

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

Spécialité : ENVIRONNEMENT

Sujet :

**DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS DU LAC MELLAH
« CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES »**

Présenté par:

- **BENCHELLOUG Nedjm-eddine**
- **BOUZIDI Abd elbasset**

Soutenu le 12/07/2015 devant le jury suivant :

M. DRICHE M.	MC. B - ENSSMAL	Président
M. REFES W.	MC. A - ENSSMAL	Promoteur
M. LOURGUIOUI H.	M A. - ENSSMAL	Examineur
Mme. MESLEM N.	M A. - ENSSMAL	Examinatrice

2014/2015

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

Spécialité : ENVIRONNEMENT

Sujet :

**DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS DU LAC MELLAH
« CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES »**

Présenté par:

- **BENCHELLOUG Nedjm-eddine**
- **BOUZIDI Abd elbasset**

Soutenu le 12/07/2015 devant le jury suivant :

M. DRICHE M.	MC. B - ENSSMAL	Président
M. REFES W.	MC. A - ENSSMAL	Promoteur
M. LOURGUIOUI H.	M A. - ENSSMAL	Examineur
Mme. MESLEM N.	M A. - ENSSMAL	Examinatrice

2014/2015

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissances à ceux qui, à divers titres, ont collaboré à la réalisation de ce travail. Nous les devons à de nombreuses personnes que nous avons le plaisir et l'honneur de citer ci-après.

Monsieur REFES Wahid pour avoir dirigé ce travail et avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration.

M.DRICHE Mohamed d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

M. LOURGUIOUI Hichem de nous avoir honoré de sa présence, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mme. MESLEM Nabila d'avoir accepté examiner notre travail.

Nous tenons aussi à remercier nos parents qui nous ont donnés la force de surmonter tous notre parcours pendant ces années d'études

Enfin nos vifs remerciements, à toutes les personnes qui nous ont aidé du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

BENCHELLOUG Nedjm-eddine

BOUZIDI Abd elbasset

Sommaire

Introduction	12
Chapitre 01 : Généralités	14
1. Description du site d'étude.....	14
2. La bathymétrie de la lagune.....	15
3. Caractéristiques hydrologiques.....	16
4. Caractéristiques climatiques.....	17
Chapitre 02 : Matériels et Méthodes	20
1. Choix et localisation des stations.....	20
2. Echantillonnage.....	21
2.1. Le benthos	21
2.2. Le sédiment	21
2.3. L'eau	21
3. Mesures physico-chimique.....	22
3.1. Température, salinité et oxygène dissous.....	22
3.2. Potentiel d'hydrogène (pH).....	22
3.3. Matière en suspension (MES), matière organique particulaire (MOP) et la matière inorganique particulaire (MIP).....	22
3.4. Chlorophylle a et Phéopigments.....	23
3.5. Sels nutritifs.....	25
3.5.1. Orthophosphates.....	25
3.5.2. Nitrites.....	25
3.5.3. Nitrates.....	25
3.5.4. Ammonium.....	25
3.5.5. Silicates.....	25
3.5.6. Calcule et expression des résultats.....	25
3.6. Matière organique dans le sédiment.....	26
4. Macrofaune benthique.....	26
4.1. Traitement des échantillons de la macrofaune benthique au laboratoire.....	27
4.2. Caractéristiques analytiques.....	27
4.3. Indices biocénotiques.....	29
4.4. Corrélation entre les paramètres physico-chimiques et la macrofaune benthique.....	30
Chapitre 03 : Résultats et Discussion	32
1. Mesures physico-chimiques.....	32
1.1. Température.....	32
1.2. Salinité	33
1.3. Oxygène dissous	35
1.4. Taux de saturation en oxygène dissous	36

