** (1909). – Diatomées. Résultats du voyage du S. Y. Belgica en 1897-1898-1899. *Rapport scientifique. Anvers* (Belgique). 119 p. 13 pls.
- VILLENEUVE V. et PIENITZ R.** (1998) – Composition diatomifère de quatre sources thermales au Canada, en Island et au Japan. *Diatom Researsch*. Vol. 13(1), pp. 149-175, 3. pl.
- ROUND, F.E., R.M. CRAWF ORD ET D.G. MANN** (1990) - The diatoms. Biology and morphology of the genera. *Cambridge University Press*, Cambridge, 747 p.
- 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. Pisciculture*, 69 p.
- 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.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Tableaux

Tabl. 01 : Synthèse des données radiochronologiques relatives aux industries préhistoriques et événements climato-sédimentaires de l'ouest du Sahara algérien au cours du Plio-quaternaire (d'après Conrad, 1969; Baudrimont, 1973) « modifié » -----	19
Tabl. 2 : Abondance relative (%) des différents taxons de diatomées le long de la coupe Hassi Manda 1 (HMD1) -----	87
Tabl. 03 : Ecologie des différents taxons de diatomées le long de la coupe de Hassi Manda 1 (HMD1) -----	89
Tabl. 04 : classification des taxons diatomiques selon leurs modes de vie, la salinité et l'alcalinité de l'eau -----	90
Tabl. 05 : Classification des taxons de diatomées rencontrées le long de la coupe de Hassi Manda 1 (HMD1), selon Round et <i>al</i> ; 1990 -----	91
Tabl. 06 : Classification des diatomées selon le type de substrat Lavoie et <i>al.</i> , (2008) -----	99
Tabl. 07 : Classificaton des eaux et des organismes en milieux aquatiques continentaux d'après Gasse <i>et al</i> , 1987 modifié -----	101
Tabl. 08 : Classification des diatomées selon leur gradient optimal de pH (Van Dam et <i>al.</i> , in Lavoie 2008) -----	102

Tabl. 09 : Classification des diatomées selon leur gradient optimal de température (Lavoie et <i>al</i> ; 2008) -----	103
--	-----

Figures

Fig. 01 : Cadre géographique générale de la région d'étude -----	11
Fig. 02 : Localisation du secteur d'étude -----	14
Fig. 03 : Photo satellitaire de la région d'étude -----	15
Fig. 04 : Traitement physico-chimique des échantillons (d'après Gardet, 1979, Gersond, 1980 et Mansour, 1991 avec quelques modifications) -----	21
Fig. 05 : Unité de comptage d'après Schrader et Gersond (1978) et Cornet (1986) --	22
Fig. 06 : Schéma de démarche de travail -----	24
Fig. 7 : Coupe lithologique Hassi Manda 1 (HMD1) -----	29
Fig. 08 : Vue panoramique de la dépression de puits de Hassi Manda -----	30
Fig. 09 : Dépôts lacustres de la coupe Hassi Manda 2 (HMD2) -----	31
Fig. 10: Dépôts lacustres de la coupe Hassi Manda 3 (HMD3) -----	32
Fig. 11 : Prélèvement Hassi Manda 4 (HMD4) -----	33
Fig. 12: Prélèvement Hassi Manda 5 (HMD5) -----	34
Fig. 13 : Dépôts lacustres de la coupe Hassi Manda 6 (HMD6) -----	35

