



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Faculté des Sciences de la Terre & de l'Univers
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
Département des Sciences de la Terre

Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master

Option : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème :

Les réponses des écosystèmes lacustres holocènes à la transition
humide/aride : Analyse multi-marqueurs dans le Grand Erg occidental
(Algérie)

Présenté par : M. ARIBI Abdel Ssamaed

Soutenu le : 15/09/2026

Devant le jury composé de :

- **Président** : M. ATIF K.F.T.
- **Encadrant** : M. MANSOUR.B.
- **Examineur** : M. BELHADJI.A.

Année universitaire : 2025/2026

DÉDICACES

À mes chers **parents**, Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que Dieu puisse, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

À mes chers et adorables frères et sœur, **Salim F, Zaki, Manel, Monsef, Mossaab** en témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

J'adresse mes sincères remerciements à **Youcef Zerhouni, Souhila Menouer** pour leur aide précieuse, leurs conseils et leur soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire. Leur disponibilité et leur accompagnement ont été d'une grande importance.

Je remercie également **Azzeddine A, Issam B. et Kamel B.** pour leurs encouragements et leurs précieux conseils.

À vous tous, merci pour votre amitié et les beaux moments partagés durant mon parcours universitaire. Je ne vous oublierai jamais.

AVANT -PROPOS

Avant tout, je remercie Allah, le Tout-Puissant et le Très Miséricordieux, de m'avoir accordé la volonté, la force et le courage nécessaires pour mener à bien ce modeste travail. J'adresse mes plus sincères remerciements à mon encadrant, **M. MANSOUR B.**, qui m'a fait l'honneur de diriger ce mémoire. Grâce à son encadrement, j'ai développé un réel intérêt pour la paléontologie. Je le remercie pour ses précieux conseils, sa disponibilité, son professionnalisme, sa bienveillance ainsi que pour le temps qu'il m'a consacré tout au long de la préparation de ce mémoire.

J'exprime ma profonde gratitude à **M. ATIF K. F. T** pour avoir accepté de présider le jury de ma soutenance. Je le remercie également pour les connaissances qu'il m'a transmises au cours de ma deuxième année de licence.

Mes sincères remerciements s'adressent également à **M. BELHADJI A** pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect et de ma reconnaissance.

Je remercie chaleureusement **M. OUALI MEHADJI A. E. K.** et **M. BOUTERFA B.** pour leur contribution à ma formation, le partage de leurs connaissances ainsi que pour les agréables moments passés lors du stage de Master 1 dans les Monts d'Ougarta. J'adresse également mes remerciements à l'ensemble des enseignants du Département des Sciences de la Terre, en particulier à **Mme BEZZEGHOUD B**, **M. Saci M**, **M. MAHBOUBI C Y**, **M. SADJI R** et **M. BELKHEDIM S**, ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué à ma formation.

Je remercie également **M. BOUZZA H.** pour son accueil au laboratoire des lames minces. Ainsi que pour son aide précieuse.

Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à **mon oncle Omar** ainsi qu'à l'ensemble du personnel administratif pour leur soutien et leur disponibilité.

Je présente enfin mes excuses à toutes les personnes que j'aurais pu involontairement omettre de citer.

A tous Merci !

Samed

Résumé

Les dépôts sommitaux (correspondant à la période de la transition humide/aride de l'Holocène) de trois dépressions inter dunaires de la partie nord du Grand Erg Occidental : Daeït Sidi Ala ; Guern Abou (I) et Guern Abou (II) ont fait l'objet d'une étude multi-proxy (Multi-marqueurs). Ceci dans le but d'évaluer les réponses des organismes contenus dans les sédiments aux variations climatiques et hydrologiques survenues au cours de l'Holocène et surtout à la fin Climatique Holocène (Holocène Maximum Humide). L'étude paléontologique quatre (04) groupes d'organismes : des ostracodes, des gastéropodes, des diatomées et des charophytes : six (06) espèces d'ostracodes ; Trois (03) espèces de gastéropodes; une (01) espèces de diatomée (biomarqueur): et un (01) genre de charophytes

Les résultats obtenus montrent une bonne réponse de ses biorestes aux changements climatiques et hydrologiques et ceci se traduisant par la composition des association d'ostracodes et d'assemblage de tous les organismes. Trois phases hydrodynamiques et paléoclimatiques se distinguent :

- phase 1 : eau douce à saumâtre (oligohaline à mésohaline) pour Guern Abou (I) et Légèrement plus salé (mésohaline) pour Daeït Sidi Ala

- phase 2 : fluctuation, confinement et de concentration des eaux (évaporation) et donc un milieu lacustre évoluant vers une phase en voie d'assèchement pour Guern Abou (I) et Daeït Sidi Ala et Guern Abou (II) ; appelé le plus souvent « Crise dynamique »

- phase 3 : La recolonisation et le changement de milieu fluctuations saisonnières : des Phases ; eau douce (pluies) et ruissellements alternant avec des phases évaporation intense dans les trois sites Guern Abou (I), Daeït Sidi Ala et Guern Abou (II). Dans cette partie sommitale (phase 3) des coupes lacustres, cette transition vers un milieu plus salé/instable annonce très probablement le début d'aridification à la fin d'optimum climatique holocène, menant vers le retrait définitif du lac et installation des conditions désertiques actuelles dans le Grand Erg Occidental.

Mots clés : Grand Erg Occidental, paléolacustre, Holocène, biorestes, salinité, transition humide/aride.

Abstract

The summit deposits (corresponding to the humid/arid transition period of the Holocene) from three inter-dunal depressions located in the northern part of the Western Grand Erg: Daeït Sidi Ala, Guern Abou (I), and Guern Abou (II), were investigated through a multi-proxy (multi-marker) approach. The aim was to assess the responses of organisms preserved in the sediments to the climatic and hydrological variations that occurred during the Holocene, particularly at the end of the Holocene Climatic Optimum (Holocene Humid Maximum).

The paleontological study focused on four groups of organisms: ostracods, gastropods, diatoms, and charophytes. The identified assemblages include six (06) ostracod species, three (03) gastropod species, one (01) diatom species (biomarker), and one (01) charophyte genus.

The results obtained show a strong response of these biorestes to climatic and hydrological changes, reflected in the composition of ostracod assemblages and the overall biological assemblages. Three hydrodynamic and paleoclimatic phases are distinguished:

Phase 1: Freshwater to brackish conditions (oligohaline to mesohaline) in Guern Abou (I), with slightly higher salinity (mesohaline conditions) in Daeït Sidi Ala.

Phase 2: Fluctuations, confinement, and concentration of waters due to evaporation, leading to a lacustrine environment evolving towards a drying phase in Guern Abou (I), Daeït Sidi Ala, and Guern Abou (II), commonly referred to as a “dynamic crisis”.

Phase 3: Recolonization and environmental changes with seasonal fluctuations: freshwater phases (rainfall) and runoff alternating with phases of intense evaporation in the three sites (Guern Abou (I), Daeït Sidi Ala, and Guern Abou (II)). In this summit part of the lacustrine sequences (Phase 3), the transition towards a more saline and unstable environment most probably indicates the beginning of aridification at the end of the Holocene Climatic Optimum, leading to the final retreat of the lake and the establishment of the present-day desert conditions in the Western Grand Erg.

Keywords: Western Grand Erg, paleolake, Holocene, biorestes, salinity, humid/arid transition.

الملخص

خضعت الرواسب السطحية (التي تعود إلى فترة الانتقال المناخي من المرحلة الرطبة إلى المرحلة الجافة خلال الهولوسين) في ثلاث منخفضات بين الكثبان الرملية الواقعة في الجزء الشمالي من العرق الغربي الكبير، وهي: ضاية سيدي علا، قرن أبو (I)، وقرن أبو (II)، لدراسة متعددة المؤشرات الحيوية (Multi-proxy) وقد هدفت هذه الدراسة إلى تقييم استجابة الكائنات الحية المحفوظة داخل الرواسب للتغيرات المناخية والهيدرولوجية التي شهدتها المنطقة خلال فترة الهولوسين، ولا سيما مع نهاية الفترة الرطبة للهولوسين (Holocene Climatic Optimum).

ركزت الدراسة الأحفورية على أربع مجموعات من الكائنات، وهي: الأوستراكودا، والرخويات البطنية (Gastropodes)، والدياتومات، والكاروفينات. وأسفرت عملية التعرف والتحديد عن تسجيل ستة (06) أنواع من الأوستراكودا، وثلاثة (03) أنواع من الرخويات البطنية، ونوع واحد (01) من الدياتومات (كمؤشر حيوي)، وجنس واحد (01) من الكاروفينات.

أظهرت النتائج وجود استجابة واضحة لهذه البقايا الحيوية للتغيرات المناخية والهيدرولوجية، تجلت في تغير تركيب تجمعات الأوستراكودا وبقيّة التجمعات البيولوجية. وقد أمكن تمييز ثلاث مراحل هيدروديناميكية ومناخية قديمة:

المرحلة الأولى: سادت ظروف مائية عذبة إلى قليلة الملوحة) من قليلة الملوحة إلى متوسطة الملوحة في موقع قرن أبو (I)، في حين سجلت ضاية سيدي علا ظروفًا ذات ملوحة أعلى نسبيًا (متوسطة الملوحة).

المرحلة الثانية: تميزت بتقلبات في النظام المائي، وانحسار المسطح المائي، وازدياد تركيز الأملاح نتيجة التبخر، مما أدى إلى تطور البيئة البحرية نحو مرحلة الجفاف في مواقع قرن أبو (I)، وضاية سيدي علا، وقرن أبو (II)، وهي المرحلة التي توصف عادةً بـ «الأزمة الديناميكية».

المرحلة الثالثة: تميزت بإعادة استعمار الأوساط من قبل الكائنات الحية مع حدوث تغيرات بيئية مصحوبة بتذبذبات موسمية، تمثلت في تعاقب فترات المياه العذبة الناتجة عن التساقطات والجريان السطحي مع فترات التبخر الشديد في المواقع الثلاثة) قرن أبو (I)، ضاية سيدي علا، وقرن أبو (II) وتشير هذه المرحلة، التي تمثل الجزء العلوي من المتتاليات الرسوبية البحرية، إلى انتقال البيئة نحو ظروف أكثر ملوحة وأقل استقرارًا، وهو ما يُرجح أنه يعكس بداية التصحر في نهاية الفترة الرطبة للهولوسين، وانحسار البحيرة بشكل نهائي، وصولاً إلى استقرار الظروف الصحراوية الحالية في العرق الغربي الكبير.

الكلمات المفتاحية: العرق الغربي الكبير، البحيرة القديمة، الهولوسين، البقايا الحيوية، الملوحة، الانتقال من المرحلة الرطبة إلى المرحلة الجافة.

Table des matières

DEDICACES

AVANT- PROPOS

RESUME

Chapitre I : Généralité

I. Introduction.....	1
II. Cadre géographique.....	2
1. Cadre géographique régional.....	2
2. Cadre géographique local.....	2
III. L'unité stratigraphique de l'Holocène.....	3
1. Définition de l'Holocène.....	4
2. L'Holocène du Grand Erg Occidentale.....	4
3. Subdivision d'holocène de GEO.....	4
3.1- L'Holocène inferieur:.....	5
3.2- L'Holocène moyen:.....	5
3.3- L'Holocène supérieur:.....	5
VI. Au laboratoire	5
1. Lavage	5
2. Détermination.....	5
3. L'analyse de diatomée.....	6
3.1. Le frottis.....	6
3.2. Traitement physico-chimique	7
3.3. Montage des lames	Error! Bookmark not defined.

Chapitre II : Etude lithologique

I.Introduction.....	11
II.Etude lithologique	12
1. Description lithologique de la coupe de D'aïet Sidi Ala	12
1.1. Ensemble I Calcaires diatomitiques.....	12
1.2. Ensemble II Calcaires Argileux	12
2. Description lithologique de la coupe de Guern Abou (I)	14

2.1. Ensemble I Sables plus ou moins argileuses	14
2.2. Ensemble II Calcaires diatomitiques	14
2.3. Ensemble III Calcaires argileuse grisâtre.....	14
3. Description lithologique de la coupe de Guern Abou (II)	16
3.1. Ensemble I Argiles grises plus ou moins sableuses.....	16
3.2. Ensemble II Diatomites blanchâtres	16
3.2. Ensemble III Calcaires travertineux	16
III. Age des sites étudiés.....	18

Chapitre III : Biorestes

I. Inventaire faunistique efloristique	20
1. Introduction	20
2. La microfaune	21
2.1. Les ostracodes.....	21
2.1.1. Morphologie	21
2.1.2. Ecologie des Ostracodes	22
2.1.3. Inventaire et classification	23
a. <i>Paralimnocythere psammophila</i> (Flössner, 1965)	23
b. <i>Cyprideis torossa</i> Jones, 1850	25
b. <i>Cyprideis torossa</i> Jones, 1850	26
c. <i>Candona neglecta</i> G.O. Sars, 1887	29
d. <i>Candona angulata</i> G.W. Müller, 1900	30
e. <i>Pseudocandona</i> sp ,.....	31
f. <i>Darwinula stevensoni</i> (Brady & Robertson, 1870).....	32
3. La microflore.....	33
3.1. Les Diatomées	33
3.2. Les Diatomées lacustres	33
g. <i>Campylodiscus clypeus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing, 1844.....	34
3.3. Charophytes (Oogane)	36
4. Macrofaune.....	37
4.1. Gastéropodes.....	37
h. <i>Planorbarius metidjensis</i> (Fobres, 1838).....	38
i. <i>Lymnaea</i> Lamarck, 1997.....	39
j. <i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805).....	40
k. Pelotes fécales	40

II. Analyse des données paléontologiques	41
1. Résultat des analyses	41
1.1. La coupe de Daïet Sidi Ala.....	41
1.2. La coupe de Guern ABOU (I)	42
1.3. La coupe de Guern ABOU (II)	43
2. Interprétation paléoécologique et paléohydrologique	44
2.1. La coupe de Daïet Sidi Ala.....	44
2.1.1. Les ostracodes	44
2.1.2. Les autres organismes.....	44
a. Les diatomées (Campylodiscus clypeus)	44
b. Les gastéropodes.....	45
c. Les charophytes	45
2.2. La coupe de Guern ABOU (I)	45
2.2.1. Les ostracodes.....	45
2.2.2. Les autres organismes.....	45
a. ABOU (I) B 09	46
b. ABOU (I) B 11	46
c. ABOU (I) B 12	47
2.3. La coupe de Guern ABOU (II)	47
III. Conclusion.....	49

Chapitre I : Généralité

I. Introduction

Le Grand Erg Occidental, situé au nord-ouest du Sahara algérien, constitue une région importante du Sahara occidental, au même titre que les autres Ergs, pour l'étude des phases lacustres attribuées au Maximum Humide de l'Holocène, reconnu dans l'ensemble des Ergs d'Algérie (Baudrimont, 1979 ; Callot, 1984, 1987, 1988, 1991, 1992). Ces dépôts lacustres occupent des dépressions interdunaires caractérisées par une sédimentation diverse, généralement composée de dépôts détritiques surmontés par des dépôts à caractère biochimique (calcaires et/ou calcaires diatomitiques) et chimique (calcaires gypseux et/ou gypses). Cette sédimentation livre le plus souvent de bons indicateurs paléoenvironnementaux et paléoclimatiques, notamment sous forme de biomarqueurs ou de biorestes.

Il est à noter qu'après les travaux de Callot (1984), de nombreuses études fondées sur la microflore diatomique et les organismes associés ont été entreprises par des chercheurs dans le cadre de travaux de Master, de Magister et de Doctorat, appartenant au Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique et Paléoenvironnement (L.P.S.P.), notamment Mahboubi (2008), Bezzeghoud (2009), Bezzeghoud et al. (2011a), Bezzeghoud et al. (2011b), Yahiaoui (2012), Mansour et al. (2014), Atik (2015), Hamadai (2015), Kesseir (2015), Yahiaoui et al. (2015), Bachiri (2016), Yahiaoui et al. (2022) et Hamadai et al. (2026).

Les différents sites étudiés, ainsi que leurs contextes géomorphologiques et paléohydrologiques diversifiés, posent des problèmes d'interprétation quant à la réponse de ces milieux aux variations climatiques survenues au cours de l'Holocène. Dans le cadre de ce travail, trois sites, correspondant à des dépressions interdunaires « Daïet Sidi Ala, Guern Abou I et Guern Abou II » ont fait l'objet d'une étude basée sur la transition humide/aride et portant plus particulièrement sur la partie sommitale de chaque site ou coupe lithologique.

Il s'agit d'une étude multi-proxy portant sur différents biomarqueurs, notamment les ostracodes, les diatomées, les gastéropodes et les charophytes. L'objectif est de mettre en évidence la réponse de ces organismes aux changements climatiques et hydrologiques survenus à la fin de l'Holocène climatique, notamment au cours de la transition entre le Maximum Humide de l'Holocène et les conditions arides actuelles.

II. Cadre géographique

1. Cadre géographique régional

Le Grand Erg Occidental (GEO), situé dans le nord-ouest du Sahara algérien, à environ 600 km au sud de la mer Méditerranée (**Fig.01**). Il fait partie des grands ensembles dunaires sahariens orienté de l'WSW à l'ENE, d'une longueur de 500 km et de 150 à 200 km a largeur, Il couvre une superficie de près de 100 000 km² (Callot, 1991).

L'Erg vrai se développe au-delà de la zone d'épandage vers le sud. Jusqu'à la longue dépression du Méguiden, et gagne au SW la riche vallée du Saoura. Au N, sa limite très oblique sur le méridien passe sensiblement par une ligne ondulée à quelques kilomètres au Hassi-Bou-Zid (Oued Seggueur) et se dirige vers Oum-es-Sif (au sud d'Oued Gharbi). Cette ligne prolongée à l'ouest (région du bas Oued Namous) (Flamand, 1911). Il est limité par ksar Igli à l'ouest de la partie la plus septentrionale et El Golea à l'est de la partie méridionale (**Fig.01**) :

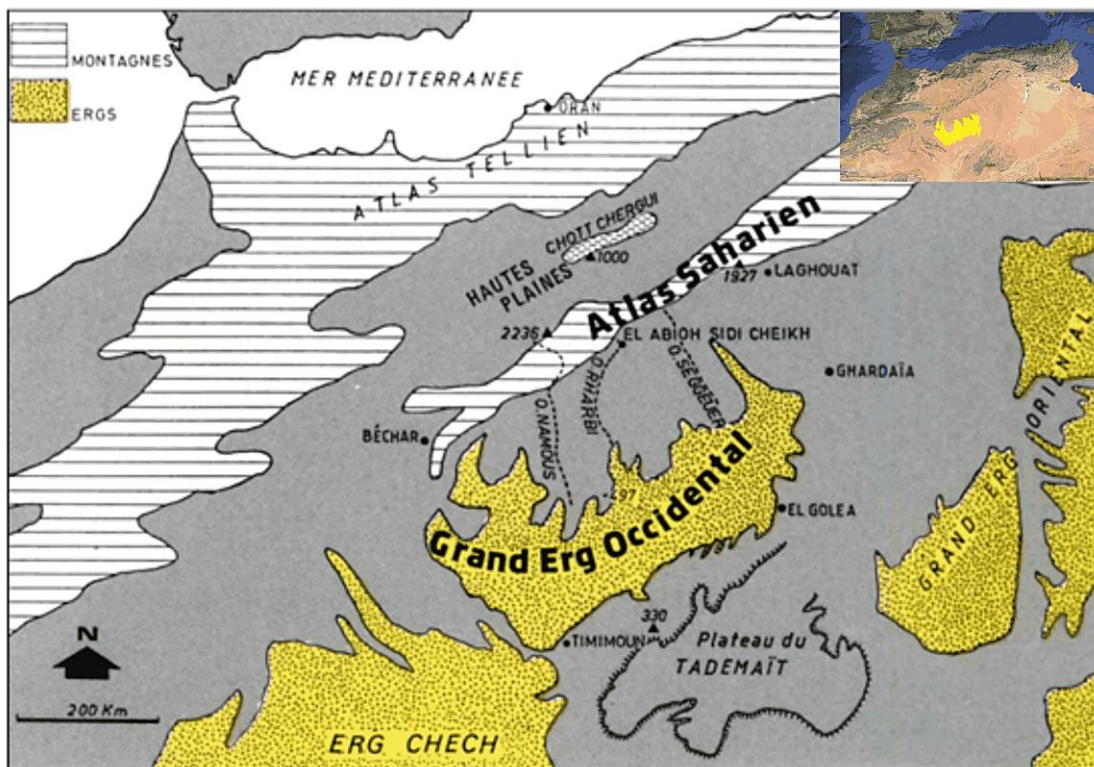


Fig.01 : Cadre géographique générale de Grand Erg Occidental. (Callot 1991)

2. Cadre géographique local

Le Grand Erg Occidental (GEO) s'inscrit dans une zone qui s'étend entre 29° et 32°N de latitude nord et 2.20°W et 3°E de longitude (**Fig.2.A**).