1.5. Potentiel d'hydrogène (pH).....	37
1.6. Matière en suspension (MES).....	37
1.7. Matière organique particulaire (MOP).....	39
1.8. Matière inorganique particulaire (MIP).....	40
1.9. Rapport MIP/MOP.....	41
1.10. Chlorophylle a et Phéopigments	43
1.11. Sels nutritifs.....	45
1.11.1. Orthophosphates.....	45
1.11.2. Nitrites.....	46
1.11.3. Nitrates.....	47
1.11.4. Ammonium.....	47
1.11.5. Silicates.....	48
1.12. Matière organique dans le sédiment.....	49
2. Macrofaune benthique.....	51
2.1. Richesse spécifique.....	51
2.2. Abondance et Densité.....	56
2.3. Dominance.....	58
2.4. Fréquence	60
2.5. Groupes écologiques.....	61
2.6. Groupes trophiques.....	63
2.7. Indice de Shannon et indice d'équitabilité	65
3. La relation entre la macrofaune benthique et les paramètres physico-chimiques	66
4. Comparaison de la lagune Mellah avec d'autres lagunes de la Méditerranée	68
Conclusion	76
Bibliographie	78
Annexes	87

Liste des acronymes :

(C) : Carnivores

(Chl a) : Chlorophylle a

(DS) : Détritivores de Surface

(DSS) : Dépositivores de Sub-Surface

(E) : Indice d'équitabilité

(H) : Herbivores

(H') : Indice de SHANNON

(LEE) : biocénose lagunaire euryhaline eurytherme

(Lre) : Large repartition écologique

(MES) : Matière en suspension

(MIP) : Matière inorganique particulaire

(MOP) : Matière organique particulaire

(O.D) : Oxygène dissous

(ONM) : Office National de la Météorologie

(P.S.U) : Unité de salinité pratique

(pH) : Potentiel d'hydrogène

(S) : Suspensivores

(SDS) : Suspensivores Dépositivores de Surface

(SVMC) : Sable Vase Moins Calibré

(TO) : Taux de saturation en oxygène dissous

(UV): Ultra violet

Liste des unités

% : pourcentage.

°C : degré Celsius.

µg/l : microgramme par litre.

µm : micromètre.

µmol : micromole.

µmol/l : micromole par litre.

cm : centimètre.

g : gramme.

g/mol : gramme par mole.

h : heure.

ind/m² : individu par mètre carré.

kg/l : kilogramme par litre.

km : kilomètre.

km² : kilomètre carré.

l : litre.

m : mètre.

m/s : mètre par seconde.

m³ : mètre cube.

m³/s : mètre cube par seconde.

mg/l : milligramme par litre.

min : minute.

mm : millimètre.

mol/l : mole par litre.

nm : nanomètre.

PSU : Unité de salinité pratique.

tr/min : tour par minute.

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
01	Vue satellitaire du lac Mellah. (Source : www.googleearth.com, modifiée)	14
02	Carte bathymétrique du lac Mellah (Guelorget <i>et al.</i>, 1982).	15
03	Direction des eaux de surface pendant le flot (A) et le jusant (B) (Messerer, 1999).	16
04	Variations mensuelles de la température de l'aire dans la région d'El Kala. (Données de l'Office National de la Météorologie).	17
05	Variations des moyennes mensuelles des précipitations dans la région d'El Kala. (Données de l'Office National de la Météorologie).	18
06	Variations mensuelles de la vitesse du vent dans la région d'El Kala. (Données de l'Office National de la Météorologie)	18
07	Carte de localisation des stations au niveau de Lac Mellah	20
08	Evolution mensuelle de la température de l'eau aux stations 01 et 02	28
09	Evolution mensuelle de la température de l'eau aux stations 01 et 03	28
10	Evolution de la Température moyenne et de l'écart-type	29
15	Evolution mensuelle de la Salinité aux stations 01 et 02	34
16	Evolution mensuelle de la Salinité aux stations 01 et 03	34
17	Evolution mensuelle des salinités moyennes	34
14	Evolution mensuelle de l'oxygène dissous aux stations 01 et 02	35
15	Evolution mensuelle de l'oxygène dissous aux stations 01 et 03	35
16	Evolution mensuelle des concentrations moyennes en oxygène dissous	36
17	Evolution mensuelle du taux de saturation en oxygène dissous aux stations 01 et 02	36
18	Evolution mensuelle de pH aux stations 01 et 02	37
19	Evolution mensuelle de la matière en suspension aux stations 01 et 02	38
20	Evolution mensuelle de la matière en suspension aux stations 01 et 03	38
21	Evolution mensuelle des concentrations moyennes de la matière en suspension	38
22	Evolution mensuelle de la matière organique particulaire aux stations 01 et 02	39
23	Evolution mensuelle de la matière organique particulaire aux stations 01 et 03	39
24	Evolution mensuelle des concentrations moyennes en Matière organique particulaire.	40
25	Evolution mensuelle de la matière inorganique particulaire aux stations 01 et 02.	41
26	Evolution mensuelle de la matière inorganique particulaire aux stations 01 et 03.	41
27	Evolution mensuelle des concentrations moyennes en matière inorganique particulaire.	41
28	Evolution mensuelle du rapport MIP/MOP aux stations 01 et 02	42
29	Evolution mensuelle du rapport MIP/MOP aux stations 01 et 03	42
30	Evolution mensuelle des moyennes du rapport MIP/MOP	42

