

**UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES**



Mémoire de  
**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine** : Sciences de la nature et de la vie  
**Filière** : Ecologie et environnement  
**Spécialité** : Ecologie végétale et environnement  
**Présenté par** : M<sup>elle</sup> BEN CHEROUDA Fatma  
M<sup>elle</sup> HADJADJ Khaoula

*Thème*

**Contribution à l'étude des microfossiles de paléolacs Holocènes  
du Sahara septentrional (Cas de la région de Ouargla)**

**Soutenu publiquement**

Le : 27 /06/2018

**Devant le jury :**

Président	M. DADDI BOUHOUN M.	Professeur	UKM Ouargla
Promoteur	Mme. YUCEF F.	Maître de conférences B	UKM Ouargla
Co-Promoteur	M. HAMDI-AISSA B.	Professeur	UKM Ouargla
Examineur	M. DJILI B.	Maître assistant A	UKM Ouargla

**Année universitaire : 2017/2018**



**UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES**



Mémoire de

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine** : Sciences de la nature et de la vie

**Filière** : Ecologie et environnement

**Spécialité** : Ecologie végétale et environnement

**Présenté par** : M<sup>elle</sup> BEN CHEROUDA Fatma

M<sup>elle</sup> HADJADJ Khaoula

*Thème*

**Contribution à l'étude des microfossiles de paléolacs Holocènes  
du Sahara septentrional (Cas de la région de Ouargla)**

**Soutenu publiquement**

**Le : 27 /06/2018**

**Devant le jury :**

Président	M. DADDI BOUHOUN M.	Professeur	UKM Ouargla
Promoteur	Mme. YUCEF F.	Maître de conférences B	UKM Ouargla
Co-Promoteur	M. HAMDI-AISSA B.	Professeur	UKM Ouargla
Examineur	M. DJILI B.	Maître assistant A	UKM Ouargla

**Année universitaire : 2017/2018**

## *Dédicaces*

*Les plus anciens sincères dédicaces à tous ceux qui m'ont aidé dans ce travail,*

*et donnent tout inclination et appui et augmente mon moral.*

*Je dédie ce travail premièrement à celle qui veille la nuit et misite et lutte pour*

*que j'arrive à ce niveau d'étude. Celle qui est mon amour et mon amie et ma*

*frangine: ma chère mère.*

*Le plus précieux dédicace à mon cher père qui m'a soutenu et m'a conseillé pour*

*terminer ce travail.*

*À mes chers frères (mes amis) qui m'ont toujours conseillé tout au long de ce*

*travail.*

*Sans oublier mon binôme Fatma qui est avec moi dans toutes les conditions, et*

*tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.*

*Hadjadj Khacoua*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à mes parents : Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, qu'elle reçoit à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude. Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures, Milsoud, mes aimables amis Faiza, Ikram et Maria collègues d'étude.*

*Mes frères et sœurs et leurs enfants qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*

*Sans oublier mon binôme K. hacula qui est avec moi dans toutes les conditions, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.*

*Ben cherouda Fatma*

## *Remerciements*

*Avant tout, je remercie ALLAH tout puissant, de m'avoir accordé la force, le courage, la volonté et la patience pour terminer ce travail.*

*Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadreur, Madame YOUSSEF Fouzia, Maître de conférences B, au département des Sciences Agronomiques à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Kasdi Merbah, pour son insassable énergie, sa gentillesse, sa disponibilité, son dévouement, ses encouragements indispensables, son aide précieuse et son optimisme à toute épreuve. Nous lui sommes reconnaissant de nous avoir donné la magnifique opportunité de réaliser cette étude. Merci pour tout Madame.*

*Nous remercions aussi notre Co-encadreur, Monsieur HAMDJ ASSA B. Professeur au département des Sciences Agronomiques à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Kasdi Merbah.*

*Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements aux membres du jury : Monsieur DADDJ BOUHOUM M. Professeur au département des Sciences Agronomiques à la faculté des Sciences de la Nature et de la*

*Vie de l'université Kasdi Merbah, qui nous a fait l'honneur de présider ce jury.*

*Nous remercions spécialement Monsieur D ILLI B. Maître assistant « A » au département des Sciences à la faculté des Sciences Agronomiques à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Kasdi Merbah pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

*Nous remercions toutes les personnes qui travaillent dans les labos scientifiques de l'université Kasdi Merbah.*

*Nous remercions tous ceux qui nous ont rendu service et qui ont contribué de près ou de loin pour accomplir ce travail.*

*Ben cherouda Fatma et Hadjadj Khacoula*

### *Liste des tableaux*

Tableau	Titre	Page
01	Données climatiques de la région d'Ouargla (2007-2017).	18
02	Résultats de la matière organique de la coupe PLNA.	40
03	Abondance du contenu micropaléontologique de la coupe PLNA.	42
04	Abondance relative des diatomées de la coupe PLNA.	45
05	Résultats de la matière organique de la coupe PLNB.	47
06	Abondance du contenu micropaléontologique de la coupe PLNB.	49
07	Abondance relative des diatomées de la coupe PLNB.	52
08	Résultats de la matière organique de la coupe PLNC.	54
09	Abondance du contenu micropaléontologique de la coupe PLNC.	56
10	Abondance relative des diatomées de la coupe PLNC.	58
11	: Résultats de la matière organique de la coupe PLND.	60
12	Abondance du contenu micropaléontologique de la coupe PLND.	62
13	Abondance relative des diatomées de la coupe PLND	63
14	Valeurs biométriques des gyrogonites du paléolac de la région de Ouargla établies d'après les mesures de 100 spécimens.	65
15	Espèces de diatomées identifiées dans le site étudié.	68

## *Liste des figures*

Figure	Titre	Page
01	Anatomie d'un Ostracode vivant (femelle) et d'une valve d'ostracode (Laboratoire de Micropaléontologie de l'UPMC) (MATHIEU et <i>al.</i> , 2011).	10
02	Charophytes	12
03	Morphologie du frustule des diatomées centrique et pennée (BEZZEGHOUD 2009).	15
04	Carte géographique d'Algérie	17
05	Diagramme ombrothermique de la région de Ouargla (2007-2017).	20
06	Climagramme d'EMBERGER pour la région de Ouargla	21
07	Localisation des coupes étudiées (PLNA, PLNB, PLNC et PLND) (Google earth, 2016).	28
08	Paramètres pour la mesure et la description de gyrogonites.	34
09	Configuration basale des gyrogonites.	34
10	Configuration apicale des gyrogonites.	35
11	Profil de la matière organique de la coupe PLNA.	41
12	Abondance des gyrogonites, des ostracodes et des gastéropodes en fonction de la profondeur pour la coupe PLNA.	43
13	Profil de la matière organique pour la coupe PLNB.	48
14	Abondance des gyrogonites, des ostracodes et des gastéropodes en fonction de la profondeur pour la coupe PLNB.	50
15	Profil de la matière organique de la coupe PLNC.	55
16	Abondance des gyrogonites, des ostracodes et des gastéropodes en fonction de la profondeur pour la coupe PLNC.	57
17	Profil de la matière organique de la coupe PLND.	61
18	Abondance des gyrogonites, des ostracodes et des gastéropodes en fonction de la profondeur pour la coupe PLND.	62

19	Histogrammes de la longueur des 100 gyrogonites.	66
20	Histogrammes de la largeur des 100 gyrogonites	66
21	Histogrammes de LSP (la mesure entre les stries des gyrogonites) des 100 gyrogonites.	67

### *Liste des photos*

Photo	Titre	Page
01	La coupe PLNA	29
02	La coupe PLNB	29
03	La coupe PLNC	29
04	La coupe PLND	29
05	Prélèvement des échantillons	30
06	Gyrgonite et ostracode observés au niveau de la coupe PLNA (G X30).	42
07	Graine observé au niveau de la coupe PLNA (G X30).	42
08	Ossement observé au niveau de la coupe PLNA (G X30).	42
09	Diatomiée centrique de la coupe PLNA(GX60).	44
10	Diatomée pennée de la coupe PLNA (GX40).	44
11	Diatomées pennées de la coupe PLNA (GX60).	44
12	Gyrgonite observé au niveau de la coupe PLNB (G X30).	48
13	Gastéropode observé au niveau de la coupe PLNB (G X30).	49
14	Graine observé au niveau de la coupe PLNB (G X30).	49
15	Ossement dans la coupe PLNB (G X30)	49
16	Diatomée centrique de la coupe PLNB (GX60).	50
17	Diatomée pennée de la coupe PLNB (GX60).	51
18	Diatomée pennée de la coupe PLNB (GX60).	51
19	Diatomée pennée de la coupe PLNB (GX60).	51
20	Microfossiles et fossiles observés au niveau de la coupe PLNC (G X30).	55
21	Diatomée pennée de la coupe PLNC (GX60).	57
22	Diatomée pennée de la coupe PLNC (GX60).	57
23	Microfossiles et fossile observés au niveau de la coupe PLND	61

	(G X15).	
24	Diatomée pennée de la coupe PLND (GX60).	64
25	Diatomée pennée de la coupe PLND (GX60)	64
26	Diatomée pennée de la coupe PLND (GX60).	64

## *Liste des abréviations*

U.S.A. : United State of America

NNE : Nord Nord Est

SSW : Sud Sud West

NW : Nord West

BP : Before Present

D.P.A.T : Direction de planification et l'aménagement de territoire.

N : nombre

MIN : minimale

MAX : maximale

MOY : moyenne

pH : Potentiel Hydrogène

M.O: Matière Organique

## Table de matières

Introduction .....	1
--------------------	---

### *Partie I : Synthèse bibliographique*

Chapitre I : Généralités sur la micropaléontologie .....	6
I.1. La définition de paléontologie .....	6
I.1.1. Paléontologie des invertébrés.....	6
I.2. Paléolac .....	6
I.3. La micropaléontologie .....	6
I.3.1. Les microfossiles .....	7
I.3.1.1. Microfossiles d'origine animale .....	8
I.3.1.1.1. Les ostracodes .....	8
I.3.1.1.1.1. La classe des ostracodes .....	8
I.3.1.1.1.2. Morphologie .....	9
I.3.1.1.1.3. Ecologie.....	10
I.3.1.2. Microfossiles d'origine végétale.....	10
I.3.1.2.1. Les charophytes .....	10
I.3.1.2.1.1. Appareil reproducteur .....	11
I.3.1.2.1.2. Écologie.....	12
I.3.1.2.2. Les diatomées .....	12
I.3.1.2.2.1. Classification .....	13
I.3.1.2.2.2. Intérêts .....	13
I.3.1.2.2.3. Morphologie .....	14
I.3.1.2.2.4. Reproduction.....	14
Chapitre II : Présentation de la région d'étude.....	16
II.1. Localisation géographique de la région d'étude.....	16
II.2. Etude des paramètres climatiques.....	17
II.2.1. Précipitations .....	18
II.2.2. Températures.....	18
II.2.3. Vent.....	18
II.2.4. Evaporation .....	18

II.2.5. Humidité de l'air .....	18
II.2.6. Insolation.....	18
II.2.7. Synthèse climatique.....	18
II.2.7.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen .....	18
II.2.7.2. Classification bioclimatique .....	19
II.3. Reliefs .....	20
II.4. Sol .....	21
II.5. L'Hydrogéologie.....	21
II.5.1. Nappe du Continental Intercalaire (CI).....	21
II.5.2. Nappe du Complexe Terminal (CT) .....	22
II.5.3. Nappe phréatique .....	22
II.6. Hydrologie superficielle d'Ouargla .....	23
II.6.1. Oued Mya.....	23
II.6.2. Oued N'sa et Oued M'Zab .....	23
II.7. La Géologie .....	23

*Partie II expérimentale*

Chapitre III: Matériel et méthodes .....	27
III.1-Présentation des sites étudiés .....	27
III.2. Description des méthodes mises en œuvre.....	30
III.2.1. Sur terrain .....	30
III.2.1.1. Prélèvement des échantillons .....	30
III.2.2. Au laboratoire .....	30
III.2.2.1. Etudes des charophytes .....	31
III.2.2.1.1. Identification des charophytes.....	32
III.2.2.2. Etudes des diatomées.....	34
III.2.2.2.1. Traitements physico-chimiques .....	34
a)- Les étapes de traitements physico-chimique des échantillons .....	34
III.2.2.2.2. Montage des lames .....	35
III.2.2.2.3. Identification des espèces de diatomées .....	35
III.2.2.3. Matière organique .....	36
Chapitre IV : Résultats et discussion.....	38

<b>IV.1. Résultats</b> .....	<b>38</b>
<b>IV.1.1. Coupe PLNA</b> .....	<b>38</b>
<b>IV.1.1.1. Dosage de la matière organique pour la coupe PLNA</b> .....	<b>38</b>
<b>IV.1.1.2. Résultats de la micropaléontologie pour la coupe PLNA</b> .....	<b>40</b>
<b>IV.1.2. Coupe PLNB</b> .....	<b>44</b>
<b>IV.1.2.1. Dosage de la matière organique pour la coupe PLNB</b> .....	<b>44</b>
<b>IV.1.2.2. Résultats de la micropaléontologie pour la coupe PLNB</b> .....	<b>46</b>
<b>IV.1.3. Coupe PLNC</b> .....	<b>52</b>
<b>IV.1.3.1. Dosage de la matière organique pour la coupe PLNC</b> .....	<b>52</b>
<b>IV.1.3.2. Résultats de la micropaléontologie pour la coupe PLNC</b> .....	<b>53</b>
<b>IV.1.4. Coupe PLND</b> .....	<b>58</b>
<b>IV.1.4.1. Dosage de la matière organique pour la coupe PLND</b> .....	<b>58</b>
<b>IV.1.4.2. Résultats de la micropaléontologie pour la coupe PLND</b> .....	<b>59</b>
<b>IV.1.5. Résultats des mesures biométriques des gyrogonites</b> .....	<b>63</b>
<b>IV.1.6. Identification de l'espèce de charophyte dans le site étudié</b> .....	<b>65</b>
<b>IV.1.7. Identification des espèces de diatomées dans le site étudié</b> .....	<b>66</b>
<b>IV.2. Discussion</b> .....	<b>67</b>
<b>IV.2.1. Signification paléoenvironnementale des fossiles et des microfossiles</b> .....	<b>68</b>
<b>IV.2.2. Les caractéristiques des espèces de diatomées identifiées</b> .....	<b>79</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>72</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>74</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>84</b>

# ***Introduction***

### Introduction

Le Sahara s'étend à travers le tiers septentrional du continent africain de l'atlantique à la mer rouge, sur une surface totale de 8 millions de  $\text{Km}^2$  (Le Houerou, 1987). Au sud des Monts de l'Atlas saharien, s'étend le désert du Sahara, qui occupe plus de 2 millions de  $\text{km}^2$ , ou près de 85 % de la superficie de l'Algérie. Le Sahara est le plus grand des déserts, mais également le plus expressif et typique par son extrême aridité, c'est à dire celui dans lequel les conditions désertiques atteignent leur plus grande âpreté (Toutain, 1979; Ozenda, 1991). C'est là où les conditions climatiques atteignent leur plus grande sévérité (Seltzer, 1946; Dubief, 1959). Le Sahara est subdivisé en ; Sahara septentrional, méridional, central et occidental (Dubief, 1952).

Le Sahara septentrional avec 1 million de  $\text{km}^2$  est soumise à un extrême du climat méditerranéen, où les pluies surviennent toujours en hiver. Il se présente comme une zone de transition entre les steppes méditerranéennes nord africaines et le Sahara central. La pluviosité à laquelle il est soumis est comprise entre 50 et 100 mm (Chehema, 2011).

Le Sahara a-t-il toujours été aride ? La réponse à cette question sera certainement négative. En fait, on connaît depuis longtemps que les régions appartenant à cette partie de la terre ont connues des conditions environnementales différentes de celles qui règnent aujourd'hui, et qui font du Sahara une des régions où les conditions de vie ne permettent l'existence qu'à un petit nombre d'espèces animales et végétales (Youcef, 2016).

Au cours de l'Holocène, c'est-à-dire les 11500 dernières années, le climat de l'Afrique du Nord a connu d'importants changements. Alors qu'aujourd'hui le Sahara est le plus vaste désert du monde, il y avait un « Sahara Vert » au début de l'Holocène, du fait d'importantes précipitations liées à la migration vers le Nord de la zone de convergence intertropicale, sous l'effet d'une augmentation de l'insolation estivale dans l'hémisphère nord (Bard, 2014).

En effet, les reconstitutions climatiques font appel aux archives naturelles qui permettent de caractériser l'histoire de la terre. Ces dernières regroupent entre autres celles incluses dans les carottes océaniques, les sédiments lacustres, les carottes de glaces polaires, les dépôts coralliens et les paléolacs susceptibles d'enregistrer les informations les plus diverses relatives aux changements globaux (Assi-Kaudjhis et *al.*, 2010). Les sédiments donc, contiennent un ensemble de documents considérables pour la connaissance de l'environnement et de l'évolution du climat (Miskovesky et Debard, 2002).

Les changements climatiques actuels se manifestent de façon de plus en plus prononcée, ce qui rend l'étude des changements anciens plus qu'importante: "le passé est la clé du futur". Dans ce contexte, les régions sahariennes présentent un atout pour les études de l'évolution des paléoenvironnements, surtout par la rareté des précipitations qui permet une bonne conservation des indicateurs de changements anciens (Youcef, 2016). En fait, des études sur des sites de paléolacs au Sahara (Gibert, 1989 ; Lezine, 1993 ; Hoelzmann et *al.*, 2000 ; Youcef et Hamdi-Aïssa , 2014 ; Lecuyer et *al.*, 2016 in youcef 2016) ont montrées l'importance de ces sédiments pour la reconstitution du paléoenvironnement.

Dans la région de Ouargla, les études antérieurs (Marmier et *al.*, 1972 ; BOYE et *al.*, 1978 ; Gibert, 1989 in youcef 2016 ; Soulie-Märsche, 2008 in youcef 2016 ; Youcef et et Hamdi-Aïssa , 2014) ont montrées l'existence de paléolacs qui ont permis la reconstitution de quelques changements paléoenvironnementaux qui ont touchés la région durant le Quaternaire.

L'objectif principal de ce travail consiste à étudier les microfossiles d'un paléolac de la région de Ouargla pour connaître la composante biotique qui a peuplée ces milieux à l'Holocène et de ce fait reconstituer les conditions paléoenvironnementales de la région de Ouargla durant cette période.

Le travail de ce mémoire est basé sur un travail au laboratoire à partir l'identification des Charophytes par un tri des microfossiles et traitement physico-chimique pour l'identification des diatomées.\*

Cette étude est subdivisée en quatre chapitres :

- ❖ Un premier chapitre, qui s'intéresse à des généralités sur la paléontologie et les microfossiles;
- ❖ Un deuxième chapitre est consacré à la présentation de la région d'étude;
- ❖ Un troisième chapitre présentant le matériel et les méthodes d'étude;
- ❖ Un quatrième chapitre s'intéressant à la présentation des résultats obtenus et leur discussion.



*Partie I*  
*Synthèse*  
*bibliographique*

# *Chapitre I*

*Généralités sur la  
micropaléontologie*

## Chapitre I : Généralités sur la micropaléontologie

### I.1. La définition de paléontologie

La définition de paléontologie est explicite si on s'intéresse à l'étymologie du mot. Le terme est en effet constitué de trois mots grecs :

Paléo, du grec *palaios* (παλαιος) qui signifie ancien ;

Onto, du grec *ontos* (οντος), vie, être ;

Logie, du grec *logos* (λογος), le discours, la science.

La paléontologie est donc la science qui étudie les formes de vie du passé. Elle s'intéresse à toute forme de trace laissée par un organisme vivant, fossilisé dans la roche. Les formes de fossiles les plus communes sont les restes de l'organisme, tels que le squelette d'un vertébré ou la coquille d'un mollusque (Tortosa, 2013).

La paléontologie a pour vocation l'étude des restes et empreintes d'organismes et de leurs activités préservés de façon naturelle au sein des sédiments (Tortosa, 2013).

#### I.1.1. Paléontologie des invertébrés

La paléontologie des invertébrés s'attache à étudier l'autre partie du royaume animal, qui regroupe notamment les échinodermes, les mollusques (bivalves, céphalopodes, gastéropodes, etc.), les arthropodes (insectes, crustacés, arachnides, etc.), les nématodes, les annélides, les ectoproctes (bryozoaires), les éponges (spongiaires) ou encore les cnidaires (médusozoaires,

### I.2. Paléolac

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

### I.3. La micropaléontologie

Est l'étude des fossiles de petite taille (microscopique) dont l'observation requiert un microscope, d'origine animale ou végétale, provenant de micro-organismes ou étant des micro-constituants d'organismes plus grands (Leduc, 2000).

La micropaléontologie est également une branche de la paléontologie qui n'est pas rattachée à un groupe phylogénétique mais à certaines niches écologiques particulières (Tortosa, 2013). C'est une division de la paléontologie dont l'objet est l'étude des fossiles de petites dimensions. Ce n'est cependant pas une simple division de la

paléontologie, mais un ensemble de sous- disciplines traitant de groupes divers d'organismes qui n'ont en commun que le fait de n'être connus que par des restes fossilisés de petites dimensions. L'outil d'observation le plus communément utilisé est la loupe binoculaire ; il est parfois nécessaire d'avoir accès à de plus forts grossissements et donc de se servir d'un microscope optique, voire d'un microscope électronique à balayage. Ce critère dimensionnel fait que la micropaléontologie s'intéresse aussi bien à des organismes microscopiques unicellulaires qu'à des restes (organites) de grands organismes pluricellulaires (Mathieu et *al.*, 2011).

Par définition, la nature organique, minéralogique ou mixte de ces fossiles est extrêmement variée ; de ce fait les approches et techniques d'analyse sont également variables d'un groupe à l'autre. Ces restes peuvent se classer de la façon suivante :

- les microfossiles (dimensions comprises entre 0,05 mm et quelques mm) ;
- les nannofossiles (dimensions inférieures à 50  $\mu\text{m}$ ) ;
- les organites ou fragments isolés de macrofossiles reconnaissables à leur forme et/ou leurs caractères microstructuraux (Mathieu et *al.*, 2011).

### **I.3.1. Les microfossiles**

Sont des indicateurs paléoécologiques des anciens milieux de vie. Les associations et leur taphonomie permettent de caractériser les sédiments continentaux ou marins et de décrypter les conditions de dépôt. Les microfossiles sont aussi les marqueurs des temps géologiques depuis le Cambrien, voire depuis le Protérozoïque pour les seuls palynomorphes (microfossiles variés à paroi organique). Le découpage micropaléontologique du temps est un outil chronologique de plus en plus précis et en perpétuelle amélioration. Beaucoup (Foraminifères, Coccolithophoracées, Dinoflagellés, Chitinozoaires, etc.) Sont les index de biozones des échelles biostratigraphiques de référence pour la datation des couches géologiques. Leur compétitivité tient à leur fréquence élevée et à leur grande diversité dans tous les milieux aquatiques. Les forages d'exploitation pétrolière et les forages scientifiques utilisent en routine les microfossiles pour dater les niveaux traversés. Leur rôle dans la datation des fonds océaniques a été et est encore fondamental. La réalisation des cartes géologiques récentes fait, pour une large part, appel aux micropaléontologues (Mathieu et *al.*, 2011).

Dans ce qui suit, nous allons nous intéresser seulement aux ostracodes, aux charophytes et aux diatomées qui sont les trois groupes de microfossiles qui ont une relation directe avec notre travail.

### I. 3.1.1. Microfossiles d'origine animale

#### I.3.1.1.1. Les ostracodes

Les ostracodes sont des microfossiles importants. Petits crustacés à carapace formée par deux valves et de dimension habituellement comprises entre 0,5 et 1,5 mm, ils atteignent parfois jusqu'à cinquante millimètres. Ce sont des organismes principalement benthiques que l'on rencontre depuis le Cambrien. Leur intérêt paléoécologique est très grand, car ils peuvent vivre dans tous les milieux aquatiques : marins, saumâtres, ou lacustres (Bignot, 1988).

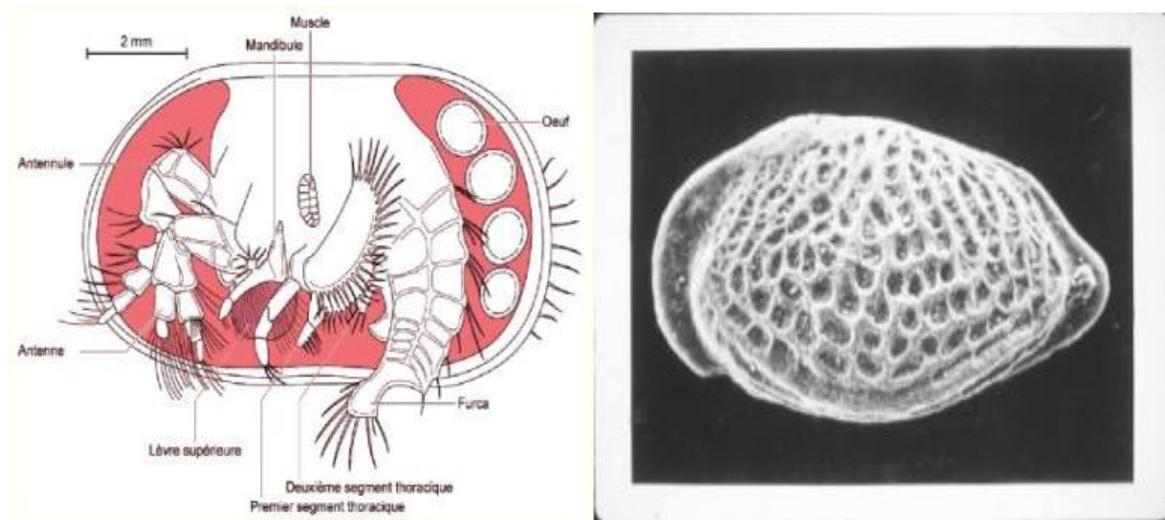
Les ostracodes jouent un rôle important quant à faire connaître la paléogéographie. Les formes vivant dans des profondeurs marines, le faciès saumâtre, les eaux douces, le faciès lacustre sont différents. Les ostracodes benthiques vivent en général dans des fonds calmes où la lumière pénètre facilement. Ils sont peu capables de bouger, car leur coquille est lourde. Ils ne s'éloignent jamais des eaux lumineuses, les algues qui constituent leur nourriture principale vivant dans le milieu cité. Il en existe des formes pélagiques très peu nombreuses avec une coquille légère, mince et sans calcaire. Par conséquent celles-ci ne se fossilisent pas et ne sont pas intéressantes pour les paléontologues (Sönmez-Gökçen, 1964).