Notre secteur d'étude concerne les sites de **Daïet Sidi El Ala**, **Guern ABOU (I)** et **Guern ABOU (II)**, qui s'inscrivent dans la partie bordure du Grand Erg Occidental (**Fig.2B**). Ces sites sont

caractérisés par des formations lacustres recoupées par des formations dunaires sableuses qui témoignent de l'interaction entre les dépôts lacustres anciens et la dynamique éolienne active de l'erg. Ils se trouvent le long de la Route Nationale N118, axe principal traversant cette bordure saharienne.

Le site **Daïet Sidi El Ala**, localisé dans la partie nord-est, est encadré au Nord par Daïet Sidi Ala (~35 km) et à sud-ouest par Guern el Guessaa (15 km). Les sites **Guern ABOU (I)** et **Guern ABOU (II)** distants de 500 à 800 m l'un de l'autre, sont situés 20 à 25 km au sud-ouest de DSA, avec Ciptal Catering (Société des travaux publics) comme un repère méridional le plus proche (**Fig.2.B**).

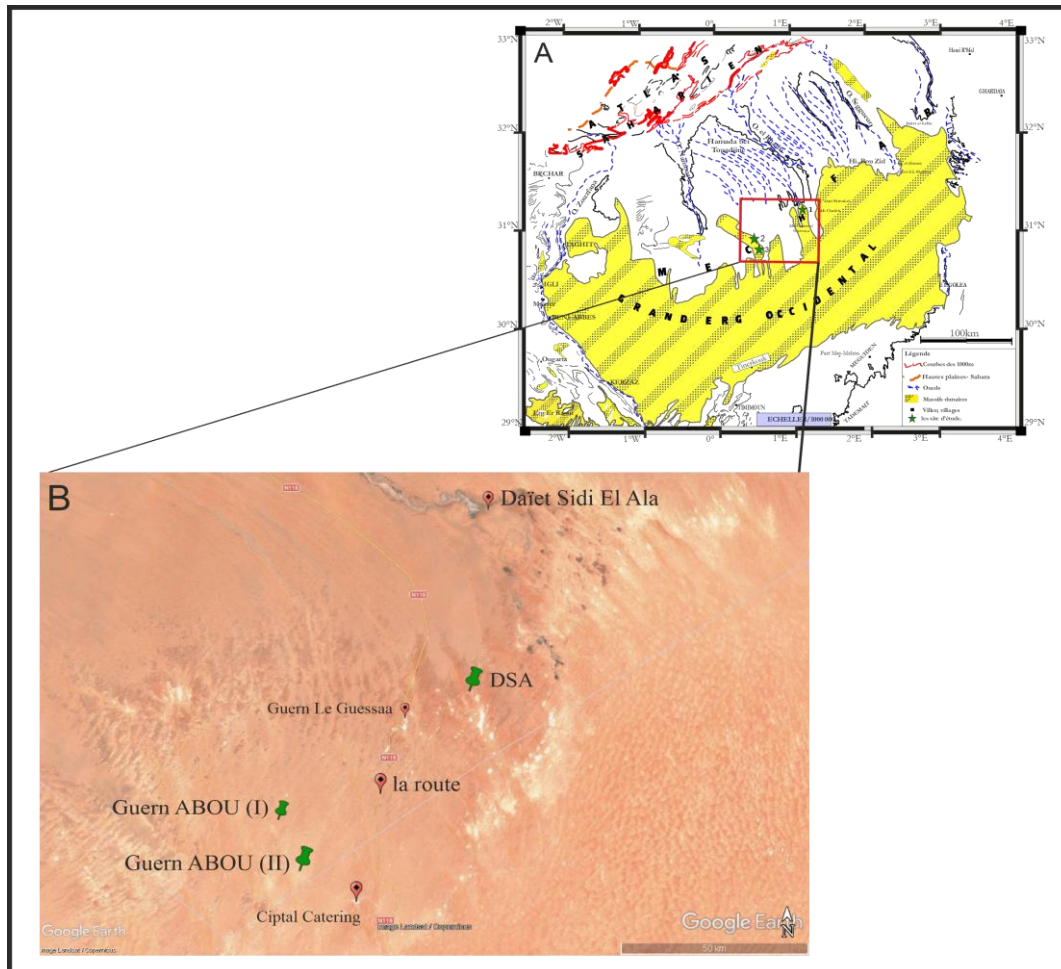


Fig.02 : A : cadre géographique générale de le grand erg occidentale (Callot,1984 et Mennad,2016, modifiée).
; B : Photo satellitaire des trois sites étudiés (Daïet Sidi El Ala, Guern ABOU (I) et Guern ABOU (II)) .

III. L'unité stratigraphique de l'Holocène

L'holocène est l'unité stratigraphique la plus récente de la couverture géologique de l'intervalle du temps de 11.7 ka jusqu'à aujourd'hui. Le terme holocène signifie l'entièrement récent, a été défini la première fois par Gervais (1867-69) à se référer à l'épisode chaud qui a commencé à la fin du période glaciaire qui est également considère comme récent (Lyell, 1839) ou postglaciaire (Forbes, 1846). Il a été officiellement adapté par la commission internationale géologique (CIG) en 1885 pour

se rapporter à cet épisode et au unit appropriée dans l'enregistrement stratigraphique. Avec le pléistocène précédent, l'holocène est maintenant défini comme séries/époque, dans le system/période quaternaire (Gibbard *et al*, 2005).

1. Définition de l'Holocène

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

2. L'Holocène du Grand Erg Occidentale

Le cycle Guirien l'est la partie supérieure de la subdivision stratigraphique quaternaire récente de nord Sahara occidentale (Chavaillon, 1964). Le premier travail sur l'holocène saharien d'écrite par Conrad (1969) qui proposa l'holocène qui est considéré l'équivalent de cycle guirien (Alimen, 1957) d'après les corrélations entre deux échelles stratigraphique. L'holocène est marqué par l'épanouissement de produit néolithique abondant sur toutes les terrasses, et caractérise par la mise en place définitive du grand édifice dunaire (erg) (Conrad, 1969) (. L'étude de cette hypothèse c'est la démarche des travaux du Callot (1984) qui est maitre la subdivision de l'holocène **TabL.1**

TabL.1 Synthèse des données radiochronologiques relatives aux éléments préhistoriques et événements climato sédimentaires de l'Ouest du Sahara algérien au cours du Plio-Quaternaire (d'après Conrad, 1969, Saci, 2016) « Modifié ».

Age PB	Période géologique						Industrie humain	Changement climatique		
	Chevil 1964	Marks et al. 2025	Alimen 1957	Conrad 1969	Callot 1984	Subdivisinon d'holocèce callot 1984			Tendance climatique moyenne	Evènement sédimentaire ou évolution morphologique
0	Quaternaire Récent	Actuelle					Néolithique	Humide Néolithique	Hyperaride	Ergs
8 ka 11.5 ka		Post glaciaire	Guirien	Holocène	Holocène	Holocène supérieur			Aride à subaride	Basse terrasse Formations lacustres des ergs, tufs
						Holocène moyenne				
						Holocène inférieure				
		Würm IV	Saouriene	Pléistocène supérieur					Hyperaride	Formation du Grand Erg occidental, paléolac

3. Subdivision d'holocène de GEO

3.1- L'Holocène inférieur :

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

3.2- L'Holocène moyen :

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

3.3- L'Holocène supérieur:

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

VI. Au laboratoire

Deux méthodes ont été effectuées pour l'analyse des échantillons Après avoir réalisé la description des échantillons, le travail de laboratoire s'est basé sur deux méthodes de préparation reposant sur des étapes similaires, combinant le lavage des sédiments et un traitement chimique

1. Lavage

Le lavage est l'une des techniques les plus utilisées pour extraire les microfossiles contenus dans les sédiments. Elle suit plusieurs étapes précises :

Le sédiment est d'abord trempé dans l'eau pendant 24 heures pour faciliter sa désagregation (**Fig.3A**). Ensuite, l'échantillon est lavé à l'eau claire à travers un tamis de maille fine (63 μm) (**Fig.3B**). Ce lavage se fait sous un jet d'eau continu jusqu'à ce que l'eau devienne totalement transparente, indiquant que les particules fines ont été éliminées.

Le tamis est ensuite nettoyé soigneusement après chaque utilisation, puis plongé dans une solution de bleu de méthylène afin d'éviter toute contamination entre les échantillons.

Les résidus récupérés après le tamisage sont déposés dans des coupelles en porcelaine, puis séchés dans une étuve à 60 °C (**Fig. 3C**).

Enfin, les résidus secs sont conservés dans des petits flacons en plastique (piluliers) bien étiquetés pour les prochaines analyses.

2. Détermination

Les résidus secs sont observés et examinés sous une loupe binoculaire après étalage des résidus dans une plaque à fond noir cadré pour effectuer le tri de ces résidus à l'aide d'un fin pinceau (Fig.3D).

Nous avons effectué une sorte de comptage :

- Un comptage (sur 100 éléments) pour les éléments organiques essentiellement des micro-organismes (Ostracodes)



Fig.3 : Différentes méthodes de travail.

3. L'analyse de diatomée

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

3.1. Le frottis

Une quantité de résidu est mis après grattage sur une lame le sédiment est étalée en ajoutant l'eau distillée le tout est déposé sur une plaque chauffante pour le séchage. Après la phase de séchage, quelques gouttes de résine sont déposées sur une lame de verre biologique. L'ensemble est chauffé pendant quelques secondes sur une plaque chauffante.

Lorsque la résine arrive à ébullition, la lamelle est déposée sur la lame en l'étalant délicatement jusqu'à l'élimination des bulles d'air. La lame préparée est ensuite nettoyée à l'acétone afin de l'observer au microscope photonique. (Fig.4).

Nous avons adopté cette nouvelle méthode de confection de lame a cause de la destruction, la fragmentation et la dissolution des *Campylodiscus* pendant le traitement chimique.

Il est à noter que les frustules de *Campylodiscus* sont souvent des grandes tailles dépassent les 70 μm (70 à 200 μm). Cette nouvelle méthode de prélèvement des *Campylodiscus* à partir des résidu (à près tamisage) nous permet de prélever des frustules entiers.

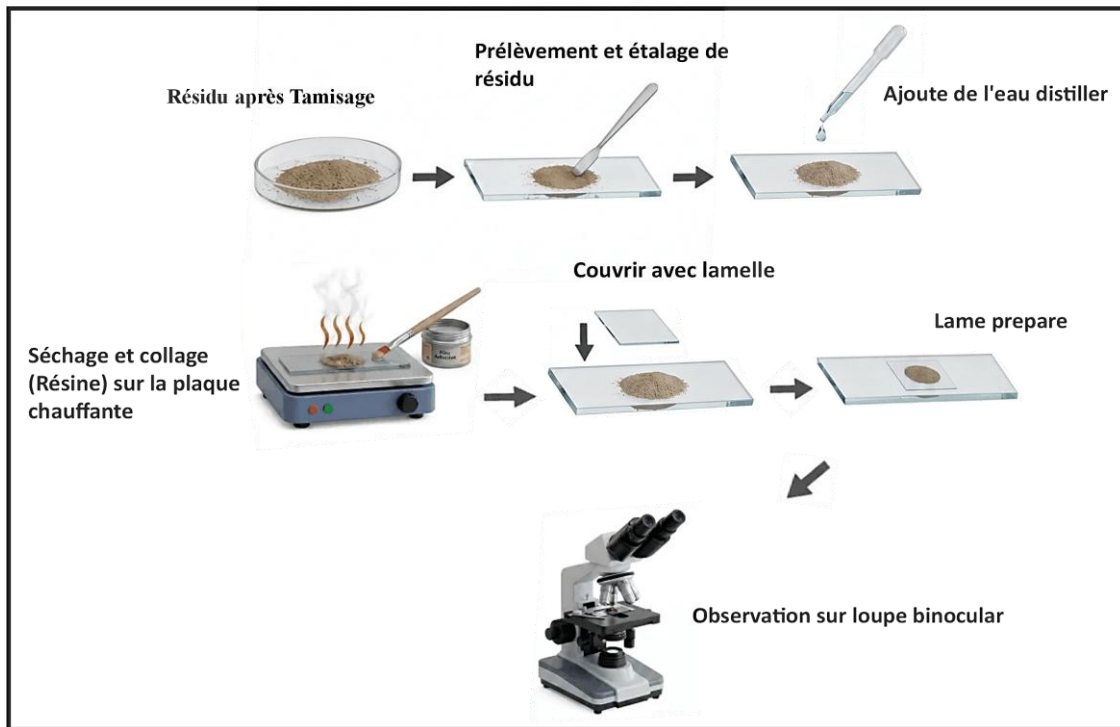


Fig.4 : Le frottis (d'après Mansour). <<modifiée>>

3.2. Traitement physico-chimique

Le traitement adopté dans ce travail est celui de Schrader et Gersonde (1978), Gardette (1979), Gersonde (1980) et Mansour (1991). Une quantité de 10 g de sédiment de chaque échantillon est utilisée pour le traitement.

Les 10 g de sédiment de chaque échantillon sont traités par ébullition dans l'acide chlorhydrique (25 mL d'HCl à 15 %) et à l'eau oxygénée (25 mL de peroxyde d'hydrogène à 110 volumes), afin d'éliminer les éléments non siliceux associés aux diatomées. Il s'agit essentiellement des carbonates, des éléments détritiques (gros et fins) ainsi que de la matière organique (**Fig. 15**).

L'excédent d'acide présent dans les échantillons est éliminé par décantation (5 à 10 secondes), après plusieurs rinçages successifs à l'eau déminéralisée. Les éléments détritiques grossiers sont éliminés après homogénéisation de la suspension, suivie d'une décantation d'environ une minute.

La désagrégation du sédiment, notamment l'élimination de la fraction carbonatée et de la matière organique, est réalisée par une attaque à froid. Les 10 g de sédiment sont traités simultanément

dans un bécher avec de l'acide chlorhydrique (25 mL d'HCl à 15 %) et de l'eau oxygénée (25 mL de peroxyde d'hydrogène à 110 volumes) (**Fig. 5A**).

3.3. Montage des lames

Après homogénéisation de la suspension, quelques gouttes sont prélevées, puis déposées et étalées sur une lame de verre préalablement recouverte d'une mince pellicule d'alcool. Cette préparation est ensuite placée sur une plaque chauffante afin de la sécher.

Après la phase de dessiccation, quelques gouttes de résine sont déposées sur la lame de verre. L'ensemble est chauffé pendant quelques secondes sur une plaque chauffante. Lorsque la résine commence à bouillir, la lamelle est déposée sur la lame et étalée délicatement afin d'éliminer les bulles d'air.

La lame préparée est ensuite nettoyée à l'acétone avant son observation au microscope photonique (**Fig. 5B**).

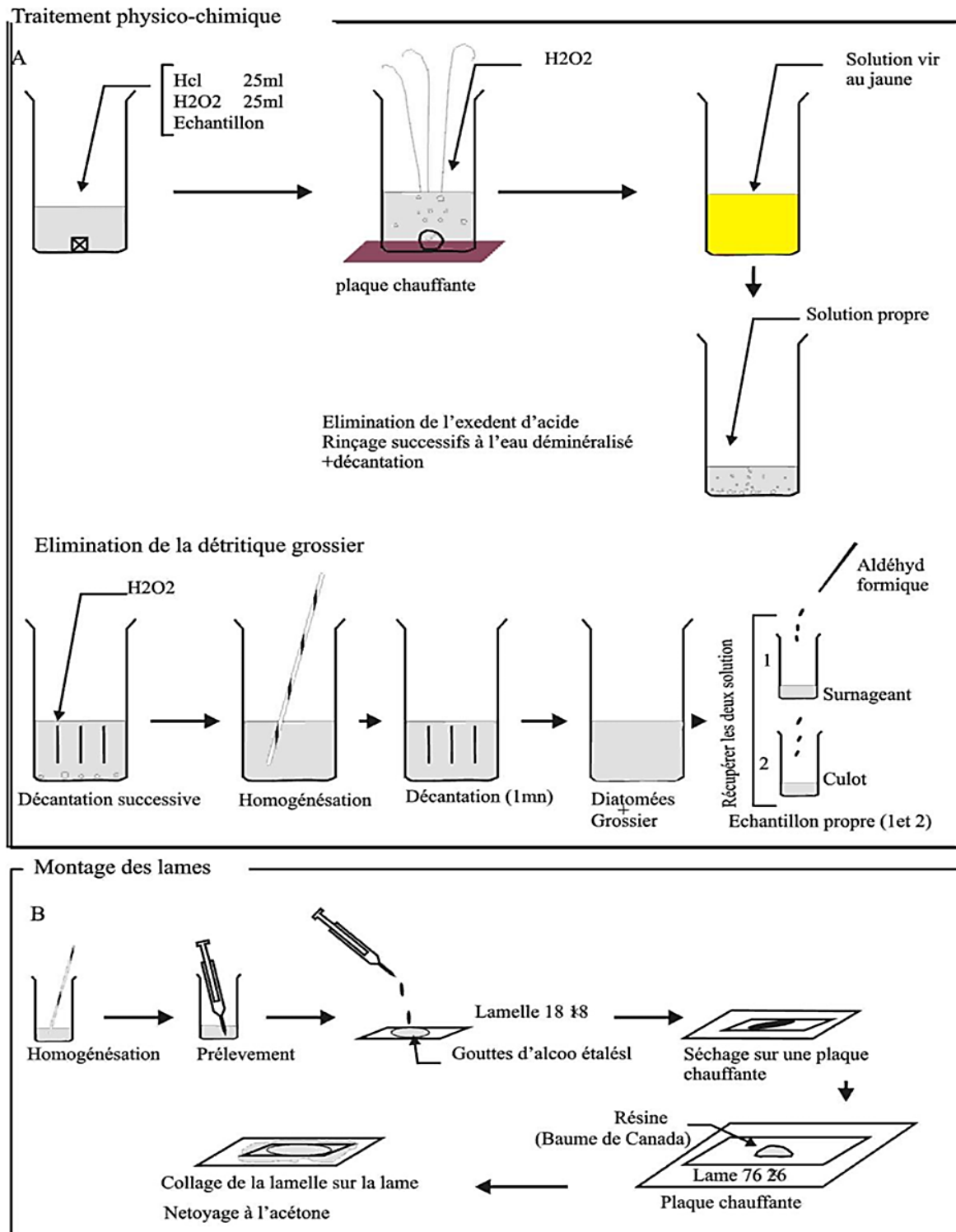


Fig.5 : Traitement physico-chimique des échantillons, B : Montage des lames) (d'après Gardet, 1979, Gersond, 1980, Mansour, 1991 et Saci, 2016 avec quelques modifications).in Hamadai (2016)

Chapitre II : Etude lithologique

I.Introduction

Ce chapitre traite une étude lithologique de certains niveaux (ou échantillons) clés de trois (03) coupes lithologiques étudiées et prélevées lors des missions de l'équipe du quaternaire (holocène) du Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique et Paléo environnement (LPSP) dans le cadre des projets de recherches PRFU. Ces coupes appartiennent à trois dépressions inter-dunaires (**Fig.6a**). Ont été levées et étudiées par B. Mansour, S. Mennad et N. Bachiri. Ces coupes ont révélé une richesse en faune (gastéropodes et bivalves) et microfaune calcaire (ostracodes) et microflore siliceux (diatomées) et autres organismes associés.

Les niveaux étudiés concernent la partie sommitale des coupes pour un but d'inventaire paléontologiques et particulièrement micropaléontologique.

Il s'agit de la coupe de Daïet Sidi el Ala (**fig.6b**), la coupe de Guern Abou (I) et Guern Abou (II) (**Fig.6c ; 6d**). Les échantillons analysés sont comme suit

- **DSA 19, DSA 20, DSA 22** de la coupe de Daïet Sidi el Ala ;
- **ABOU (I) B 09, ABOU (I) B 11 et ABOU (I) B 12** de la coupe Guern ABOU (I) ;
- **ABOU (II) 06 et ABOU (II) 07** de la coupe Guern ABOU (II)

Il est donc nécessaire de faire une description sommaire de toutes les coupes et de se focaliser sur celle des niveaux (ou échantillons) faisant l'objet de notre étude.