Numéro	Titre	Page
31	Evolution mensuelle de la Chlorophylle-a aux stations 01 et 02	43
32	Evolution mensuelle moyenne de la Chlorophylle-a	43
33	Evolution mensuelle de Phéopigments aux stations 01 et 02	44
34	Evolution mensuelle de la Chlorophylle-a dans le sédiment aux stations 01 et 02	44
35	Evolution mensuelle de Phéopigments dans le sédiment aux stations 01 et 02	45
36	Evolution mensuelle des Orthophosphates aux stations 01 et 02	46
37	Evolution mensuelle de Nitrite aux stations 01 et 02	46
38	Evolution mensuelle de Nitrate aux stations 01 et 02.	47
39	Evolution mensuelle d'Ammonium aux stations 01 et 02.	48
40	Evolution mensuelle de Silicate aux stations 01 et 02.	49
41	Evolution mensuelle de Matière Organique dans le sédiment aux stations 01 et 02.	50
42	Evolution mensuelle de la Matière organique dans le sédiment aux stations 01 et 03.	50
43	Evolution mensuelle des pourcentages moyens de la Matière organique dans le sédiment.	50
44	Richesse spécifique globale de la macrofaune benthique du lac Mellah	51
45	Richesse spécifique de la station 01	52
46	Décomposition de la richesse spécifique des Mollusques dans la station 01	52
47	Décomposition de la richesse spécifique des Crustacés dans la station 01	53
48	Décomposition de la richesse spécifique des Polychètes dans la station 01	53
49	Décomposition de la richesse spécifique des Divers dans la station 01	54
50	Richesse spécifique de la station 02	54
51	Décomposition de la richesse spécifique des Mollusques dans la station 02	55
52	Décomposition de la richesse spécifique des Crustacés dans la station 02	55
53	Décomposition de la richesse spécifique des Polychètes dans la station 02	56
54	Variations mensuelles de densité des différents groupes macrozoobenthique au niveau de la station 01.	57
55	Variations mensuelles de densité des différents groupes macrozoobenthique au niveau de la station 01.	58
56	Dominance moyenne (%) des différents groupes macrozoobenthiques de la station 01.	58
57	Dominance moyenne (%) des différents groupes macrozoobenthiques de la station 02.	59
58	Dominance moyenne (%) des principales espèces macrozoobenthiques de la station 01.	59
59	Dominance moyenne (%) des principales espèces macrozoobenthiques de la station 02.	60
60	La dominance quantitative des groupes écologiques (station 01)	61
61	La dominance qualitative des groupes écologiques (station 01)	61
62	La dominance quantitative des groupes écologiques (station 02)	62