Ils apparaissent au Cambrien et il en existe actuellement 10 000 espèces. Ils vivent dans l'eau douce, saumâtre ou salée. La grande variété de leur forme en font de bons fossiles stratigraphiques (Mathieu et *al.*, 2011)

#### I.3.1.1.1.1. La classe des ostracodes

Les ostracodes sont connus à l'état fossile par leurs valves de petites dimensions composées de carbonate de calcium. Le corps segmenté de l'animal est en effet protégé par deux valves articulées. Les ostracodes sont mobiles et peuvent occuper des habitats benthiques ou pélagiques dans tous les environnements aquatiques (lacs, rivières, sols, marais, lagunes, estuaires, océans...). La distribution des Ostracodes dépend de plusieurs paramètres: salinité, température, nature du substrat, courants, turbulence, bathymétrie. À l'état fossile, les ostracodes sont d'excellents indicateurs environnementaux des points de vue synécologique (composition taxonomique des assemblages et analyse des populations) et autoécologique

(l'ornementation chez une même espèce peut varier selon la nature de l'environnement). Ils autorisent également des analyses isotopiques car les valves portent l'empreinte géochimique du milieu aqueux dans lequel ils se sont développés. Des valves d'ostracodes sont généralement présentes dans la plupart des sédiments lacustres ou marins (sauf s'il y a dissolution) mais ne sont que rarement très abondantes. Des quantités relativement importantes de sédiments sont donc nécessaires à l'analyse des populations (Leduc, 2000).



**Fig 1 : Anatomie d'un Ostracode vivant (femelle) et d'une valve d'ostracode (Laboratoire de Micropaléontologie de l'UPMC) (MATHIEU et al., 2011).**

#### I.3.1.1.2. Morphologie

Le corps de ces animaux aquatiques est protégé par une carapace ou coque formée de deux valves le plus souvent calcifiées, articulées par une charnière située sur le bord dorsal (Mathieu et al., 2011). Leur carapace est formée de deux valves enveloppant le corps de l'animal. La structure de la carapace varie suivant les milieux où ils vivent. Les formes d'eau douce comme les genres *Candona* et *Cypridopsis* ont une carapace mince, légère et lisse. Celle des formes marines est très rigide et sculptée (Bezzeghoud, 2009).

Les valves droite et gauche sont des duplicatures de la peau qui prennent leur origine dans la partie antéro-dorsale du corps. Les lames externes sont durcies par la précipitation des sels de calcium et de magnésium. Les lames internes, qui sont les doublures des externes, sont minces et ne sont pas calcifiées, excepté une zone marginale étroite (Klie, 1936).

**I.5.1.1.1.3. Ecologie**

Les ostracodes sont des petits Crustacés vivant dans la mer et les eaux douces et saumâtres (Sönmez-Gökçen, 1964). Ils peuvent vivre dans tous les milieux aquatiques : marins, saumâtres, ou lacustres (Bignot, 1988).

Les ostracodes se nourrissent principalement de microorganismes aquatiques, animaux et végétaux, et de matières en décomposition. Les ostracodes sont présents partout où il y a de l'eau même en faible quantité, du Pôle Nord à l'Equateur et au Pôle Sud, dans les régions arctiques, tempérées ou tropicales, dans les océans, les grands lacs ; dans les grandes profondeurs aussi bien que dans les mares temporaires ou permanentes. Il existe des ostracodes qui se contentent de vivre dans les mousses humides ou dans les aisselles des feuilles, dans les creux des troncs d'arbres, etc. Ils sont abondants dans les grands lacs tels que les lacs des U.S.A., du Canada, de l'Afrique ou dans les mares remuées et piétinées quotidiennement par le bétail ou le gibier dans la brousse africaine (Kiss, 1959).

**I.3.1.2. Microfossiles d'origine végétale****I.3.1.2.1. Les charophytes**

L'histoire nous montre que les botanistes ont de tous temps eu des difficultés à identifier la place des charophytes au sein de la classification des végétaux. Selon les auteurs, les charophytes étaient regroupés avec les algues ou avec les phanérogames. Les traitements phylogénétiques modernes nous indiquent que les charophytes sont à classer avec les algues vertes. Ceci étant, les charophytes sont plus proches des Embryophytes que des principaux groupes d'algues vertes (Ulvophytes et Prasinophytes) (Watterlot, 2016).

Se sont des végétaux dont les cellules reproductrices et les tiges sont minéralisées en carbonate de calcium. Les graines (gyrogonites) sont susceptibles d'être conservées comme fossiles. Elles vivent dans les eaux non marines, sont apparues au Jurassique et certaines espèces sont actuelles. On les trouve souvent dans des roches pauvres en fossiles, comme la meulière (Mathieu et *al.*, 2011).

L'ensemble de l'appareil végétatif d'une plante adulte de charophytes est formé d'un axe principal à croissance indéfinie, constitué d'une série de segments cellulaires (nœuds et entrenœuds alternés régulièrement) et de pleuridies (phylloïdes et filaments corticants) produites

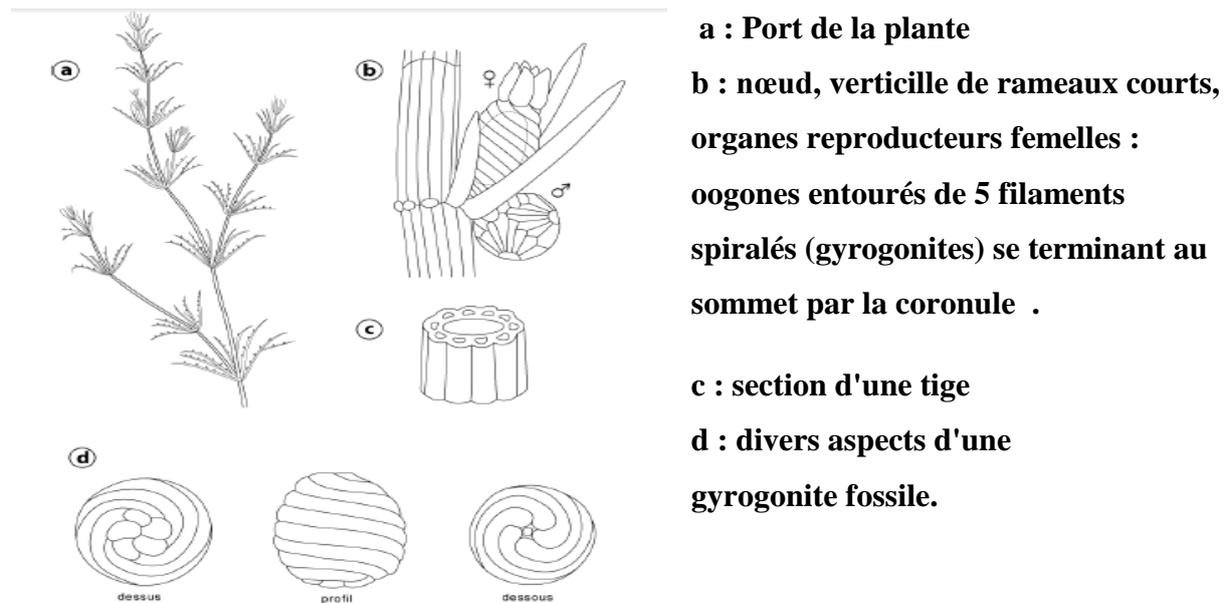
par les nœuds de l'axe principal et de structure semblable à celle de l'axe mais à croissance définie (Boissezon, 2008).

Leur appareil végétatif long de quelques centimètres à quelques décimètres est formé d'un axe filamenteux ramifié en verticilles. La tige est formée de nœuds très courts séparés par des entre-nœuds. Dans ces entre-nœuds l'axe cellulaire est entouré de filaments pluricellulaires de chaque nœud naît un verticille de rameaux courts (Mathieu et *al.*, 2011).

#### **I.3.1.2.1.1. Appareil reproducteur**

Pour assurer leur reproduction sexuée, les characées se différencient sur leur phylloïdes des gamétanges mâles sphériques (anthéridies) et des gamétanges femelles ovoïdes (oogones). Portés par un même individu (espèces monoïques) ou par deux individus séparés (espèces dioïques), ces gamétanges sont visibles à l'œil nu à maturité. Dans le genre *Chara*, les gamétanges se forment sur les nœuds inférieurs des phylloïdes, en position adaxiale. Chez les espèces monoïques, l'oogone est située au-dessus de l'anthéridie (fig. 4 A). Dans le genre *Nitella*, les anthéridies sont situées sur les entre-nœuds supérieurs et terminaux des phylloïdes et les oogones sont latéraux. Chez *Tolypella*, les gamétanges sont latéraux et parfois pédicellés (Boissezon, 2008).

Les organes reproducteurs sont situés aux nœuds. L'organe femelle est une oogone entourée d'une enveloppe faite de 5 filaments spiralés. Après la fécondation les parois de l'enveloppe calcifiées persistent donnant à la graine ou gyrogonite son aspect spiralé caractéristique (Mathieu et *al.*, 2011).



a : Port de la plante

b : nœud, verticille de rameaux courts, organes reproducteurs femelles : oogones entourés de 5 filaments spiralés (gyrogonites) se terminant au sommet par la coronule .

c : section d'une tige

d : divers aspects d'une gyrogonite fossile.

Fig 2 : Charophytes (Mathieu *et al.*, 2011) .

#### I.3.1.2.1.2. Écologie

Les Charophytes (characées) sont un groupe de macrophytes benthiques non vasculaire vivant entièrement immergés dans l'eau douce et l'eau saumâtre. Le schéma général des plantes, ressemblant un peu à une queue de cheval aquatique en raison de verticille de rameaux découlant d'une tige, les rendant facile à reconnaître. Les charophytes ne se produisent jamais dans le milieu marin ni dans les masses d'eau avec haute salinité (Soulie-Märsche, 1991). Ainsi, les charophytes vivants ne sont généralement pas trouvés dans les environnements de sebkha (Belnap, 2002).

#### I.3.1.2.2. Les diatomées

Les diatomées sont des algues brunes microscopiques unicellulaires appartenant à l'embranchement des chromophytes (Mann et Droop, 1996).

Les diatomées sont des algues qui constituent de bons indicateurs biologiques, reflétant la température et la qualité d'un milieu aquatique ainsi que la variation des niveaux d'eau (Druart, 1996).

Dans les milieux aquatiques, le développement des diatomées est étroitement lié à la température, à l'intensité lumineuse, aux caractéristiques hydrauliques et physico-chimiques et par conséquent aux variations saisonnières et annuelles du milieu (Mann et Droop, 1996).

Les diatomées sont des organismes ubiquistes, qui peuvent peupler un grand nombre de milieux différents, et établir de nombreux types de relations avec d'autres organismes. Elles peuvent se trouver en eau douce comme en eau salée, dans des eaux tropicales comme dans les polaires, dans les glaces, dans des lacs de haute altitude. Certaines sont attachées aux plumes d'oiseaux aquatiques, à l'épiderme de cétacés, aux écailles de tortues. D'autres existent comme endosymbiontes des foraminifères, dans des thalles de lichens, à l'intérieur d'éponges ou sont au contraire les hôtes de cyanobactéries (Gastineau, 2012).

Leur taille varie de 20 à 200  $\mu\text{m}$  environ, quoique certaines puissent atteindre 2 mm. Elles peuvent se présenter en cellules isolées ou regroupées en colonies (Langlois, 2006).

#### **I.3.1.2.2.1. Classification**

On distingue deux grandes catégories de diatomées selon la géométrie de leur frustule :

- les diatomées centrales : à symétrie radiale : le frustule circulaire porte des stries, rayonnant depuis un point ou une aréole (qui n'est pas forcément située au centre de la valve), ou une réticulation;

- les diatomées pennées : à symétrie bilatérale, le frustule allongé présente des stries disposées autour d'un plan de symétrie bilatérale. De nombreuses diatomées pennales présente sur ce plan de symétrie une fente, le raphé, interrompue par un nodule de silice central. Elle permet une communication avec le milieu extérieur et l'excrétion de mucilage. Si cette fente est atrophiée ou peu marquée, on parle de pseudoraphé. Les Pennales sans raphé sont appelées diatomées araphidées ou cryptoraphidées (Langlois, 2006).

Les principaux facteurs qui influencent la structure, la biomasse et la distribution des communautés de diatomées sont le pH et la conductivité de l'eau, la concentration en nutriments, la lumière, la température, le substrat, le courant et les variations du niveau de l'eau et le broutage (Lacoursière, 2008).

#### **I.3.1.2.2.2. Intérêts**

Certaines espèces de diatomées sont des fossiles stratigraphiques intéressants. Leur abondance et leur aire de répartition large permet d'effectuer des corrélations stratigraphiques entre des régions éloignées. Les diatomées sont très utilisées pour les reconstitutions paléo-environnementales et paléocéanographiques. Elles constituant une part importante du phytoplancton, elles contribuent largement à la fixation de dioxyde de carbone atmosphérique, et donc au cycle du carbone, ainsi qu'au cycle du silicium (Langlois, 2006).

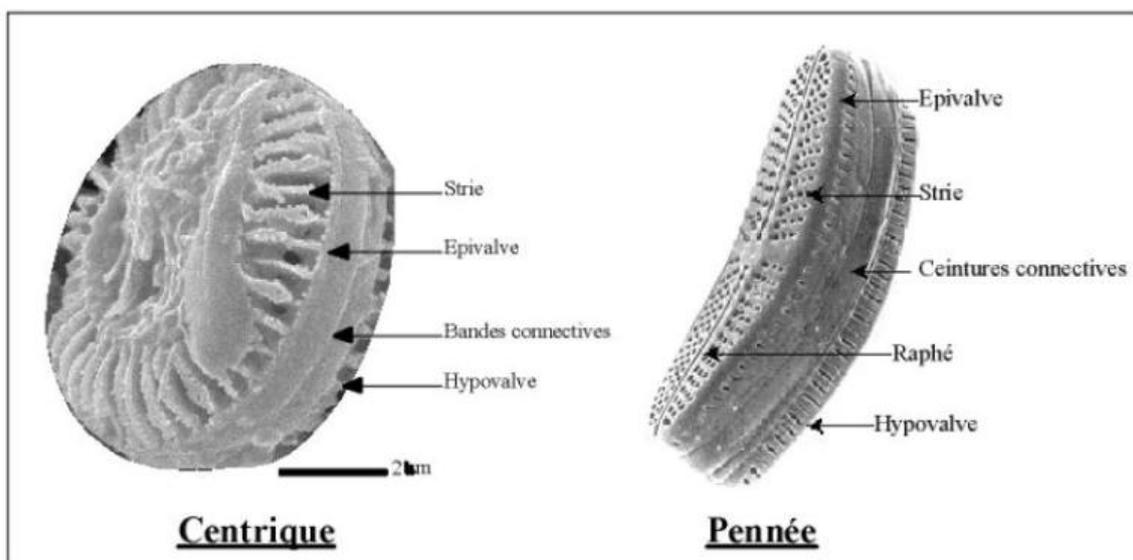
Les diatomées fossiles sont de précieux marqueurs paléoécologiques permettant la reconstitution environnementale des pléo-milieux. Elles sont qualifiées de biomarqueurs (Hamdadai, 2015).

**I.3.1.2.2.3. Morphologie**

La cellule d'une diatomée est composée d'un noyau entouré d'une masse cytoplasmique et enveloppée d'un squelette externe siliceux appelé (frustule) (Hamdadai, 2015). Le frustule est composé de deux valves s'emboitant l'une dans l'autre, le couvercle portant le nom d'épivalve et le fond celui d'hypovalve. Chaque valve est prolongée d'une ou plusieurs ceintures connectives (Rumeau et Coste, 1988), appelées cingulum. La valve et le cingulum composent la thèque. Conventionnellement, le frustule est donc composé d'une thèque supérieur ou éoithèque, qui vient recouvrir une thèque inférieur ou hypothèque (Hamdadai, 2015).

**I.3.1.2.2.4. Reproduction**

Elle a lieu le plus souvent par multiplication végétative chaque cellule donnant naissance à deux cellules filles par écartement des deux valves et régénération de la valve manquante par dépôt de silice hydratée. Ce type de division entraîne une diminution régulière de la taille des individus. La reproduction sexuée intervient lorsque la taille minimale des valves est atteinte et permet de restituer des individus de taille normale. Les modalités de cette reproduction sexuée varient chez les centriques et les pennées (Rumeau et Coste, 1988).



**Fig 3 : morphologie du frustule des diatomées centrique et pennée (BEZZEGHOUD, 2009).**

# *Chapitre II*

## *Présentation de la région d'étude*

**Chapitre II : Présentation de la région d'étude****II.1. Localisation géographique de la région d'étude**

D'après la D.P.A.T. (2010), la wilaya d'Ouargla est située au Sud-Est du pays couvrant une superficie de 163.233 Km<sup>2</sup> (Figure 4).

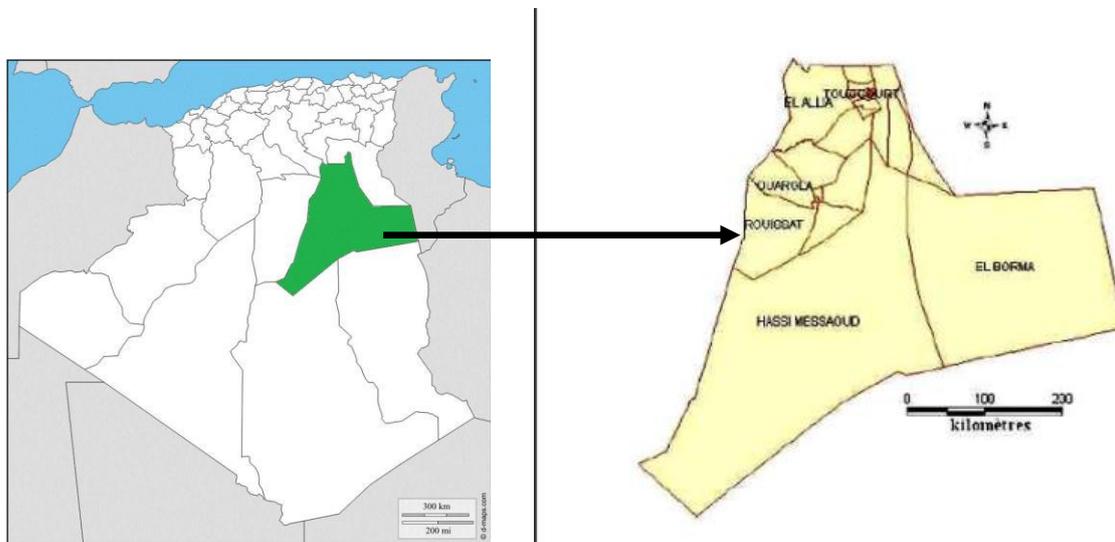
Elle est limitée :

- \* Au Nord par les wilayat de Djelfa et d'El Oued ;
- \* A l'Est par la Tunisie ;
- \* Au Sud par la wilaya de Tamanrasset et la wilaya d'Illizi ;
- \* A l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa.

L'Oasis de Ouargla est considérée comme l'une des plus grandes Oasises du Sahara algérien, elle occupe le centre d'une cuvette endoréique appelé « Cuvette de Ouargla ». Elle s'étend sur une soixantaine de kilomètres occupant le lit de l'Oued Mya depuis les ruines de Sadrata et Gara Krima au Sud jusqu'à Hassi El Khefif au Nord (Rouvillois-Brigol, 1975).

Les coordonnées géographiques d'Ouargla sont :

*Latitude : 31°57' Nord, longitude : 5°19' Est et une altitude de 157 m.*



**Fig 4: Carte de situation géographique de la région de Ouargla (D.P.A.T, 2010)**

**II.2. Etude des paramètres climatiques**

**Tabl 1 : Données climatiques de la région d'Ouargla (2007-2017).**

(Source O.N.M. Ouargla 2017).

Mois	TN en °C	TX en °C	T en °C	UN en %	UX en %	FX en m/s	RR en mm	EVA en mm	INS en Heure
Janvier	5,2	19,3	12,25	35	79	8,2	8,5	93,5	249,6
Février	7,1	21,5	14,3	28	69	9,4	3,9	128,2	239,3
Mars	10,5	25,5	18	24	63	10,1	5,8	189,0	270,1
Avril	15,3	30,7	23	20	55	11,4	1,7	238,8	280,9
Mai	20,0	35,4	27,7	17	46	11,5	1,8	317,5	301,6
Juin	24,8	40,5	32,65	15	41	10,4	0,7	378,6	237,6
Juillet	27,9	43,6	35,75	14	35	9,3	0,3	436,6	324,0
Août	27,4	42,7	35,05	15	39	9,1	0,7	396,6	338,0
Septembre	23,7	38,2	30,95	20	52	9,6	5,2	282,8	264,6
Octobre	17,4	31,8	24,6	25	62	9,6	6,9	210,3	267,0
Novembre	10,3	24,3	17,3	31	74	7,5	2,7	122,3	252,1
Décembre	5,8	19,5	12,65	37	81	7,5	4,0	85,7	229,2
Moyenne	16,28	31,08	23,68	23,42	58	9,47	42,2*	2879,9*	271,17

**Légende :**

**TN en:** Température moyenne minimale en °C

**TX en:** Température moyenne maximale en °C

**T en:** Température moyenne en °C

**UN:** Humidité relative minimale en %

**UX:** Humidité relative maximale en %

**FX:** Force du vent max en m/s

**RR:** Cumul des pluies en mm

**EVA:** Evaporation total en mm

**INS:** Insolation en Heure

**\*:** Cumul annuel

**II.2.1. Précipitations**

La moyenne des précipitations durant la période (2007-2017), est de l'ordre de 42,2 mm (Tableau 1). Ces précipitations sont nettement irrégulières selon les saisons et les mois de l'année. Le maximum de pluviométrie est atteint au mois de janvier (8,5 mm), et le minimum est enregistré au mois de juillet (0,3 mm) (Tableau 1).

**II.2.2. Températures**

Les températures enregistrées pendant onze ans (2007-2017) sont très variables en fonction des saisons de l'année, avec des valeurs minimales enregistrées en janvier (5,2 °C). Les valeurs maximales sont notées en juillet (43,6 °C) (Tableau 1).

**II.2.3. Vent**

Les vents dans la région sont fréquents, ils soufflent tout le long de l'année dans les différentes directions selon les saisons : la vitesse maximale est de 11,5 m/s en mai, la vitesse minimale est de 7,5 m/s en novembre et décembre et la vitesse moyenne annuelle des vents est de 9,47 m/s (Tableau 1).

**II.2.4. Evaporation**

Les valeurs d'évaporation notées dans le tableau 1 laissent ressortir qu'elles sont importantes en été et surtout au mois de juillet avec une valeur maximale de 436,6 mm. La valeur minimale est de 93,5 mm enregistrée en janvier, Le cumul annuel est de 2879,9 mm.

**II.2.5. Humidité de l'air**

Les moyennes annuelles de l'humidité de l'air, enregistrées pendant la période (2007-2017) sont très variables. Les maximales sont notées en hiver (81% en décembre) et les plus basses en été (14% en juillet) (Tableau 1).

**II.2.6. Insolation**

La durée moyenne de l'insolation est de 271,17 heures/mois, avec un maximum de 338,0 heures en août et un minimum de 229,2heures en décembre (Tableau 1).

**II.2.7. Synthèse climatique****II.2.7.1. Diagramme ombrothermique de Gausсен**

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN est représenté :

- en abscisse par les mois de l'année ;
- en ordonnées à droite par les précipitations en mm ;
- en ordonnées à gauche par les températures moyennes en °C ;
- une échelle de  $P=2T$ .

Le diagramme ombrothermique (Figure 5) de la région de Ouargla (2007-2017) montre une période sèche qui s'étale sur toute l'année.

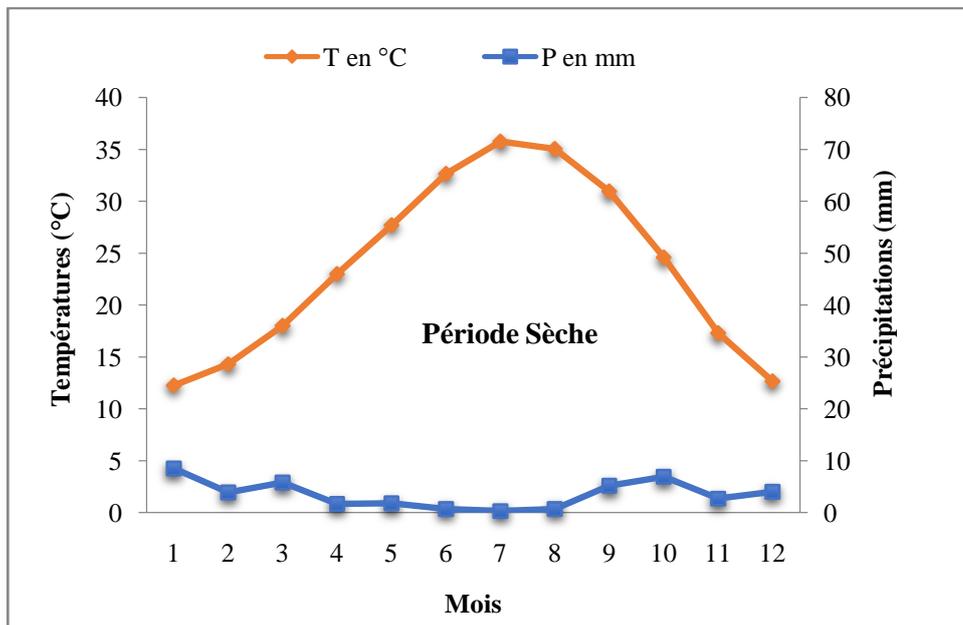


Figure 5 : Diagramme ombrothermique de la région de Ouargla (2007-2017).

### II.2.7.2. Classification bioclimatique

Le climatgramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il est représenté :

- En abscisse par: la moyenne des minima du mois le plus froid ;
- En ordonnées par: le quotient pluviothermique (Q2) d'Emberger (1955).