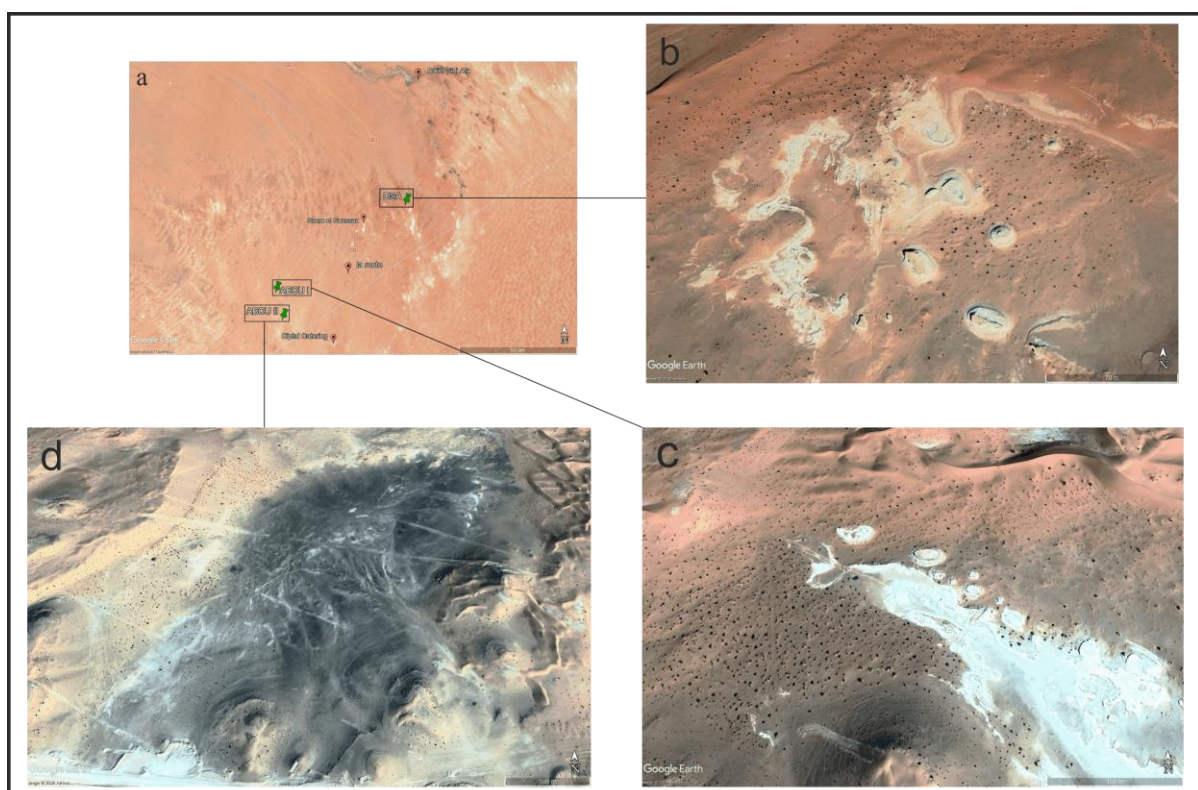


Fig.6 : a : Photo satellitaire des trois coupes ; b : la coupe de Daïet Sidi El Ala ; c : la coupe de Guern ABOU (I) ; d : la coupe de Guern ABOU (II)

II. Etude lithologique

1. Description lithologique de la coupe de Daïet Sidi Ala.

Cette coupe de 260 cm d'épaisseur, se distingue essentiellement par une succession de faciès beaucoup plus à caractères chimiques que détritiques (calcaires et gypses) et (Sable et Argile). (**Fig.7A**)

Elle est constituée de bas en haut par deux ensembles lithologiques principaux:

1.1. Ensemble I Calcaires diatomitiques (200 cm)

Cet ensemble est constitué de calcaires de couleur beige homogène à gastéropodes, évoluant à des calcaires beiges diatomitiques, constituant les niveaux les plus fossilifères dans cet ensemble.

Ces calcaires reposent par ravinement sur une unité antérieure qui semble appartenir à un cycle sédimentaire plus ancien que l'Holocène (Mansour, com. orale).

Les trois (03) échantillons faisant l'objet de notre étude (**DSA 19, DSA 20 et DSA 22**) ont été prélevés dans la partie supérieure de cet ensemble (**Fig.7a**).

L'échantillon **DSA 19** (10cm d'épaisseur) correspond à des calcaires diatomitiques beige à la patine et blanc à la cassure à texture fine (plus ou moins pulvérulent) et riche en gastéropodes (*Planorbis*)

L'échantillon **DSA 20** (10 cm d'épaisseur) est de même nature que le précédent mais plus riche en **gastéropodes** (*Planorbis*)

1.2. Ensemble II Calcaires Argileux (60 cm)

La partie supérieure de la coupe (60 cm), reposant sur l'ensemble précédent par un ravinement et est constituée de calcaires argileux beige contenant des bivalves (*Cerastoderma*) et de Gastéropode (*Hydrobia*) à la base (**Fig.7b**). Et des cristeaux de gypses au sommet. (**Fig.7c**).

L'échantillon **DSA 22** (12 cm d'épaisseur) correspond à des calcaires diatomitiques blanchâtre à texture pulvérulente et légère. La roche présente un aspect béchique à localement laminé, traduisant une organisation interne hétérogène

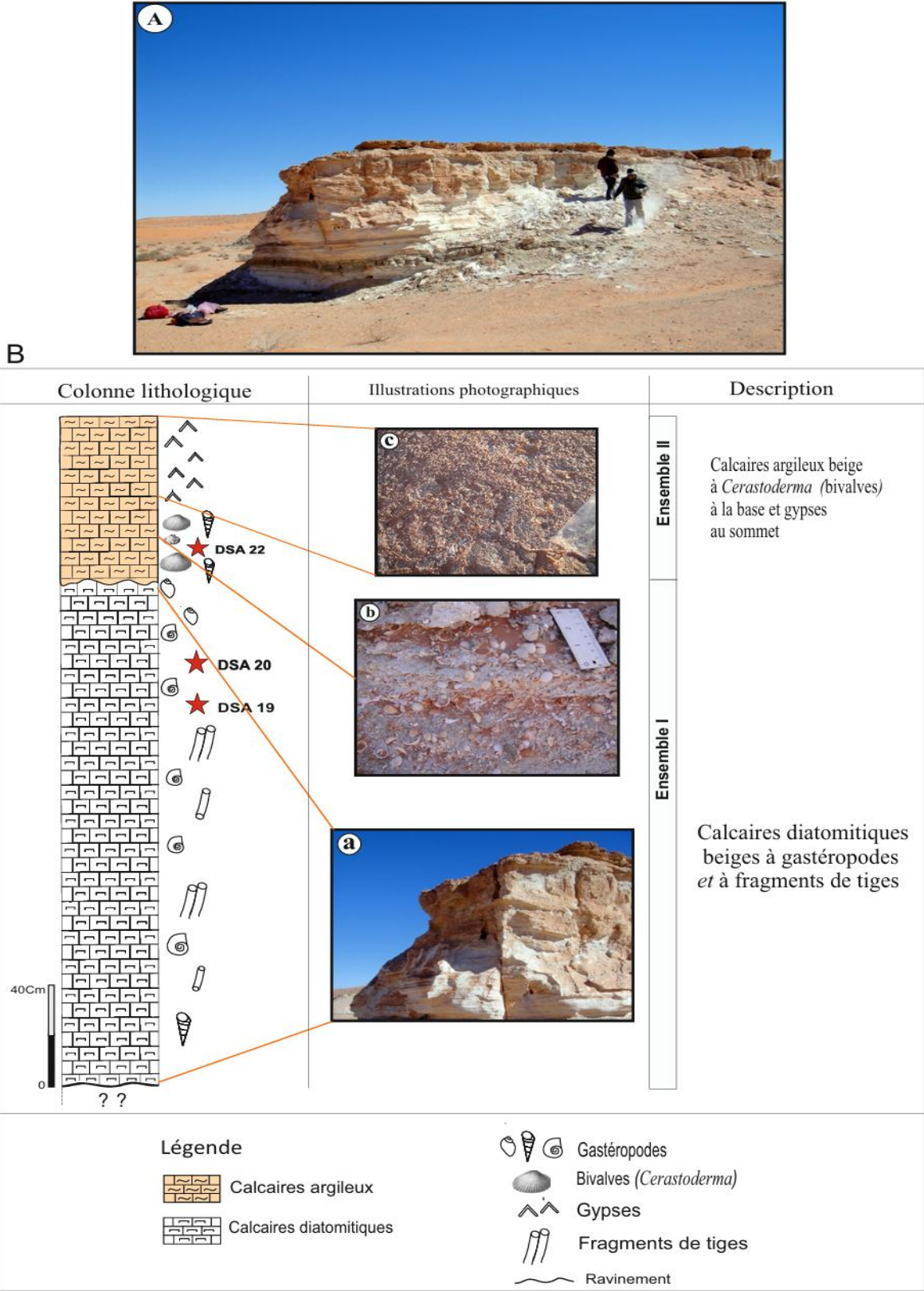


Fig. 7 : A : vue panoramique de la coupe d'étude ; B : La coupe de Daïet Sidi Ala

2. Description lithologique de la coupe de Guern ABOU (I)

La coupe **ABOU (I)**, d'une épaisseur totale d'environ 210 cm, se caractérise elle aussi par une succession verticale de plusieurs faciès organisés en trois ensembles, lithologiques. (**Fig.8A**).

Elle est constituée, de bas en haut, par les ensembles suivants :

2.1. Ensemble I Sables plus ou moins argileuses (30 cm)

Un faciès de sables plus ou moins argileux et peu consolidés de 30 cm d'épaisseur et de couleur jaunâtre à marron, constituant la base de la coupe. (**Fig.8a**).

2.2. Ensemble II Calcaires diatomitiques (130 cm d'épaisseur)

C'est un ensemble de calcaires diatomitiques (de 130 cm d'épaisseur) reposant sur les sables argileux par ravinement (**Fig.8b**). **Calcaires diatomitiques**

Il s'agit de la partie la plus épaisse de la coupe, montrant une évolution verticale de faciès. À la base, on observe des calcaires diatomitiques blanchâtres, finement laminés, Ils sont surmontés par des niveaux passent progressivement à des calcaires diatomitiques plus ou moins massifs, de couleur beige à blanchâtre localement riches en **gastéropodes**.

Trois (03) échantillons de cette coupe (**ABOU (I) B 09, ABOU (I) B 11 et ABOU (I) B 12**) ont fait l'objet de notre analyse paléontologique : le premier au sommet de l'ensemble II et les deux autres dans l'ensemble III (**Fig.8c**).

L'échantillon **ABOU (I) B 09** situé dans la partie supérieure des Calcaires diatomitiques Ensemble II, correspond à des calcaires diatomitique de couleur blanchâtre, de faible densité et à texture pulvérulente (Photo, b). Il renferme en plus d'une microfaune d'ostracodes, des fragments de tiges et des coquilles de gastéropodes (*Planorbis*).

2.3. Ensemble III Calcaires argileuse grisâtre (50 cm)

La partie sommitale de la coupe est constituée par des calcaires argileux grisâtres (50 cm d'épaisseur) et plus ou moins tufacé, reposant par ravinement sur l'ensemble précédent. Ces calcaires riches en petit gastéropodes appartenant au genre (***Planorbis***). Et renferment par endroit des fragments ou tessons de poterie, témoignant d'une activité humaine.

Les deux autres échantillons (**ABOU (I) B 11 et ABOU (I) B 12**) proviennent sont des calcaires tufacés du dernier ensemble (III). Il est légèrement tufacés friables et de couleur grises (Photo, c).

Prélevés dans l'ensemble III est espacés de 10 à 15 cm. Echantillons **ABOU (I) B 11** est, marqué par une absence en biorestes (de macrofaune et microfaune) à l'exception des fragments de tige et un autre fait, marquent c'est la présence notable de pelote fécale **fig.25**. par contre **ABOU (I) B 12** renferment également des fragments de tiges et des petites coquilles de (*Planorbis*). En plus des ostracodes ainsi que des oogones de Charophytes.

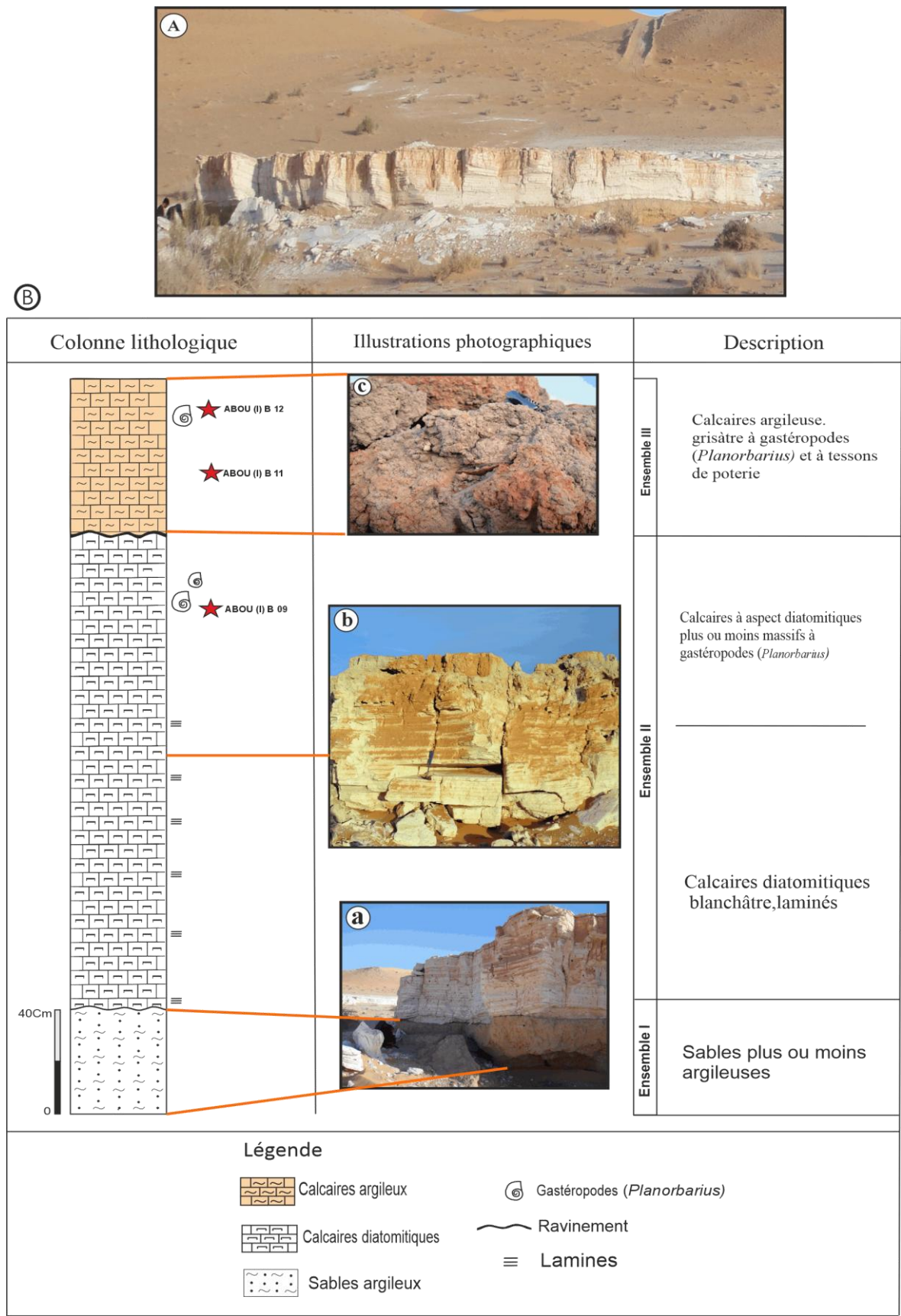


Fig.8 : A : vue panoramique de la coupe d'étude B : La coupe de Guern ABOU (I)

3. Description lithologique de la coupe de Guern ABOU (II).

La coupe **ABOU (II)**, d'une épaisseur totale d'environ 260 cm, se caractérise par une succession de trois ensembles lithologiques principaux : des argileux *s.l.*, des diatomites et des calcaires (**fig.9A**).

3.1. Ensemble I Argiles grises plus ou moins sableuses (40 cm)

La base de la coupe est représentée par des argiles grises légèrement sableuses, peu Consolidées, constituant ainsi un premier ensemble (**Fig.9a**).

3.2. Ensemble II Diatomites blanchâtres (170 cm)

Cet ensemble est constitué en général d'un faciès diatomitique au sens large (diatomites *s.l.*). Il s'organise du bas en haut en :

- diatomites légèrement calcaires pulvérulente (70 cm) et parfois plus ou moins argileuses, de couleur blanchâtre à la patine et grisâtre à la cassure, renfermant une riche coquille de petites gastéropodes (*Planorbis*) ;
- diatomites pures (80 cm), de couleur grise claire, très pulvérulentes et très légères, et devenant légèrement argileuses vers la partie sommitale en contact avec l'ensemble III. Cette partie de diatomites semble être azoïque, ne renfermant aucun macrofaune.

Ces deux bancs diatomitiques sont séparés par un niveau d'argiles grises (**20 cm**) très riche en *Hydrobia*. Un niveau de ravinement (**Fig.9b**).

3.2. Ensemble III Calcaires travertineux (50 cm)

La partie sommitale de la coupe est constituée par des calcaires de couleur variable (**Beige à marron**), poreux présentant un aspect travertineux et/ou tufacé (**Fig.9c**).

Ces calcaires sont massifs, poreux et discontinues et témoignent de conditions de précipitation carbonatée (de source ?),

Deux (02) échantillons de cette coupe (**ABOU (II) 06, ABOU (II) 07**), prélevés au sommet du deuxième banc diatomique macroscopiquement azoïque ont fait l'objet d'une analyse micropaléontologique. Ne révélant que des diatomées

Ces deux échantillons correspondent à une diatomite très peu calcaires légère, pulvérulente. De couleur variable gris claire à blanchâtre.

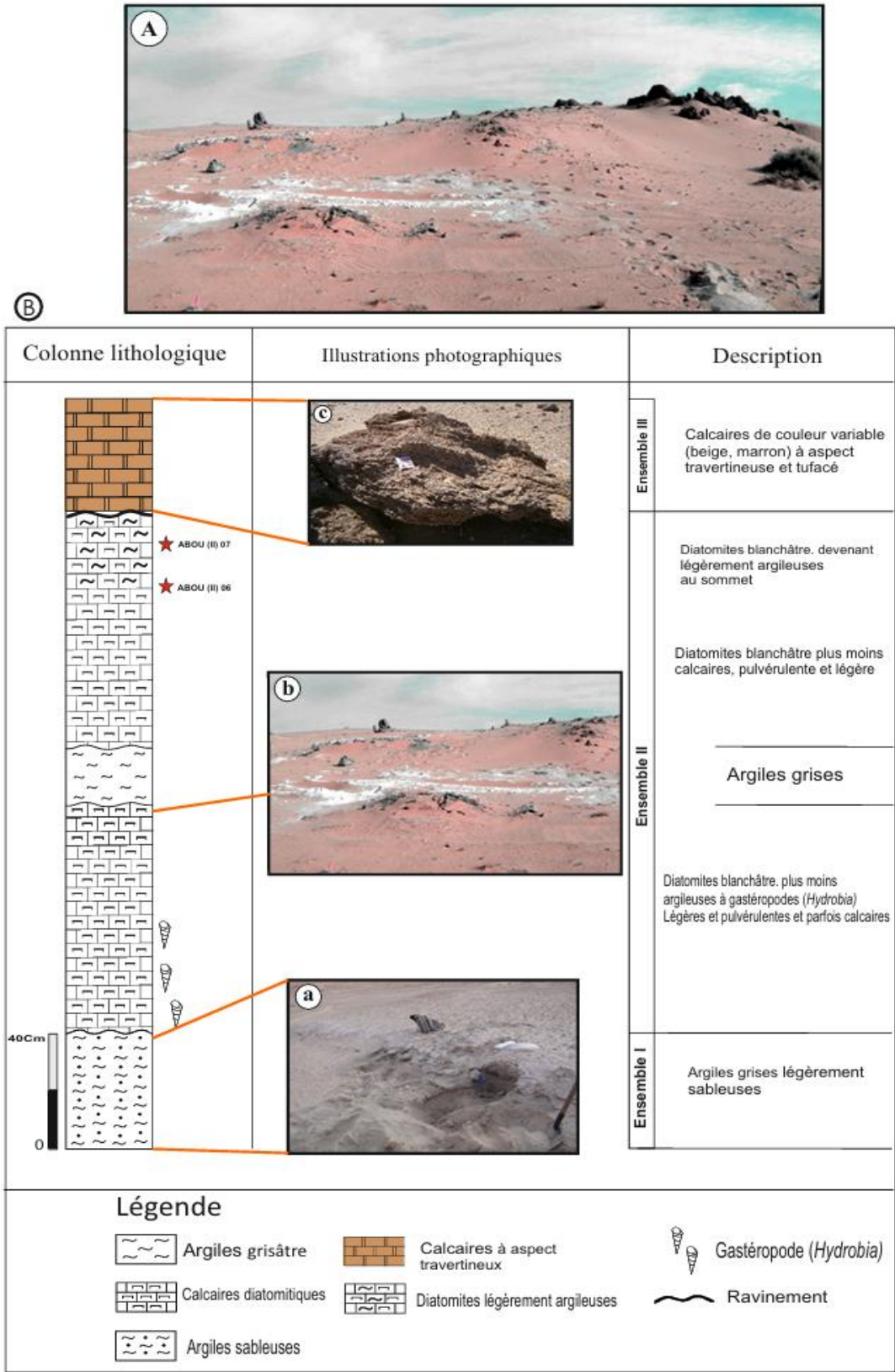


Fig.9 : A : vue panoramique de la coupe d'étude ; B : coupe de Guern ABOU (II)

III. Age des sites étudiés

Les âges des différents sites étudiés dans le Grand erg occidental y compris les trois sites de présent travail sont s'échelonnent de 10 270 (plus ancien) à 5 970 cal BP. Cet âge est attribué à l'Holocène ancien à moyen (Early to Middle Holocene) qui correspond à la période humide africaine.

Dans le Grand Erg Occidental (Nord-Ouest du Sahara algérien), l'Holocène humide a atteint son maximum entre 9 500 et 7 300 ans cal. BP (années calibrées avant le présent) et peut s'étendre jusqu'à environ 5 200 ans cal. BP. à la périphérie de l'Erg.