Fig. 14 : Coupe schématique des dépôts lacustres de la deuxième dépression de Hassi Manda -----	36
Fig. 15 : dépôts lacustres de la coupe A de Hassi Manda -----	37
Fig. 16: Dépôts lacustre de la coupe B de la deuxième dépression de Hassi Manda —	38
Fig. 17: corrélation lithologique des coupes étudiées de l'Holocène de Hassi Manda --- -----	39
Fig. 18 : Structure d'une diatomée pennée -----	44
Fig. 19 : Schéma de la division mitotique et de la reproduction méiotique des Diatomées (d'après Cyril Langlois, 2006) -----	45
Fig. 20 : Composantes importante d'un système lacustre -----	95
Fig. 21: Evolution verticale des fréquences relatives des diatomées euplanctonique au profit des diatomées périphtiques <i>s.l</i> (coupe de Hassi Manda 1) -----	106
Fig. 22 : Evolution verticale des fréquences relatives des diatomées selon leur mode de vie de la coupe de Hassi Manda 1 (HMD1) -----	111
Fig. 23 : Evolution verticale des fréquences relatives des diatomées regroupées selon la salinité (coupe de Hassi Manda) -----	115
Fig. 24 : évolution verticale des fréquences relatives des diatomées regroupées selon le pH (Hassi Manda) -----	117

Fig. 25 : Evolution verticale des fréquences relatives des diatomées regroupées selon la paléotempérature (coupe de Hassi Manda 1) ----- 119

Fig. 26 : Evolution paléoenvironnemental du paléosystème lacustre de Hassi Manda au cours de l'holocène ----- 123

Fig. 27 : Les différentes phases de sédimentation le long de la coupe Hassi Manda 1 (HMD1) ----- 127

PLANCHES
PLANCHES

PLANCHE I

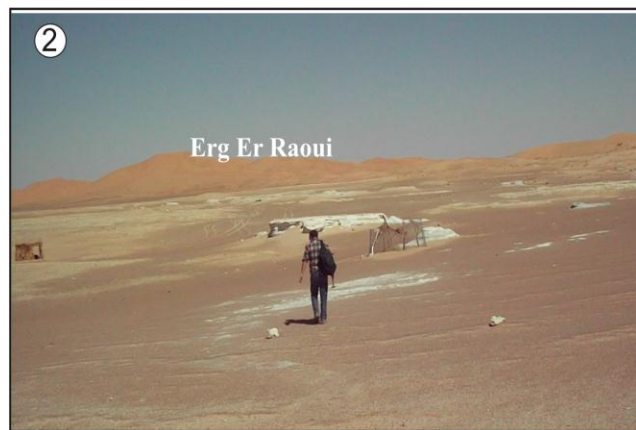
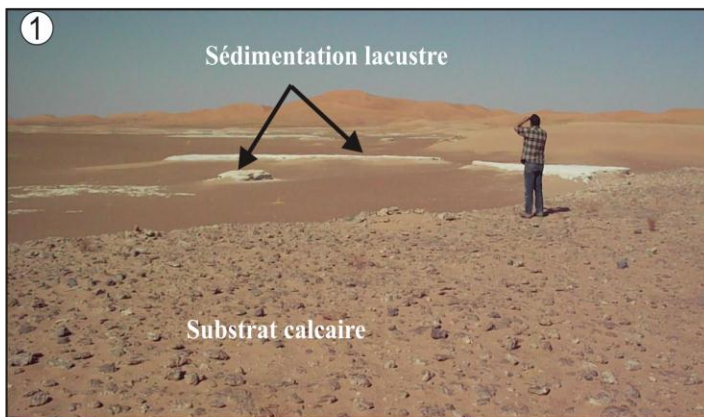
Fig. 1 et 2 : Vue panoramique la dépression du puits de Hassi Manda

Fig. 3 : Vue panoramique de la coupe de Hassi Manda 1 (HMD1)

Fig. 4 : *Lumnia cf. palutris* Muller

Fig. 5 : *Planorbis cf.*

Fig. 6 : Calcaires indurés à gastéropodes de la coupe Hassi Manda 1(HMD1).