Il est formulé de la manière suivante:

$$Q_2 = 2000P / M^2 - m^2$$

Nous avons utilisé la formule de Stewart (1969) (Le Houerou, 1995) adapté pour l'Algérie, qui se présente comme suit :  $Q_3 = 3.43P / M - m$

**Q3** : quotient pluviothermique d'Emberger.

**P** : pluviométrie moyenne annuelle en mm.

**M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C.

**m** : moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

Paramètres	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q3
Ouargla	42,2	43,6	5,2	3,76

D'après la figure 6, Ouargla se situe dans l'étage bioclimatique Saharien à Hiver Doux .

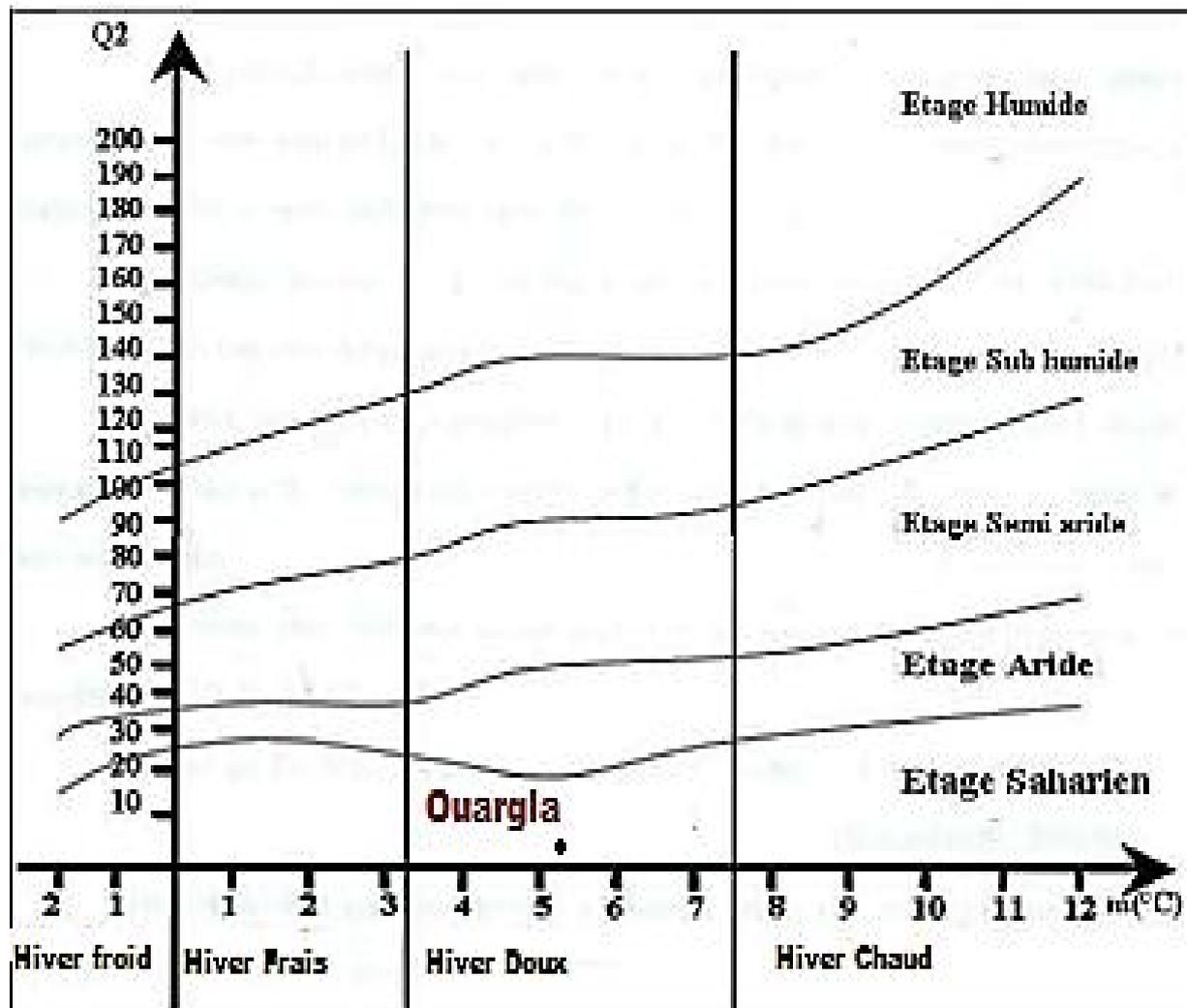


Fig 6 : Climagramme d'EMBERGER pour la région de Ouargla

### II.3. Reliefs

Le relief est caractérisé par une prédominance de dunes. Il n'y a pas eu de plissements à l'ère tertiaire, si bien que le relief revêt fréquemment un aspect tabulaire aux strates parallèles. D'après l'origine et la structure des terrains trois zones sont distinguées :

- A l'Ouest et au Sud, il y a des terrains calcaires et gréseux formant une zone désertifiée où rien ne pousse à l'exception de quelques touffes de drin (*Aristida pungens*);
- A l'Est, la zone est caractérisée par le synclinal d'Oued-Mya. C'est une zone pauvre en points d'eau;
- A l'Est et au centre, le Grand Erg oriental occupe près des trois quarts de la surface totale de la cuvette (Passager, 1957 in Ould El Hdj Mohamed Didi, 2004).

**II.4. Sol**

Les sols de la région de Ouargla dérivent du grès argilo-quartzeux du Mio-pliocène non gypseux. Ils sont constitués de sable quartzeux. Dans l'ensemble des sols, le squelette sableux est très abondant, constitué en quasi-totalité par du quartz. La couleur devient moins rouge et l'épaisseur de la pellicule diminue dans les sols en aval et en particulier dans les dunes. Sur les sols de la dépression la masse basale argileuse présente un aspect poussiéreux (Hamdi-Aïssa, 2001 in Ould El Hdj Mohamed Didi, 2004).

**II.5. L'Hydrogéologie**

En régions arides, les aquifères profonds sont souvent l'unique ressource en eau. Il s'agit là d'eau fossile datant de périodes plus humides qu'aujourd'hui, et souvent exploitée à un taux excédant largement le taux de recharge actuel (Gasse, 2005).

Les nappes aquifères représentent le capital hydraulique essentiel du Sahara algérien, bien qu'elles ne concernent qu'un tiers environ de sa superficie. Elles sont de trois types : les nappes phréatiques qui s'accumulent dans les horizons meubles superficiels, les nappes contenues dans les sables et les calcaires du tertiaire entre 80 et 400 m de profondeur et connues sous le nom de complexe terminal, celles enfin qui sont renfermées dans les grès et les sables du secondaire et constituent le système du continental intercalaire (plus souvent appelé l'albien) est essentiellement fossile (Dubost, 1986 ; Djennane, 1990).

**II.5.1. Nappe du Continental Intercalaire (CI)**

La nappe du Continental Intercalaire est contenue dans des formations sablo-gréseuses et argilo-sableuses. Elle est comprise entre le Trias et le Crétacé inférieur (Cornet et Gouscov 1952 ; Unesco, 1972), et porte souvent, de manière restrictive, le nom de nappe de l'Albien en référence à son étage supérieur (Cornet, 1961).

C'est un énorme réservoir qui est alimenté par l'infiltration des eaux dans l'Atlas saharien et suralimenté par les eaux circulant sous la hamada sud-oranienne et sous l'Erg Occidental (Cornet, 1964 ; Castanty, 1982).

Cet aquifère a une très forte charge ; à l'altitude de Ouargla, la pression en tête des forages est de l'ordre de  $30\text{kg/cm}^2$  et les débits les plus importants sont obtenus par artésianisme (Lelievre, 1969 ; BRL-Bneder, 1999).

**II.5.2. Nappe du Complexe Terminal (CT)**

Le Complexe Terminal (CT) regroupe plusieurs formations lithostratigraphiques dans lesquelles se trouvent des formations aquifères contenues dans les horizons perméables du Crétacé et du Tertiaire. Sur le territoire algérien, il existe deux formations aquifères distinctes dans ce Complexe Terminal, La nappe du Miopliocène dite nappe des sables fut à l'origine des palmeraies irriguées. Elle écoule du sud- sud ouest vers le nord- nord -est. En direction du chott Melghir. La salinité de la nappe Miopliocène varie de 1,8 à 4,8 g/l. La nappe du sénonien est mal connue ; elle est exploitée à des profondeurs allant de 140 à 200 m environ. Son débit a limité son utilisation malgré la bonne qualité de ces eaux (Rouvillois-Brigol, 1975 in BOUAMRA Farida et HADJ AMMAR Badis, 2004 ).

Elles sont essentiellement alimentées par les eaux de ruissellement qui proviennent des reliefs de la périphérie du bassin (Unesco, 1972), ainsi que par les infiltrations qui s'effectuent à travers l'Erg Oriental (Bel et Dermagne, 1969 ; Nesson, 1978 ; Brl-Bneder, 1999 in Slimani, 2016).

### **II.5.3. Nappe phréatique**

La nappe phréatique est contenue dans les formations Quaternaires composées essentiellement d'alluvions de la vallée de l'oued M'ya. Elle couvre pratiquement toute la cuvette d'Ouargla. Les sables de surface du Quaternaire renferment la nappe qui est constituée de sable fin à moyen argileux, rarement grossier au sud d'Ouargla, et plus on se dirige vers le nord (N'goussa et Sebkhet Safioune) les sables sont riches en gypse, qui devient dominant à Sebkhet Safioune (Slimani, 2016). généralement entre 1 et 2 m, mais qui peut dépasser 18 m au Sud de Ouargla ou sous les reliefs (Leger, 2003 in *KHEMIS Rezka*, 2012).

Elle s'écoule du sud vers le nord suivant la pente de vallée. Sa profondeur varie de 1 m à 8 m selon les lieux et les saisons. Les analyses montrent que les eaux de la nappe phréatique sont très salées. La conductivité électrique est de 5 à 10 ds/m et parfois elle dépasse les 20 ds/m dans certains endroits. Le niveau de la nappe phréatique est réglé par un équilibre entre les entrées et les sorties. Les entrées sont principalement constituées par les eaux pour l'irrigation et provenant des nappes artésiennes profondes, des rares crues des oueds et des arrivées d'eau souterraine de l'amont et des flancs de la vallée. Les sorties sont essentiellement dues à l'évaporation de la végétation, à l'évaporation des eaux de la nappe remontant par capillarité (lorsque la nappe phréatique est peu profonde) et par l'écoulement vers les points bas constitués par le chott et les sebkhas. Lorsque les entrées sont supérieures

aux sorties, la nappe monte et remplit dans un premier temps les pores des terrains sous-jacents (Rouvillois-Brigol, 1975 in BOUAMRA Farida et HADJ AMMAR Badis, 2004 ).

## **II.6. Hydrologie superficielle d'Ouargla**

Différents bassins versants forment le réseau hydrographique de la région d'Ouargla. Parmi les oueds fossile du Quaternaire, il y a Oued Mya (Dubief, 1950 ; Cornet, 1952 in OULD EL HADJ Mohamed Didi 2004 ) et d'autres sont actifs ce sont Oued N'Sa et Oued M'Zab (Hamdi-Aïssa et Girard, 2000).

### **II.6.1. Oued Mya**

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

### **II.6.2. Oued N'sa et Oued M'Zab**

A l'inverse de l'Oued Mya qui est considéré comme fossile ; ces deux Oueds sont fonctionnels, ils peuvent avoir une ou deux crues par an. Ils n'atteignent pas la cuvette de Ouargla que lorsque la crue est importante. Ils drainent le versant des piedmonts Sud-Est de l'Atlas Saharien ; ils coulent donc de l'Ouest vers l'Est jusqu'à la sebkha Safioun (Hamdi-Aïssa, 2001).

## **II.7. La Géologie**

Schématiquement, on observe un substratum de formation antécambrienne recouvert par des séries sédimentaires pelliculaires plus ou moins épaisses (Lelubre, 1952 in youcef, 2016).

Au début de *l'ère Primaire* l'érosion et la désagrégation arasent ce relief et le mue en une vaste pénéplaine (Gardi, 1973 in youcef, 2016).

Avec *l'ère Secondaire* s'installe un régime continental qui dure jusqu'au Crétacé; l'érosion intense du massif central saharien et des grés primaires a dû fournir l'essentiel des dépôts énormes du continental intercalaire (Dutil, 1971 in youcef, 2016).

Au *Crétacé supérieur*, la mer a envahi le nord Sahara dont le lent affaissement se poursuivait. Ce nouveau régime marin permet alors les dépôts de calcaires dolomitiques et d'argiles plus ou moins gypseuses jusqu'à l'éocène. Les argiles salines indiquent les hésitations de cette mer Crétacée, le véritable régime marin étant représenté au Nord du Mzab par le *Cénomaniens et le Turonien* (Dutil, 1971 in youcef, 2016).

Au début de *l'ère Tertiaire*, le mouvement de retrait de la mer Crétacée s'est poursuivi et, à *l'Eocène moyen*, le Mzab était émergé; seul, un golfe marin subsistait dans le sud constantinois. A la fin de l'Eocène, la mer s'est définitivement retirée de la plateforme saharienne et, dès lors, le régime continental installé a façonné progressivement l'aspect général actuel du désert (Dutil, 1971 in youcef, 2016). Pendant l'Eocène, le climat du Sahara été chaud et humide (Swezey, 2009 in youcef, 2016). La série Tertiaire se termine par des formations argilo-sableuses rouges, avec dépôts évaporitiques, puis par quelques bancs calcaires assez épais (Aumassip et *al.*, 1972 in youcef, 2016).

Les dépôts du Sénonien supérieur, constitués à Ouargla par des marnes et argiles avec bancs d'évaporites, atteignent une épaisseur de plus de 400 m, nettement supérieur à celle enregistrée généralement dans l'oued Righ.

Au cours du Quaternaire la géomorphologie et la sédimentologie font état d'une aridification de plus en plus prononcée (Aumassip et *al.*, 1972 in youcef, 2016). Une croûte de grés conglomératique à ciment siliceux en forme la surface "cette période, d'abord nettement subaride atténuée, correspond vraisemblablement au *Pliovillafranchien*" (Aumassip et *al.*, 1972; Rouvillois-Brigol, 1975 in youcef, 2016). C'est une phase tectonique légère qui détermine des reprises d'érosion locales suivies de dépôts évaporitiques puis calcaires (Aumassip et *al.*, 1972 in youcef, 2016).

Depuis le *Villafranchien*, des périodes humides alternant avec des périodes plus sèches ont contribués à façonner définitivement le paysage saharien actuel; quel que soit le cadre climatique exact des évolutions, de caractères désertiques ou sub-désertiques, des phénomènes de creusement et d'érosion corrélatifs de phénomènes de remblaiement ont affecté l'ensemble des surfaces du désert, mais dans les limites permises par les niveaux de base progressivement établis. Les dernières périodes arides ont alors simplement assuré le remaniement et la réorganisation des matériaux de surface avec la mise en place des sols actuels (Dutil, 1971 in youcef, 2016).

Le *Pleistocène supérieur* correspond dans le Sahara à une augmentation de précipitations sur les bordures septentrionales (Rognon, 1976b in youcef, 2016). A *l'Holocène*, les conditions arides sur le Sahara septentrional entraînent l'édification de grands ergs massifs. Une

augmentation de l'humidité attribuée à une recrudescence et à un renforcement des dépressions tropicales, entre 4500 et 3500 ans B.P. au nord du Sahara, caractérisent l'humide Néolithique (Conrad, 1969 in youcef, 2016). *Le dernier (Holocène) optimum climatique* est très bien documenté tout au long du Sahara (Pettit-Maire, 2002 in youcef, 2016). Les données lacustres pour l'Afrique de l'Hémisphère Nord montrent que les conditions ont été généralement plus humides qu'aujourd'hui durant l'ancien et le moyen Holocène (10000-6000 ans B.P.) puis sont devenues progressivement plus sèches après 5000 ans B.P. Le présent est la période la plus aride de l'Holocène; la plupart des lacs sont desséchés ou bien présentent un niveau plus bas (Damnati, 2000 in youcef, 2016).

A decorative frame with a double-line border and rounded corners, containing the text.

*Partie II*  
*Expérimental*

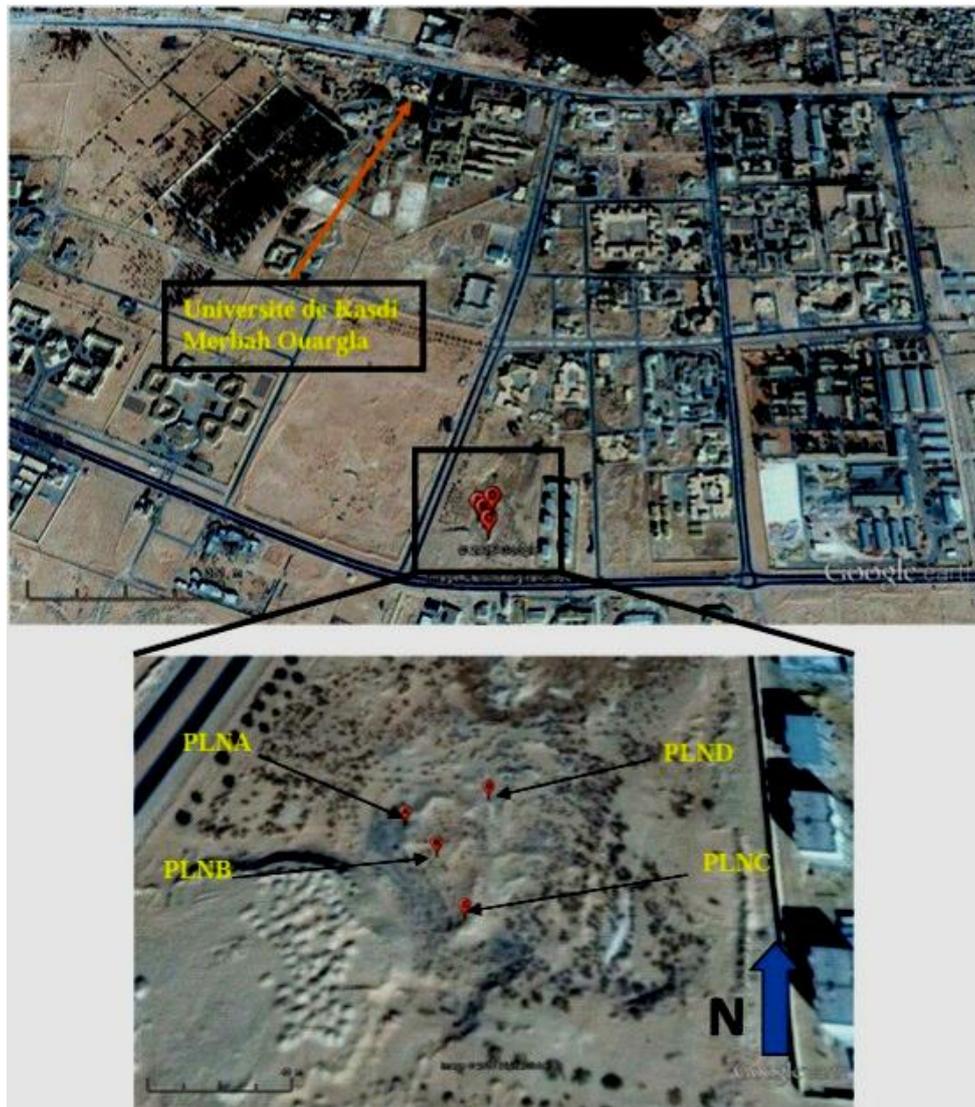
# *Chapitre III*

## *Matériel et Méthodes*

### Chapitre III: Matériel et méthodes

#### III.1-Présentation des sites étudiés

Notre étude porte sur la séparation des microfossiles à partir des sédiments de coupes précédemment étudiées par Babelhadj (2016). Ces coupes (PLNA, PLNB, PLNC et PLND) ont été choisies car elles présentent des caractères indiquant un fonctionnement ancien mis en évidence par l'existence des couches noires et des fossiles.



**Figure 7 : Localisation des coupes étudiées (PLNA, PLNB, PLNC et PLND) (Google earth, 2016) (Babelhadj, 2016).**

Les coupes PLNA, PLNB, PLNC et PLND sont situées au niveau d'un paléolac situé sur la bordure de la route d'EL GOLEA dans l'endroit appelé communément GARET CHEMIA.

Les coordonnées du site d'étude sont : X : 5°17'75.13"E, Y : 31°56'00.76"N, Alt : 133 m.

Les coordonnées des différentes coupes sont :

### La coupe PLNA

Localisation : X : 5°17'56.20"E

Y : 31°55'59.99"N, Alt : 133 m



**Photo 1 : La coupe PLNA**

(Babelhadj, 2016)

### La coupe PLNC

Localisation : X : 5°17'56.95"E

Y : 31°55'58.86"N, Alt : 133 m

### La coupe PLNB

Localisation : X : 5°17'56.61"E,

Y : 31°55'59.59"N, Alt : 133 m



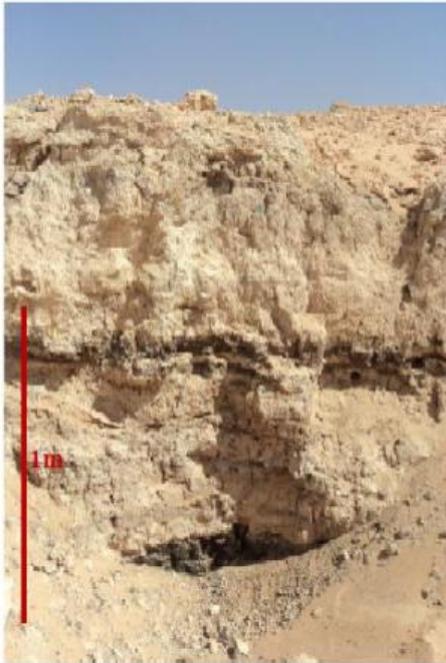
**Photo 2 : La coupe PLNB**

(Babelhadj, 2016)

### La coupe PLND

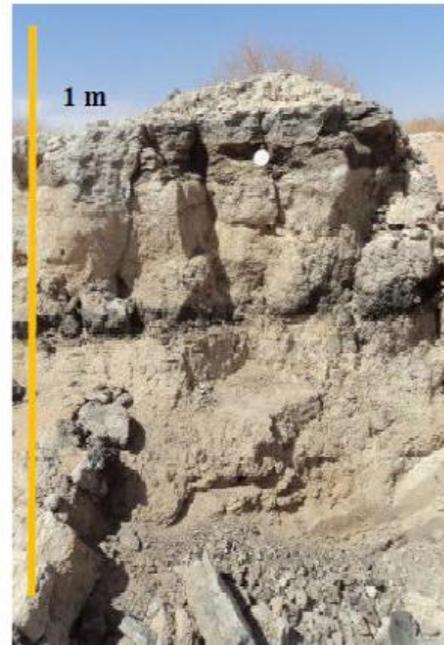
Localisation : X : 5°17'57.28"E

Y : 31°56'0.30"N, Alt : 133 m



**Photo 3 : La coupe PLNC**

( Babelhadj, 2016)



**Photo 4 : La coupe PLND**

(Babelhadj, 2016)

## III.2. Description des méthodes mises en œuvre

### III.2.1. Sur terrain

#### III.2.1.1. Prélèvement des échantillons

Selon Font et Chiesa (2015), trois étapes principales ont été suivies pour tous les échantillons. Premièrement l'échantillonnage: L'échantillonnage paléontologique est effectué précédemment par Babelhadj (2016), tous les 10 cm à travers les coupes PLNA, PLNB, PLNC et PLND. Chaque échantillon est emballé individuellement dans un sac en plastique, puis l'ensemble est acheminé au laboratoire pour l'analyser ultérieurement (Photo 5 a et b). Les deux autres étapes : le tamisage, la séparation des sédiments et le tri, s'effectueront au laboratoire.

#### III.2.2. Au laboratoire

Cette étude des microfossiles d'un paléolac de la région de Ouargla s'intéresse surtout à la séparation des charophytes, leur dénombrement et leur mesure biométrique ainsi que l'étude des diatomées par un traitement physico-chimique. Et enfin une estimation du contenu de ces sédiments en matière organique.



Coupe paléolac (a) ( Babelhadj,  
2016)

**Photo 5 : Prélèvement des échantillons.**

#### **III.2.2.1. Etudes des charophytes**

Nous avons adopté la méthode du lavage-tamissage des échantillons pour la séparation des charophytes et des microfossiles associés.

Pour le lavage et le tamissage des sédiments afin de séparer les microfossiles existants, nous avons suivis ces étapes:

- On prend 20 g de chaque échantillon prélevé à 10 cm, et on fait le lavage avec un tamis de 125  $\mu\text{m}$  ;
- Le lavage s'effectue sous un filet d'eau de robinet, en brassant doucement les sédiments du bout des doigts jusqu'à ce que l'eau qui sort du tamis soit limpide ;
- les résidus sont mis dans des boîtes de pétrie en verre et séchés dans une étuve pendant 24h ;
- Le résidu sec est examiné sous la loupe binoculaire, à des grossissements de X2;
- Les microfossiles sont prélevés par une pince et mis dans des tubes.

### III.2.2.1.1. Identification des charophytes

Selon la longueur des gyrogonites on peut les classer comme ayant une petite taille (<500µm), une taille moyenne (500-750µm) ou une grande taille (> 750µm). En aucun cas, la mesure de la longueur est suffisante pour déterminer le matériel fossile au niveau de l'espèce.

La taille est un paramètre très variable, qui chevauche entre les espèces. Les populations mixtes recueillies à partir des sédiments doivent tenir comptes à la fois des paramètres quantitatifs et des paramètres qualitatives particulières (Soulie-Märsche et Garcia, 2015).

Afin d'identifier les charophytes fossiles des coupes étudiées nous avons pris un échantillon de 100 gyrogonites de l'échantillon le plus abondant (Soulie-Märsche et Garcia, 2015).

A l'aide d'une loupe binoculaire muni d'un micromètre on mesure la largeur, la longueur et la distance entre les stries (Lsp) des 100 gyrogonites de l'échantillon, selon la méthode d'étude des paramètres biométriques proposée par Soulie-Märsche et Garcia (2015) (Figure 8).

Ces mesures biométriques ne sont pas suffisantes pour l'identification des charophytes, pour cela, il faut faire des observations à l'aide de la loupe binoculaire de la partie basale et de la partie apicale des gyrogonites qui diffèrent d'une espèce à l'autre.

Le bouchon basal (Figure 9) apparaît à l'intérieur d'un entonnoir basal où il peut être visible de l'extérieur dans le genre *Sphaerochara* ou dans *Chara connivens* (Figure 9.b). En outre, le bouchon basal simple, présente diverses caractéristiques importantes.