On distingue 3 phases :

- phase humide
- phase régressive (7 300 à 5 200 ans cal. BP)
- phase Aridification finale (Après 5 200 ans cal. BP).NO

Les trois coupes étudiées correspondent à la phase humide et la partie sommitale étudiée a la phase régressive de l'holocène maximum humide

Chapitre III : Biorestes

I. Inventaire faunistique et floristique

1. Introduction

Ce chapitre vise à établir un inventaire des biorestes, après traitement et analyses de plusieurs niveaux sommitaux des trois coupes choisies pour cette étude. Il s'agit de macrofaune (gastéropodes), de microfaune (ostracodes) et de microflore (diatomée et accessoirement des charophytes). Le but de cette étude est de constater la réponse des organismes sur le changement paléoenvironnementale et par conséquent paléoclimatique survenue lors de la transition de l'Holocène humide à l'Holocène aride.

Les échantillons prélevés des trois coupes ont révélé une faible biodiversité d'organismes : une microfaune, représentée par des ostracodes ; une microflore de diatomées et de charophytes et une faune qui se résume en gastéropodes, ainsi que la présence des débris de tiges de végétaux.

L'analyse qualitative des organismes recensés (**Tab.2**) met en évidence une biodiversité malgré faible mais dominée par les ostracodes, représentés par plusieurs taxons, associés aux diatomées, aux gastéropodes et aux restes végétaux.

Les ostracodes présentent une distribution irrégulière dans les niveaux sommitaux des trois sites sont totalement absents dans l'échantillon ABOU (I) B 11 et ABOU (II) 06 et ABOU (II) 07.

Les diatomées, sont bien représentées dans l'ensemble des échantillons avec une présence constante de *Campylodiscus clypeus*.

Les gastéropodes apparaissent de manière ponctuelle et irrégulière, tandis que la présence de charophytes (oogones) se résume en un seul (01) genre.

Il est à signaler que des débris ou fragments de tiges végétaux (parfois très recristallisés) se répartissent dans tous les niveaux analysés et avec des fréquences variables d'un échantillon à un autre.

Tabl.2. Répartition relative des différents organismes rencontrés de plusieurs niveaux sommitaux des trois coupes choisies pour cette étude (+ moins abondante, ++ abondante, +++ très abondante).

Coupes	N° Ech	Ostracodes						Diatomées		Gasteropodes		Végétaux		
		<i>Candona neglecta</i>	<i>Candona angulata</i>	<i>Cyprideis torossa</i>	<i>Darwinula stevensoni</i>	<i>Paralimnocythere psammophila</i>	<i>Pseudocandona sp.</i>	<i>Campylodiscus clypeus</i>	Autre diatomées	<i>Hydrobia acuta</i>	<i>Limnaca Lamarck</i>	<i>Planorbis metidjensis</i>	Charophytes (Oogane)	Fragments de tiges pelote fécale
Daïet Sid Ala	DSA 22			+++	+	+		+	+	+	+	+	+	
	DSA 20			+++	+	+		+	+			+	+	+
	DSA 19			+		+++		+	+			+	+	+
Guern ABOU (I)	ABOU (I) B 12	+		+			+++	++	+			+	+	+
	ABOU (I) B 11							++	+					+
	ABOU (I) B 09	+	+				+++	+	+			+		+
Guern ABOU (II)	ABOU (II) 07							+++	+					
	ABOU (II) 06							+++	+					

2. La microfaune

2.1. Les ostracodes

Les Ostracodes (ou la sous classe des ostracodes) sont des petits Crustacés vivant dans la mer et les eaux douces et saumâtres Appartient à l'embranchement des Arthropodes, et comprend des petits animaux protégés par une carapace bivalve. Les premiers Ostracodes ont été décrit par Muller (1776). C'est Latreille (1802-1806) qui a défini les Ostracodes en tant qu'unité taxonomique par analogie de la forme du test d'où le nom proposé est "ostracode". –Les premiers travaux de classification ont commencé en 1886 par Sars. Les travaux sur la morphologie de ses organismes attirent l'attention des spécialistes à partir des travaux d'Alexander (1933).

2.1.1. Morphologie

Les ostracodes sont des micro crustacés caractérisés par une carapace bivalve, composée de deux valves articulées, généralement plates en vue dorsale. Leur taille varie entre 0,4 mm et 1,5 mm, bien que certaines espèces exceptionnelles atteignent des dimensions plus grandes, comme *Gigantocypris* (jusqu'à 20 mm, vivant dans l'océan Pacifique) et *Megalocypris* (environ 7 mm, espèce continentale d'Afrique du Sud).

La morphologie de la carapace est extrêmement diversifiée, adoptant des formes allongées, réniformes, trapézoïdales, sub-ovales ou triangulaires, reflétant souvent une adaptation aux conditions écologiques spécifiques.

La structure externe de la coquille varie selon le milieu :

- les formes d'eau douce présentent des carapaces fines, lisses et légères ;
- les espèces marines possèdent des coquilles épaisses, rigides et souvent ornées de reliefs (bosses, creux, sculptures calcaires) ;
- les formes côtières tendent à avoir des coquilles lisses ;
- les espèces inféodées aux substrats vaseux ont des coquilles plus minces et munies de structures ornementales (épines, ailettes) permettant de limiter leur enfoncement dans la vase.

L'identification des ostracodes repose principalement sur des critères morphologiques observés sur la carapace :

- la forme générale des valves (droite et gauche) ;
- la structure de la charnière ;
- l'organisation et le nombre des empreintes musculaires ;
- le type d'ornementation (sculptures, reliefs), Et la présence éventuelle d'un dimorphisme sexuel. (Atik, 2015)

2.1.2. Ecologie des Ostracodes

Les ostracodes sont des formes benthiques et se rencontrent principalement dans des environnements calmes et bien éclairés, où la lumière permet le développement d'algues, leur source principale de nourriture. Leur Mobilité est limitée, notamment en raison de la lourdeur de leur carapace, ce qui restreint leur dispersion.

En revanche, certaines formes pélagiques, plus rares, présentent des coquilles fines, légères et dépourvues de calcaire. De ce fait, elles se conservent rarement dans les archives sédimentaires et sont peu exploitables en paléontologie.

Les ostracodes sont des indicateurs paléoenvironnementaux et paléogéographiques précieux, car leur diversité morphologique et leur sensibilité aux conditions du milieu permettent de reconstruire les environnements anciens avec une bonne précision. En milieu lacustre, les superfamilles Cytheroidea et Darwinuloidea sont les plus fréquemment observées.

Les Cytheroidea regroupe des espèces benthiques à faible mobilité, parfois présentes dans les eaux interstitielles, avec un régime alimentaire similaire à celui des Cypridoidea.

Les Darwinuloidea comprend principalement des espèces marines, à l'exception de *Darwinulastevensoni*, qui vit en eau douce. Ces ostracodes sont des filtreurs, se nourrissant d'algues et de détritiques organiques (Smith & Horne, 2002 *in* Mahboubi, 2021).

2.1.3. Inventaire et classification

Il est à signaler que le contenu en biorestes était de très faible diversité que ce soit en ostracodes ou en autres organismes associés.

Au total cinq (05) taxons ont été déterminés et comptés pour les huit (08) échantillons (Tabl.3). D'autres très rares, ne représentant qu'un seul individu ou deux dans le résidu, n'ont pas été pris en considération tel que *Candona angulata*.

Tabl.3. La systématique des différents genres et espèces d'ostracodes

Embranchement des Arthropodes		
Classe des Ostracodes Latreille, 1806		
Subclasse des Podocopa G.W. Müller, 1866		
Order des Podocopida G.O. Sars, 1866		
Suborder Cytherocopina Baird, 1850		
Superfamille Cytheroidea Baird, 1850		
Famille Limnocytheridae Klie, 1938		
Subfamille Limnocytherinae G.O. Sars, 1925		
Genre <i>Paralimnocythere</i> Carbonnel, 1956		
Espèce <i>Paralimnocythere psammophila</i> (Flössner, 1965)		
Famille Cytherideidae Sars, 1925		
Subfamille Cytherideinae Sars, 1925		
Genre <i>Cyprideis</i> Jones, 1856		
Espèce <i>Cyprideis torossa</i> Jones, 1850		
Suborder Cypridocopina Jones, 1901		
Superfamille Cypridoidea Baird, 1845		
Famille Candonidae Kaufmann, 1900		
Subfamille Candoninae Kaufmann, 1900		
Genre <i>Candona</i> Baird, 1845		
Espèce <i>Candona neglecta</i> G.O. Sars, 1887		
Espèce <i>Candona angulata</i> G.W.Müller, 1900		
Genre <i>Pseudocandona</i> Kaufmann, 1900		
Espèce <i>Pseudocandona sp.</i>		
Suborder Darwinulocopina Sohn, 1988		
Superfamille Darwinuloidea Brady & Norman, 1889		
Famille Darwinulidae Brady & Robertson, 1885		
Genre <i>Darwinula</i> Bradyet & Roberston, 1885		
Espèce <i>Darwinula stevensoni</i> (Brady & Robertson, 1870)		

Paralimnocythere Carbonnel, 1956

a. *Paralimnocythere psammophila* (Flössner, 1965)

(Fig.10)

Référence

Paralimnocythere psammophila (Flössner, 1965): Pl. 1; Fig. 1

Diagnose

La valve présente globalement une forme allongée variant entre sub-rectangulaire et sub-trapézoïdale a les male tandis qu'elle est plus large et ovoïde chez les femelles. La longueur de la valve atteint 1 mm au maximum alors qu'elle varie entre 0.7 mm et 0.85 mm chez les femelles Le contour général est allongé et avec un bord dorsal presque droit à légèrement convexe et plus arqué chez les femelles et un bord ventral présente une légère concavité médiane chez les deux sexes. L'extrémité antérieure est largement arrondie dans les deux cas, tandis que l'extrémité postérieure est

plus étroite et parfois légèrement anguleuse chez les mâles, mais reste arrondie et moins rétrécie chez les femelles.

La surface de la valve peut présenter une ornementation plus ou moins développée, caractérisée par la présence de creux de bosses et de fines ponctuations. Cette sculpture varie selon les conditions du milieu. La vue interne de la valve est caractérisée par une marge périphérique étroite et bien marquée avec des empreintes musculaires faibles et une surface interne simple. (Fig.10).

Écologie

Elle manifeste une affinité particulière pour les fonds sableux (**psammophile**), Est étroitement liée aux milieux aquatiques **peu profonds**, principalement **d'eau douce à légèrement saumâtre**. Cette espèce, elle supporte des variations de salinité et de température. (Flössner, 1965 ; Meisch, 2000).

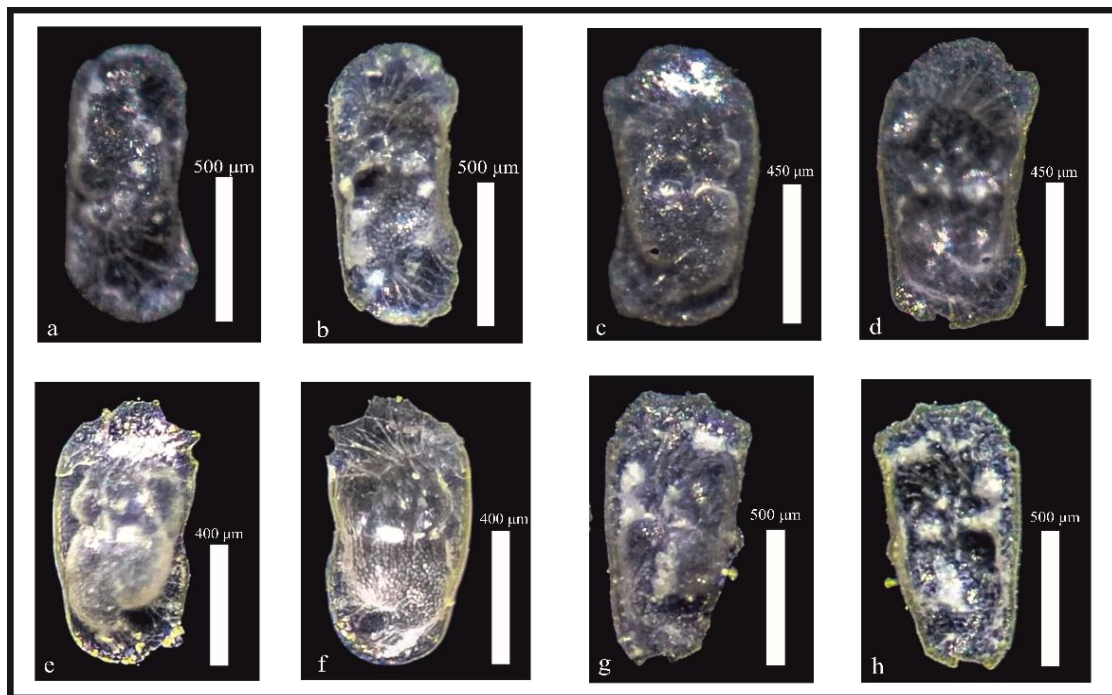


Fig. 10 : *Paralimnocythere psammophila* (Flössner, 1965) : a-Vue valvaire externe ; b-Vue valvaire interne (mâle ♂) ; c-Vue valvaire externe ; d- Vue valvaire interne (femelle ♀) (Échantillon DSA 19). e-Vue valvaire externe ; f- Vue valvaire interne (♀) (Échantillon DSA 22). ; g-Vue valvaire externe ; h- Vue valvaire interne (♂) (Échantillon DSA 19).

Cyprideis Jones, 1856**b. *Cyprideis torossa* Jones, 1850**

(Fig.11)

Référence*Cyprideis torossa* Jones, 1850 : p. 27**Diagnose**

Se caractérise par une forme générale allongée, sub-ovée à sub-trapézoïdale les male, et s'avère plus grand que la femelle en atteignant jusqu'à 1,20 mm de longueur. Son bord dorsal est presque droit à légèrement convexe, tandis que son extrémité postérieure se montre plus étroite et parfois légèrement anguleuse. À l'inverse, la femelle présente une forme générale plus large, trapue et ovoïde une anatomie adaptée pour abriter les œufs, couplée à une taille plus petite variant généralement entre 0,85 mm et 1 mm Son bord dorsal se distingue par un profil plus arqué et convexe que celui du mâle, et son extrémité postérieure reste arrondie, moins rétrécie et moins anguleuse.

La **juvénile** elle est **trapue, large et ovoïde**. Elle ne présente pas l'allongement étiré caractéristique des individus mâles. Ses contours révèlent un bord supérieur dorsal nettement arqué et convexe, tandis que le bord opposé montre une courbure plus douce. Enfin, ses extrémités se distinguent par un côté largement arrondi opposé à une extrémité plus étroite, mais qui reste bien arrondie et non anguleuse.

La surface de la valve de *Cyprideis torosa* présente une ornementation hautement variable et écosensible, caractérisée par la présence de creux, de fines ponctuations et de bosses appelées nœuds. Cette sculpture externe varie directement selon les conditions physico-chimiques du milieu, notamment la salinité et la concentration en carbonate de calcium. En milieu purement saumâtre ou marin, la cuticule est généralement lisse à finement ponctuée, parsemée de pores en tamis (sieve-pores) dont la forme circulaire ou oblongue s'ajuste à la concentration en sel. À l'inverse, une baisse de la salinité (eaux plus douces) ou des variations de température déclenchent le phénomène de nodation, provoquant l'apparition de fortes bosses convexes (nœuds) bien visibles sur les valves. **(Fig.11).**

Écologie

Son adaptation aux **milieux saumâtres** à salinité variable. C'est une espèce **euryhaline** (Kilenyi & Allen, 1968 ; Carbonnel, 1980, 1988). Vivant dans les **lagunes, estuaires et marais côtiers**, au sein de **sédiments vaseux à sableux**, capable de tolérer de fortes variations de salinité de température et une faible oxygénation, le trait le plus remarquable de cette espèce réside dans

saplasticité morphologique contrôlée par l'environnement (Vesper, 1975) ; **Horne & Martens, 1998**)

Les individus de *Cyprideis torosa* étudiés présentent une variabilité dans la densité des pores, certains montrant une ornementation très poreuse tandis que d'autres possèdent des pores moins abondants (**Fig.11 : a, c, e, g**). À notre connaissance, aucune étude n'a établi de relation directe entre la densité des pores et la salinité.

Selon la forme des pores Tamis chez cette espèce constitue un indicateur de la salinité. Une forte proportion de pores sub arrondis est généralement associée à des eaux moins salées, tandis qu'une augmentation des pores sub allongés et irréguliers traduit une salinité plus élevée (Rosenfeld et Vesper, 1977) (**Fig.12**).

L'espèce présente Deux morphotypes principaux : un morphotype dominant caractérisé par un bord ventral rectiligne et un morphotype à bord ventral sigmoïdal. La morphologie du bord ventral est étroitement liée aux conditions de salinité du milieu. Les populations vivant dans des eaux à faible salinité (oligohalines à mésohalines) sont majoritairement constituées d'individus présentant un bord ventral rectiligne. En revanche, le morphotype à bord ventral sigmoïdal devient plus fréquent dans les milieux à salinité élevée (polyhalins à hyperhalins), où il constitue une réponse morphologique aux contraintes environnementales. Cette déformation est généralement plus prononcée chez les mâles que chez les femelles (Grossi *et al.*, 2016) (**Fig. 13**). Ainsi, la forme du bord ventral de *C. torosa* représente un indicateur paléoécologique fiable des variations de salinité et des fluctuations des conditions hydrologiques des milieux aquatiques (Boomer *et al.*, 2003).

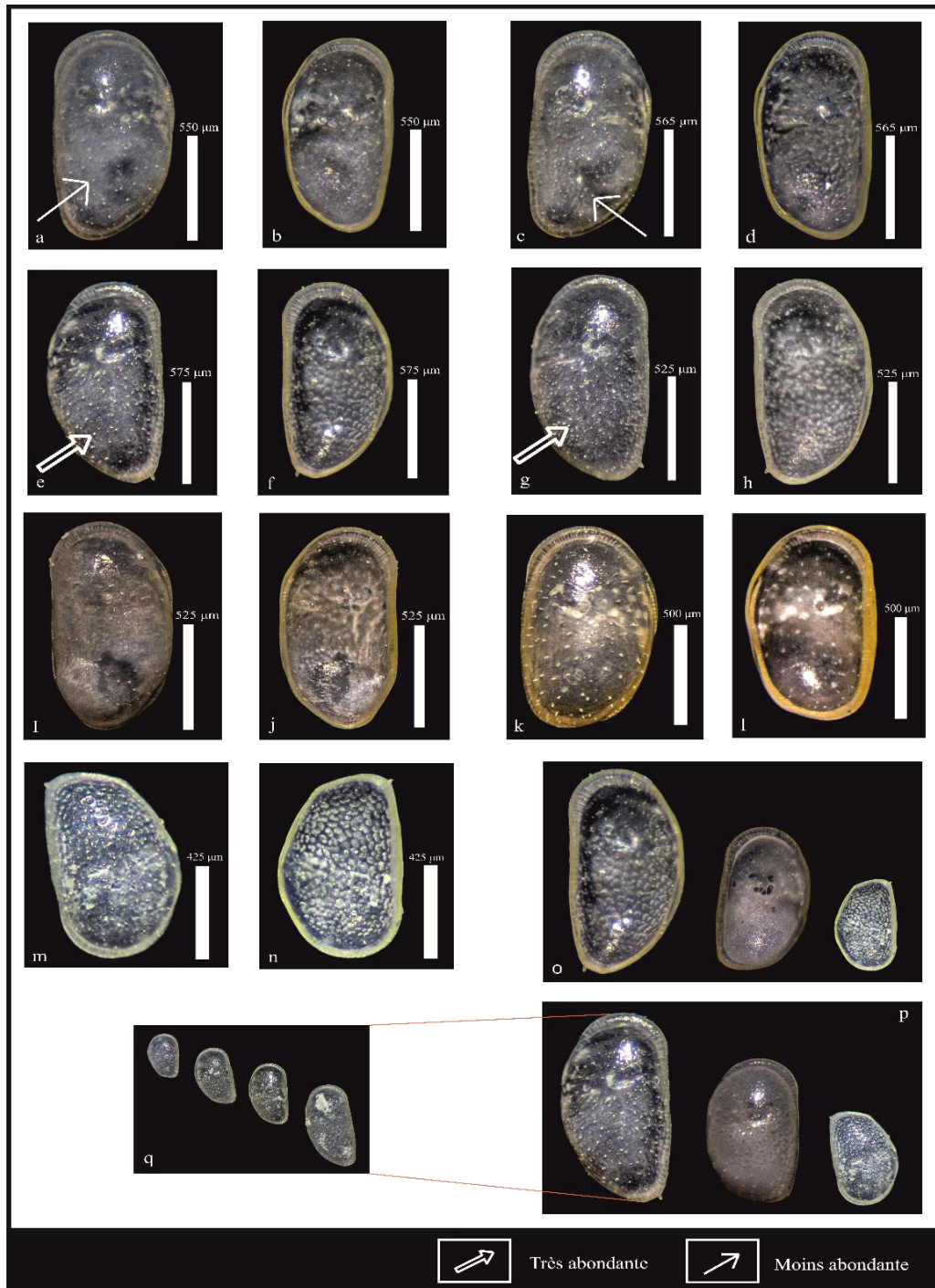


Fig.11 : *Cyprideis torossa* (Jones, 1850) : a-Vue valvaire externe ; b-Vue valvaire interne (mâle ♂) ; c-Vue valvaire externe ; d- Vue valvaire interne (♂) ; e-Vue valvaire externe ; f- Vue valvaire interne (♂) ; g-Vue valvaire externe ; h- Vue valvaire interne (♂) (Échantillon DSA 20).

i-Vue valvaire externe ; j- Vue valvaire interne (♂) (Échantillon DSA 22). k-Vue valvaire externe ; l- Vue valvaire interne (femelle ♀) (Échantillon DSA 20). ; n-Vue valvaire externe ; m- Vue valvaire interne (♂) (Échantillon DSA 22). ; o-Vue valvaire interne (♂) , (♀) ; p- Vue valvaire externe (♂) , (♀) ; q- Vue valvaire externe (♂) (Échantillon DSA 20).