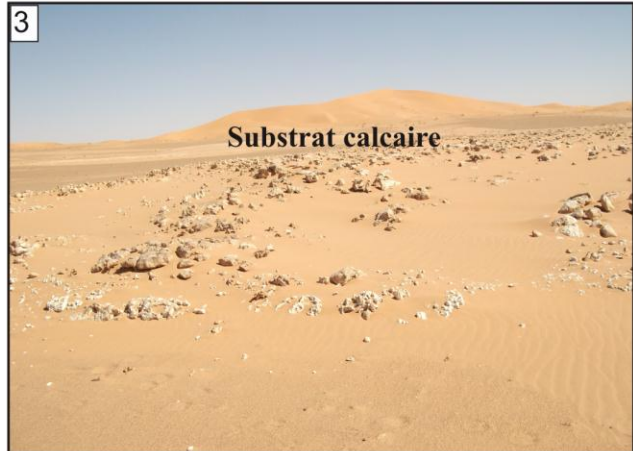
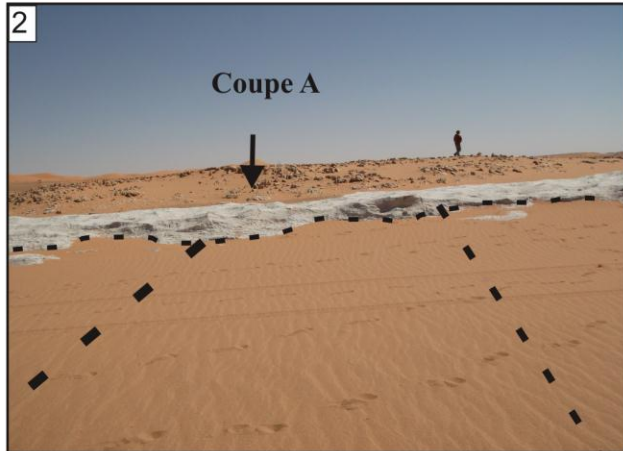
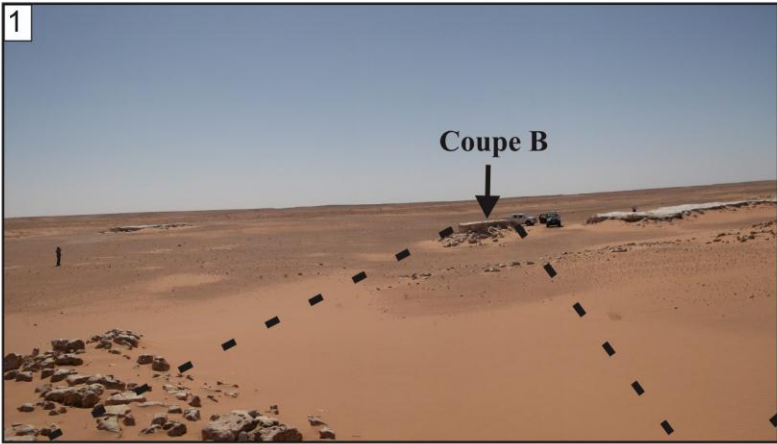


PLANCHE II

Fig. 1 et 4 : Vue panoramique de la deuxième dépression de Hassi Manda (Coupe A et B)

Fig. 2 : Les dépôts lacustres quaternaires (coupe A) en contact avec le substratum néogène

Fig. 3: Substratum calcaires néogène affleure sous forme de buttes-témoins

Fig. 4 : Butte témoin de la coupe B (deuxième dépression).

Fig. 5 : Argile sableux de la coupe A (deuxième dépression).

Fig. 6 : Tiges de végétaux calcifiés (Phragmite)

PLANCHE III

Fig. 1 : *Anomoeneis spaerophora* (Ehrenberg) Pfitzer

Vue valvaire

Fig. 2 : *Gomphonema intricatum* Kutzing

Vue valvaire

Fig. 3 : *Gomphonema intricatum* Kutzing

Vue connective

Fig. 4 : *Mastogloia recta* Hustedt

Vue valvaire

Fig. 5 : *Caloneis ventricosa* (Ehrenberg) F.Meister

Vue valvaire

Fig. 6 : *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith, 1856

Vue valvaire

Fig. 7 : *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kutzing, 1844

Vue valvaire

Fig. 8 : *Synedra ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot, 1988.