La structure apicale (figure 10) des gyrogonites est d'importance primordiale. Il existe différentes configurations à la périphérie apicale et à la jonction apicale des cellules spirales. La structure apicale est significativement différente pour chacun des genres existants, ainsi que pour des groupes d'espèces du genre *Chara*, à savoir la présence d'une rosette apicale *Chara globularis* (figure 10 e), ou la présence d'une ouverture apicale dans les gyrogonites de *Chara hornemannii* (Garcia, 1999) (Figure 10 a-c).

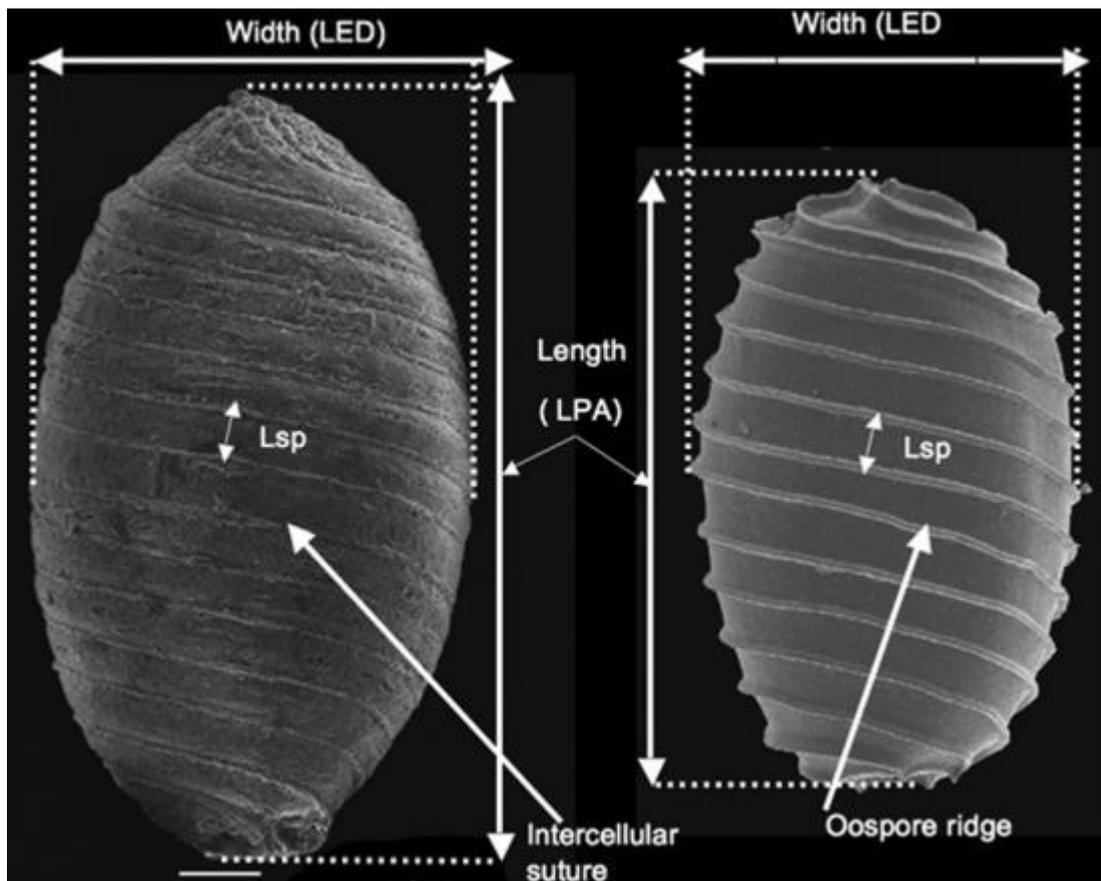


Figure 8 : Paramètres pour la mesure et la description de gyrogonites (à gauche) et oospores (à droite). Barre d'échelle : 100  $\mu\text{m}$  (Soulié-Märsche et Garcia, 2015).

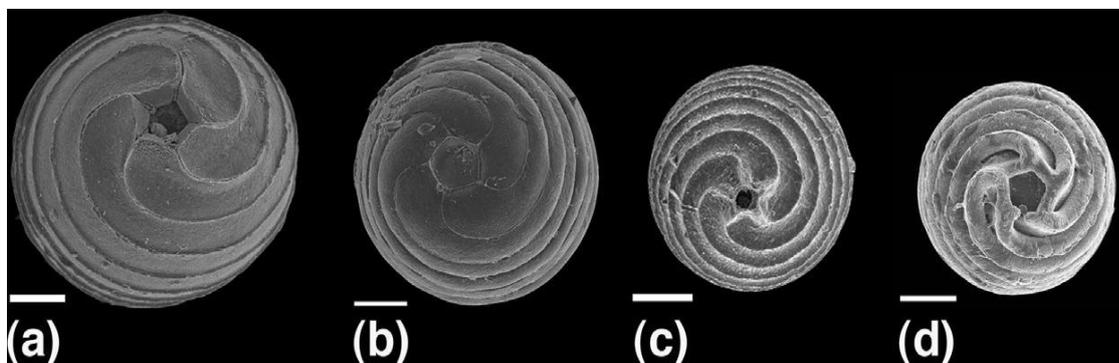
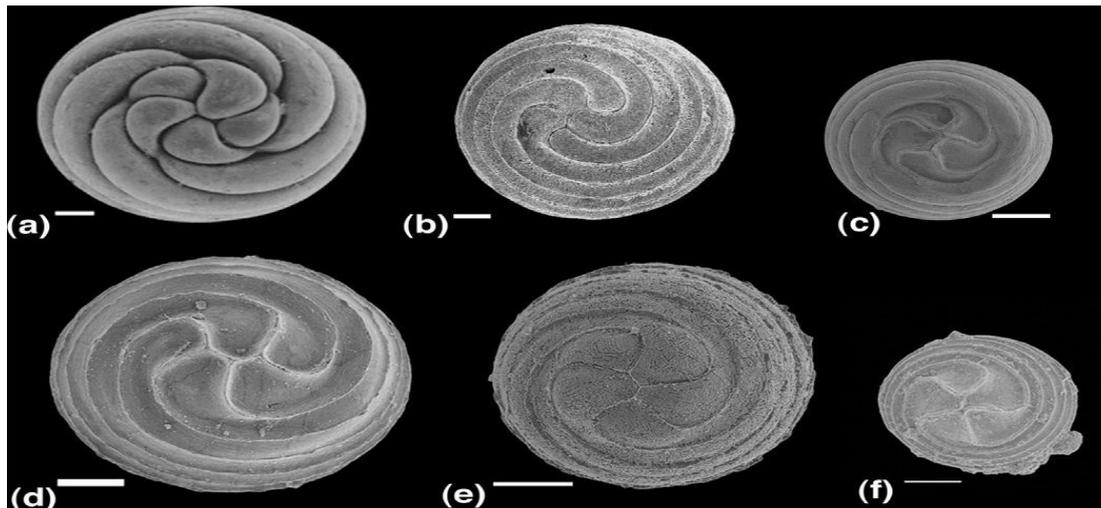


Figure 9 : Configuration basale des gyrogonites. a) *Chara hispida*, petit entonnoir basal; (b) *Chara connivens*, pores basaux superficiels fermés par le bouchon basal, visibles de l'extérieur, (c) *Chara vulgaris*, ouverture basale développée comme une petite colonne; (d) *Lamprothamnium papulosum*, sutures renforcées autour du pore basal.

Barre d'échelle: 100  $\mu\text{m}$  (Soulié-Märsche et Garcia, 2015).



**Figure 10 : Configuration apicale des gyrogonites.** a) *Nitellopsis obtusa*, nœuds apicaux massifs fortement développés; (b) *Lychnothamnus barbatus*, jonction apicale des cellules spiralées sans changement de largeur ou d'épaisseur; (c) *Lamprothamnium papulosum*, approfondi en dessous de la hauteur de la périphérie apicale, généralement faiblement calcifiée; (d) *Chara hispida*, jonction apicale des cellules spiralées; (e) *Chara globularis*, rosace apicale compacte; (f) *Chara vulgaris*, des spires en spirale fortement agrandies créent une zone d'abondance larvée au pôle apical. Barre d'échelle: 100  $\mu\text{m}$  (Soulié-Märsche et Garcia, 2015).

### III.2.2.2. Etudes des diatomées

Cette étude passe par trois étapes à savoir le traitement physico-chimique et la préparation des lames et enfin l'observation microscopique de ces dernières.

#### III.2.2.2.1. Traitements physico-chimique

Le traitement adopté dans ce travail est celui de Scharader et Gersonde (1978), Gardette (1979), Gersonde (1980).

##### a)- Les étapes de traitements physico-chimique des échantillons

Le traitement comprend l'élimination des éléments non siliceux associés aux diatomées.

-Prendre 20 g de chaque échantillon;

-Elimination des éléments non siliceux, il s'agit essentiellement des carbonates, des éléments détritiques (gros et fins) ainsi que de la matière organique. La désagrégation de sédiments (la fraction carbonatée et la matière organique) a sollicité l'attaque à froid simultanément des 20 gr de sédiment. Ceci est pratiqué dans un bécher à l'acide Chlorhydrique (20 ml d'HCl à

20%) et à l'eau oxygénée (20 ml d'hydrogène peroxyde à 110 volumes) . L'excédant d'acide est éliminé par décantation après plusieurs rinçage successifs à l'eau déminéralisées ;

-Les éléments détritiques grossiers sont éliminés après homogénéisation de la solution et décantation (environ une minute);

-La densité des éléments détritiques grossiers permet une décantation rapide. Cependant les diatomées et la microflore associée adoptent une descente moins rapide à cause de leur forme et leur faible densité;

-Le culot est préservé pour être examiné et voir le contenu diatomique;

-Les diatomées du Quaternaire sont subfossiles et en prévention de toute éventuelle activité bactérienne, des gouttes d'Aldéhyde formique (formol) ont été ajoutés à la solution récupérée de chaque échantillon.

#### **III.2.2.2. Montage des lames**

Après homogénéisation de la solution quelques gouttes sont prélevées puis déposées et étalées sur une lame couverte d'une mince pellicule d'alcool.

Cette préparation est placée sur une plaque chauffante pour le séchage. Après la phase de dessiccation, quelques gouttes de résine sont déposées sur une lame de verre biologique. L'ensemble est chauffé pendant quelques secondes sur une plaque chauffante. Lorsque la résine arrive à ébullition, la lamelle est déposée sur la lame en l'étalant délicatement jusqu'à l'élimination des bulles d'air. La lame préparée est ensuite nettoyée à l'acétone afin de l'observer au microscope photonique.

#### **III.2.2.3. Identification des espèces de diatomées**

La détermination des espèces de diatomées, se fait à l'aide d'un microscope photonique. Il s'agit de comparer les espèces trouvées dans ce paléolac avec ceux indiqués dans des ouvrages et des articles précédents.

**III.2.2.3. Matière organique**

Le dosage de la matière organique a été effectué selon la méthode d'Anne dont le principe est l'oxydation du carbone organique par le bichromate de potassium en milieu sulfurique. L'excès de bichromate de potassium est titré par une solution de sel de Mohr, en présence de diphénylamine (Aubert, 1978).

# *Chapitre IV*

## *Résultats et Discussion*

## Chapitre IV : Résultats et discussion

## IV.1. Résultats

## IV.1.1. Coupe PLNA

## IV.1.1.1. Dosage de la matière organique pour la coupe PLNA

Dans cette partie, nous allons présenter les résultats du dosage de la matière organique par la méthode Anne. Ceux-ci sont comparés aux résultats obtenus par Babelhadj (2016), en utilisant la méthode de l'estimation de la perte au feu par calcination (550°C), décrite par Heiri et *al.* (2001), et qui s'est avérée selon ces derniers une bonne méthode pour l'estimation du taux de la matière organique dans les sédiments de paléolacs donnant des résultats en bonne corrélation avec ceux obtenus par la méthode Anne.

D'une manière générale, nous pouvons observer des teneurs relativement élevées par rapport aux sols des régions sahariennes où le taux de matière organique est faible à très faible.

**Tabl 2: Résultats de la matière organique de la coupe PLNA.**

Profondeur	M.O	
	Méthode Anne (%)	Méthode de Calcination (%) (Babelhadj, 2016)
0-10 cm	3,24	0,05
10-20 cm	3,04	2,54
20-30 cm	3,24	1,12
30-40 cm	5,16	5,81
40-50 cm	5,95	6,19
50-60 cm	1,82	6,31
60-70 cm	6,15	10,07
70-80 cm	7,77	17,63
80-90 cm	9,55	17,95
90-100 cm	8,40	45,57
100-110 cm	8,96	57,2

Selon MORAND (2001), les résultats obtenus du dosage de la matière organique de la coupe PLNA par la méthode Anne sont caractérisés par une teneur faible (1,81 %) qui est enregistré dans la profondeur (50-60 cm), par contre pour les profondeurs entre 0 et 30 cm on peut noter des teneurs élevées en matière organique. Le taux de la matière organique s'élève pour les autres couches de cette coupe, la couche ayant la teneur la plus élevée est de 80 à 90 cm avec 9,55%. Les différentes couches de cette coupe sont caractérisées par une teneur qui augmente en allant en profondeur. La méthode de calcination a donné en générale des taux plus élevé par rapport à la méthode Anne (Tableau 2, figure 11).

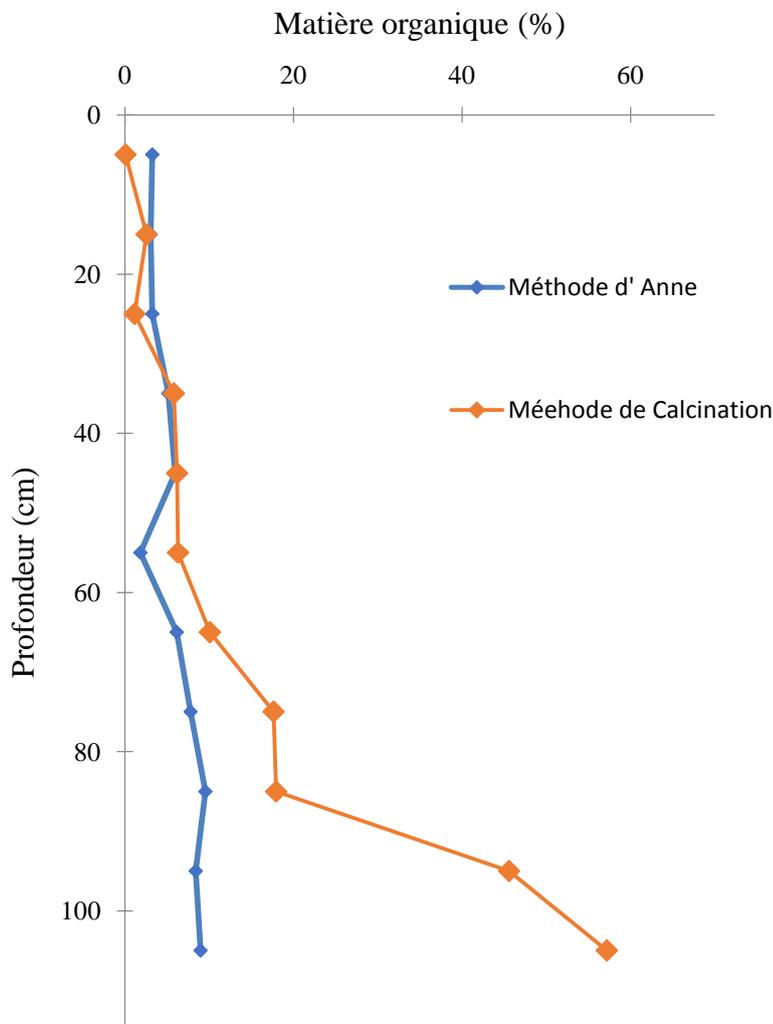


Figure 11: Profil de la matière organique de la coupe PLNA.

## IV.1.1.2. Résultats de la micropaléontologie pour la coupe PLNA

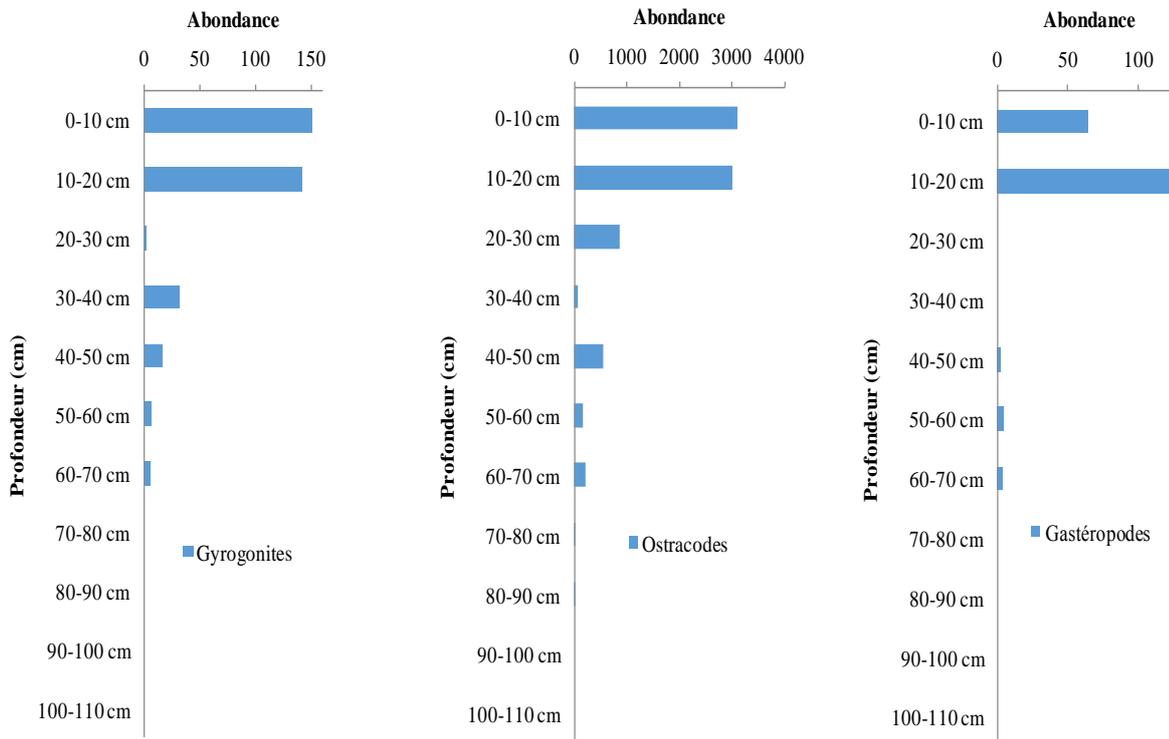
D'après les résultats de la coupe PLNA, consignés dans le tableau 3, il existe deux trois types de microfossiles qui sont les gyrogonites (fructifications femelles des charophytes), les ostracodes et les diatomées en plus d'autres fossiles à savoir: les gastéropodes, les ossement et les graines.

Le contenu micropaléontologique de la coupe PLNB est présenté au niveau des tableaux 3, 4 et les photos 9, 10, 11, 12, 13 et 14.

L'abondance des ostracodes diminue en fonction de la profondeur, les couches les plus abondantes sont les premières couches (10-20 cm) et dans les autres couches il y a une diminution jusqu'à la couche 100 cm où les ostracodes sont totalement absents.

**Tabl 3 : Abondance du contenu micropaléontologique de la coupe PLNA.**

Profondeur	Gyrogonite	Ostracode	Gastéropode	Ossements	Graines
0-10 cm	151	3119	64	2	0
10-20 cm	141	3012	126	4	0
20-30 cm	1	871	0	1	1
30-40 cm	31	74	0	0	0
40-50 cm	16	559	2	3	1
50-60 cm	6	172	4	2	0
60-70 cm	5	217	3	0	0
70-80 cm	0	2	0	0	0
80-90 cm	0	7	0	0	0
90-100 cm	0	0	0	0	0
100-110 cm	0	0	0	0	0

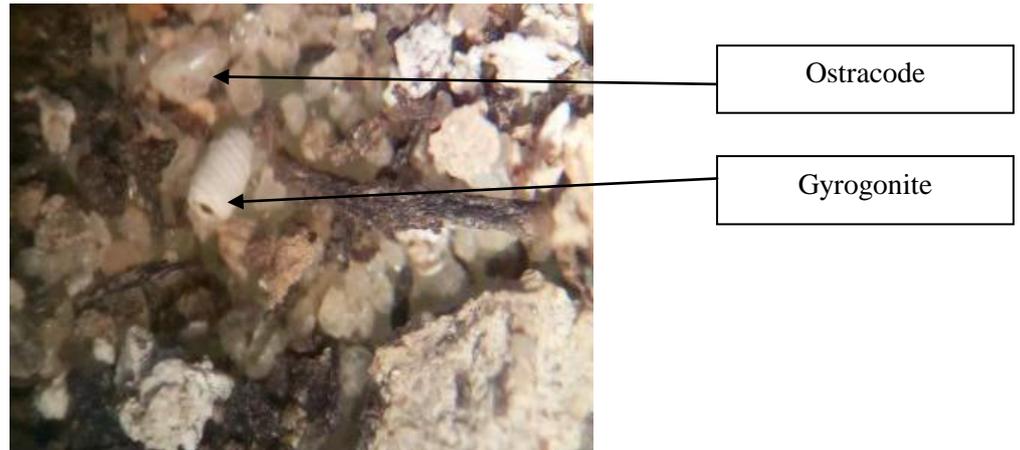


**Figure 12: Abondance des gyrogonites, des ostracodes et des gastéropodes en fonction de la profondeur pour la coupe PLNA.**

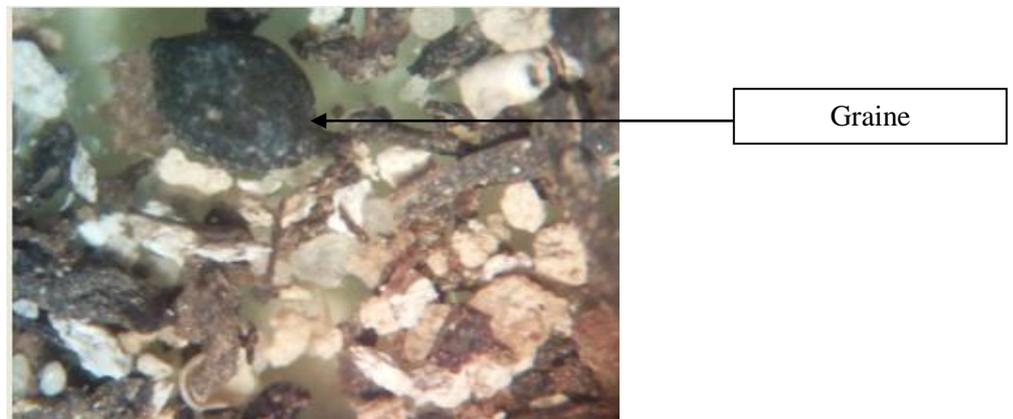
Les ossements ont une abondance faible ne dépassant pas 4 os dans la deuxième couche. Ces os sont totalement absents dans les couches 30-40 cm et de 60 cm jusqu'à 110 cm. Les graines ont une faible abondance dans toutes les couches et leurs valeurs varient entre 0 et 4.

Les gastéropodes ont une forte abondance au niveau des premières couches avec 126 individus au niveau de la profondeur 10-20 cm, dans les profondeurs de 20 cm à 40 cm et de 70 à 110 cm ils disparaissent totalement.

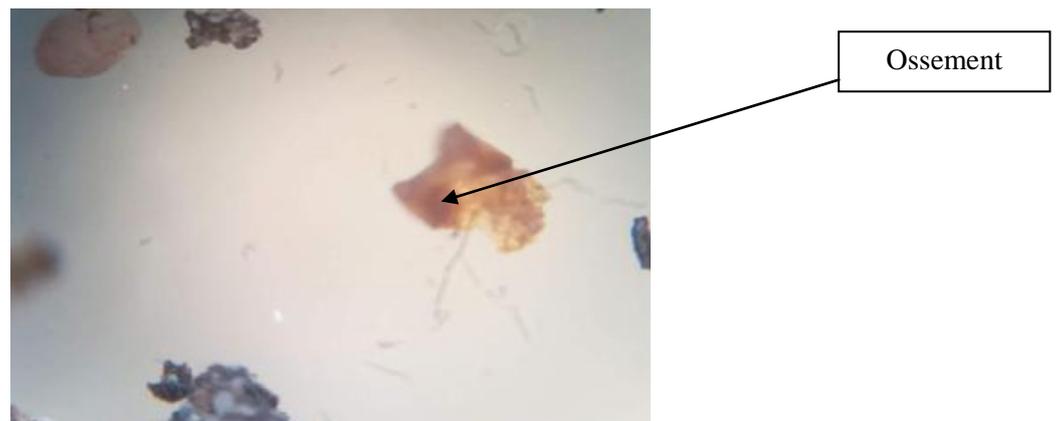
En ce qui concerne les charophytes (les gyrogonites), le nombre est important pour les premières couches avec 151 et 141 pour les deux premières couches respectivement. Il diminue avec la profondeur jusqu'à l'absence totale dans les couches profondes (à partir de la couche 70-80 cm).



**Photo 6 : Gyrogonite et ostracode observés au niveau de la coupe PLNA (G X30).**



**Photo 7 : Graine observé au niveau de la coupe PLNA (G X30).**



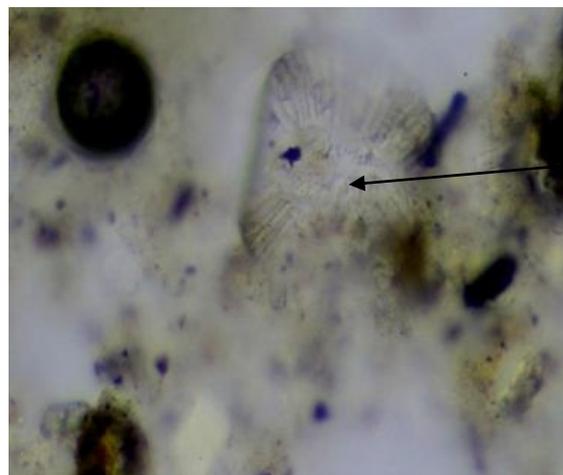
**Photo 8 : Ossement observé au niveau de la coupe PLNA (G X15).**

Pour les diatomées, ces algues fossiles ont une forte abondance au niveau de la coupe PLNA et ce dans les premières couches (10-30 cm). Cette présence diminue jusqu'à l'absence totale à partir la couche 70-80 cm (Tableau 4 et photos 12 ,13 ,14).