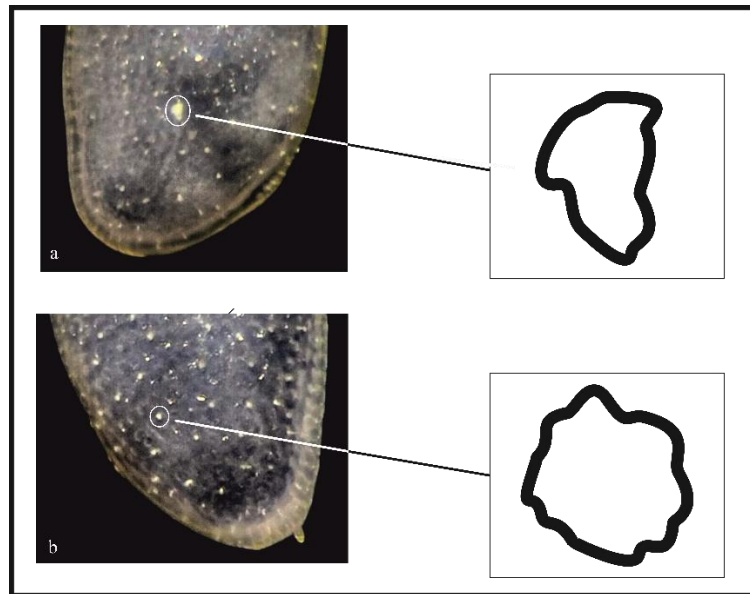


Fig.12 : La forme des pores de chez *Cyprideis torosa* : a- pores sub allongés ; b- pores sub arrondis. Modifier (d'après Rosenfeld et Vesper, 1977) « modifié ».

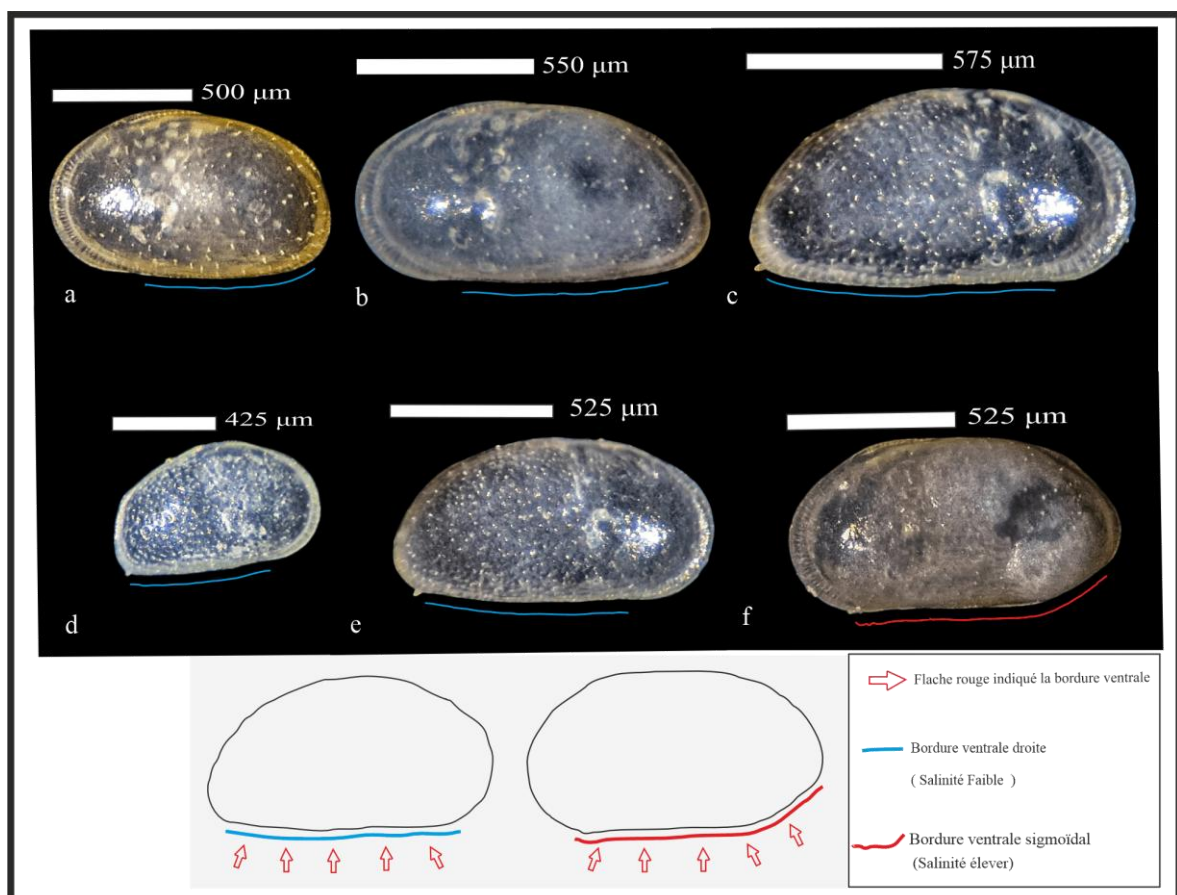


Fig.13 : L'espèce présente deux morphotypes : un morphotype caractérisé par un bord ventral rectiligne, et un morphotype à bord ventral sigmoïdal (d'après Grossi1 et All, 2016) « modifié ».

Candona Baird, 1845

c. Candona neglecta G.O. Sars, 1887

(Fig.14)

Référence

Candona neglecta G.O. Sars, 1887 : Pl. 2, Figs. 1–5 ; Pl. 3, Fig. 16.

Candona neglecta Sars, 1947 & Bronshtein, 1947 : p. 300, Pl. XIII, Figs. 1–3.

Diagnose

La valve du mâle présente globalement une forme allongée à sub-réniforme, La longueur de la valve est systématiquement comprise entre 1 et 1.13 mm, Le bord dorsal est court, rectiligne à légèrement convexe, inclinant un peu vers l'arrière, L'extrémité postérieure est arrondie et forme un angle postérieur. En vue dorsale la valve est renflée, presque symétrique, à flancs à peu près parallèles et extrémité antérieure très légèrement plus pincée que la postérieure

La surface externe de la valve est généralement lisse à faiblement ponctuée, sans ornementation marquée. La vue interne de la valve est caractérisée par une marge périphérique étroite et bien développée, une structure interne simple ainsi que des empreintes musculaires discrètes et peu visibles (**Fig.14**).

Écologie

Le genre *Candona* peuple les milieux lacustres, les étangs, et les bassins temporaires (Pipik, 2005). C'est un organisme rampant sur les plantes. et fouissant dans la vase (Sars, 1887 ; Meisch, 2000).

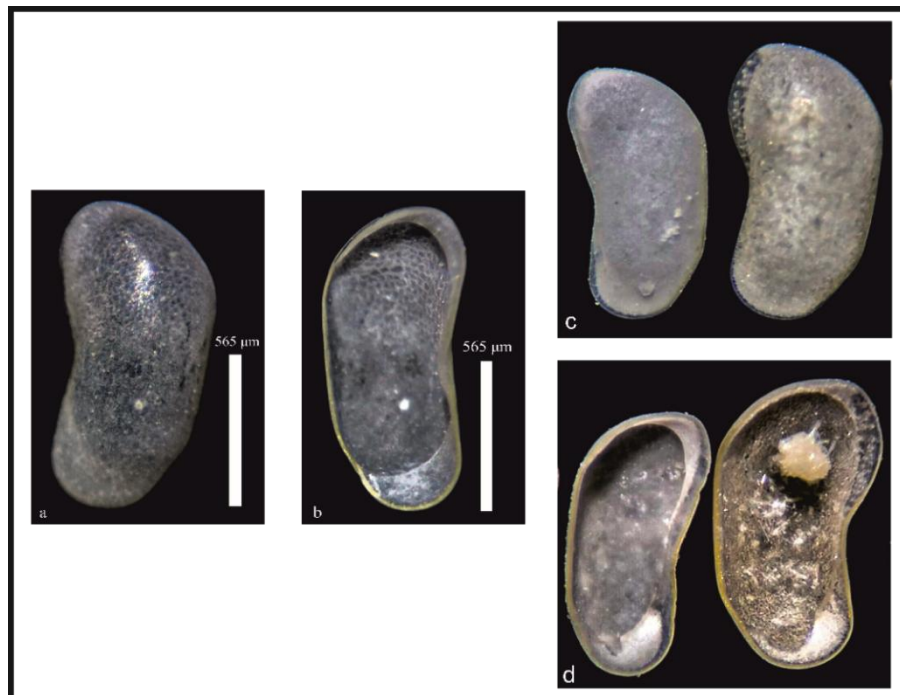


Fig.14 : *Candona neglecta* G.O. Sars, 1887 : a-Vue valvaire externe ; b-Vue valvaire interne (♂) ; c-Vue valvaire externe ; d- Vue valvaire interne (♂) (Échantillon ABOU (I) B 09).

Candona Baird, 1845

d. *Candona angulata* G.W. Müller, 1900

(Fig.15)

Référence

Candona angulata G.W. Muller, 1900: Tafel 6 fig 1b - 1c P28

Diagnose

La carapace présente globalement une forme allongée à sub-réniforme, avec un contour légèrement courbé et relativement renflé au niveau de la région médiane. La longueur de la carapace 1.20 mm. Le bord dorsal est fortement convexe dans sa partie antérieure puis s'incline progressivement vers l'arrière. Le bord ventral est légèrement incurvé à presque rectiligne. L'extrémité antérieure est largement arrondie tandis que l'extrémité postérieure apparaît plus étroite et légèrement rétrécie vers la partie terminale. En vue dorsale, la carapace paraît renflée avec des flancs sub-parallèles et une légère asymétrie entre les deux extrémités.

La surface externe de la valve est lisse à très faiblement ponctuée, sans ornementation évidente. La vue interne de la valve est caractérisée par une marge périphérique étroite et bien développée, une structure interne simple ainsi que des empreintes musculaires discrètes et peu visibles. (Fig.15).

Écologie

Est une espèce benthique paléarctique euryhaline et eurytherme, inféodée aux sédiments vaseux à sableux des eaux douces à légèrement saumâtres, permanentes ou temporaires (Müller, 1900 ; Meisch, 2000 ; Horne & Martens, 1998). Elle colonise divers milieux tels que les lacs, mares, étangs et lagunes côtières, où elle adopte un comportement fouisseur et rampant caractéristique des Candonidae (Bronshtein, 1947 ; Pipik, 2005).

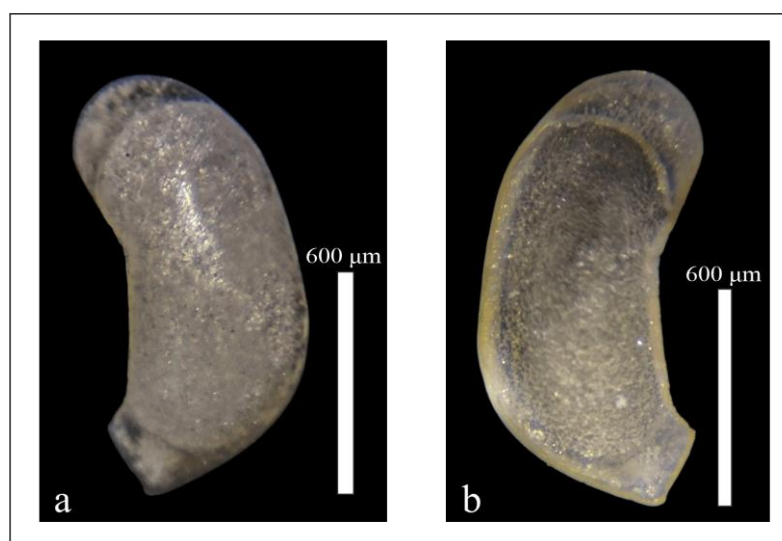


Fig.15 : *Candona angulata* G.W. Müller, 1900 : a-Vue valvaire externe ; b-Vue valvaire interne (♂)
(Échantillon ABOU (I) B 09).

Pseudocandona Kaufmann, 1900

e. *Pseudocandona* sp ,

(Fig.16)

Référence

Pseudocandona Kaufmann, 1900

Diagnose

Ce genre est caractérisé par. Des valves allongées et ovoïdes. Le bord antérieur est étroit et obtus et le bord postérieur est légèrement arrondi.

Elle présente un aspect globalement **lisse légèrement granuleux (faiblement ornée à finement ponctuée) (Fig.16).**

Écologie

C'est une forme caractéristique d'eaux douce. Elle peuple les sables et sables vaseux (Grekoff, 1956).

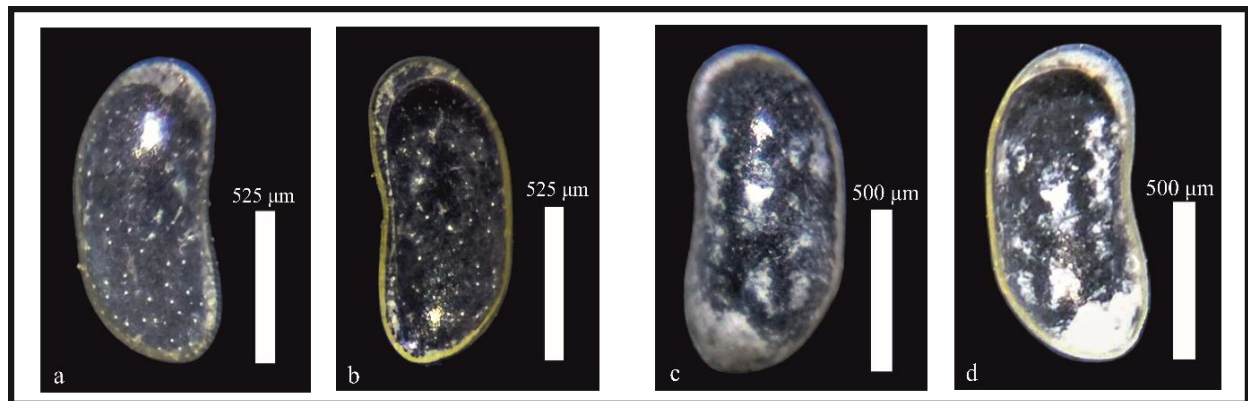


Fig.16 : *Pseudocandona* sp : a-Vue valvaire externe ; b-Vue valvaire interne (♂) ; c-Vue valvaire externe ; d-Vue valvaire interne (♀) (Échantillon ABOU (I) B 09).

Darwinula Bradyet & Roberston 1885

f. *Darwinula stevensoni* (Brady & Robertson, 1870)

(Fig.17)

Référence

Darwinula stevensoni (Brady & Robertson, 1870): Tafel 1, fig 1a-f

Diagnose

La forme générale étroite et allongée La longueur de la carapace est systématiquement comprise entre 0,8 et 1 mm. Le bord dorsale est presque et rectiligne, incliné faiblement vers l'avant. Le bord ventral très légèrement sinueux. L'extrémité antérieure est arrondie et étroite, tandis que la postérieure est plus large. La surface valvaire est lisse. **(Fig.17).**

Écologie

Darwinula stevensoni est un asexué ancien obligatoire, caractérisé par une absence totale de mâles et une reproduction exclusive par parthénogenèse depuis plusieurs dizaines de millions d'années (Brady & Robertson 1870), (Schön & Martens 2003). Ce taxon est de forme d'eaux douces, Fonds des lacs et fonds vaseux.

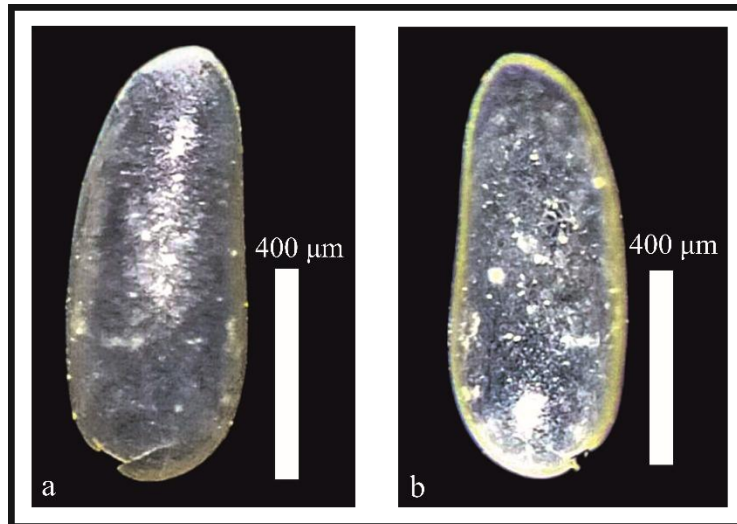


Fig.17 : *Darwinula stevensoni* (Brady & Robertson, 1870) : a-Vue valvaire externe ; b-Vue valvaire interne (femelle ♀) (Échantillon DSA 20).

Épines d'ostracode

(Fig.18)

Épines d'ostracode de genre et espèce un déterminer **Fig.18**

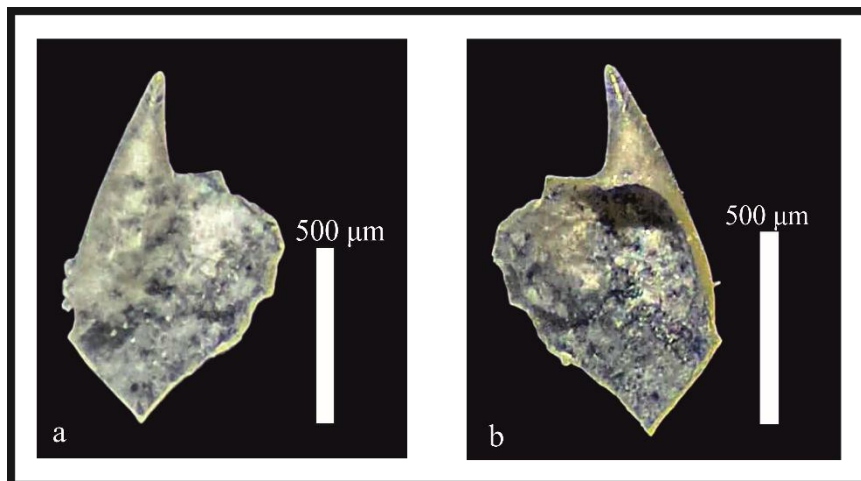


Fig.18 : Épines d'ostracode a- phase externe ; b- phase interne (Échantillon ABOU (I) B 11).

3. La microflore

3.1. Les Diatomées

Les Diatomées, appelées aussi Bacillariophycées sont des algues brunes unicellulaires à frustules siliceux. D'après (Kooistra et Medlin, 1996 ; in Bottin, 2012) les diatomées semblent s'être particulièrement diversifiées à la suite de la crise du Permien-Trias grâce aux nombreuses niches laissées libres dans les océans, puis pendant le Jurassique, colonisant divers milieux et substrats. Ces micro-organismes vivent en solitaires ou constituent des colonies sous forme de chaînettes, rubans ou étoiles dans les milieux marins, lagunaires et d'eaux douces. Chaque espèce de diatomée possède une ornementation particulière, qui permet l'identification du taxon, par l'observation microscopique. Ce sont des producteurs primaires, constituant ainsi un rôle majeur à la base des écosystèmes aquatiques, avec une contribution à environ le quart de la production primaire globale de la planète et à 43 % de la production primaire des océans (Treguer *et al.*, 1995 ; in Lavoie *et al.*, 2008).

Dans ce chapitre sont traités, l'inventaire taxonomique des diatomées déterminées dans les échantillons étudiés (**Tabl.4**).

3.2. Les Diatomées lacustres

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

Tabl.4. La systématique des diatomées (*Campylodiscus clypeus*)

Embranchement Heterokontophyta	
Classe	Bacillariophyceae Haeckel, 1878
Subclasse	Bacillariophycidae Mann, 1990
Superorder	Bacillariophycanae
Ordre	Surirellales DG. Mann, 1990
Famille	Surirellaceae Kützing, 1844
Genre	<i>Campylodiscus</i> C.G. Ehrenberg ex F.T. Kützing, 1844
Espèce	<i>Campylodiscus clypeus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing, 1844

Campylodiscus C.G. Ehrenberg ex F.T. Kützing, 1844

***g. Campylodiscus clypeus* (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing, 1844**

(Fig.19)

Référence

1844 - *Compylodiscus clypeus* Ehrenberg ex Kutzing

Diagnose

Le frustule de *Campylodiscus clypeusse* caractérise par des valves circulaires à suborbiculaires présentant une forte torsion tridimensionnelle en forme de selle de cheval (Ehrenberg et Kützing, 1844). La zone centrale est isolée par un anneau hyalin (transparent) de forme rectangulaire arrondie et se trouve divisée en son centre par une ligne hyaline longitudinale. La structure est renforcée par des **côtes robustes** (10 à 20 pour 100 µm) qui relie la partie centrale fortement silicifiée au manteau de la valve. Le **raphé** est positionné à la périphérie, logé dans un canal marginal soutenu par des fibules interrompues par une large zone hyaline, donnant l'apparence d'une ornementation limitée aux bords (Fig.19).