Vue valvaire

Fig. 9 : *Navicula oblonga* Kützing, 1844

Vue valvaire

Fig. 10 : *Eunotia arcus* Ehrenberg

Vue connective

Fig. 11 : *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kutzing, 1844

Vue connective

Fig. 12 : *Cymbella cymbiformis* Agardh, 1830

Vue valvaire

Fig. 13 : *Synedra capitata* Ehrenberg

Vue valvaire

Fig. 14 : *Amphora commutata* Grunow

Vue valvaire

Fig. 15 : *Mastogloia braunii* Grunow, 1863

Vue valvaire

Fig. 16 et 17: *Mastogloia smithii* var. *lacustris* Grunow, 1878

Vue valvaire

Fig. 18 : *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg, 1841

Vue valvaire

Fig. 19 : *Cyclotella meneghiniana* Kutzing, 1834

Vue valvaire

Fig. 20 : *Eunotia arcus* Ehrenberg

Vue valvaire

Fig. 21 : *Navicula radiosa* Kützing, 1844

Vue valvaire

Fig. 22 : *Navicula cuspidata* (Kutzing) Kutzing, 1844

Vue valvaire

Fig. 23 : *Pinnularia leptosoma* (Grunow) Cleve, 1895

Vue valvaire

Fig. 24 : *Denticula elegans* Kutzing, 1844

Vue connective

Fig. 25 : *Denticula elegans* Kutzing, 1844

Vue valvaire

Fig. 26 : *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Muller, 1895

Vue valvaire

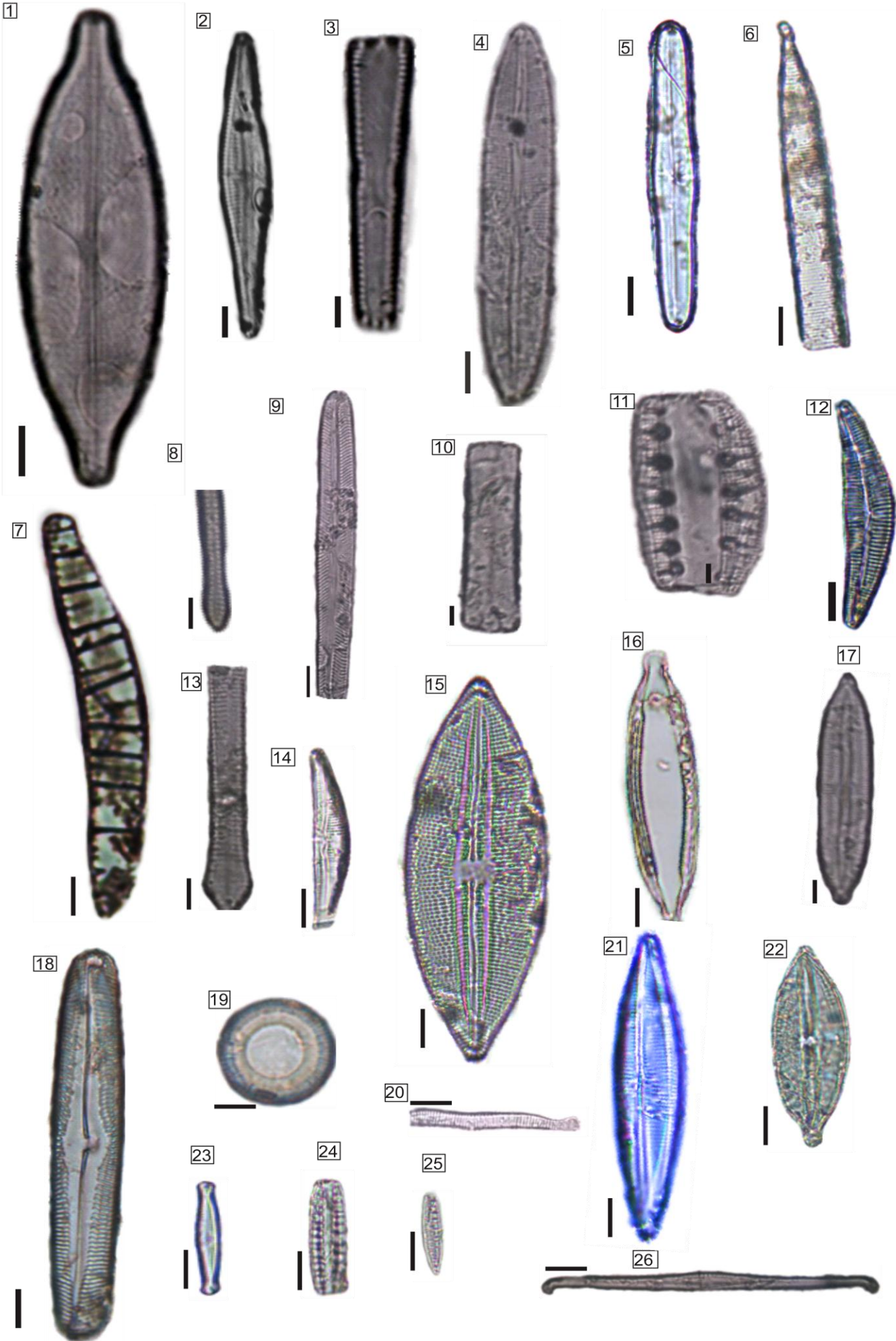


Fig de 1 à 26 échelle : 10 µm

Magistère en science de la terre
Ali HAMADAI

Résumé : *la microflore diatomique des dépôts lacustres quaternaires de Hassi Manda (Tabelbala, bordure occidentale de l'Erg Er Raoui, Algérie).*

Deux dépressions à sédimentation lacustre d'âge holocène, bordant la partie nord-occidentale de l'Erg Er Raoui et situées à 40 km au NNW de la ville de Tabelbala ont fait l'objet d'une étude lithologique et paléontologique (essentiellement microflore diatomique) pour une reconstitution paléoenvironnementale.