Tabl 4: Abondance relative des diatomées de la coupe PLNA.

Profondeur	Diatomées
0-10 cm	+++
10-20 cm	+++
20-30 cm	++
30-40 cm	++
40-50 cm	+
50-60 cm	+
60-70 cm	+
70-80 cm	-
80-90 cm	-
90-100 cm	-
100-110 cm	-

Légende : +++ : Diatomées très abondants; ++ : Diatomées moyenne abondants ; + : Diatomées peu abondants ; - : Absence de Diatomées.



Diatomée centrique

Photo 9 : Diatomée centrique de la coupe PLNA(GX60).

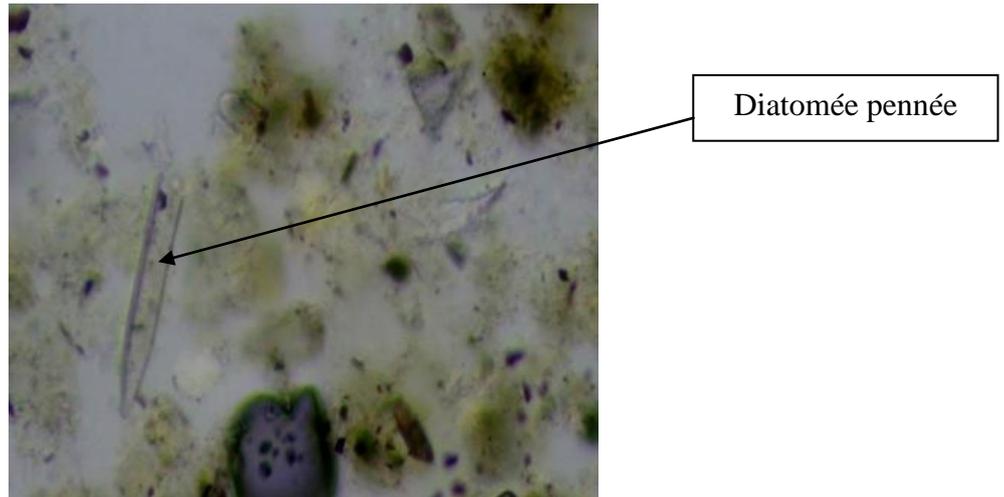


Photo 10 : Diatomée pennée de la coupe PLNA (GX40).

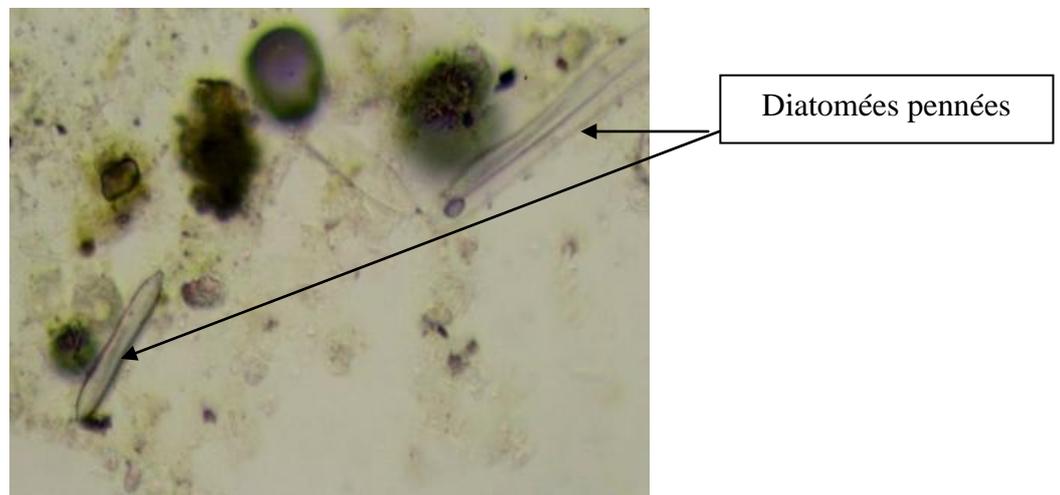


Photo 11 : diatomées pennées de la coupe PLNA (GX60).

#### IV.1.2. Coupe PLNB

##### IV.1.2.1. Dosage de la matière organique pour la coupe PLNB

Les résultats du dosage de la matière organique pour la coupe PLNB sont présentés au niveau du Tableau 5.

Tabl 5: Résultats de la matière organique de la coupe PLNB.

Profondeur	M.O	
	Méthode Anne (%)	Méthode de Calcination (%) (Babelhadj, 2016)
10-20 cm	1,42	5,6
20-30 cm	1,26	1,09
30-40 cm	1,88	6,43
40-50 cm	2,38	2,84
50-60 cm	1,65	6,46
60-70 cm	2,64	16,32
70-90 cm	8,43	22,17
90-100 cm	7,83	-

La matière organique au niveau de la coupe PLNB dans les profondeurs (10-40 cm et 50-60 cm) présente des tenures faibles selon la méthode Anne tandis que les autres couches présentent teneurs moyenne à très élevées.

Les couches ayant des profondeurs de 40-50 cm et 60-70 cm ont des teneurs moyennes (2,38% et 2,64%), celles entre 70 et 100 cm ont des teneurs très élevées allant jusqu'à 8,43% pour la profondeur 70-90 cm. En générale, les valeurs augmentent avec la profondeur. La méthode de calcination est en générale élevée par rapporte à la méthode Anne (Tableau 5, et figure 13).

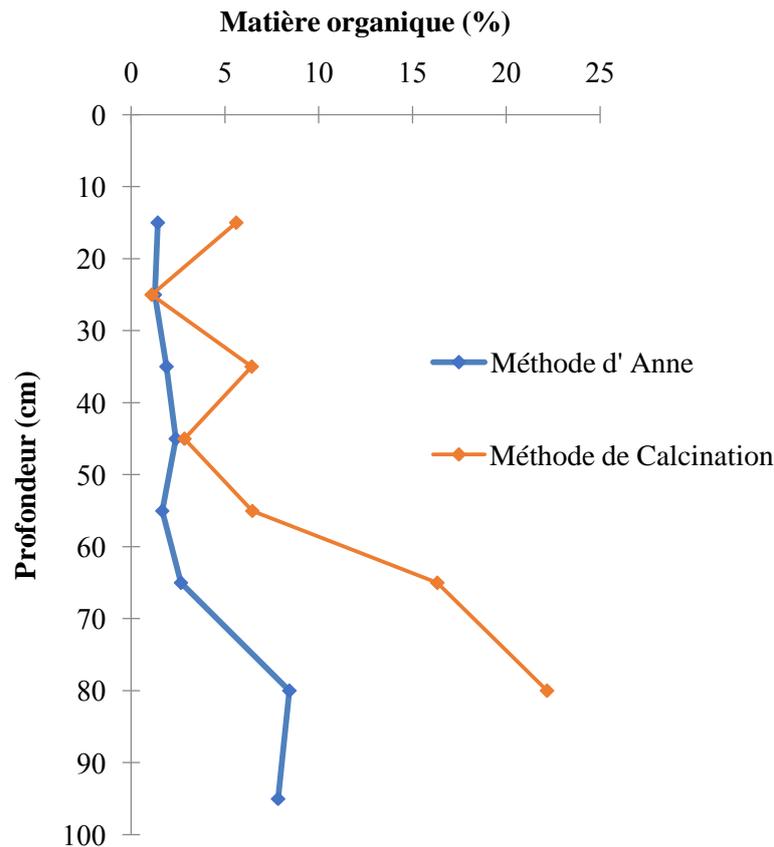


Figure 13 : Profil de la matière organique pour la coupe PLNB.

#### IV.1.2.2. Résultats de la micropaléontologie pour la coupe PLNB

D'après les résultats de l'étude du contenu micropaléontologique de la coupe PLNB, on note la présence de trois types de microfossiles à savoir les gyrogonites, les ostracodes et les diatomées. En plus de ces trois derniers des macrofossiles représentés par les gastéropodes, les ossements, et les graines ont été observés au niveau de cette coupe (Tableau 6) et (Tableau 7).

Le contenu micropaléontologique de la coupe PLNB est présenté au niveau des tableaux 6, 7 et les photos 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 et 22.

Les gyrogonites ont une faible abondance et varient d'une profondeur à l'autre. Au niveau des profondeurs 10-30 cm il y a une seule Gyrogonite, alors qu'elles sont absentes dans la profondeur 30-40 cm, et s'élève à 6 gyrogonites de 40-50 cm, et à 12 gyrogonites dans la profondeur 50-60 cm, et diminue au niveau de la couche 60-70 cm à 4 gyrogonites.

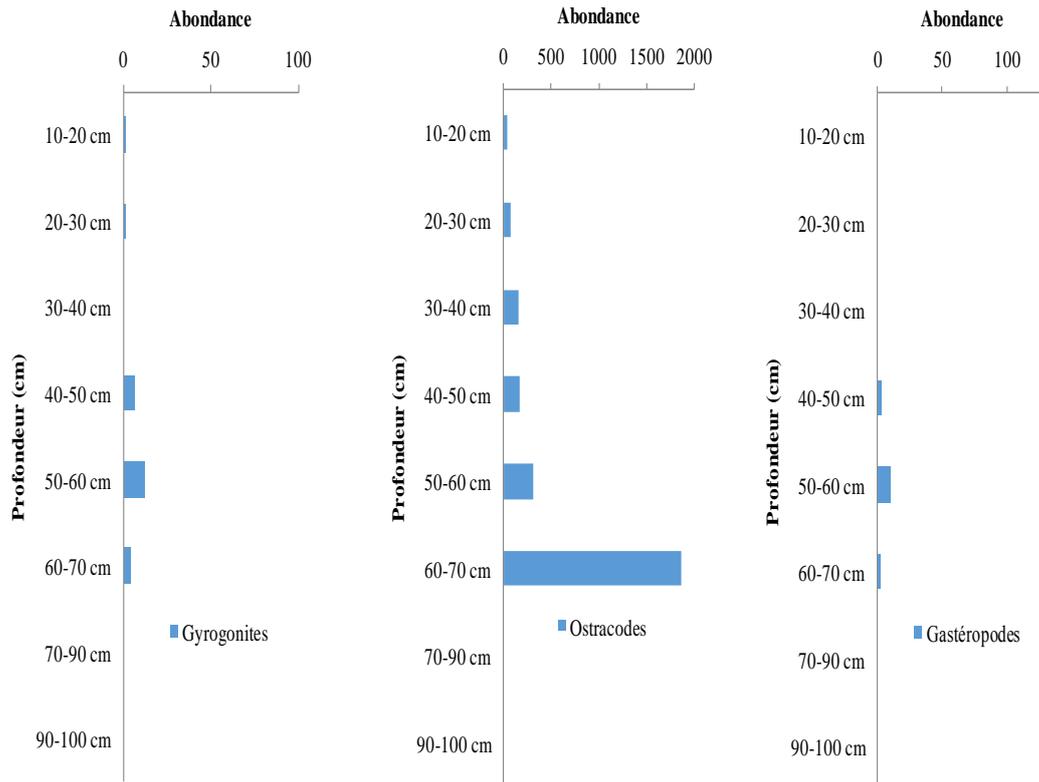
Les ostracodes sont très abondants et leur nombre s'élèvent avec la profondeur; dans la profondeur 0-10 cm il y a 32 ostracodes jusqu'à la profondeur 60-70 cm où nous avons dénombrés 1853 ostracodes.

En ce qui concerne les gastéropodes et les os, une très faible abondance en ces deux fossiles est notée dans cette coupe, avec une absence dans la majorité des couches de cette coupe. Les gastéropodes se trouvent dans la couche 50 cm avec 3 gastéropodes, dans la couche 60 cm avec 10 gastéropodes et dans la couche 70 cm avec 2 gastéropodes. Les os se trouvent seulement dans les deux couches 40 cm avec 2 os et la couche 70 cm avec 4 os.

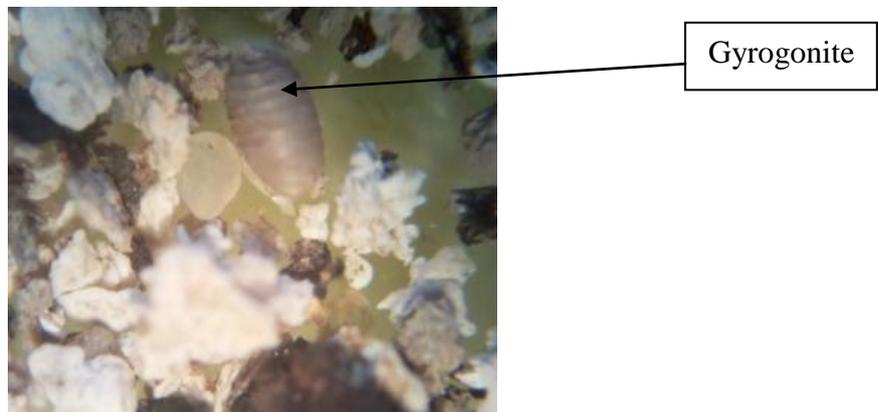
On remarque l'absence totale des graines dans cette coupe sauf dans la couche 70 cm où il y a 5 graines.

**Tabl 6 : Abondance du contenu micropaléontologique de la coupe PLNB.**

<b>Profondeur</b>	<b>Gyrogonites</b>	<b>Ostracodes</b>	<b>Gastéropodes</b>	<b>Ossements</b>	<b>Graines</b>
<b>10-20 cm</b>	1	32	0	0	0
<b>20-30 cm</b>	1	72	0	0	0
<b>30-40 cm</b>	0	158	0	2	0
<b>40-50 cm</b>	6	164	3	0	0
<b>50-60 cm</b>	12	313	10	0	0
<b>60-70 cm</b>	4	1853	2	4	5
<b>70-90 cm</b>	0	0	0	0	0
<b>90-100 cm</b>	0	0	0	0	0



**Figure 14 :** Abondance des gyrogonites, des ostracodes et des gastéropodes en fonction de la profondeur pour la coupe PLNB.



**Photo 12 :** Gyrogonite observé au niveau de la coupe PLNB (G X30).

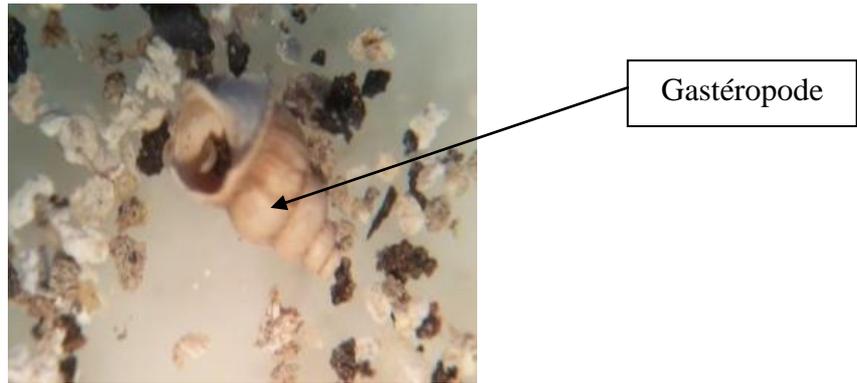


Photo 13 : Gastéropode observé au niveau de la coupe PLNB (G X30).

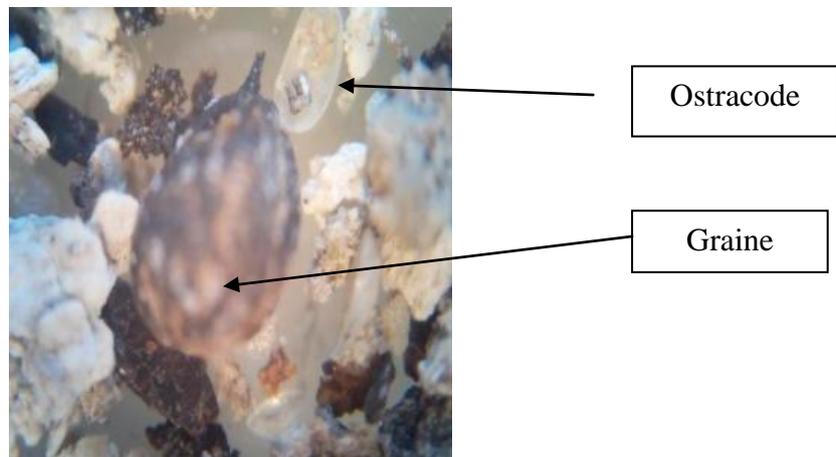


Photo 14 : Graine observé au niveau de la coupe PLNB (G X30).

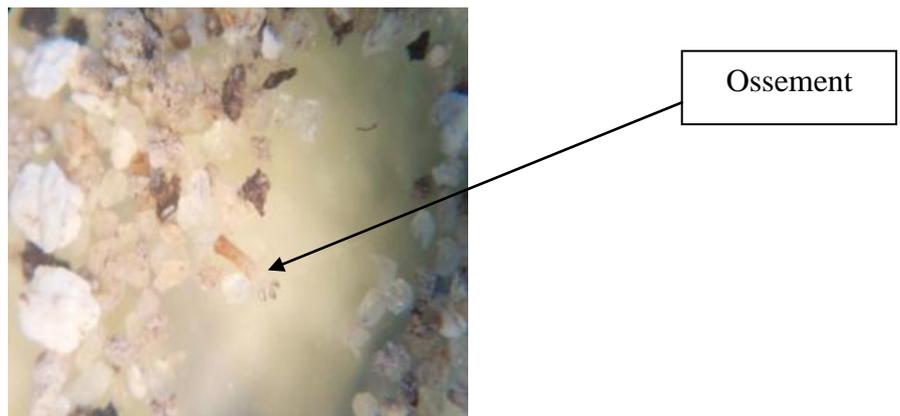


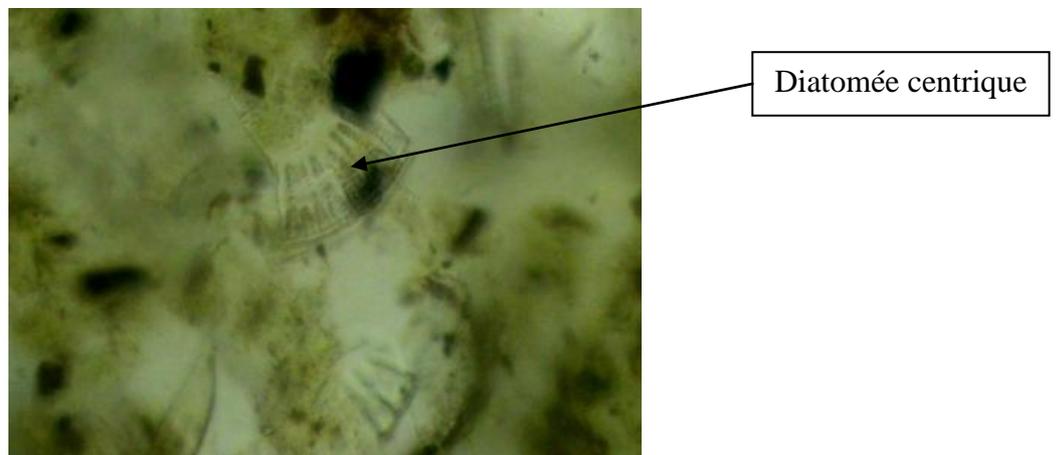
Photo 15 : Ossement dans la coupe PLNB (G X30).

Pour les diatomées dans cette coupe on remarque qu'il y a une faible abondance, avec une absence des diatomées dans la couche superficielle (10-20 cm) ainsi qu'au niveau de 70-100 cm. On note cependant, la présence de ces microfossiles dans la couche 30-40 cm et une faible abondance dans les deux couches 20-30 cm et 60-70 cm.

**Tabl 7: Abondance relative des diatomées de la coupe PLNB.**

<b>Profondeur</b>	<b>Diatomées</b>
<b>10-20 cm</b>	-
<b>20-30 cm</b>	+
<b>30-40 cm</b>	+++
<b>40-50 cm</b>	++
<b>50-60 cm</b>	+
<b>60-70 cm</b>	++
<b>70-90 cm</b>	-
<b>90-100 cm</b>	-

Légende : +++ : Diatomées très abondants; ++ : Diatomées moyenne abondants ; + : Diatomées peu abondants ; - : Absence de Diatomées.



**Photo 16 : Diatomée centrique de la coupe PLNB (GX60).**

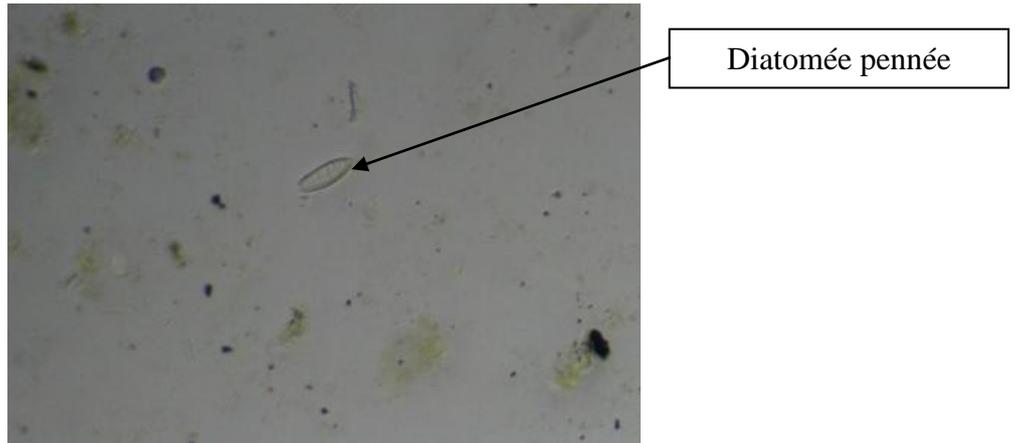


Photo 17 : Diatomée pennée de la coupe PLNB (GX60).

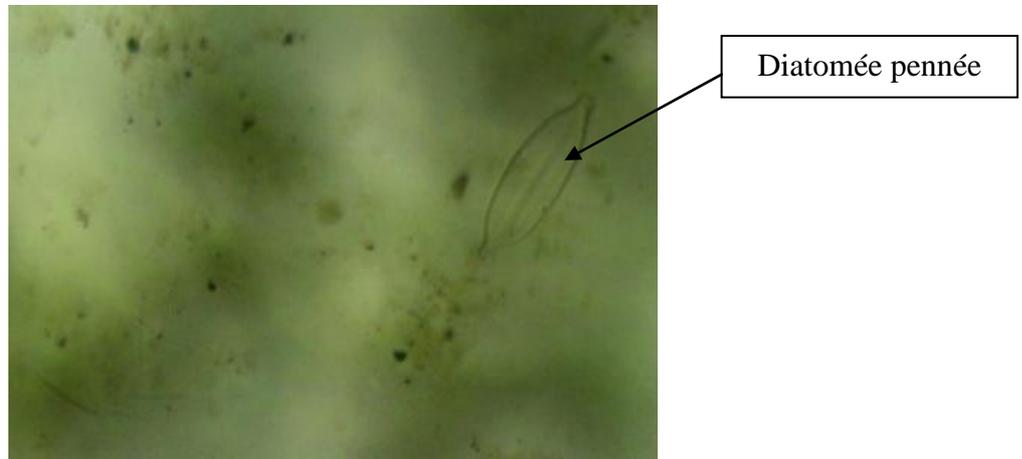


Photo 18 : Diatomée pennée de la coupe PLNB (GX60).

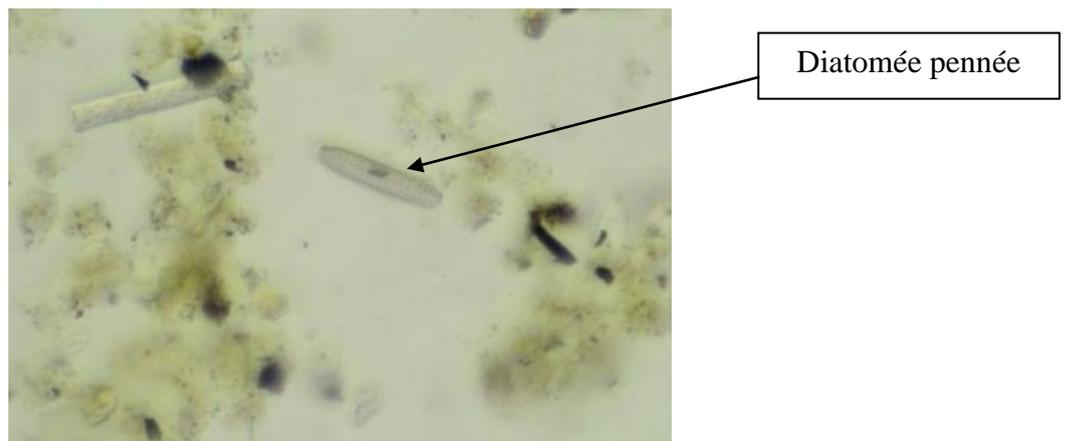


Photo 19 : Diatomée pennée de la coupe PLNB (GX60).

## IV.1.3. Coupe PLNC

## IV.1.3.1. Dosage de la matière organique pour la coupe PLNC

Les résultats obtenus pour le dosage de la matière organique au niveau de la coupe PLNC sont présentés au niveau du tableau 8 et de la figure 15.

**Tabl 8 : Résultats de la matière organique de la coupe PLNC.**

Profondeur	M.O	
	Méthode Anne (%)	Méthode de Calcination (%) (Babelhadj, 2016)
0-10 cm	1,95	6,55
10-20 cm	2,48	4,48
20-30 cm	3,17	4,67
30-40 cm	3,54	9,57
40-50 cm	4,86	11,23
50-60 cm	5,39	9,27
60-70 cm	6,18	8,99
70-80 cm	2,81	9,35
80-90 cm	3,93	8,14
90-100 cm	8,36	52,19

Pour la coupe PLNC, les teneurs de la matière organique par la méthode Anne sont faible et moyenne dans les profondeurs (0-10 cm et 10-20 cm) avec les valeurs respectives de 1,95 et 2,48%, puis les teneurs s'élèvent quand la profondeur augmente jusque à 70 cm à une valeur de 6,18%, puis la teneur en M.O. diminue au niveau des profondeurs 70 cm à 90 cm, pour s'élever une autre fois jusqu'à 100 cm avec la teneur très élevée de 8,36%. Les résultats obtenus par la méthode de calcination sont en générale plus importantes par rapport à la

méthode Anne (Tableau 8, figure 15), cependant elles suivent à peu près la même allure.