Numéro	Titre	Page
63	La dominance qualitative des groupes écologiques (station 02)	62
64	La dominance qualitative des groupes trophiques (station 01)	63
65	La dominance quantitative des groupes trophiques (station 01)	63
66	La dominance qualitative des groupes trophiques (station 02)	64
67	La dominance quantitative des groupes trophiques (station 02)	64
68	Variation de l'indice de Shannon et l'indice d'équitabilité au niveau de la station 01	65
69	Variation de l'indice de Shannon et l'indice d'équitabilité au niveau de la station 02	65
70	Représentation de la corrélation entre la macrofaune benthique et les paramètres physico-chimiques du Lac Mellah	67

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Date d'échantillonnage.	21
02	La richesse spécifique annuelle globale du lac Mellah (El-Kala).	51
03	La richesse spécifique annuelle de la station 01.	52
04	La richesse spécifique annuelle de la station 02.	54
05	Les densités mensuelles des groupes macrozoobenthiques de la station 01.	56
06	Les densités mensuelles des groupes macrozoobenthiques de la station 02.	56
07	Tableau des fréquences des différentes espèces macrozoobenthiques du Lac Mellah.	60
08	Distribution des espèces selon leurs groupes écologiques.	62
09	Distribution des espèces selon leurs groupes trophiques.	64
10	Comparaison de la variation thermique dans différents écosystèmes Méditerranéens	69
11	Comparaison de la variation hyaline dans différents écosystèmes Méditerranéens	70-71
12	Comparaison de la variation du pH dans les différents écosystèmes Méditerranéens	71
13	Comparaison de la richesse spécifique de la lagune Mellah avec d'autres écosystèmes Méditerranéens	72-73
14	Comparaison de la variation de la densité de Lac Mellah avec d'autres milieux paraliques	73-74

Introduction

Introduction

Le lac Mellah est un écosystème lagunaire qui fait partie d'un ensemble de plan d'eau (Lac Obeïra, Lac des oiseaux et Lac Tonga), situé au Nord-Est Algérien dans la région d'El-Kala (Wilaya d'El-Tarf).

Les écosystèmes lagunaires, ont fait l'objet de nombreuses études à l'échelle mondiale : Petit (1954), Mars (1966), Masse (1961), Amanieu (1972), Mars et Richarde-vindard (1972), Zaouali (1974), De Casabianca-Chassany (1977), Chauvet (1981), Manolili et Gutu (1977), Zaouali (1982), Guelorget et Perthuisot (1983), Semroud (1983), Grimes (1994), Refes (1994).

La présente étude menée au niveau du Lac Mellah (El-Kala), consiste à étudier mensuellement la dynamique des peuplements benthiques dans une période allant de Mai 2011 jusqu'à Avril 2012, dans le but de voir s'il existe ou pas une corrélation entre les peuplements macrozoobenthiques qui occupent la lagune avec les paramètres physico-chimiques qui conditionnent cette lagune.

Le problème qui se pose c'est qu'on n'a pas l'information de l'existence d'un lien entre un ou plusieurs paramètres physico-chimique et le développement de la macrofaune benthique.

Cette étude traite trois parties :

- Partie hydrologique, précise l'évolution mensuelle des caractéristiques et physico-chimiques de la zone d'étude (Lac Mellah).
- Partie biologique, qui fait l'objet d'un suivi mensuel de la répartition et la distribution des différents peuplements benthiques existantes au niveau de la lagune.
- Une comparaison entre les résultats de cette étude et les données concernant les autres écosystèmes saumâtres de la mer Méditerranéenne.

Le présent mémoire est organisé en 03 chapitres :

- ✓ Le premier chapitre présentera avec détaille la zone d'étude.
- ✓ Le deuxième chapitre expliquera les démarches méthodologiques adoptés et analytiques appliqué pour la détermination des différents paramètres recherchés.
- ✓ Le troisième traitera les résultats obtenus pour cette recherche, on va interpréter et discuter les résultats obtenus, et après, on va voir s'il y a une corrélation entre les paramètres physico-chimiques et la macrofaune benthique, pour terminer par une comparaison de la lagune Mellah avec d'autres écosystèmes Méditerranéens.