Écologie

Campylodiscus clypeus est une espèce benthique épipélique, vivant à la surface des sédiments meubles au fond des plans d'eau. Elle est principalement rencontrée dans les eaux saumâtres et côtières, notamment dans les lagunes, les estuaires et les mers fermées comme la mer Baltique, ainsi que dans les lacs salins continentaux riches en sulfates ou en carbonates (Gasse, 1986 ; Witkowski et al, 2000).

Sur le plan de l'affinité saline, cette diatomée présente une préférence marquée pour les eaux saumâtres à salines, caractéristique des espèces mésohalines à polyhalines. Elle reste peu fréquente en eau douce pure, ce qui en fait un indicateur fiable des milieux à conductivité élevée (Zalat, 2002 ; Gasse, 1986).

Son habitat benthique lui permet de s'accumuler dans les dépôts sédimentaires des lagunes côtières et des milieux à forte conductivité (Witkowski et al., 2000). Cette caractéristique, associée à sa bonne conservation dans les archives sédimentaires, en fait un bio-indicateur précieux des changements de salinité et des variations du niveau d'eau dans les études paléoenvironnementales (Gasse, 1986).

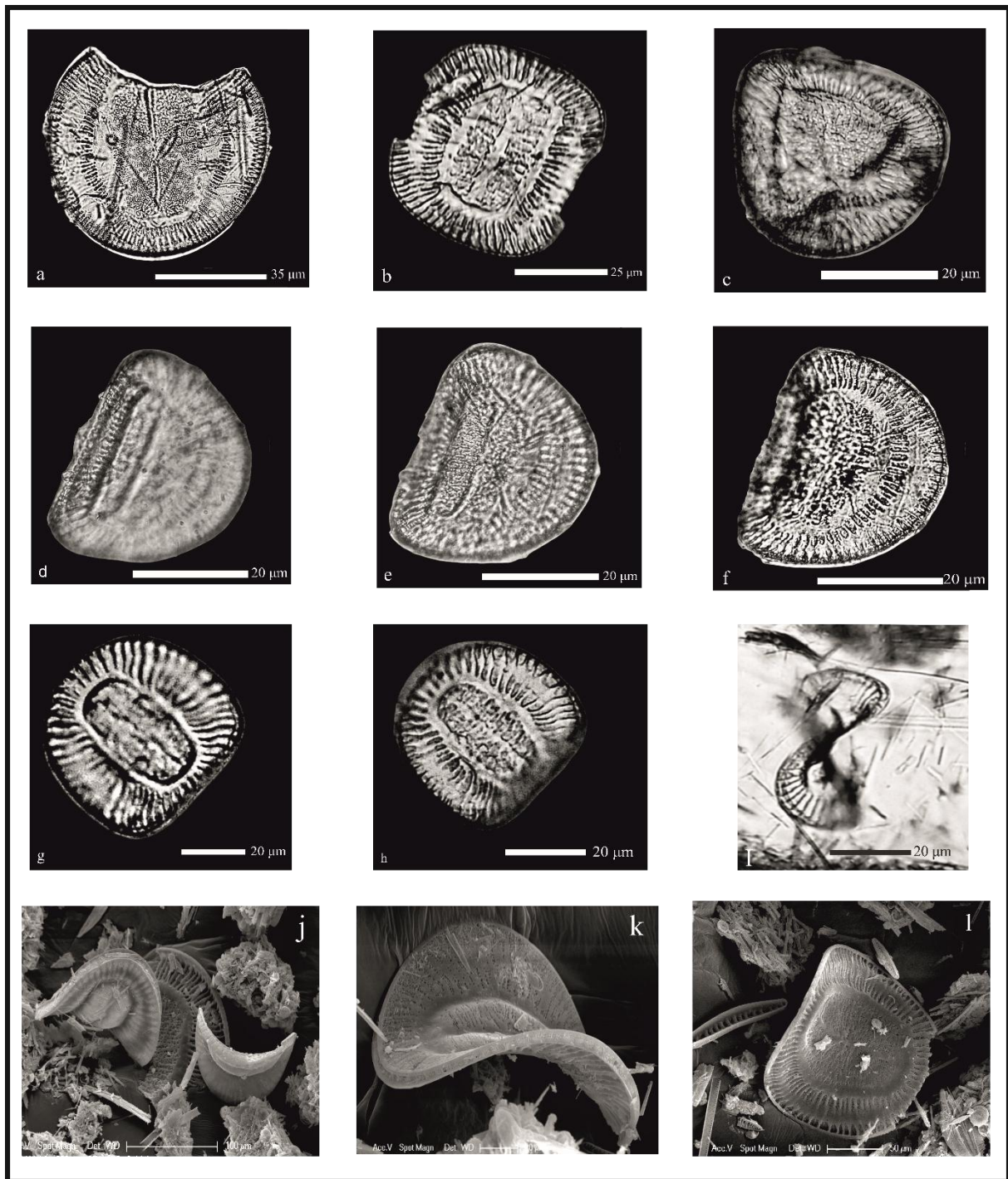


Fig.19 : *Campylodiscus clypeus* (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing, 1844 : les différents morphotypes *Campylodiscus clypeus* ; a-i : vue au microscope optique ; j-l : vue au microscope électronique à balayage (MEB).

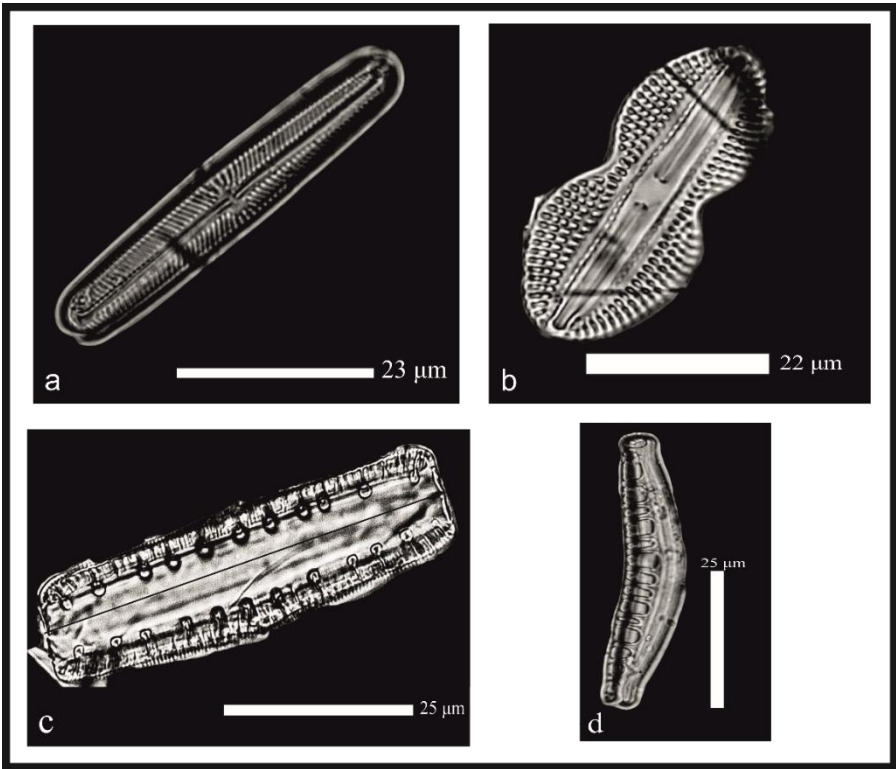


fig.20 : Les diatomées pennées associées aux *Campylodiscus clypeus* : a- *Navicula oblonga* kutw, 1844 ; b- *Diploneis bombus* (Ehrenberg) Ehrenberg, 1853 ; c- *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kutzing, 1844 ; d- *Epithemia argus* (Ehrenberg) Kutzing, 1844.

3.3. Charophytes (Oogane)

Sont des algues vertes aquatiques, souvent considérées comme proches des ancêtres des plantes terrestres. Elles vivent dans les eaux douces (marais, lacs, rivières...) Et poussent depuis le fond grâce à des tiges entourées de feuilles en spirale. Elles se reproduisent sexuellement par des cellules mâles et femelles, et forment des spores appelées oospores. (Tabl.5).

Tabl.5. La systématique des Charophytes

Embranchement Charophyta Migula, 1890			
		Classe des Charophyceae G.M. Smith, 1938	
		Ordre de Charales Lindley, 18 36	
		Famille de Characeae Richard Et Agardh, 1824	
		Sous famille de Charoideae (von Leonhardi, 1863) Robinson, 1906	
		Genre Chara Linné, 1753	

Diagnose

Se compose de tiges ramifiées qui portent des rameaux courts disposés en verticilles autour des nœuds. Chaque tige est fixée au substrat par des rhizoïdes. Les cellules situées entre les nœuds sont grandes et sont entourées de filaments calcifiés, ce qui donne à l'algue une texture robuste et

rigide. La vue apicale de cette espèce présente une morphologie similaire à celle de *Chara cf. hispida* illustrée dans les travaux (Baldanza, *et al*, 2025) P8, fig.7 (B). **Fig.21**

Écologie

Vit dans des milieux aquatiques variés On la retrouve dans des fossés, mares, étangs, lacs, et ballastières.

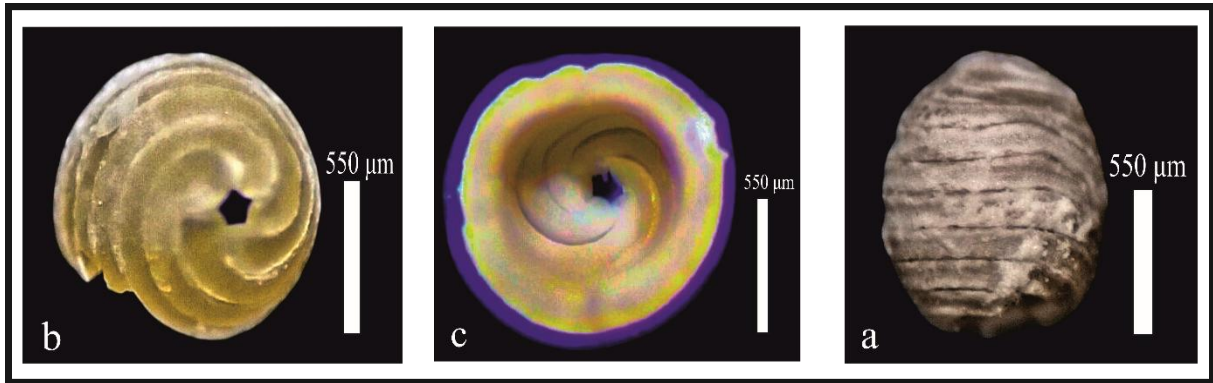


Fig.21 : Charophytes (Oogane) : a-Vue apicale ; b- Vue en Interne ; d-Vue en latérale (Échantillon DSA 22).

4. Macrofaune

4.1. Gastéropodes

Les Gastéropodes (gaster = ventre + podos = pied) sont une classe de *Mollusques* sont établie par Cuvie en 1798 et qui renferme les animaux les plus évolués de cet embranchement, ceux qui en présentent au plus haut degré tous les caractères essentiels et distinctifs. On appelle Gastéropodes tous les Mollusques qui possèdent à la partie inférieure du corps un pied large et plat à l'aide duquel ils se déplacent, et une tête plus ou moins distincte; ils sont recouverts par un manteau de forme variable, mais non divisé et sécrétant le plus ordinairement une coquille tantôt enroulée en spirale, tantôt simple en forme de bouclier déprimé ou conique.

Des mollusques qui vivent dans les milieux marins et continentaux. Les formes continentales occupent les milieux aquatiques (lacs et rivières) et les milieux terrestres (régions humides, froides et arides). Les analyse des échantillons, révèlent trois espèce des gastéropodes *Planorbarius metidjensis*, *Hydrobia acuta* et *Limnaea Lamarck* (**Tabl.6**).

Tabl.6. La systématique des différents genres des mollusques

Embranchement des Mollusques				
Classe Gastéropoda Cuvier, 1795				
Superorder Hygrophila A. Férussac, 1822				
Superfamille Lymnaeoidea Rafinesque, 1815				
Famille Planorbidae Rafinesque, 1815				
Subfamille Planorbinae Rafinesque, 1815				
Genre <i>Planorbarius</i> Duméril, 1805				
Espèce <i>Planorbarius metidjensis</i> (Fobres, 1838)				
Famille Lymnaeidae Rafinesque, 1815				
Subfamille Lymnaeinae Rafinesque, 1815				
Genre <i>Lymnaea</i> Lamarck, 1997				
Superfamille Truncatelloidea J. E. Gray, 1840				
Famille Hydrobiidae W. Stimpson, 1865				
Subfamille Hydrobiinae W. Stimpson, 1865				
Genre <i>Hydrobia</i> W. Hartmann, 1821				
Espèce <i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805)				

Planorbis Duméril, 1805

***h. Planorbarius metidjensis* (Fobres, 1838)**

(Fig.22)

Diagnose

Les planorbes sont caractérisées par des coquilles discoïdes, a spire aplatie ou surbaissée et dont les tours sont apparents en dessus et en dessous, ouverture oblongue, dans laquelle l'avant-dernier tour fait saillie et très écartée de l'axe de la coquille (**Fig.22**).

Écologie

Préfèrent les eaux calmes généralement d'eau douce à oligosaline surtout les milieux humides, eaux claires.

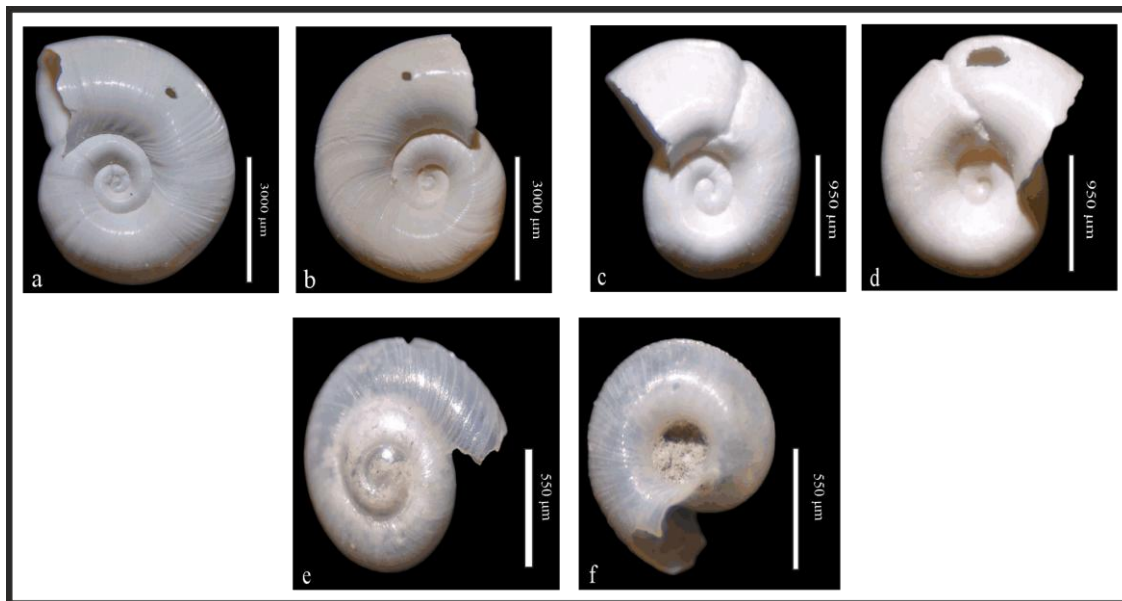


Fig.22 : *Planorbarius metidjensis* (Fobres, 1838) : a-Vue ventrale b- Vue dorsale ; *Planorbarius sp* c-Vue ventrale ; d- Vue dorsale (Échantillon DSA 22). e-Vue ventrale ; f- Vue dorsale (Échantillon ABOU (I) B 12)

i. Lymnaea Lamarck, 1997

(Fig.23)

Diagnose

La coquille est oblongue quelque fois turriculée, à spire saillante, conique avec une ouverture entière. Sa longueur peut atteindre 6cm de long. Le bord droit est tranchant. La partie inférieure est remontant sur la columelle et y formant un pli très oblique et rentrant dans l'ouverture. Le corps est entier de la limnée mesure entre 3,5 à 5cm (**Fig.23**).

Ecologie

Ce genre vit en eau douce, elle peut parfois se trouver dans des eaux stagnantes comme une mare ou un étang, mais on peut la trouver aussi dans les lacs, les rivières ou fleuves.

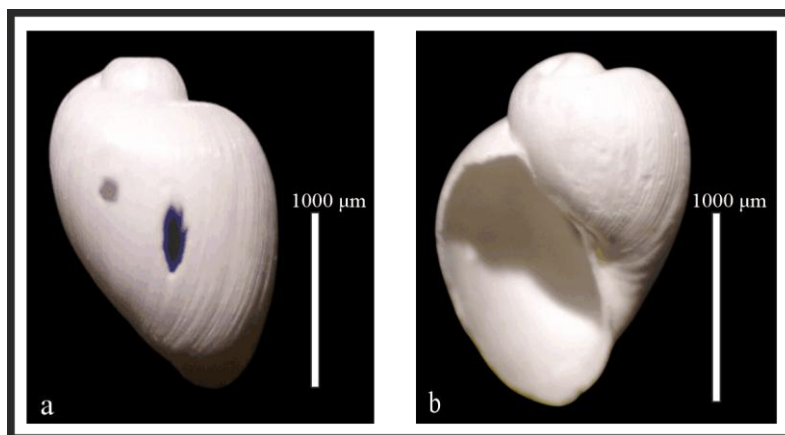


Fig.23 ; *Lymnaea* Lamarck, 1997 : a-Vue ventrale ; b- Vue dorsale (Échantillon DSA 22).

Hydrobia W. Hartmann, 1821

j. *Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805)

(Fig.24)

Diagnose

Coquille en forme de petit cône à haute spire. Tours de spire aplatis à sutures peu profondes. Operculée. Animal généralement sombre avec des zones ovales claires sur le museau et des tentacules clairs portant une marque noire en forme de cône inversé près de l'extrémité. Très localisée et rare dans les lagunes côtières. 3-5 mm (**Fig.24**).

Écologie

On la trouve dans les lagunes côtières où les eaux douces diluent l'eau de mer retenue, pour atteindre une salinité optimale de 10 à 24 ‰ (Fretter et Graham, 1978). Elle vit généralement dans des salinités intermédiaires entre celles de **Peringia ulvae** (espèce entièrement marine) et d'**Ecrobia ventrosa** (espèce d'eau douce), et est vulnérable à la compétition reproductive avec ces deux espèces.

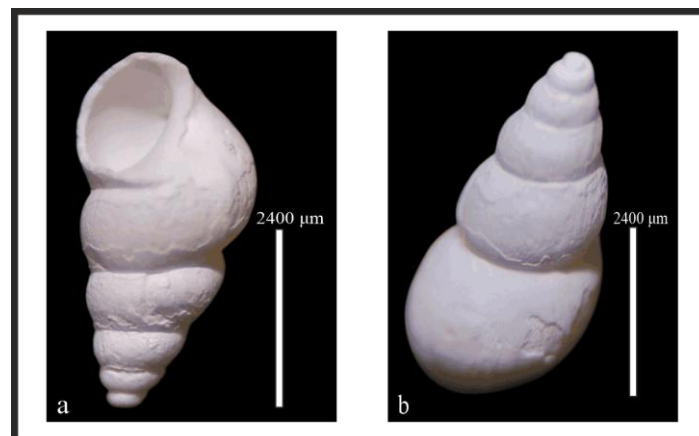


Fig.24 ; *Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805) : a-Vue ventrale ; b- Vue dorsale (Échantillon DSA 22).

k. Pelotes fécales

(Fig.25)

Diagnose

Les Pelotes fécales dans ces niveaux sont de formes allongées sont des déjections produites par en général des gastéropodes lacustres (comme les *Lymnea* ou les *Planorbis* en générale). Cette morphologie cylindrique et allongée, dont la structure est dictée par la forme des intestins des gastéropodes confirme l'observation (Mas & Forons, 2020).

Du point de vue taphonomie (Conservation) Le fait que la pelote soit blanche et crayeuse indique qu'elle a subi une calcification précoce. C'est un phénomène classique dans les lacs dits riches en calcaires, où la matière organique sert de support à la cristallisation du carbonate de calcium.