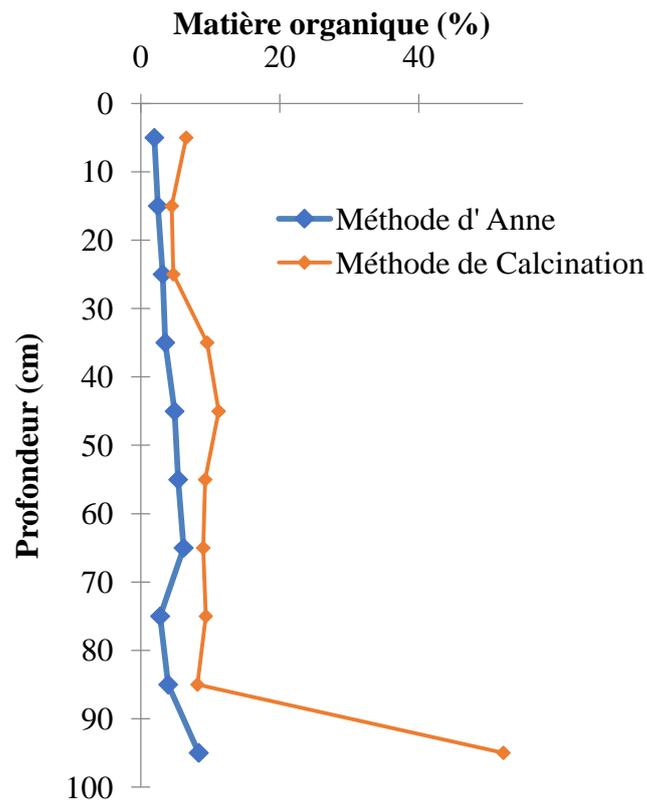


Figure 15 : Profil de la matière organique de la coupe PLNC.

#### IV.1.3.2. Résultats de la micropaléontologie pour la coupe PLNC

D'après les résultats obtenus pour la coupe PLNC, on remarque l'existence des gyrogonites, ostracodes et diatomées comme microfossiles et de gastéropodes et ossement comme macrofossiles.

Le contenu micropaléontologique de la coupe PLNC est présenté au niveau des tableaux 9, 10 et les photos 23, 24 et 25.

A partir du tableau 9 et de la figure 16 les ostracodes sont les plus abondants dans toutes les couches de la coupe PLNC, le nombre de ces microfossiles varie entre 601 au niveau de la couche 50-60 cm et 2336 pour la couche 80-90 cm, sauf pour 90-100 cm où nous constatons une absence totale de ces microfossiles.

En ce qui concerne les charophytes, le nombre de gyrogonites varie entre 0 (30-50 cm) et 11 (10-20 cm).

Le nombre des gastéropodes est très important par rapport aux autres coupes. Ils varient entre 10 (0-10 cm) et 637 individus (80-90 cm).

Les ossements sont absents et leur observation s'est faite juste au niveau de la couche (50-60 cm) avec une valeur égale à 2. Les graines sont absentes dans cette coupe.

**Tabl 9 : Abondance du contenu micropaléontologique de la coupe PLNC.**

<b>Profondeur</b>	<b>Gyrogonite</b>	<b>Ostracode</b>	<b>Gastéropode</b>	<b>Ossements</b>	<b>Graines</b>
<b>0-10cm</b>	5	1230	10	0	0
<b>10-20cm</b>	11	1515	19	0	0
<b>20-30cm</b>	3	1353	215	0	0
<b>30-40cm</b>	0	1580	450	0	0
<b>40-50cm</b>	0	2282	17	0	0
<b>50-60cm</b>	1	601	363	2	0
<b>60-70cm</b>	3	4398	139	0	0
<b>70-80cm</b>	9	2243	326	0	0
<b>80-90cm</b>	7	2336	637	0	0
<b>90-100 cm</b>	0	0	0	0	0

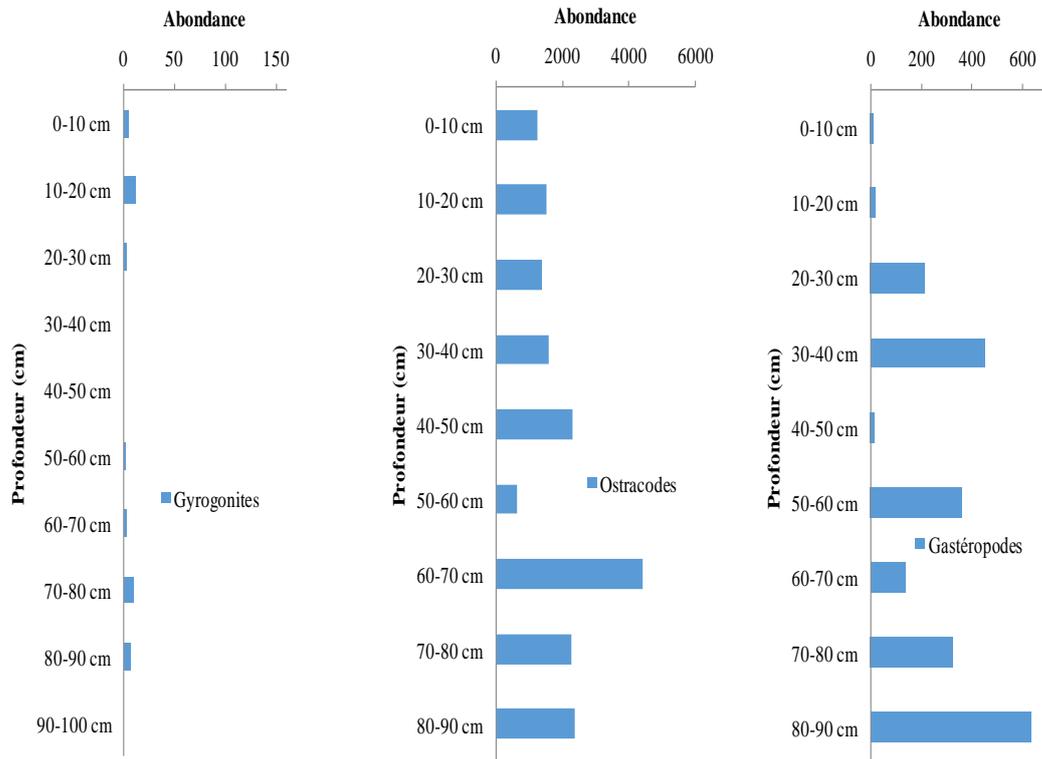


Figure 16 : Abondance des gyrogonites, des ostracodes et des gastéropodes en fonction de la profondeur pour la coupe PLNC.

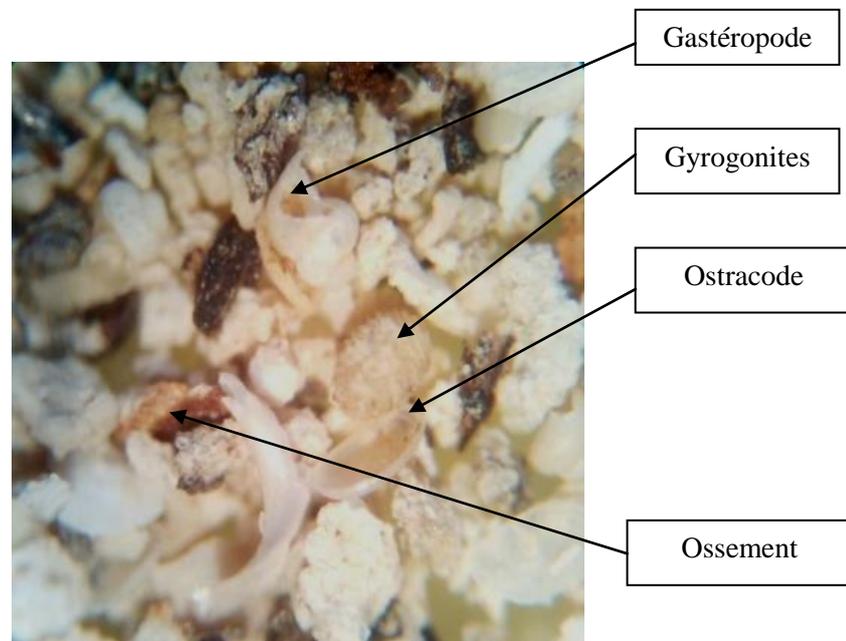


Photo 20 : Microfossiles et fossiles observés au niveau de la coupe PLNC (G X30).

Concernant les diatomées dans la coupe PLNC, les couches qui sont très riches en ces microfossiles sont la couche 0-10 cm, 40-50 cm et 30-40 cm. L'abondance diminue ensuite dans les couches 10-30 cm et 50-60 cm. Les diatomées sont totalement absentes en profondeur et ce à partir de 60-110 cm.

**Tabl 10 : Abondance relative des diatomées de la coupe PLNC.**

<b>Profondeur</b>	<b>Diatomées</b>
<b>0-10 cm</b>	+++
<b>10-20 cm</b>	+
<b>20-30 cm</b>	+
<b>30-40 cm</b>	++
<b>40-50 cm</b>	+++
<b>50-60 cm</b>	+
<b>60-70 cm</b>	-
<b>70-80 cm</b>	-
<b>80-90 cm</b>	-
<b>90-100 cm</b>	-
<b>100-110 cm</b>	-

Légende : +++ : Diatomées très abondants; ++ : Diatomées moyenne abondants ; + : Diatomées peu abondants ; - : Absence de Diatomées.

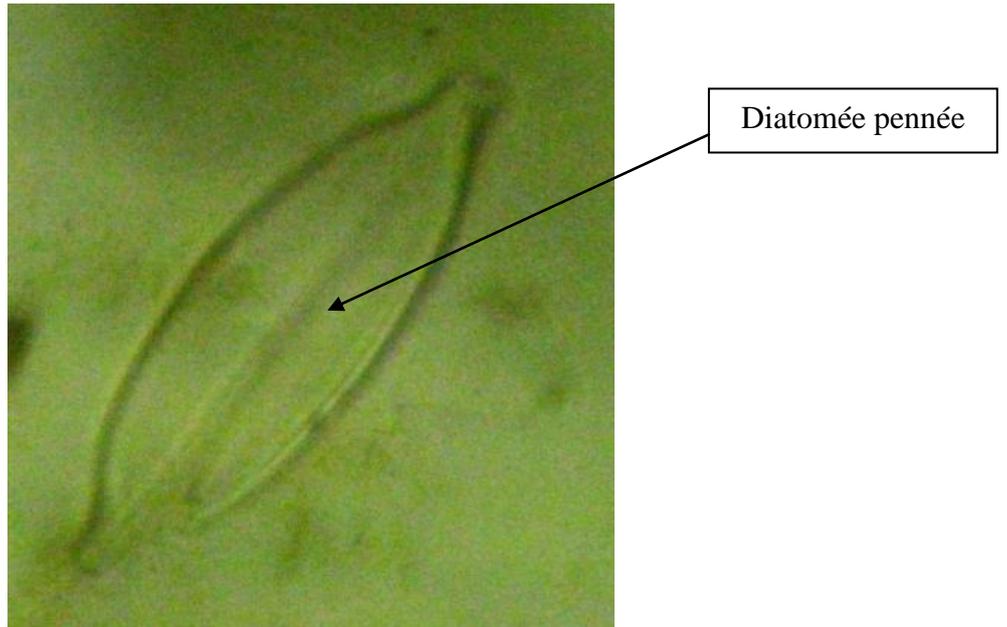


Photo 21 : Diatomée pennée de la coupe PLNC (GX60).

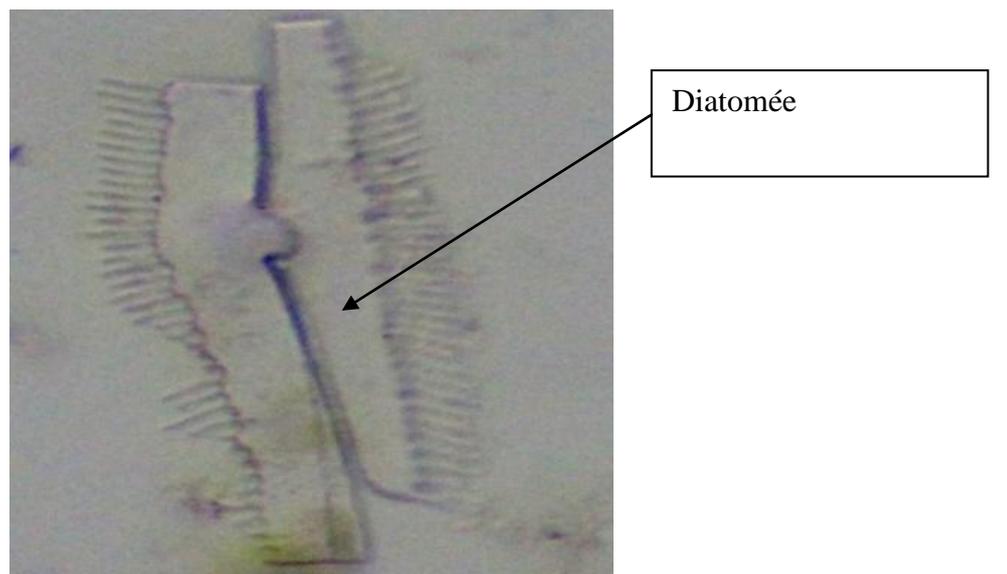


Photo 22 : Diatomée pennée de la coupe PLNC (GX60).

## IV.1.4. Coupe PLND

## IV.1.4.1. Dosage de la matière organique pour la coupe PLND

Les résultats du dosage de la matière organique pour la coupe PLND sont présentés au niveau du tableau 11 et de la figure 17.

**Tabl 11 : Résultats de la matière organique de la coupe PLND.**

Profondeur	M.O	
	Méthode Anne (%)	Méthode de Calcination (%) (Babelhadj, 2016)
0-10 cm	2,31	4,72
10-20 cm	1,78	6,97
20-30 cm	6,58	7,54
30-40 cm	3,50	13,58

A partir des résultats obtenus pour le dosage de la M.O. au niveau de la coupe PLND avec la méthode Anne, on remarque que la teneur est faible pour la profondeur 10-20 cm avec 1,78%, et que la couche ayant le taux le plus élevé est 20-30 cm avec 6,58 % (Tableau 11 et figure 17).

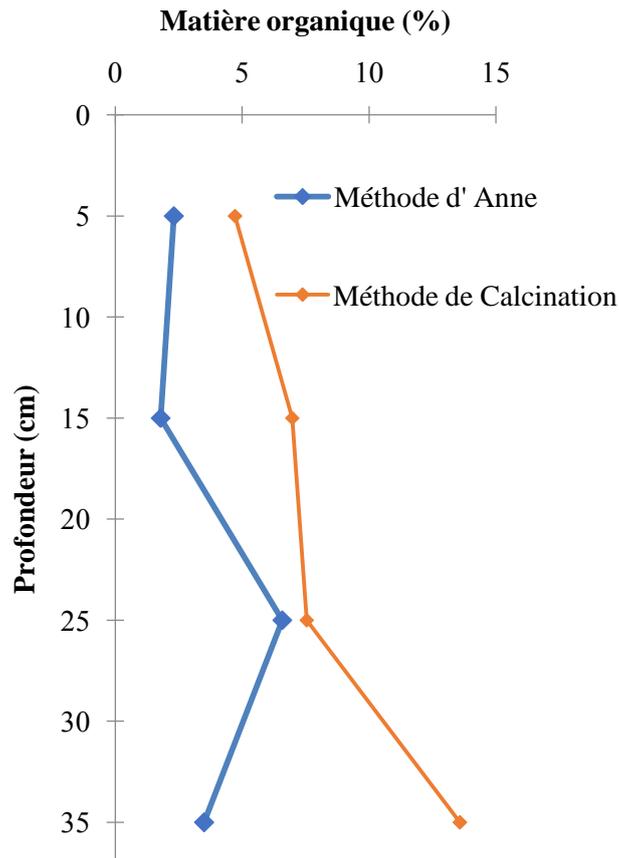


Figure 17 : Profil de la matière organique de la coupe PLND.

#### IV.1.4.2. Résultats de la micropaléontologie pour la coupe PLND

Les résultats du contenu micropaléontologique de la coupe PLND montrent que les ostracodes sont présents dans toutes les couches de cette coupe, mais leur nombre varie en fonction de la profondeur. Alors que les gyrogonites sont absents dans toutes les profondeurs à l'exception de celle située entre 30 et 40 cm avec un nombre de 147 Gyrogonites.

On note l'absence totale des os et des graines dans la coupe PLND. Les gastéropodes sont absents dans la couche allant de 0 à 10 cm, et sont présents dans les couches localisées entre 10 et 40 cm. Le plus grand nombre en ces fossiles est de 294 dénombrés au niveau de la profondeur 30-40 cm (Tableau 12).

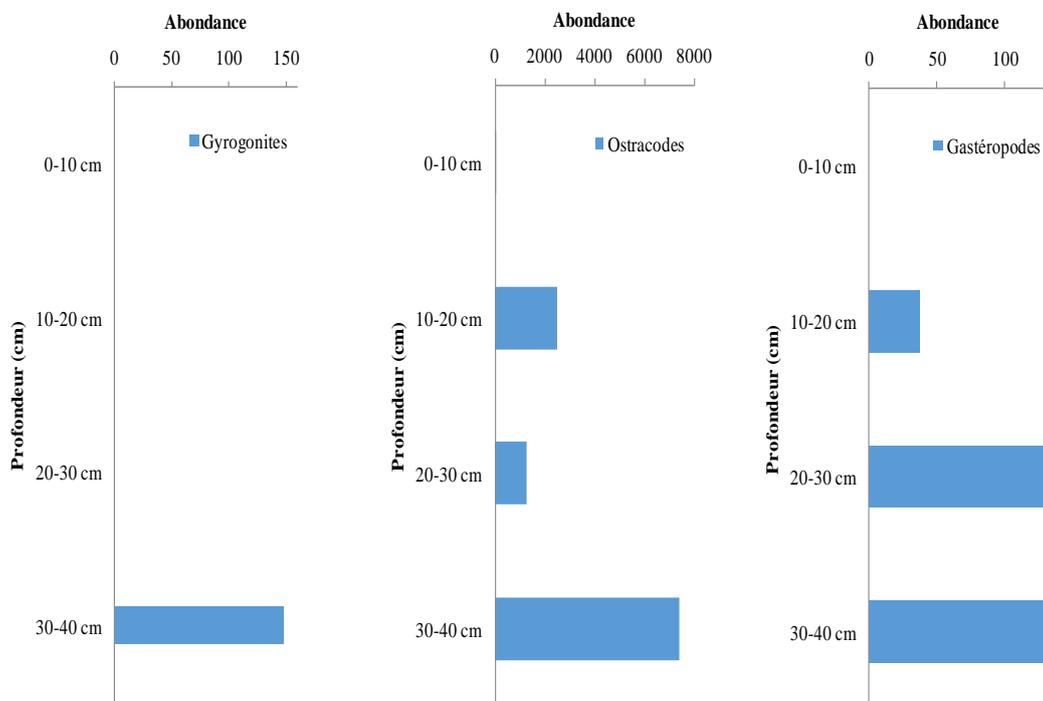
Donc les Ostracodes sont les plus abondants dans toute la coupe PLND, le nombre de ces microfossiles varie entre 2 dénombrés au niveau de la profondeur allant de 0-10 cm et 7398 dans la couche 30-40 cm (Tableau 12).

Pour les diatomées, on note leur présence au niveau de toutes les couches de cette coupe avec une bonne abondance relative dans la première couche, tandis que pour le reste jusqu'à 40 cm on marque une moyenne abondance (Tableau 13).

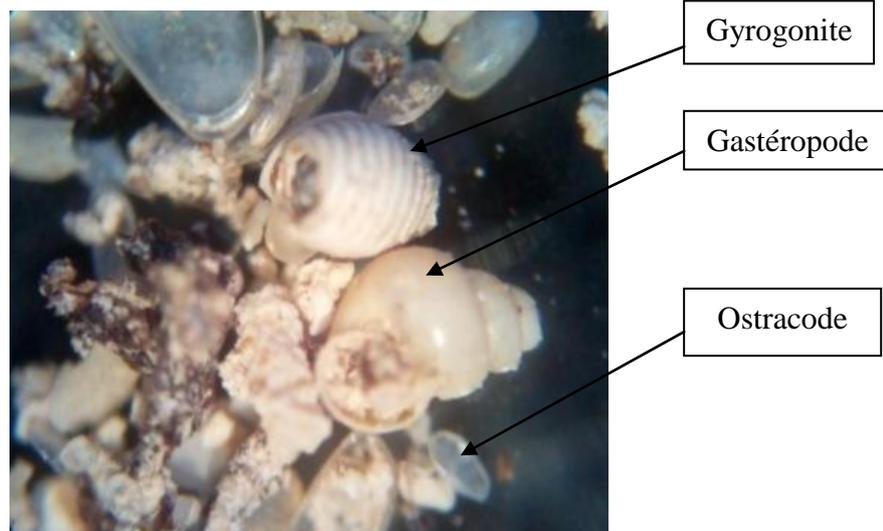
Le contenu micropaléontologique de la coupe PLND est présenté dans les photos 26, 27, 28, 28 et les tableaux (12 et 13)

**Tabl 12: Abondance du contenu micropaléontologique de la coupe PLND.**

Profondeur	Gyrogonites	Ostracodes	Gastéropodes	Ossements	Graines
0-10 cm	0	2	0	0	0
10-20 cm	0	2484	38	0	0
20-30 cm	0	1261	161	0	0
30-40 cm	147	7398	294	0	0



**Figure 18 :** Abondance des gyrogonites, des ostracodes et des gastéropodes en fonction de la profondeur pour la coupe PLND.



**Photo 23 : Microfossiles et fossile observés au niveau de la coupe PLND (G X30).**

Pour les diatomées, on note leur présence au niveau de toutes les couches de cette coupe avec une bonne abondance relative dans la première couche, tandis que pour le reste jusqu'à 40 cm, on marque une moyenne abondance (Tableau 13).

**Tabl 13: Abondance relative des diatomées de la coupe PLND.**

Profondeur	Diatomées
0-10 cm	+++
10-20 cm	++
20-30 cm	++
30-40 cm	++

Légende : +++ : Diatomées très abondants; ++ : Diatomées moyenne abondants ; + : Diatomées peu abondants ; - : Absence de Diatomées.



Photo 24 : Diatomée pennée de la coupe PLND (GX60).

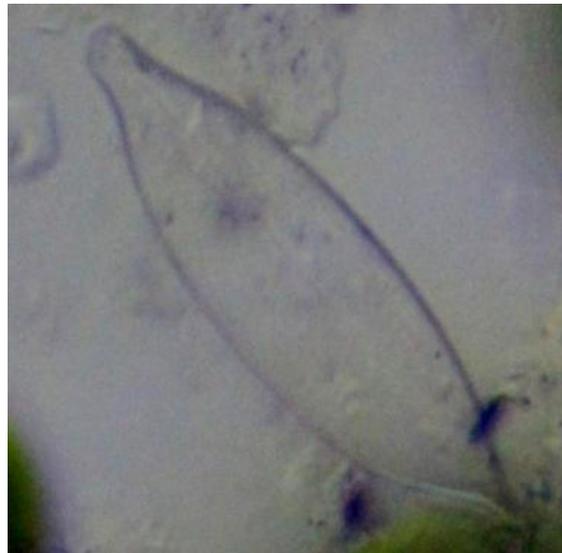


Photo 24 : Diatomée pennée de la coupe PLND (GX60).

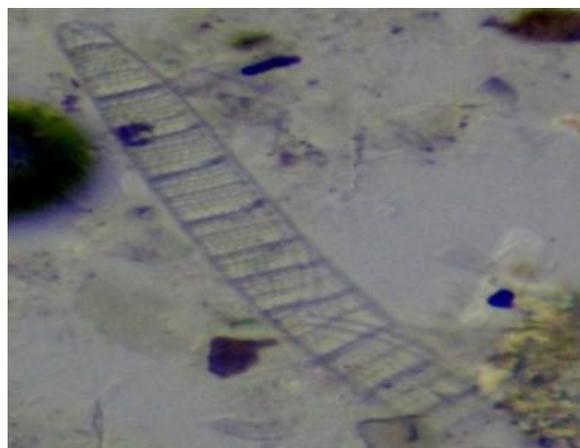


Photo 24 : Diatomée pennée de la coupe PLND (GX60).

#### IV.1.5. Résultats des mesures biométriques des gyrogonites

À partir des résultats de mesure de 100 gyrogonites à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un micromètre, le minimum des longueurs mesurées est de 800  $\mu\text{m}$ , alors que le maximum est de 1100  $\mu\text{m}$  avec une moyenne de 917,07  $\mu\text{m}$  (Tableau 14). Les pourcentages des différentes longueurs montrent qu'ils varient entre 1 % pour 750  $\mu\text{m}$ , 775  $\mu\text{m}$ , 1025  $\mu\text{m}$ , 1075  $\mu\text{m}$  et 1100  $\mu\text{m}$  et 19% sont des gyrogonites ayant une longueur de 925  $\mu\text{m}$  (Figure 19).

Concernant la largeur, le minimum des largeurs mesurées est de 500  $\mu\text{m}$ , alors que le maximum est de 975  $\mu\text{m}$  avec une moyenne de 674,64  $\mu\text{m}$  (Tableau 15). Pour les pourcentages des différentes largeurs, on trouve que le plus abondant est 650  $\mu\text{m}$  avec 20 % de gyrogonites et les largeurs ayant la plus faible abondance sont 525  $\mu\text{m}$ , 750  $\mu\text{m}$ , 950  $\mu\text{m}$  et 975  $\mu\text{m}$  avec une valeur de 1% (Figure 20).

**Tabl 14: Valeurs biométriques des gyrogonites du paléolac de la région de Ouargla établies d'après les mesures de 100 spécimens.**

	Longueur ( $\mu\text{m}$ )	Largeur ( $\mu\text{m}$ )
N	100	100
MIN	800	500
MAX	1100	975
MOY	917,07	674,64

N : nombre de gyrogonites mesurées ; MIN : valeur minimale ; MAX : valeur maximale ;  
MOY : moyenne

Et pour le LSP les gyrogonites de 70  $\mu\text{m}$  sont beaucoup plus abondants avec 59 % par rapport aux autres 50  $\mu\text{m}$  (33%) et 100  $\mu\text{m}$  (8%) (Figure 21).