Chapitre I

Généralités

1. Description du site d'étude :

Localisée dans un site naturel couvert d'une forêt dense de chêne liège, le lac Mellah est l'unique lagune en Algérie. Il fait partie d'un ensemble de dépressions du complexe des zones humides du parc national d'El-Kala, où se trouve d'autres étendues d'eaux douces : lacs Oubéira et Tonga qui ne sont pas en communication entre eux.

Lac Mellah est situé au Nord-est algérien $36^{\circ}54'N$ - $8^{\circ}20'E$ à environ 10km à l'Ouest de la ville d'El-Kala, en bordure avec la mer Méditerranée entre les deux caps Rosa et Roux.



Figure 01 : Vue satellitaire du Lac Mellah.
(Source : www.googleearth.com, modifiée)

Sa relation avec la mer est assurée par un chenal long (près de 900m) et étroit (10 à 20m) Bouhayene et Merdaci (1998).

Les apports en eau douce sont assurés par trois rivières saisonnières (**Fig.1**):

- R'kibet au Nord-ouest.
- El-Mellah au Sud-ouest.
- Belaroug au sud.

2. La bathymétrie de la lagune:

La profondeur de la lagune varie suivant les différents secteurs; à l'Ouest de l'étendue les fonds sont en pente assez marquée et la profondeur croit rapidement vers le centre jusqu'à moins de 6 m. Dans la partie Est sur près de 500 m la profondeur maximale est de 2 m, au-delà existe une rupture de pente jusqu'à une profondeur à un peu plus de 5 m (fig. 2) (Guelorget *et al.*, 1982). La lagune est caractérisée par deux plateaux peu profonds (< 2 m), correspondant à l'accumulation périphérique des matériaux détritiques du bassin versant, longeant les rives et on note également l'existence de cônes alluviaux au droit des embouchures des principaux oueds notamment au Sud (Guelorget *et al.*, 1989). D'autre part, Messerer (1999), signale que la profondeur maximale de la lagune ne dépasse pas 5,20 m, relevée dans la partie centrale de l'étendue en octobre 1996 (in Drareja, 2007).