L'étude de six coupes lithologiques (buttes témoins) a permis de définir deux ensembles sédimentaires :

- un ensemble détritique (argilo-sableux) (ensemble I) ;
- un ensemble chimico-organique (calcaires diatomitiques) (ensemble II).

L'analyse qualitative et quantitative de l'unique coupe Hassi Manda 1 (HMD1) nous a permis :

- d'identifier 45 taxons de diatomées réparties en 19 genres dont deux espèces en nomenclature ouvertes ;

- mettre en évidence plusieurs groupes écologiques tant en salinité qu'en bathymétrie (diatomées d'eau douce, diatomées d'eau oligosaline, diatomées d'eau méso-polysalines, diatomées d'eau douce à oligosaline, diatomées d'eau oligosaline à méso-polysaline ; diatomées euplanctoniques et diatomées périphytiques *s.l*) ;

- de reconstituer les différentes phases de dépôt :

- une première phase très peu profonde à turbulence des eaux et à tranche d'eau alcaline et d'eau douce à légèrement oligosaline (saumâtre).

- une deuxième phase correspond à une tranche d'eau peu profonde calme et sans turbulence à tranche d'eau douce à oligosaline et alcaline.

- la troisième phase correspond à un milieu de sédimentation très peu profond, calme et à tranche d'eau à caractère d'eau douce à eau méso-polysaline, correspondant à une eau saumâtre. Dans cette phase le pH était alcalin comme dans les autres phases.

La prédominance des diatomées périphytiques *s.l* peu profond au profit des diatomées euplanctoniques profond correspond à un système lacustre de type étang ou marécage.

Mots clés : holocène, Tabelbala, paléoenvironnement, Hassi Manda, diatomées et Erg Er Raoui.