Le fait de ne trouver ces pelotes fécales que dans un seul niveau parmi six peut indiquer des Conditions de préservation (Taphonomie) particulières :- Ce niveau spécifique a pu bénéficier d'une calcification précoce plus intense (liée à une température de l'eau plus élevée ou à une baisse du niveau du lac), ce qui a "fixé" ces structures fragiles avant leur décomposition ; ou une phase de calme hydrodynamique (Événement de faible énergie) a permis le dépôt de ces éléments légers. (Fig.25).



Fig.25 : Pelotes fécales : a-Vue en profil ; b-Vue en profil ; c-Vue en profil ; d-Vue en profil (Échantillon ABOU (I) B 09).

II. Analyse des données paléontologiques

Cette étude est basée principalement sur une analyse quantitative et qualitative des taxons d'ostracodes rencontrés dans les trois (03) coupes analysées et un aperçu en terme de biodiversité (différents biorestes) dans tous les échantillons.

Les résultats de ces analyses permettent d'apporter une contribution aux travaux antérieurs.

1. Résultat des analyses

1.1. La coupe de Daïet Sidi Ala

Les trois échantillons (DSA 19, DSA 20 et DSA 22) sont en général largement représentés par deux taxons : *Cyprideis torosa* et *Paralimnocythere psammophila* (**Fig.26**). Toutefois la fréquence de ces deux espèces varie d'un échantillon à l'autre.

L'échantillon DSA 19 (Base des trois niveaux) montre une dominance écrasante des *Paralimnocythere psammophila*, représenté par une fréquence de 81,60% avec une présence notable de *Cyprideis torosa* (18,4 %)

L'échantillon DSA 20 montre un phénomène inverse avec une diminution de la fréquence des *Paralimnocythere psammophila*. Ce dernier est relayé par *Cyprideis torosa* qui atteint les 77,70%. Il faut noter aussi l'apparition marquée (8,70%) de *Darwinula stevensoni*, considérée comme caractéristique des milieux d'eau douce à faiblement saumâtres.

L'échantillon DSA 22 (situé au-dessus de la surface de ravinement) est marqué par encore la diminution de *Paralimnocythere psammophila* (3,50%). L'assemblage est donc largement dominé par *Cyprideis torosa*. L'espèce *Darwinula stevensoni* ne représente qu'une très faible fréquence (0,90%).

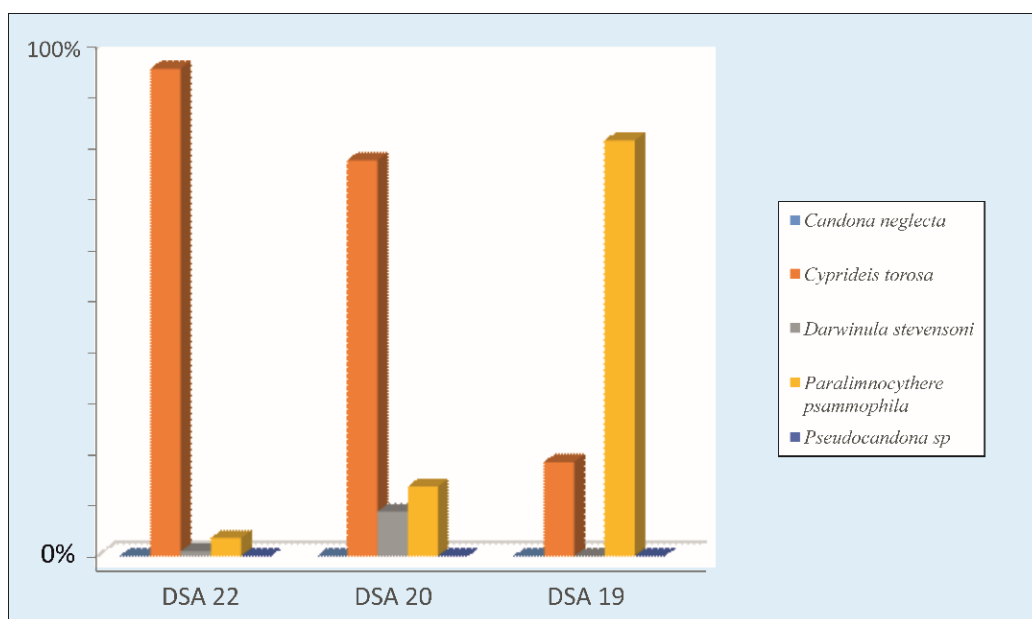


Fig.26 : Fréquence des différents taxons d'ostracodes dans la partie sommitale de la coupe Daïet Sid Ala (DSA).

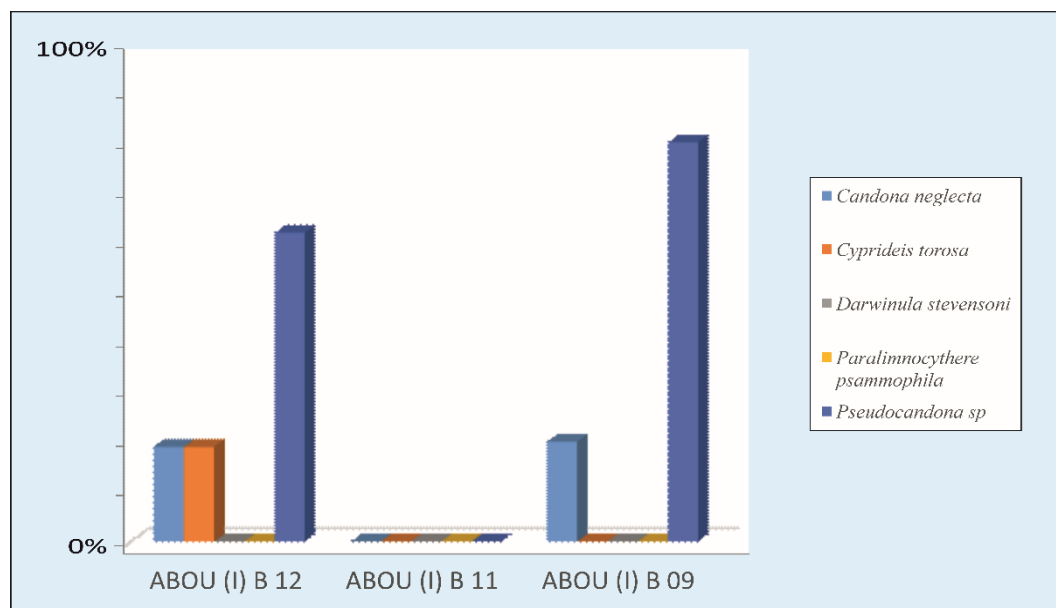
1.2. La coupe de Guern ABOU (I)

Les deux échantillons (Abou (I) B 09, Abou (I) B 12) sont en général représentés par les taxons : *Pseudocandona sp*, *Candona neglecta* et *Cyprideis torosa*. Par contre les *Paralimnocythere psammophila* sont quasi absente (**Fig.27**).

L'échantillon ABOU (I) B 09 (Base des trois niveaux étudiés) montre un assemblage largement dominé par *Pseudocandona* qui représente 80% de la faune. Elle est accompagnée de *Candona neglecta* (20%) (**Fig.27**). Les autres espèces sont totalement absentes.

L'échantillon ABOU (I) B 11 (niveau surmontant la surface de ravinement). Ce niveau se caractérise par une absence totale de faune (ostracodes et gastéropodes) : un niveau stérile paléontologique. Il est à noter que ce niveau fait suite directement à la surface de ravinement.

L'échantillon ABOU (I) B 12, situé sur le précédent niveau stérile m, on assiste à une recolonisation et a une diversification relative. Les *Pseudocandona sp*. Reste dominant mais en net



recul avec 61,70% du total. La fréquence des *Candona neglecta* présente (toujours comme le niveau 09) un pourcentage de 19% (**Fig.27**). Le fait marquant de cet assemblage est l'apparition de *Cypridesis torosa* avec aussi une fréquence de 19%. Tandis que les autres taxons *Darwinula stevensomi* et *Paralimnocythere psammophila* restent absentes.

Fig.27 : Fréquence des différents taxons d'ostracodes dans la partie sommitale de la coupe Guern ABOU (I)

1.3. La coupe de Guern ABOU (II)

Les deux derniers niveaux sommitaux de la coupe de Guern Abou II (échantillons Abou II 06 et 07) sous les calcaires travertineux, sont très particuliers. Ils sont stériles en ostracodes mais riches en microflores siliceuses (diatomées). L'assemblage est dominé par l'espèce benthiques *Campylodiscus clypeus*.

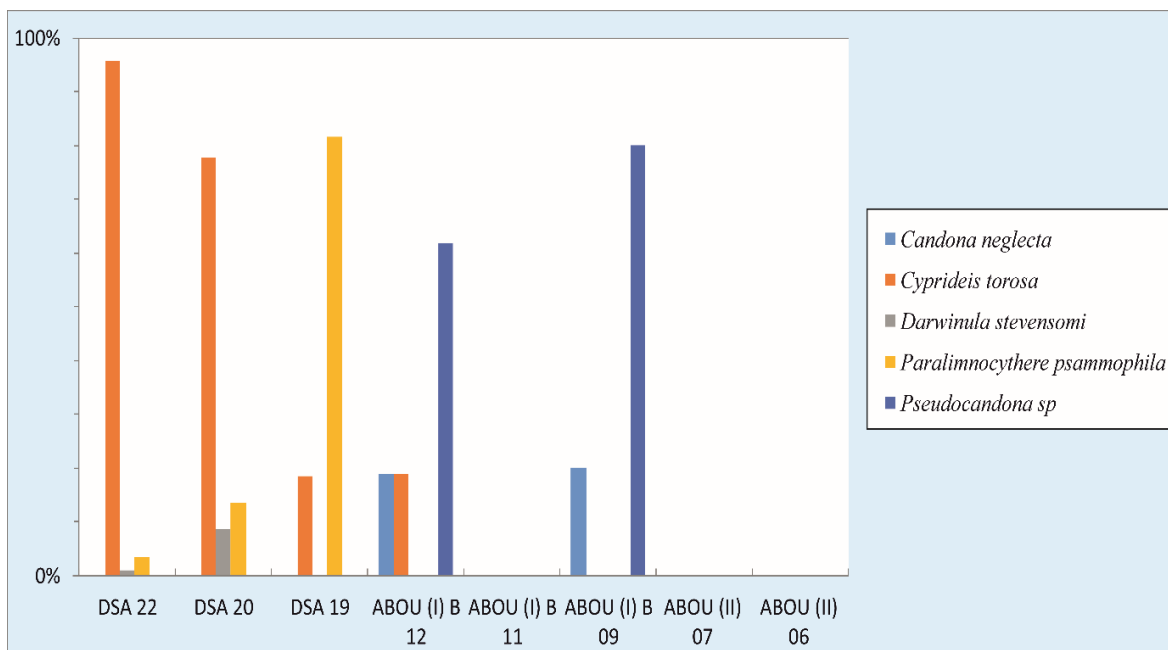


Fig.28 : Fréquence des différents taxons d'ostracodes au niveau des trois coupes : Daïet Sid Ala, Guern ABOU (I) et Guern ABOU (II)

2. Interprétation paléoécologique et paléohydrologique

2.1. La coupe de Daïet Sidi Ala

2.1.1. Les ostracodes

L'association dominée par *Paralimnocythere psammophila* dans l'échantillon (DSA 19) évoque une phase lacustre relativement stable, caractérisée par des eaux peu profondes mais encore suffisamment renouvelées.

Le passage de à *Cyprideis torosa* dans l'échantillon DSA 20 pourrait correspondre à une modification du bilan hydrique du lac avec des fluctuations plus marquées du niveau d'eau et des paramètres (augmentation et diminution de la salinité par évaporation). L'apparition dans ce niveau de *Darwinula stevensoni* conforte l'interprétation car ce taxon est une espèce caractéristique de milieu d'eau douce, milieu à faible minéralisation et à des épisodes de dilution du bassin. Sa présence pourrait donc signaler un épisode de rééquilibrage hydrologique au sein d'une tendance générale à la concentration des eaux et donc une pulsation humide.

Enfin dans l'échantillon DSA 22 surmontant la surface de ravinement, la très forte dominance de *Cyprideis torosa* et la raréfaction des autres taxons témoignent d'un milieu plus contraignant écologiquement et plus sélectif. Cette espèce est connue pour sa grande tolérance aux variations de salinité et aux conditions environnementales fluctuantes. Sa domination quasi exclusive peut donc traduire une augmentation de l'instabilité du milieu et/ou des conditions devenues défavorables aux autres espèces. La surface de ravinement séparant DSA 20 et DSA 22 corrobore ce changement et pourrait alors représenter un événement hydrologique majeur : baisse rapide du niveau lacustre, épisode d'érosion, ou réorganisation du bassin évoluant vers l'aridité.

2.1.2. Les autres organismes.

Les ostracodes sont confrontés aux autres bio indicateurs pour une bonne interprétation : diatomées (notamment *Campylodiscus clypeus*), les gastéropodes (*Planorbarius*, *Hydrobia* et *Limnea*) et les charophytes. À première vue, tous les indicateurs se convergent et traduit une évolution vers un milieu lacustre de plus en plus contraignant, probablement plus instable hydrologiquement.

a. Les diatomées (*Campylodiscus clypeus*)

La présence constante de *Campylodiscus clypeus* dans les trois niveaux suggère un milieu lacustre à alcalinité demeurée relativement et la persistance des conditions littorales peu profondes.

b. Les gastéropodes

L'apparition conjointe de *Hydrobia* et de *Limnaea* dans DSA 22 est particulièrement intéressante et confirme les conditions déjà citées. Habituellement les *Hydrobia* sont très tolérante aux eaux minéralisées et saumâtres par contre les *Limnaea* préfèrent plutôt des eaux continentales permanentes. La coexistence de ces deux taxons suggère probablement des fluctuations importantes et un plan d'eau encore permanent mais devenu plus variable.

c. Les charophytes

La présence continue des oogones de charophytes dans les trois niveaux suggèrent que le milieu reste favorable à la végétation subaquatique malgré les changements enregistrés par les ostracodes.

En conclusion, en intégrant l'ensemble des indicateurs, on distingue au sommet de DSA une évolution d'un lac peu profond à végétation aquatique vers un système plus fermé et plus fluctuant, caractérisé par une minéralisation croissante des eaux mais conservant des habitats littoraux permanents où l'évaporation devient importante pronant pour des conditions précurseurs à l'aridité.

2.2. La coupe de Guern ABOU (I)

L'évolution verticale de la faune et flore permet de retracer l'histoire hydrologique et morphologique de la partie sommitale de cette dépression interdunaire de Guern Abou IB

2.2.1. Les ostracodes

L'association *Pseudocandona* sp. Et *Candona neglecta* dans l'échantillon Abou (I)B 09 est caractéristique d'un milieu lacustre d'eau douce à saumâtre, correspondant à une phase lacustre relativement stable et probablement de profondeur modérée à faible. IL est à noter que *Candona neglecta* préfère particulièrement les eaux calmes, Fraîches à froides et tolère de très faibles augmentations de salinité.

Ce niveau ou phase de sédimentation suggère un environnement lacustre typique des phases humides de l'Holocène inférieur et moyen au Sahara. L'échantillon Abou (I)B 11 est stérile en organisme et la présence d'une surface de ravinement juste au-dessus du niveau sous-jacent Abou (I)B 09 indique une rupture brutale dans la sédimentation. Deux hypothèses peuvent être proposées :

Une première hypothèse hydrodynamique (Érosion/Chenal) : Un événement de haute énergie (crue, modification du réseau hydrographique) a érodé les sédiments antérieurs (ravinement) survenu lors d'une période de crue du l'Holocene Maximum Humide

Une deuxième hypothèse climatique (Assèchement brutal) : correspondant à Un bref épisode d'aridification ayant entraîné l'émersion, le ravinement par déflation éolienne Ce niveau (échantillon Abou (I)B 12) surmontant la surface de ravinement et marqué par la réapparition des *Candona* et des *Pseudocandona* montre le retour à la vie et donc l'installation d'un plan d'eau.

Un fait important dans cette association est l'apparition brutale et la fréquence notable de *Cyprideis torosa* (19 %). Cette espèce étant une forme euryhaline, sa présence avec les candonidés suggère une augmentation de la salinité. Le milieu est donc devenu saumâtre et/ou subissant une forte instabilité saisonnière des eaux (fluctuations du niveau d'eau et concentration des sels par évaporation). Ceci pourrait être un phénomène précurseur à l'événement hydrologique majeur qui est la baisse rapide du niveau lacustre évoluant vers l'aridité.

2.2.2. Les autres organismes.

a. ABOU (I) B 09

La Présence discrète de la diatomée halophile/saumâtre *Campylodiscus clypeu*, la présence du gastéropode d'eau douce *Planorbarius metidjensis*, des fragments de tiges végétales et des pelotes

fécales dans l'échantillon ABOU (I) B 09, montre une phase d'eau douce à faible charge en sels dissous et que ce lac possédait une frange végétale palustre ou herbiers immergés (fragments de tiges) colonisée par des gastéropodes (*Planorbarius metidjensis*). Les pelotes fécales témoignent d'une activité biologique intense (benthique/endobenthique) dans le sédiment.

b. ABOU (I) B 11

Ce niveau étant stérile en ostracodes est marqué par une nette prolifération de la diatomée *Campylodiscus clypeus* ainsi que, des fragments de tiges et des pelotes fécales très bien préservés. L'absence sélective des ostracodes et des gastéropodes (organes carbonatés) couplée à l'augmentation des diatomées *Campylodiscus clypeus* démontre un phénomène de confinement et de concentration des eaux (évaporation) et donc un milieu lacustre évoluant vers une phase en voie d'assèchement.

La surface de ravinement a probablement isolé une partie du plan d'eau ou modifié la bathymétrie. Le milieu est devenu une zone très peu profonde (présence de débris végétaux), saumâtre et hydrodynamiquement instable, interdisant le développement des ostracodes mais favorisant un bloom de diatomées euryhalines.

c. ABOU (I) B 12

Persistance et abondance de la diatomée *Campylodiscus clypeus* (++) et d'autres diatomées (+). Maintien du gastéropode *Planorbarius metidjensis* (+). Signal majeur : apparition des Charophytes (Oogones) (+), accompagnés de fragments de tiges (+).

Ce niveau montre la mise en place d'un écosystème complexe et stratifié :

L'installation définitive de *Cyprideis torosa* synchrone à l'abondance continue de la diatomée saumâtre *Campylodiscus clypeus* (++) confirme la persistance d'eaux saumâtres à oligohalines soumises à une forte évaporation.

La coexistence de taxons d'eau douce (*Planorbarius*, *Candona*) et saumâtre (*Cyprideis*, *Campylodiscus*) suggère un milieu soumis à de fortes fluctuations saisonnières : des phases d'apports d'eau douce (pluies/crués) alternant avec des phases d'évaporation intense.

2.3. La coupe de Guern Abou II

Les deux derniers niveaux sommitaux de la coupe de Guern Abou II (échantillons Abou II 06 et 07) sont stériles en ostracodes mais riches en microflores siliceuses (diatomées). L'assemblage est dominé par l'espèce benthiques *Campylodiscus clypeus*. Le milieu est devenu une zone très peu

profonde, saumâtre et hydrodynamiquement instable, interdisant le développement des ostracodes mais favorisant un bloom de diatomées euryhalines.

III. Conclusion

L'étude paléontologique basée sur une analyse qualitative et quantitative des biorestes (divers Organismes conservés et récoltés dans les sédiments) de la partie sommitale des dépôts paléolacustres des trois dépression interdunaires (Daeït Sidi Ala ; Guern Abou IB et Guern Abou II, nous a permis d'identifier et déterminer quatre (04) groupes d'organismes ; des ostracodes, des gastéropodes, des diatomées et des charophytes.

L'analyse de la microfaune et microflore a mis en évidence :

- six (06) taxons d'ostracodes ont été déterminés dont un en nomenclature ouverte (le genre *Pseudocandona* sp.) ;
- trois (03) taxons de gastéropodes dont deux espèces (*Hydrobia acuta* et *Planorbarius metidjensis*) et un le genre *Limnaea*.
- parmi les diatomées les plus abondant et plus significatives (biomarqueur) l'espèce *Campylodiscus clypeus* a été identifiée avec toutes ses variations morphologiques (polymorphisme ou morphotype)
- les charophytes représenté par le genre *Chara*

(Tabl.7) Tableau des taxons et de leurs préférences écologiques

Groupe	Taxon	Salinité préférentielle	Environnement / Micro-habitat
Ostracodes	<i>Paralimnocythere psammophila</i>	Eau douce à légèrement saumâtre	Milieux littoraux sur fonds sableux (psammophile).
	<i>Cyprideis torosa</i>	Euryhalin (très tolérant)	Milieux lagunaires et estuariens ; la morphologie des pores reflète la salinité.
	<i>Candona neglecta</i>	Eau euryhaline et eurytherme	Zones benthiques froides, eaux profondes ou sources.
	<i>Candona angulata</i>	Eau douce à légèrement saumâtre	Elle colonise divers milieux tels que les lacs, mares, étangs et lagunes côtières.
	<i>Pseudocandona</i> sp.	Eau douce, bien oxygénée	Lacs, sources et nappes ; habitat principalement benthique.
	<i>Darwinula stevensoni</i>	Eau douce	Eaux calmes et peu profondes, fonds sableux ; espèce cosmopolite.
Diatomées	<i>Campylodiscus clypeus</i>	Saumâtre / alcaline	Milieux benthiques peu profonds ; indicateur de confinement.
		Saumâtre à marine	
Charophytes	<i>Charophytes</i>	Eau douce à saumâtre	Eaux claires, peu profondes bien éclairées et à faible turbidité.
Gastéropodes	<i>Planorbarius metidjensis</i>	d'eau douce à oligosaline	Lagunes, milieux ouverts ou fermés ; benthique.
	<i>Limnaea</i> sp.	Eau douce	Préfère les eaux continentales permanentes.
	<i>Hydrobia acuta</i>	Euryhalin (saumâtre), très tolérant aux eaux minéralisées	Faibles profondeurs, souvent associé aux herbiers.