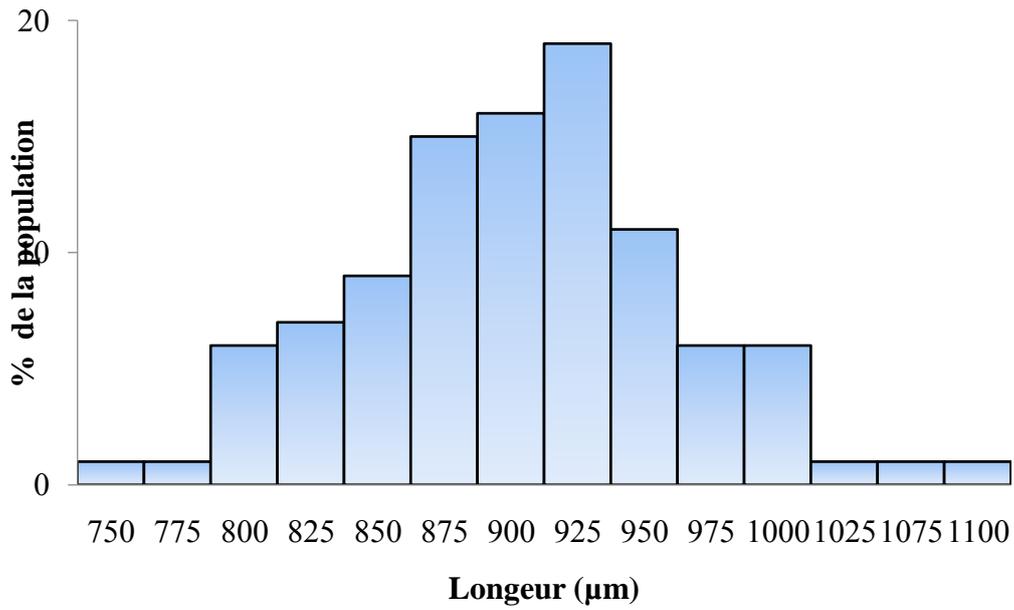


Fig 19 : Histogrammes de la longueur des 100 gyrogonites.

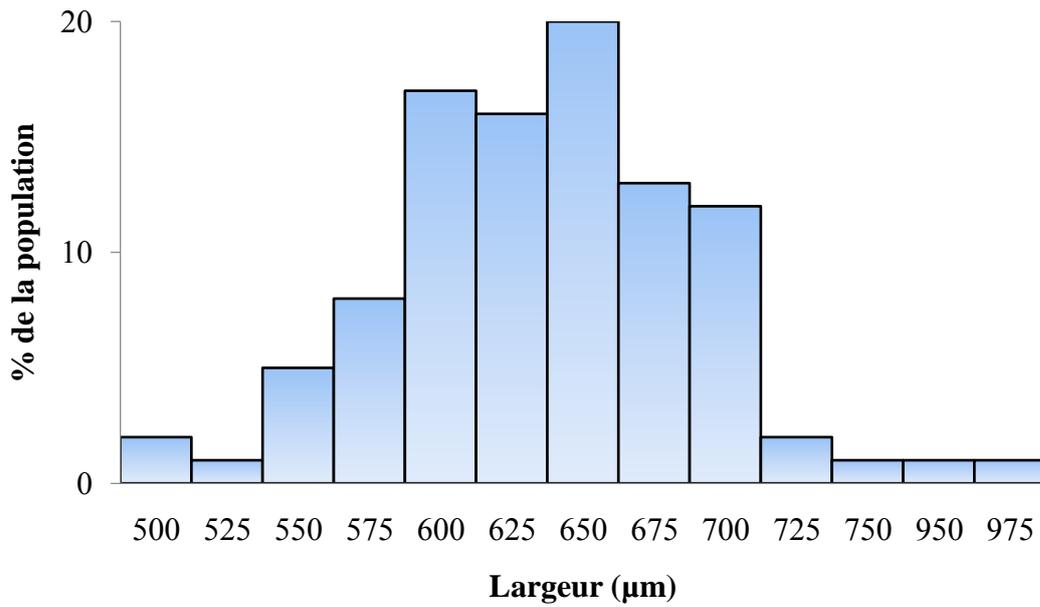
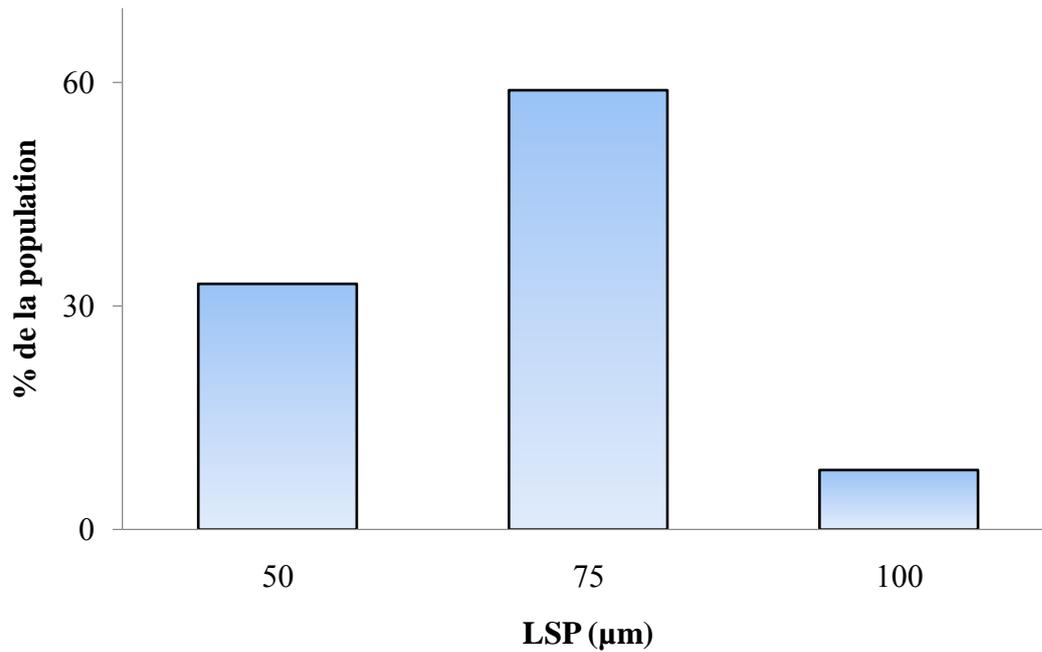


Fig 20: Histogrammes de la largeur des 100 gyrogonites.



**Fig 21: Histogrammes de LSP (la mesure entre les stries des gyrogonites) des 100 gyrogonites.**

#### IV.1.6. Identification de l'espèce de charophyte dans le site étudié

A l'issu des résultats du contenu micropaléontologique et des mesures biométriques, on note la présence de gyrogonites de grande taille ( $> 750 \mu\text{m}$ ). La photo 30 montre la structure apicale et basale de ces gyrogonites. On se basant sur les travaux antérieurs surtout Soulie-Märsche et Garcia (2015), On peut attribuer ces gyrogonites au genre *Chara* et à l'espèce *Chara hispida* (Tableau 16 en Annexe).

La classification de *Chara hispida* est comme suit (Soulie-Märsche et al,2007) :

Classe: CHAROPHYTA Migula, 1890

Ordre CHARALES Lindley, 1836

Famille CHARACEAE L.Cl. Richard, 1815

Genre *Chara* Linnaeus, 1753

*Chara hispida* Linnaeus, 1753

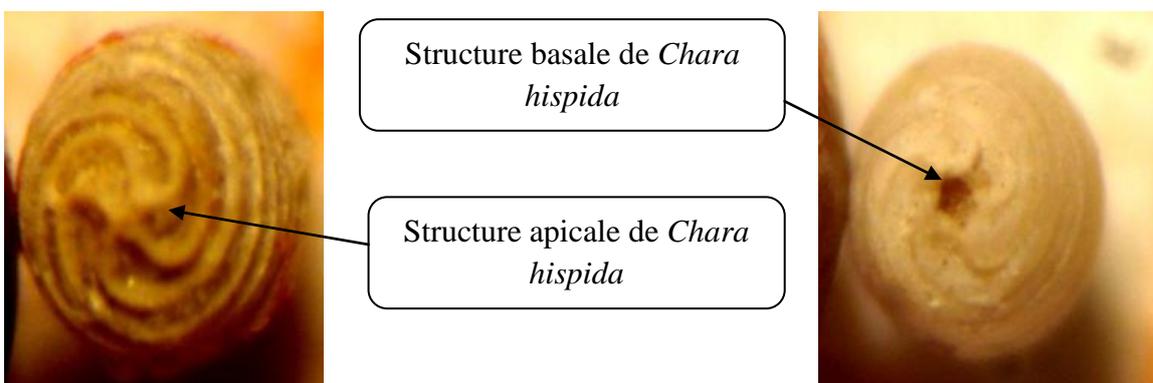


Photo 25 : Structures basale et apicale de gyrogonite de l'espèce *Chara hispida* au niveau du paléolac de Ouargla.

IV.1.7. Identification des espèces de diatomées dans le site étudié

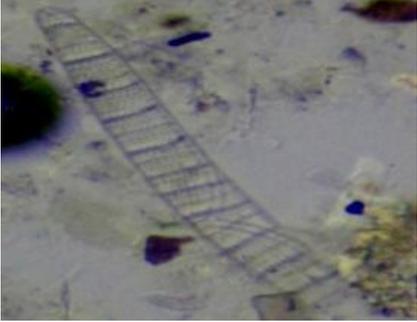
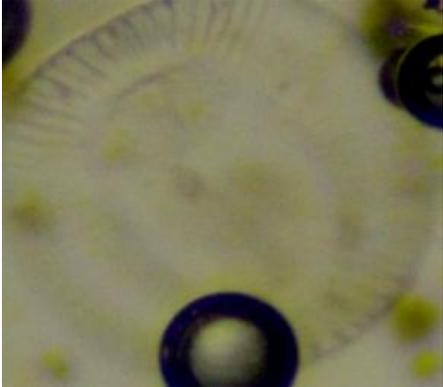
Quatre espèces de diatomées ont pu être identifiées au niveau de ce paléolac; une espèce centrique et trois espèces pennées. Les noms scientifiques de ces espèces et leur classification est résumé au niveau du tableau 15 .

Tabl 15: Espèces de diatomées identifiées dans le site étudié.

Espèce	Classification
<b>Diatomées pennées</b>	
 <p data-bbox="341 1167 686 1200"><i>Anomoeneis spaerophora</i></p>	<p data-bbox="863 790 1286 1043">Embranchement: Chromophytes Classe: Diatomophyceae Sous classe: Pennatophycidées Ordre: Bacillariales Sous ordre: Bacillariineae Famille: Naviculaceae Genre: <i>Anomoeneis</i></p>
 <p data-bbox="389 1565 633 1599"><i>Denticula elegans</i></p>	<p data-bbox="863 1261 1286 1514">Embranchement: Chromophytes Classe: Diatomophyceae Sous classe: Pennatophycidées Ordre: Bacillariales Sous ordre: Bacillariineae Famille: Epithemiaceae Genre: <i>Denticula</i></p>

Suite du Tableau 15: Espèces de diatomées identifiées dans le site étudié.

	<p data-bbox="863 1722 1286 1975">Embranchement: Chromophytes Classe: Diatomophyceae Sous classe: Pennatophycidées Ordre: Bacillariales Sous ordre: Bacillariineae Famille: Epithemiaceae Genre: <i>Epithemia</i></p>
--	---

 <p style="text-align: center;"><i>Epithemia argus</i></p>	
<p><b>Diatomées centriques</b></p>	
  <p style="text-align: center;"><i>Cyclotella meneghiniana</i></p>	<p style="text-align: center;">                     Embranchement: Chromophytes                      Classe: Diatomophyceae                      Sous classe: Centrophycidées                      Ordre: Biddulphiales                      Sous ordre: Coscinodiscineae                      Famille: Thalassiosiraceae                      Genre: <i>Cyclotella</i> </p>

## IV.2. Discussion

D'après notre étude faite sur un paléolac situé dans la région de Ouargla, nous avons constaté que le taux de matière organique est important par rapport aux sols des régions sahariennes. L'étude micropaléontologique nous a permis de détecter l'existence de microfossiles au niveau des coupes étudiées dans ce même paléolac.

Dans cette partie, nous essayerons de comparer l'abondance de ces microfossiles entre les coupes et d'expliquer leur origine en se basant surtout sur les charophytes et de tirer des interprétations sur l'existence de matière organique à partir des résultats obtenus.

#### IV.2.1. Signification paléoenvironnementale des fossiles et des microfossiles

La teneur de la matière organique est élevée dans la coupe PLNA par rapport aux autres coupes PLNB, PLNC et PLND, cela peut s'expliquer par l'abondance des gyrogonites au niveau de PLNA par rapport aux autres coupes, cela veut dire que cette teneur élevée en matière organique à une relation avec la source de la matière organique végétale. En effet, selon Meyers et Lallier-Verges (1999), la matière organique dans les paléolacs peut avoir deux sources probables; une origine algale dans certains lacs ou la végétation terrestre dans d'autres.

En étudiant le même site Youcef (2016), a pu conclure que la matière organique de ce paléolac résulte fort probablement des algues aquatiques submergés et de la végétation terrestre du bord des lacs et que sa source principale était surtout constituée par les restes de charophytes ce qui confirme nos résultats.

Les Charophytes sont un groupe de macrophytes, benthiques, non vasculaires (Soulie-Märsche, 2008), se sont essentiellement des plantes d'eau douce (Corillion, 1957). Selon Soulie-Märsche et Garcia (2015), les charophytes sont adaptés à un très large éventail de milieux aquatiques continentaux et côtiers. Les oospores et les gyrogonites sont produites par reproduction sexuée et elles représentent les structures de résistance des charophytes présents dans les sédiments après que les plantes sont mortes (Soulie-Märsche et Garcia, 2015).

Les Ostracodes sont considérés comme une sous classe des crustacés, ils sont généralement benthiques et rarement planctoniques et ils sont présents dans la majorité des milieux aquatiques (Carbonel et *al.*, 1988).

Les ostracodes sont principalement benthiques et sont très strictement liée à leur environnement. Ils sont particulièrement sensibles à la salinité, la profondeur, la température, et la pollution (Gliozzi et *al.*, 2015).

D'une manière générale, les ostracodes d'eaux douces ont des carapaces peu épaisses, à surface lisse ou faiblement ponctuée, et à charnière adonte, à la différence des espèces marines dont les carapaces sont en générale plus robustes et fréquemment ornées (Bignot, 1982).

La présence des ostracodes, indique l'existence des conditions plus humides que l'actuelle permettant la survie de ces microfossiles.

En ce qui concerne la présence des fossiles de gastéropodes, à partir de l'étude de Youcef (2016) dans la Sebkha Mellala et dans le même paléolac de notre étude, elle confirme que ces mollusques appartiennent à l'espèce *Melanoides tuberculata*.

Selon Boye et *al.* (1978), l'existence de cette espèce fossile au niveau de la Sebkh Mellala, indique que la nature des eaux du paléolac est douce à peu salée.

A partir de l'étude micropaléontologique, nous avons signalé la présence de certains ossements dans ces coupes observés sous la loupe binoculaire. L'origine de ces ossements peut être attribuée à une faune aquatique ou terrestre.

Le taux de la matière organique est élevé dans ce paléolac. Ce qui explique selon Youcef (2016), l'existence des couches noires au niveau de ce même site qui ont une origine organique. Selon Fedoroff et Courty (1989), ces dépôts noirs peuvent témoigner d'une phase plus humide que l'actuelle.

#### IV.2.2. Les caractéristiques des espèces de diatomées identifiées

Les espèces que nous avons pu identifiées au niveau des coupes étudiées sont: *Anomoeneis spaerophora*, *Cyclotella meneghiniana*, *Denticula elegans* et *Epithemia argus*.

- **L'espèce *Anomoeneis spaerophora***

Elle est alcaliphile (Boudrimont, 1974 in Hamadai, 2015). C'est une espèce épiphytique, oligosaline et alcaline (Fan, 1994 in Hamadai, 2015), Elle se rencontre exclusivement dans les milieux de pH supérieur a 7 (Foged 1964 in Hamadai, 2015). En Algérie, elle se rencontre dans les eaux sulfatées sodiques, chlorurées sodiques et bicarbonatées sodiques. C'est est une espèce alcaliphile et eurytherme (Hamadai, 2015). C'est une espèce benthique (Gasse et *al.*, 1987 in Hamadai, 2015).

- **L'espèce *Cyclotella meneghiniana***

C'est une espèce littorale planctonique dite euplanctonique (Serieyssol et Krier, 1995 in Hamadai, 2015 ), elle est nettement halophile, alcaliphile (Foged, 1948 in Hamadai, 2015). C'est une forme ubiquiste des eaux douce et saumâtres (Wood ,1963 in Hamadai, 2015), ce qui permet de la classe dans le groupe des espèces euryhalines (Caljon, 1991 in Hamadai, 2015).

. Elle est alcaliphile et se rencontre dans tout les types chimiques des eaux oligohalines, c'est une forme qui supporte des températures élevées de l'ordre de 60°C tel que les eaux thermales. Elle est donc eurytherme , en Algérie, elle est abondante dans les eaux mésohalines et absente des eaux oligohalines (Boudrimont, 1973 in Hamadai, 2015), Elle est une espèce planctonique et a été trouvée dans des eaux à pH alcalin (Gasse et *al.*, 1987 in Hamadai, 2015).

- **L'espèce *Denticula elegans***

Elle supporte des eaux riches en silice dans les sources thermales et des températures

plus élevées et de forte teneur en hydrogène sulfure libre, c'est une espèce Eurytherme, alcaliphile se rencontrant dans des eaux sulfatées sodiques, chlorurées sodiques et bicarbonatées calciques, sulfurées calciques et sulfates calciques.

Elle est considérée comme oligohaline et généralement alcaline (Baudrimont, 1974 in Hamadai, 2015). Pour Foged (1980 in Hamadai, 2015), c'est une espèce oligohaline indifférente alcaliphile.

- **L'espèce *Epithemia argus***

C'est une espèce épiphyte, présente dans des milieux à concentration moyenne à élevée en électrolytes (Villeneuve et Pienitz, 1998 in Hamadai, 2015). Pour Baudrimont (1993) et Hamadai (2015), elle est oligohaline indifférente et alcaliphile.

Selon Gasse et *al* in Hamadai, 2015. (1987 in Hamadai, 2015), *Epithemia argus* est une espèce épiphytique, oligosaline et qui tolère un pH alcalin.

A partir de ce travail les espèces micropaléontologiques qui ont été trouvées au niveau du paléolac étudié sont *chara hispida* et pour les diatomées il y a deux types les diatomées centriques représentées par *Cyclotella meneghiniana* et les diatomées pennées représentées par : *Anomoeneis paerophora*, *Denticula elegans* et *Epithemia argus*. Et à partir des caractéristiques écologiques de ces espèces on peut estimer que ce paléolac est un paléolac peu profond à eaux douces à oligosalines et à pH alcalin.

***Conclusion***

## Conclusion

A partir de ce travail, nous avons pu identifier trois types de microfossiles; deux d'une origine végétale qui sont les charophytes et les diatomées et un d'une origine animale à savoir les ostracodes. D'autres fossiles ont été trouvés au cours de cette étude qui sont les gastéropodes, les ossements et les graines de plantes.

L'abondance de ces microfossiles et de ces fossiles diffère d'une coupe à une autre ainsi qu'au niveau d'une même coupe (en fonction de la profondeur).

Les espèces identifiées sont:

- Pour les charophytes: *Chara hispida*;
- Et pour les diatomées: Nous avons quatre espèces; *Cyclotella meneghiniana* (diatomée centrique), *Anomoeneis spaerophora*, *Denticula elegans* et *Epithemia argus* (diatomées pennées).

L'existence de ce milieu lacustre est confirmée aussi par les fossiles appartenant à l'espèce *Melanoides tuberculatus* et les ostracodes.

Le taux élevé de la matière organique dans les coupes étudiées et leur origine revient à une évolution dans un milieu engorgé d'eau.

A partir de ce travail et à partir des caractéristiques écologiques des espèces identifiées au niveau du paléolac étudié, on peut estimer que ce dernier est un paléolac peu profond à eaux douces à oligosalines et à pH alcalin.

Enfin notre étude ne représente qu'une petite partie dans la reconstitution de l'histoire des paléolacs de la cuvette de Ouargla et du Sahara en général et doit être complétée par des études plus approfondies et plus larges ainsi que l'identification précise des espèces de microfossiles (ostracodes) et des diatomées qui peuvent nous renseigner davantage sur les conditions paléoenvironnementales qui ont caractérisées la région au Quaternaire.

*Références*  
*Bibliographiques*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Assi-Kaudjhis, C. Digbehi, B. Roche, E. et Lezine, A. 2010. Synthèse sur l'évolution des paléoenvironnements de l'Afrique occidentale atlantique depuis la fin de la dernière période glaciaire. Influences climatiques et anthropiques. *Geo-Eco-Trop.*34:pp. 1-28
- Aubert, G. 1978. Méthodes d'analyses des sols. C.R.D.P. Marseille, 189 p.
- Aumassip, G., Dagorne, A., Estorges, P., Lefevre-Witier, Ph., Mahrouf, M., Marmier, F., Nesson, C., Rouvillois-Brigol, M., et Trecolle, G. 1972. Aperçu sur l'évolution du paysage Quaternaire et le peuplement de la région de Ouargla. *Lybica*, Tome xx, pp206-256.
- Babelhadj, T. 2016. Etude micropaléontologique des sédiments d'un paléolac de la région de Ouargla (Sahara septentrional algérien), 89 p.
- Bard, D. 2014. Climat de l'Afrique du Nord pendant l'Holocène , evaluation du climat et de l'océan, 28-29 .
- Barinova, S. Roman, R. Cüneyt Nadir, S. 2014. New Record of *Chara Hispidula* (L.) Hartm. (Streptophyta: Charophyceae, Charales) from the Işıklı Lake (Turkey) and Critical Checklist of Turkish Charophytes. p33–42.
- Bel, F. et Dermagne, F. 1969. Etude géologique du Continental terminal. Dossier de la Direction de l'énergie des carburants ( ministère de l'industrie et de l'énergie ).
- Belnap, 2002. Macroalgae associated with sabkha. In: Barth, H.-J., Boer, B. (Eds.), *Sabkha Ecosystems*, vol. 1, The Arabian Peninsula and Adjacent Countries. *Tasks for Vegetation Sciences*, vol. 36. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, NL, pp. 227–232.
- Bezzeghoud, B. 2009. la microflore diatomique et paléoenvironnement des dépôts lacustres holocènes de Hassi El Medjna (Grande Erg Occidental, Algérie), Magister en science de la terre. 166 p.
- Bignot, G. 1982. Les microfossiles. Ed. Dunod, Paris, 211 p.
- Bignot, G. 1988. Micropaléontologie les différents groupes de microfossiles, *ibid.*
- Bignot, G. 2001. Introduction à la micropaléontologie. Gordon and Breach Science Publishers,

- Blindow, I. 1992. Decline of charophytes during eutrophication: comparison with angiosperms. *Freshwater Biol.*, Vol.28: 9–14.
- Boegle, M. G. S. Schneider, B. Mannschreck, A. Melzer. 2007. Differentiation of *Chara intermedia* and *C. baltica* compared to *C. hispida* based on morphology and amplified fragment length polymorphism, *Hydrobiologia*, Vol.586, p155–166.
- Boissezone, A. 2008. Préférences écologique de quelques espèces de charophytes, p109.
- Bory, T. Akademia Techniczno Rodnicza Bydgoszczy, Bydgoszcz, pp. 4, 9-14.
- Baudrimont, R. 1973. Recherche sur les diatomées des eaux continentales de l'Algérie : écologique et paléoécologique. Thèse Lab.Bot., Fac.Sci.,Alger et Lab. Bot., Univ. Bourdeaux, Talence ,A.O. 9385, sér n° 12 : 265p., pl.ht.
- Boudrimont, R. 1974. Recherche sur les diatomées des eaux continentales du Maroc. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord. Alger*, t. 65 .fasc.1 et 2 , 34p .
- Boudrimont. R 1993. Recherche écologique sur les diatomées des eaux continentales du Maroc. *Hist. Nat. Afr. Nord. Alger*. t.65. fasc, 1 et 2 , 34p.
- Boye, M., Marmier, F., Nesson, C. et Trecolle, G. 1978. Les dépôts de la sabkha Mellala (environs d'Ouargla, Sahara algérien nord-oriental). *Sédimentologie, age, enseignement morphoclimatique. Rev. Géomorpho-Dyn.*, 28,49-62.
- Brl-Bneder, 1999. Etude du plan directeur générale de développement des régions saharienne. Lot 1. Etude de base. Phase II A3. Monographies spécialisées des ressources naturelles. *Ressources en eau, Vol. 3. Modélisation du Complexe Terminal.* 63p.) .
- Bryant. M, Stewart, N. 2002: Order Charales. *The Freshwater algal flora of the British Isles* ,p 593-612.
- Callot, Y. et Fontugne, M. 2008, The Holocene lacustrine sites in the eastern part of the Great Western Erg (NW Algerian Sahara): geomorphological and paleoclimatic interpretation, p. 187-200 .
- Carbonel, P., Cocin, J.P., Danielopoc, D.L., Loffler, H., Neustueva, I. 1988. Paleocology of limnic Ostracodes: a review of some major topics. *Paleogeog. Paleoclimat. Paleocology.* p413-461
- Castany, G., 1982. *Hydrogéologie, Principes et méthodes.* Ed Dunod, 238p.
- Celewicz-Gołdyn, S., Klimko, M., Kuczyńska-Kippen, N. et Nagengast, B. 2010. Relationship between plankton assemblages and habitat characteristics of stands of

- *Typha angustifolia* and *Chara hispida* in Lake Wielkowiejskie. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.*, Vol.39, No.1: 127–135.
- Chehema, A. 2011. Le Sahara en situation et défis. L'effet du changement climatique sur l'élevage et la gestion durable des parcours dans les zones arides et semi-arides du Maghreb. Université KASDI MERBAH-Ourgla-Algérie, du 21 Novembre 2011.
- Cocquyt, C. 1991. Diatoms from Easter Island. *Biol. Jb. Dodanaea*, 59, Belgium, 109-124.
- Corillion, R. 1957. Les Charophycées de France et d'Europe occidentale (étude systématique, écologique, phytosociologique et phytogéographique). Thèse - Sciences, Université Toulouse, Rennes, Imprimerie Bretonne.
- Cornet, A. 1952. Les eaux du Crétacé inférieur continental dans le Sahara algérien (nappe dite « albien »). In « La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie » XIX<sup>ème</sup> congrès géologique international T .II, 30p.
- Cornet, A. 1961. Initiation à l'hydrogéologie saharienne. Cours ronéoté destiné aux officiers du cours préparatoire aux Affaires sahariennes. S.E.S Birmandreis, Alger, 108p.
- Cornet, A. 1964. Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Géog. Phys, et Géol. Dyn., vol. VI, fasc. 1, 5-72.
- Darfeuill, S. et Bouchez, C. 2015. Evolution du climat et de l'océan, *La lettre du Collège de France* 39 • Mars 2015, 28-29 pp.
- Delachaux et Niestlé. 2004. Guide des diatomées, Maurice Loir,
- Delaux, P. M. 2011. Rôles des strigolactones et évolution des compétences mycorhiziennes dans la lignée verte. En vue de l'obtention du Doctorat Université de Toulouse. p13 .
- Delwiche, C. 2002. Phylogeny of the genus *Coleochaete* (Coleochaetales, Charophyta) and related taxa inferred by analysis of the chloroplast gene *rbcl*. *J. Phycol.* 38, p394–403.
- Damnati, B. 2000. Holocene lake records in the Northern Hemisphere of Africa. *Journal of African Earth Sciences* 31 (2): 253-262.
- Djennane, A. 1990. Constat de situation des zones Sud des oasis algériennes. Options Méditerranéennes, Sér. A / n° 11. Les systèmes agricoles oasiens. pp30-33.
- D.P.A.T. 2010. Direction de planification et l'aménagement de territoire.
- Druart, J.C. 1996. La Paléolimnologie en France. In : Les recherches paléolimnologiques et la migration des nutriments dans les bassins versants de lacs de

Bory Tucholskie. Akademia Techniczno Rodnicza Bydgoszczy, Bydgoszcz, pp. 4, 9-14.

- Dubief, J. 1950. Evaporation et coefficients au Sahara. *Travaux de l'institut de recherches Sahariennes* 6: 13-44).
- Dubief, J. 1952. Le vent et le déplacement du sable au Sahara. Ed : Ed: Inst. Rech. Sah., Alger. Tome VIII. Pp. 123-163.
- Dubief, J. 1959. Le climat du Sahara. Ed : Inst. Rech. Saha., Alger. Mémoire h.s. Tome I. p307.
- Dubost, D. 1986. Nouvelles perspectives agricoles du Sahara algérien. *Revue de l'Occident musulman et de la Méditerranée*, N°41-42. Pp. 339-356.)
- Dutil, P. 1971. Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse doc. D'état, faculté des sciences de l'université de Strasbourg, 346 p.
- Eimi, A., Font, J., Chiesa, O. 2015. Palaeoenvironmental reconstruction based on charophytes and sedimentology: Can the mid-Holocene Optimum be recognised in western Argentina. p32.
- Fabre, J. 1976. Introduction à la géologie du Sahara Algérien et des régions voisines. Ed.S.N.E.D, Alger. N° ed 334.73. 422p.
- Fan, H. 1994. Paléoenvironnement, Paléoclimat du Tibet Occidental (Bassin de Bangong Co) au quaternaire supérieur. Approche par l'étude des diatomées. Thes. Doct. Univ. Paris. P 38-137.
- Fedoroff, N. et Courty, M. A. 1989. Indicateurs pédologiques d'aridification exemple du Sahara. *Bulletin de la Société Géologique de France* 5: 43-53.
- Foged, N. 1948. Some littoral Diatoms from the Coast of Tanzania. *Bibl. Phycol.* 16. 126 pp. 31 pls.
- Foged, N. 1964. Freshwater Diatoms from Spitsbergne. *Tromso Museums skrifter.* 11. 205 pp, 22 pls.
- García, A. 1999. Quaternary charophytes from Salina del Bebedero, Argentina: their relation with extant taxa and palaeolimnological significance. *J. Paleolimnol.* 21, pp 307–323.
- García, A., Chivas, A.R. 2006. Diversity and ecology of extant and Quaternary Australian charophytes (Charales). *Cryptogam. Algal.* 27, 323–340.
- Gardi, R. 1973. Sahara. Ed.: Kummerly et Frey, Paris, 3ème edition: 49-51.
- Gastineau, R. 2012. Biodiversité, reproduction et phylogénie des diatomées bleues du genre *Haslea* et valorisation de leurs pigments de type marennine , 329p.

- Gasse, F., Fontes .J.C., Plaziat, J.C., Carbonel, P., Kaczmarska, L., Deckker, P., Soulie-Marche, L., Callot, Y. et Dupeulble, P.A. 1987. Biological remains geochemistry and stable isotopes for the reconstruction of environntale and hydrological changes in the Holocene lakes from north Sahara. *Palaeogeography. Palaeoclimatology, palaeoecology*. 46p.
- Gasse, F. 2005. Continental palaeohydrology and palaeoclimate during the Holocene. *C. R. Geoscience*, 337, 79–86.
- Gerddette, 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 Crête et au Maroc. Thèse Doc. 3<sup>e</sup> cycle, Univ.Paris-sud : 274p.
- Gersode, R. 1980. Diatoms in the Mediterranaen Neogene, a schort review. *Ann.Geol. Pays Hellèn.*, (h.s.),3 : 1348-1351.
- Gibert, E. 1989. Géochimie et paléohydrologie des bassins lacustres du Nord-Ouest saharien. Programme Palhydraf, site2. Thèse de doctorat Université Paris XI, Orsay, 210p.
- Gliozzi, E., Pugliese, N., Zarikian, C.A. 2015. Ostracoda as proxies for paleoenvironmental changes. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 419: 1-2.
- Grenier, C., Travi, Y. et Barral, A. 2016. I-n-Atei palaeolake documents past environmental changes in central Sahara at the time of the “Green Sahara”: Charcoal, carbon isotope and diatom records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 441: 834-844.
- Hamadai, A. 2015. La microflore diatomique des dépôts quaternaires de Hassi Manda ( Tabelbala, bordure occidentale de l'Erg Er Raoui, Algérie ,160p.
- Hamdi-Aïssa, B., et Girard, M.C. 2000. Utilisation la télédétection en régions sahariennes pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages, *Science et changements planétaires / Sécheresse*. Volume 11, Numéro 3, 179-88.
- Hamdi-Aïssa, B. 2001. Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Approche micromorphologique, géochimique et minéralogique et organisation spatiale. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique, Paris Grignon, 307p.

- Hoelzmann, P., Kruse, H-J. et Rottinger, F. 2000. Precipitation estimates for the eastern Saharan palaeomonsoon based on a water balance model of the West Nubian Palaeolake Basin. *Global and Planetary Change* 26: 105-120.
- Jean-Claude, D et Gille, R, 2013. Paléoclimatologie, trouver, dater et interpréter les indices – TOME 1, CNRS éditions, Paris, p 358
- Kiss, R. 1959. Ostracodes de l’Afrique tropicale. *Rev. Zool. Bot. Af.*, LX, 1-2 .
- Klie, W. 1936. Ostracoden aus Kamerun *Rue. Zool. Bot. Afr.*, XXVIII, 2 : 287-309.
- Lacoursière, S. 2008. Réponse des communautés de diatomées et de l’indice idec à un transfert de substrat le long d’un gradient d’eutrophisation dans les rivières du québec , université du québec ,64 p.
- Langlois, C. 2006. DIATOMÉES pp 1-4.
- Lecuyer, C., Lézine, A.M., Fourel, F., Gasse, F., Sylvestre, F., Pailles, C., Travi, Y., et Barral, A. 2016. I-n-Atei palaeolake documents past environmental changes in central Sahara at the time of the “Green Sahara”: Charcoal, carbon isotope and diatom records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 441: 834-844.
- Leduc, J. 2000. Paléontologie Anne de Vernal avec la collaboration p 213.
- Le Houerou, H. N. 1987. Les plantations sylvo-pastorales dans la zone aride de la Tunisie. Note technique 18. MAB.
- Le Houerou, H. N. 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l’Afrique ; Diversité biologique, développement durable et désertisation. CIHAM /ACCT. Série B, N°10. p408.
- Leitch, A. 1989. Formation and ultra-structure of a complex, multilayered wall around the oospore of Chara and Lamprothamnium (Characeae). *J. Br. Phycol. Soc.* 24, p 229–236
- Lelievre, R.F. 1969. Assainissement de la cuvette de Ouargla. Ministère des Travaux Publics et de la construction, rapports Géohydraulique n° 2, 18p : n° 3, 48p.
- Lelubre, M. 1952. Conditions structurales et formes de relief dans le Sahara. Ed.: Inst. Rech. Saha., Alger, Tome VIII, Pp. 189.
- Lézine, A. M. 1993. Chemchane, Histoire d’une Sebkhah. *Sécheresse* 4(1): 25-30.
- Lyell, C. 1845. Le principe de géologie ou illustrations de cette science empruntées aux changements modernes que la terre et ses habitants. 3546p.
- Mann, D.G. et Droop, S.J.M., 1996. Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. *Hydrobiologia*, 336: 19-32.

- Marmier, F., Nesson, C., et Trecolle, G. 1972. Etude sédimentologique du gisement préhistorique de Hassi-Mouillah (Sahara algérien nord-oriental). *Revue de géomorphologie dynamique*, Strasbourg, tome 21, n° 1: 1-18.
- Mathieu, R., Bellier, J. P., et Granier, B. 2011. Manuel de micropaléontologie Carnets de Géologie, p123.
- Maurice, L. Delachaux et Niestlé. 2004. Guide des diatomées.
- Meyers, P.A. et Lallier-Vergès, E. 1999. Lacustrine sedimentary organic matter records of Late Quaternary paleoclimates. *Journal of Paleolimnology* 21: 345- 372.
- Miskovesky, J.C., et Debard, E. 2002. Granulométrie des sédiments et étude de leur fraction grossière. In ; Géologie de la préhistoire. J. C. Miskovesky (edt). Géopré, paris, 476 – 501.
- Morand, D.T. 2001. Soil landscape of the woodburn 1 :100000 sheet. Department of land.
- Nesson, C., 1978. L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas Sahara algérien. In : Recherche sur l'Algérie. Ed. CNRS, Paris, pp 7-100.
- Ozenda, P. 1991. Flore du Sahara. (3ème édition, mise à jour et augmentée). Paris, Editions du C.N.R.S, p 622.
- Passager, P. 1957. Ouargla (Sahara constantinois ). Etude géographique et médicale. *Arch. Inst. Pasteur, Alger*, 35(2) : 99-200.
- Petit-Maire, N. 2002. Large interglacial lakes in the Saharo-Arab Desert Belt. *Geosciences in northern Africa*: 371-374.
- Ramade, F. 2008. Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité ; Dunod, Paris, 431 p.
- Rey, J. 1983. Biostratigraphie et lithostratigraphie. Principes fondamentaux , méthodes et applications. Editions techniques, Paris. p83.
- Rognon, P. 1976b. Essai d'interprétation des variations climatiques au Sahara depuis 40000 ans. *Revue de géographie physique et de géologie dynamique*, Numéro spécial : oscillation climatiques au Sahara depuis 40 000 ans, Vol. XVIII, Fasc.2-3: 251-282
- Rouvillois-Brigol, M. 1975. Le pays de Ouargla (Sahara Algérienne ). Variation d'un espace rural en milieu désertique. Pub. Uni, Sorbonne, Paris, 316p.
- Rumeau, A., Coste, M. 1988. Initiation a la systématique des diatomées d'eau douce pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique ; Bull. Fr. Pêche Plscic. 309 : 1-69p.

- Scherder, H.J., et Gersonde. R. 1978. Micropaleontological counting methods and techniques – an exercises on an eight metres section of the lower Pliocene of capo Rossello, Sicily . *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, 17: 129-176.
- Schneider, S. Pichler, D. Andersen, T. Melzer, A. 2014. Light acclimation in submerged macrophytes: the roles of plant elongation, pigmentation and branch orientation differ among *Chara* species. *Aquat. Bot.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2014.05.002> (in this issue).
- Seltzer, P. 1946. *Le climat de l'Algérie*. Ed : Institut de météorologie et de physique du globe. Alger, p 218.
- Serieyssol, K.K. et Krier, V. 1995. Diatoms from the archeological site , Le Grand Marais, Champagne-Sur-Oise, France . *Vie milieu*, 45(3/4) :243-248.
- Simmons, M. 2004. How meaningful are Bayesian support values ? *Mol. Biol. Evol.* 21, p188–199.
- Slimani, R. 2016. Etude qualitative des ressources en eaux souterraines et cartographique de la vulnérabilité environnementale d'un aquifère au climat aride méditerranéen : Cas de la cuvette de Ouargla, Algérie. These doctorat sciences Agronomiques.164p.
- Sönmez, G. N. 1964. Introduction aux ostracodes. *Minéral Research and Exploration Institute of Turkey* , 136-144.
- Soulié-Märsche, I. 1979. Étude comparée de gyrogonites de Charophytes actuelles et fossiles. In : (Thèse-ès-Sciences). Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France (Comparative study of gyrogonites from living and fossil Charophytes ; in French).
- Soulié-Märsche, I. 1991. Charophytes as lacustrine biomarkers during the Quaternary in North Africa. *Journal of African Earth Sciences* 12 (1/2), 341–351.
- Soulié-Märsche, I., Benkaddour, A., El Khiati, N., Pierrette, G., et Ramdani, M. 2007. Charophytes, indicateurs de paléobathymétrie du lac Tigalmamine (Moyen Atlas, Maroc) .p 435–444.
- Soulié-Märsche, I. 2008. Charophytes, indicators for low salinity phases in North African Sebket. *Journal of African Earth Sciences* 51 (2008), p 69-76.
- Soulié-Märsche, I., Bieda, S., Lafond, R., Maley, J., M'Baitoudji, Vincent, P.M., et Faure, H. 2010. Charophytes as bio-indicators for lake level high stand at “Trou au Natron”, Tibesti, Chad, during the Late Pleistocene. *Global and Planetary Change* 72: 334-340.

- Soulié-Märsche, I., et García, A. 2015. Gyrogonites and oospores, complementary viewpoints to improve the study of the charophytes (Charales). P 13-14
- Tortosa, T. 2013. Principes de paléontologie. Dunod, Paris. ISBN 978-2-10-057993-8.17p.
- Toutain, G. 1979. Eléments d'agronomie saharienne, de la recherche au développement. Ed : I.N.R.A., Paris. p276.
- UNESCO. 1972. Projet « ERESS », Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional. Rapport final, 7 plaquettes. 116p.
- Villeneuve, V., et Pienitz, R. 1998. Composition diatomifère de quatre sources thermales au Canada, en Islande et au Japon. *Diatom Research*. Vol. 13(1). pp.149-175, 3. pl.
- Watterlot, A. Timothée. 2016. Inventaire des Characées sur le territoire picard (Aisne, Oise et Somme) Evaluation patrimoniale version n°2/ PREY, p56 .
- Wood, E.J. 1963. A study of the Diatom Flora of fresh sediment of the South Texas bay and adjacent water. *Pub. Inst. mar. Sci., Texas*. 9: 237-310.
- Wood, R.D., et Imahori, K. 1965. Monograph of the Characeae. Cramer Verlag, Weinheim.
- Youcef, F., et Hamdi-Aïssa, B. 2014. Paléoenvironmental reconstruction from palaeolake sediments in the area of Ouargla (Northern Sahara of Algeria). *Arid Land Research and Management* 28: 129-146
- Youcef, F. 2016. Contribution à la reconstitution du paléoenvironnement au Sahara septentrional dans les sols de bassins endoréiques: Cas de la région de Ouargla, these de Doctorat ès sciences en Sciences Biologiques.180p.
- **Référence électronique**
- Google earth, (2016) : (date de dernières modifications 19 mai 2016)

***Annexe***

## Annexe

**Tableau 16 : Identification de l'espèce de charophyte dans le site étudié**

Gyrogonite	Longueur (µm)	Largeur (µm)	LSP(µm)	Nombre de tries
1	900	650	75	12
2	900	700	100	10
3	850	645	100	10
4	825	650	100	10
5	875	600	100	10
6	850	675	75	11
7	1000	700	100	12
8	925	700	75	10
9	950	650	50	10
10	975	650	75	13
11	850	625	75	11
12	975	700	75	12
13	800	675	50	10
14	950	650	75	11
15	850	675	75	11
16	925	575	75	11
17	950	600	50	11
18	900	625	75	10
19	925	600	50	12
20	850	700	50	11
21	925	600	75	10
22	800	575	50	11
23	875	600	75	12
24	925	625	75	12
25	875	600	75	11
26	875	500	50	12
27	850	600	50	12
28	975	675	75	12
29	825	700	50	10
30	950	650	75	12
31	1000	575	75	12
32	900	550	50	11
33	925	575	50	11
34	950	650	75	10
35	800	600	75	10
36	950	675	50	11
37	925	600	75	12
38	825	625	50	12
39	875	700	75	10
40	950	600	50	12

**Suite de Tableau 16 : Identification de l'espèce de charophyte dans le site étudié**

41	875	550	75	12
42	975	675	75	11
43	925	600	75	11
44	900	650	75	12
45	875	675	75	10
46	1000	750	75	12
47	1075	700	50	13
48	875	950	75	11
49	925	975	50	12
50	950	550	50	12
51	925	700	75	11
52	875	600	50	10
53	1000	700	75	12
54	850	625	50	11
55	900	675	75	10
56	850	625	50	12
57	875	575	50	11
58	900	650	50	11
59	800	575	50	10
60	950	675	50	10
61	900	700	50	12
62	925	650	50	11
63	1100	650	75	13
64	900	625	75	12
65	775	625	75	10
66	900	650	100	11
67	900	625	50	12
68	900	525	75	12
69	925	575	75	11
70	825	575	75	12
71	800	550	50	11
72	825	550	50	12
73	1000	600	50	12
74	900	600	75	11
75	925	600	75	11
76	975	625	50	13
77	825	650	75	11
78	850	650	75	11
79	825	675	75	9
80	900	625	75	12
81	925	625	75	12
82	875	625	75	10
83	925	675	75	12

Suite de Tableau 16 : Identification de l'espèce de charophyte dans le site étudié

84	750	500	75	11
85	900	675	75	11
86	950	700	75	12
87	900	600	75	11
88	875	650	75	11
89	925	650	75	11
90	950	675	75	11
91	925	650	75	12
92	875	625	75	11
93	875	650	75	12
94	800	625	75	12
95	925	600	50	12
96	975	650	75	12
97	875	650	100	11
98	1000	725	100	10
99	1025	625	50	12
100	925	725	75	10

Légende :

LSP : la mesure entre les stries de Gyrogonite.

**\* Caractéristiques du genre *Chara***

Le genre *Chara* appartient à l'ordre des charales et à la classe des Charophyceae (Bryant et Stewart, 2002). Selon Wood et Imahori (1965 in Babelhadj, 2016), il existe environ 150 espèces du genre *Chara* dans le monde et pour Garcia et Chivas (2006) se sont plus de 400 espèces. Les organes reproducteurs des Charales sont très particuliers, et se distinguent par, un organe reproducteur mâle formé d'un ensemble de spermatocytes, entouré d'une structure végétative et un organe reproducteur femelle recouvert d'un verticille de rameaux bicellulaires (Schneider et *al.*, 2014).

Selon Simmons. (2004 in Babelhadj, 2016), les Charales ne produisent pas de spores, dans les conditions favorables, ils se reproduisent par multiplication végétative, qui s'effectue par fragmentation, alors que dans les conditions hostiles, ils forment des zygotes souvent appelés oospores et gyrogonites. Soulie-Märsche (1979) et Leitch (1989 in Babelhadj, 2016), signalent que la paroi de l'oospore, dans le gyrogonite, du genre *Chara*, se caractérise par des sutures ou des lignes en spirale sur sa surface (stries) et une partie plate (fosse), ceci concorde avec les formes observées dans cette étude. Ce qui permet de confirmer aussi que les gyrogonites observées au niveau des coupes étudiées appartiennent au genre *Chara*. Sachant

que selon Delwiche. (2002 in Babelhadj, 2016) les espèces du genre *Chara* sont originaires des eaux faiblement acides à très alcalines.

Nous avons remarqué dans notre étude sur les charophytes qu'il y a la présence des débris de tiges avec les gyrogonites. Ces débris de tiges ont une paroi cortiquée, l'apparition de tiges cortiquées dans des dépôts Quaternaires fait preuve d'après SOULIE-MÄRSCHÉ et Garcia (2015) et Soulie-Märsche *et al.* (2010), d'une présence ancienne du genre *Chara*, car ce sont les seuls taxons existants avec cortication contigu.

### **\* Caractéristiques de l'espèce *Chara hispida***

*Chara hispida* est un espèce monoïque ; plantes de 0,8 à 1,2 m de hauteur, fortement ramifiées. Les tiges de *chara hispida* sont striées longitudinalement (Lyell, 1845), et ont une tendance à la forme spirale. Ces stries, ainsi que cela paraît avoir lieu pour tous les *Charas*, tournent toujours de droite à gauche. Cette espèce est caractérisée par des gyrogonites de grandes taille ayant 750–1100 µm de long sur 525–975 µm de large, de forme ovoïde à ellipsoïde avec un apex arrondi avec une base souvent étirée en colonne. *Chara hispida* vit dans les lacs avec une forte alcalinité, les formes annuelles sont connues à partir de l'eau peu profonde, parfois ses peuplements purs se forment dans les eaux souterraines (Barinova *et al.*, 2014).

*Chara hispida* peut former une partie significative de la végétation de lac calcaire d'eau claire (Barinova *et al.*, 2014); Ses peuplements créent un habitat spécifique pour le plancton, notamment par la structuration spatiale et la formation de refuges pour le zooplancton (Celewicz-Goldyn *et al.*, 2010). Ces espèces poussent dans les bassins et lacs alcalins calcaires d'eau douce, de temps en temps il est présent dans les eaux saumâtres (Barinova *et al.*, 2014). On peut conclure que *Chara hispida* peut se développer dans une gamme relativement étendue de types de masses d'eau. Il partage fréquemment les mêmes habitats avec d'autres espèces de *Chara*, il peut disparaître complètement d'un plan d'eau après que la transparence de l'eau diminue suite à l'eutrophisation (Blindow, 1992 in Babelhadj, 2016). *Chara hispida* est eurythermique, alcalifilique (Barinova *et al.*, 2014).

### **\*Les caractéristiques des diatomées**

Les diatomées sont classées en deux groupes selon la morphologie du frustule, les diatomées centriques à symétrie radiaire et les diatomées pennées à symétrie (Maurice *et al.*, 2004).

Les Centriques ou Centrophycidées généralement planctoniques présentant un seul axe de symétrie. Les Pennales ou Pennatophycidées présentant une symétrie par rapport à un plan. Chez ces dernières les formes possédant un raphé prédominant. Ce raphé est constitué par une fente allant d'un pôle à l'autre suivant l'axe apical et interrompue au centre de la valve (Rumeau, et Coste, 1988).

Les diatomées aussi appelées Bacillariophycées, sont des microorganismes unicellulaires photosynthétiques. Elles peuvent se présenter en cellules isolées ou regroupées en colonies. Elles se caractérisent par une paroi rigide faite de silice hydratée insérée dans une matrice organique, le frustule. Cette paroi ornementée (pores, épines) est divisée en deux valves emboîtées de taille différente (Bignot, 2001).

**Abstract:** The Sahara is characterized by its hyper-arid climate, however many indicators show the passage of this region by wetter conditions during the Quaternary. This work concerns the micropaleontological study of four sections of a paleolake in the region of Ouargla (northern Algerian Sahara).

From the microfossil separation results in the sediments of the studied sections, we recorded the presence of three types of microfossils: Ostracodes, Charophytes (*Chara hispida*) and diatoms (*Cyclotella meneghiniana*, *Anomoeneis spaerophora*, *Denticula elegans* and *Epithemia argus*) as well as the presence of bones, fossils of gastropods and seeds of plants. This micropaleontological study indicates that the studied paleolake was shallow with fresh to oligosaline water and with alkaline pH.

**Key words:** Micropaleontology, Microfossils, Paleolake, Quaternary, Ouargla, Sahara.

**Résumé :** Le Sahara est caractérisé par son climat hyperaride, cependant beaucoup d'indicateurs montrent le passage de cette région par des conditions plus humides durant le Quaternaire. Ce travail porte sur l'étude micropaléontologique de quatre coupes d'un paléolac dans la région de Ouargla (Sahara septentrional Algérien).

A partir des résultats de séparation des microfossiles dans les sédiments des coupes étudiées, nous avons enregistré la présence de trois types de microfossiles : Ostracodes, Charophytes (*Chara hispida*) et diatomées (*Cyclotella meneghiniana*, *Anomoeneis spaerophora*, *Denticula elegans* et *Epithemia argus*) ainsi que la présence des ossements, des fossiles de gastéropodes et des graines de plantes. Cette étude micropaléontologique indique que le paléolac étudié était peu profond à eaux douces à oligosalines et à pH alcalin.

**Mots clés :** Micropaléontologie, Microfossiles, Paléolac, Quaternaire, Ouargla, Sahara.

**ملخص:** تتميز الصحراء بمناخها الشديد الجاف، إلا أن العديد من المؤشرات تظهر مرور هذه المنطقة بظروف رطبة خلال العصر الرباعي. يتعلق هذا العمل بالدراسة الميكروبيولوجية الدقيقة لأربعة مقاطع من بحيرة قديمة في منطقة ورقلة (شمال الصحراء الجزائرية).

من نتائج فصل المستحاثات الدقيقة في رواسب المقاطع المدروسة، قمنا بتسجيل وجود ثلاثة أنواع من الكائنات الدقيقة: Ostracodes، Charophytes (*Chara hispida*) و الدياتومات (*Cyclotella meneghiniana*)، بالإضافة إلى وجود العظام، أحافير بطنيات الأقدام وبذور النباتات. تشير هذه الدراسة الميكروبيولوجية إلى أن البحيرة القديمة المدروسة كانت قليلة العمق ولديها مياه عذبة إلى قليلة الملوحة وقلوية.

**كلمات مفتاحية:** علم الأحياء الدقيقة، الأحافير الدقيقة، بحيرة قديمة، العصر الرباعي، ورقلة، الصحراء.