Du point de vue paléoenvironnemental, le sommet des deux coupes des deux dépressions interdunaires sont à sédimentation caractérisé par trois étapes ou phases hydrodynamiques et paléoclimatiques :

Phase 1 : eau douce à saumâtre Guern Abou (I) B et légèrement plus salé (mésohaline) Daeït Sidi Ala

Phase 2 : crise dynamique, fluctuation, confinement et de concentration des eaux (évaporation) et donc un milieu lacustre évoluant vers une phase en voie d'assèchement. Guern Abou (I) B Daeït Sidi Ala et Guern Abou (II)

Phase 3 : La recolonisation et le changement de milieu fluctuations saisonnières : des phases d'apports d'eau douce (pluies) et ruissellements alternant avec des phases d'évaporation intense. Guern Abou (I) et Daeït Sidi Ala et Guern Abou (II)

Conclusion générale

Trois sites (ou dépressions interdunaires) de la partie nord du Grand Erg Occidental : Daeït Sidi Ala ; Guern Abou (I) et Guern Abou (II) ont fait l'objet d'une étude multi-proxy (Multi-marqueurs) en se basant sur la transition humide/aride et donc sur la partie sommitale de chaque site ou coupe lithologique. Ces différents sites ont été choisis comme modèle car leur contexte géomorphologique et paléohydrologique diversifié, posent de difficiles problèmes d'interprétation des réponses de ces milieux ou des organismes contenus dans les sédiments aux variations climatiques survenues au cours de l'Holocène.

Il s'agit donc d'une étude multi-proxy de tous les biomarqueurs et le but est de mettre en évidence la réponse de ces organismes aux changements climatiques et hydrologiques survenus à la fin Optimum Climatique Holocène (Holocène Maximum Humide).

L'étude paléontologique basée sur une analyse qualitative et quantitative des microfossiles et macrofossiles (biorestes) conservés et récoltés dans les sédiments) de la partie sommitale des dépôts paléolacustres des trois dépression interdunaires (Daeït Sidi Ala ; Guern Abou (I) et Guern Abou (II), nous a permis d'identifier et déterminer quatre (04) groupes d'organismes : des ostracodes, des gastéropodes, des diatomées et des charophytes.

L'analyse de la microfaune et microflore a mis en évidence :

- six (06) taxons d'ostracodes ont été déterminés dont un en nomenclature ouverte (le genre *Pseudocandona* sp.) ;
- trois (03) taxons de gastéropodes dont deux espèces (*Hydrobia acuta* et *Planorbarius metidjensis*) et un le genre *Limnaea*.
- parmi les diatomées les plus abondant et plus significatives (biomarqueur) l'espèce *Campylodiscus clypeus* a été identifiée avec toutes ses variations morphologiques (polymorphisme ou morphotype)
- les charophytes représenté par le genre *Chara*.

Les résultats obtenus à montrer que ces organismes répondent bien aux changements climatiques et hydrologiques et ceci se traduisant par la composition des association d'ostracodes et d'assemblage de tous les organismes. Le sommet des trois coupes des trois dépressions inter dunaires sont à sédimentation caractérisé par trois étapes ou phases hydrodynamiques et paléoclimatiques :

(Tabl.8 ; fig.29)

- phase 1 : eau douce à saumâtre (oligohaline à mésohaline) pour Guern Abou (I) et Légèrement plus salé (mésohaline) pour Daeït Sidi Ala

- phase 2 : fluctuation, confinement et de concentration des eaux (évaporation) et donc un milieu lacustre évoluant vers une phase en voie d'assèchement pour Guern Abou (I) et Guern Abou (II) ; appelé le plus souvent « Crise dynamique »

- phase 3 : La recolonisation et le changement de milieu fluctuations saisonnières : des phases;apports;eau douce (pluies) et ruissellements alternant avec des phases;évaporation Intense dans les trois sites Daeït Sidi Ala Guern Abou (I), et Guern Abou (II).

Dans cette partie sommitale (phase 3) des coupe lacustre, cette transition vers un milieu plus salé/instable annonce très probablement le début de; aridification à la fin climatique holocène, menant vers le retrait définitif du lac et;installation des conditions désertiques actuelles dans le Grand Erg Occidental.

Tabl.8 évolutions de la sédimentation des dépôts sommitaux des trois coupes étudiées (Daeït Sidi Ala Guern Abou (I), et Guern Abou (II).)

Phases	Assemblage faunique (Biorestes) biomarqueurs	Caractéristiques
Phase 3 Recolonisation et changement de milieu. « Lac très peu profond plus fermé »	Ech. ABOU (I) B 12, DSA 22 et Travertins (ABOU II) <i>Cypredeis torosa</i> <i>Paralymnocythere psammophila</i> <i>Darwinula stevensoni</i> <i>Campylodiscus clypeus</i> (Diatomées) <i>Planorbarius metidjensis</i> <i>Hydrobia acuta</i> <i>Limnea lamarck</i> Charophytes et fragments de tiges	Périodes d'apports d'eau douce (pluies) et ruissellements alternant avec des périodes d'évaporation intense



Phases	Assemblage faunique (Biorestes) biomarqueurs	Caractéristiques
Phase 2 Phase de transition « Crise hydrodynamique »	Ech. ABOU (I) B 12 et ABOU (II) 06, ABOU (II) 07 Absence d'ostracodes <i>Campylodiscus clypeus</i> (Diatomées) Fragments de tiges Pelotes fécales	Fluctuations hydrologiques, confinement et de concentration des eaux (évaporation). Phase en voie d'assèchement



Phases	Assemblage faunique (Biorestes) biomarqueurs	Caractéristiques
Phase 1 Lac peu profond	Ech. ABOU(I) B 09, DSA 19, DSA 20 <i>Paralymnocythere psammophila</i> <i>Candona angulata</i> , <i>Candona neglecta</i> , <i>Darwinula stevensoni</i> <i>Cypredeis torosa</i> <i>Planorbarius metidjensis</i> Charophytes et fragments de tiges	Eau douce à saumâtre Salinité faible à modérée (oligohaline à mésohaline) Végétation aquatique abondante

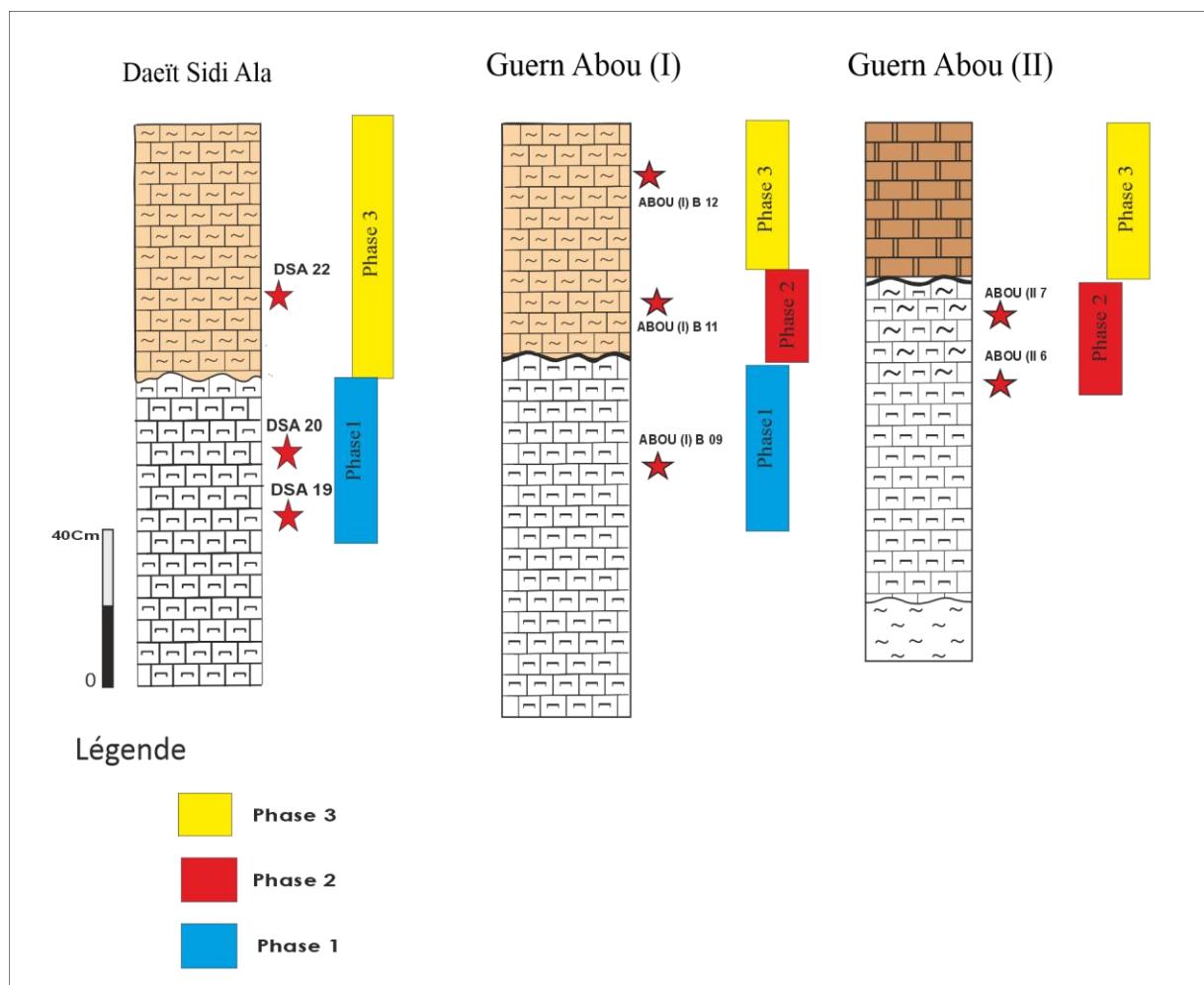


Fig.29 : les différentes phases de la sédimentation de la partie sommitale des trois coupes étudiées

Références bibliographiques

- Alimen, H. (1957).** Tertiaire et Villafranchien au Sahara nord-occidental. *Comptes rendus sommaires de la Société géologique de France*, 238–240.
- Atik, A. (2015).** *Analyse préliminaire des biorestes d'une sédimentation lacustre holocène en bordure nord du Grand Erg Occidental : Exemple de la butte témoin de Guern El Loulaïlat* [Mémoire de master, Université d'Oran].
- Bachiri, N. (2016).** *Les dépôts lacustres holocènes de Sebkhet El Mehouch (Grand Erg Occidental) : Étude lithologique, morphoscopique et analyse des biorestes* [Mémoire de master, Université d'Oran].
- Bezzeghoud, B. (2009).** *La microflore diatomique et paléoenvironnement des dépôts lacustres holocènes de Hassi El Medjna (Grand Erg Occidental, Algérie)* [Mémoire de magister, Université d'Oran].
- Bezzeghoud, B., Mansour, B., Mahboubi, M., Belkebir, L., & Bessedik, M. (2011a).** Les assemblages diatomiques des dépôts lacustres holocènes de Hassi El Medjna (Grand Erg Occidental, Algérie). *RQM6*, Tanger, Maroc, 17–19 novembre [Résumé].
- Bezzeghoud, B., Mansour, B., Mahboubi, M., Belkebir, L., & Bessedik, M. (2011b).** La microflore diatomique des dépôts lacustres holocènes de Hassi El Medjna (Grand Erg Occidental, Algérie). *30e Colloque de l'ADLaF*, Boulogne, France, 6–8 septembre [Résumé].
- Callot, Y. (1984).** Dépôts lacustres et palustres quaternaires de la bordure nord du Grand Erg Occidental (Algérie). *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série II*, 299(19).
- Callot, Y. (1987).** *Géomorphologie et paléoenvironnements de l'Atlas Saharien au Grand Erg Occidental : Dynamique éolienne et paléo-lacs holocènes* [Thèse de doctorat d'État, Université Pierre-et-Marie-Curie (Paris 6)]. *Mémoires des Sciences de la Terre*, 87–21.
- Callot, Y. (1988).** Évolution polyphasée d'un massif dunaire subtropical : Le Grand Erg Occidental (Algérie). *Bulletin de la Société géologique de France*, 6, 1073–1079.
- Callot, Y. (1991).** Histoire d'un massif de dunes, le Grand Erg Occidental (Algérie). *Sécheresse*, 2, 26–39.
- Callot, Y., & al. (2000).** Geomorphologic approach for modeling the surface features of arid environments in a model of dust emissions: Application to the Sahara desert. [*Référence à compléter*], 13, 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. *Géomorphologie : Relief, processus, environnement*, (3), 187–200.
- Carbonnel, G., & Ballesio, R. (1982).** *Les ostracodes pliocènes du Sud-Est de la France*. Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon, 85, 113 p.

-
- Carvalho, L. R., Sims, P. A., Battarbee, R. W., Cox, E. J., & Juggins, S. (1995).** *Campylodiscus clypeus* (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing in inland saline lakes. In *Proceedings of the 13th International Diatom Symposium*.
- Chavaillon, J. (1964).** *Les formations quaternaires du Sahara nord-occidental*. Publications du Centre de recherches sur les zones arides, CNRS, Série Géologie, 5.
- Conrad, G. (1969).** *L'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algérien (Saoura, Erg Chech, Tanezrouft, Ahnet-Mouydir)*. Publications du Centre de recherches sur les zones arides, CNRS, Série Géologie, 10.
- Ehrenberg, C. G., & Kützing, F. T. (1844).** *Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen*. Nordhausen.
- Gasse, F. (1986).** *East African diatoms*. *Bibliotheca Diatomologica*, 11, 1–201.
- Gardette, D. (1979).** *Apport de l'étude des diatomées et des silicoflagellés à la biostratigraphie : Reconstitution du Messinien de Méditerranée : Analyse de quelques tripolis du passage Mio-Pliocène à Chypre, en Crète et au Maroc* [Thèse de doctorat de 3e cycle, Université Paris-Sud].
- Karanovic, I. (2012).** *Recent freshwater ostracods of the world: Crustacea, Ostracoda, Podocopa*. Springer.
- Kützing, F. T. (1844).** *Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen*. Nordhausen.
(<https://www.algaebase.org/>)
- Mahboubi, R. (2021).** *Les dépôts holocènes de Sebket El Mehouch (Grand Erg Occidental) : Biorestes et paléoenvironnement* [Mémoire de master, Université d'Oran].
- Mansour, B., Sidi Yakoub-Bezzeghoud, B., Hamadai, A., Mahboubi, M., Belkebir, L., & Mammeri, C. (2014).** Les dépôts lacustres holocènes de la bordure nord de l'Erg Occidental (Sahara occidental, Algérie) : Diatomées et reconstitution paléoenvironnementale. *33e Colloque de l'ADLaF*, Clermont-Ferrand, France, 7–10 octobre, 45 [Résumé].
- Meisch, C. (2000a).** *Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe*. Spektrum Akademischer Verlag.
- Meisch, C. (2000b).** Revision of the recent Western European species of the genus *Potamocypris* (Crustacea, Ostracoda). Part I: Species with short swimming setae on the second antennae. *Travaux scientifiques du Musée d'Histoire naturelle de Luxembourg*, 33, 1–55.
- Mennad, S. (2016).** *Les dépôts fluvio-lacustres holocènes de la région de Hassi El Aez (Grand Erg Occidental) : Diatomées et dynamique sédimentaire* [Mémoire de master, Université d'Oran 2].
- Müller, G. W. (1900).** Deutschlands Süßwasser-Ostracoden. *Zoologica*, 30, 1–112.
- Sars, G. O. (1887).** Nye bidrag til kundskaben om Middelhavets invertebratfauna: IV. *Ostracoda mediterranea* (Sydeuropæiske ostracoder). *Archiv for Mathematik og Naturvidenskab*, 12, 173–324.
- Smith, D., & Horne, D. (2002).** Ecology of marine, marginal marine and nonmarine ostracodes. *Geophysical Monograph Series*, 131, 37–64.

Witkowski, A., Lange-Bertalot, H., & Metzeltin, D. (2000). *Diatom flora of marine coasts I.* Iconographia Diatomologica, 7, 1–925.

LISTE DES FIGURES

Fig.1 : Cadre géographique générale de Grand Erg Occidental. (Callot 1991).....	2
Fig.2 : A : cadre géographique générale de le grand erg occidentale (Callot,1987 et Saci,2016 <<modifiée>>). ; B : Photo satellitaire des trois sites (DSA, ABOU I et ABOU II).	3
Fig.3 : Déférentes méthodes de travail.	6
Fig.4 : Le frottis (d'après Mansour).et. <<modifiée>>	7
Fig.5 : Traitement physico-chimique des échantillons, B : Mantage des lames) (d'après Gardet, 1979, Gersond, 1980 et Mansour, 1991 et Saci, 2016 avec quelques modifications).in hamadai	8
Fig.6 : a : Photo satellitaire des trois coupes ; b : Ps la coupe de D'aïet Sidi El Ala ; c : Ps la coupe de Guern Abou I ; d : Ps la coupe de Guern Abou II.....	11
Fig.7 : A : vue panoramique de la coupe d'étude ; B : La coupe De D'aïet Sidi Ala	13
Fig.8 : A : vue panoramique de la coupe d'étude B : La coupe de Guern Abou (I)	15
Fig.9 : A : vue panoramique de la coupe d'étude ; B : coupe de Guern Abou (II)	17
Fig.10 : Paralimnocythere psammophila (Flössner, 1965) :.....	23
Fig.11 : Cyprideis torossa (Jones, 1850) :	28
Fig.12 : La forme des pores de chez Cyprideis torosa : a- pores sub allongés ; b- pores sub arrondis. Modifier (d'après Rosenfeld et Vesper, 1977) « modifié ».	28
Fig.13 : L'espèce présente deux morphotypes : un morphotype caractérisé par un bord ventral rectiligne, et un morphotype à bord ventral sigmoïdal (d'après Grossi l et All, 2016) « modifié ».	28
Fig.14 : Candona neglecta G.O. Sars, 1887 :	29
Fig.15 : Candona angulata G.W. Müller, 1900 :	30
Fig.16 : Pseudocandona sp :	31
Fig.17 : Darwinula stevensoni (Brady & Robertson, 1870) :	32
Fig.18 : Épines d ostracode a- phase externe ; b- phase interne (Échantillon ABOU (I) B 11).	32
Fig.19 : Campylodiscus clypeus (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing, 1844 : les différents morphotypes Campylodiscus clypeus ; a-i : vue au microscope optique ; j-l : vue au microscope électronique à balayage (MEB).	35

Fig.20 : Les diatomées pennées le quel est avec les <i>Campylodiscus clypeus</i> : a- <i>Navicula oblonga</i> kutw, 1844 ; b- <i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1853 ; c- <i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kutzing, 1844 ; d- <i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kutzing, 1844	36
Fig.21 : Charophytes (Oogane) :	38
Fig.22 : <i>Planorbarius metidjensis</i> (Fobres, 1838) :	38
Fig.23 : <i>Lymnaea</i> Lamarck, 1997 :	39
Fig.24 : <i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805) :	40
Fig.25 : Pelotes fécales :	41
Fig.26 : Fréquence des différents taxons d'ostracodes dans la partie sommitale de la coupe Daïet Sid Ala (DSA)	42
Fig.27 : Fréquence des différents taxons d'ostracodes dans la partie sommitale de la coupe Guern ABOU (I)	43
Fig.28 : Fréquence des différents taxons d'ostracodes au niveau des trois coupes : Daïet Sid Ala, Guern ABOU (I) et Guern ABOU (II)	43
Fig.29 : les différentes phases de la sédimentation de la partie sommitale des trois coupes étudiés	52

LISTE DE TABLEAUX

Tabl.1 : Synthèse des données radiochronologiques relatives aux éléments préhistoriques et événements climato sédimentaires de l'Ouest du Sahara algérien au cours du Plio-Quaternaire (d'après Conrad, 1969) « Modifié »	4
Tabl.2. Répartition relative des différents organismes rencontrés de plusieurs niveaux sommitaux des trois coupes choisies pour cette étude (+ moins abondante, ++ abondante, +++ très abondante).21	
Tabl.3. La systématique des différents genres et espèces d'ostracodes	23
Tabl.4. La systématique des diatomées (<i>Campylodiscus clypeus</i>)	33
Tabl.5. La systématique des Charophytes	36
Tabl.6. La systématique des différents genres des mollusques	38
Tabl.7. Tableau des taxons et de leurs préférences écologiques	48
Tabl.8 évolutions de la sédimentation des dépôts sommitaux des trois coupes étudiées (Daeït Sidi Ala Guern Abou (I), et Guern Abou (II).)	51