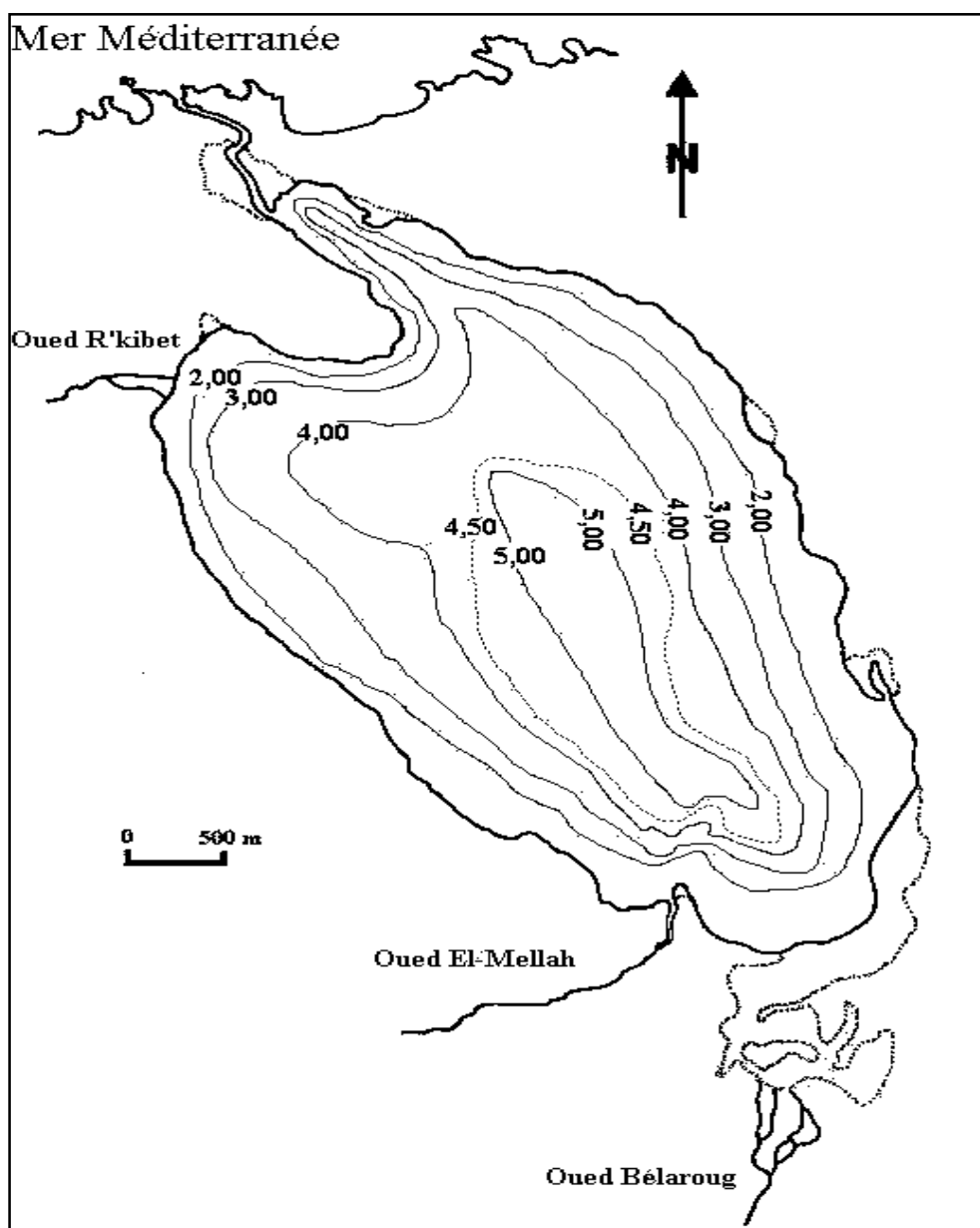


Figure 02 : Carte bathymétrique du lac Mellah (Guelorget *et al.*, 1982).

3. Caractéristiques hydrologiques :

Le bassin versant avec un périmètre de **56,15 km**, couvre une superficie de **81,45 km²**. Les apports de ce bassin s'effectuent par l'intermédiaire de trois Oueds : R'kibet, El-Mellah et Bélaroug (Fig.2). La majorité des apports sont effectués pendant la saison où les précipitations sont les plus importantes.

De plus, une partie de l'eau recueillie dans le bassin versant du Mellah s'infiltré et alimente les nappes souterraines, elles-mêmes en communication probable avec la lagune. L'apport des oueds peut être estimé à environ **20 million m³** par an (Messerer 1999).

La dynamique des eaux du lac Mellah est influencée par les mouvements de l'eau marine pénétrant par le chenal d'une part, et par les apports directs d'eau douce lors des pluies et les eaux charriées par les oueds : R'kibet, Mellah et Bélaroug.

Les marées barométriques dont l'importance est grande en Méditerranée, sont mises en évidence par l'alternance des mouvements d'entrée d'eau de mer vers le lac et la sortie des eaux du lac vers la mer ; ces flux peuvent atteindre selon **Thomas et al. (1973)** des débits de l'ordre **1,5 m³/s** dans le sens lagune-mer et de **0,5 m³/s** dans le sens mer-lagune, ainsi que des amplitudes du niveau du lac de l'ordre de **40cm**.

Selon **Guelorget et al. (1989)**, la circulation des eaux de surface au niveau du lac, s'effectue théoriquement en une lente rotation périphérique dans le sens des aiguilles d'une montre, en accord avec la direction des vents dominants qu'ils soient du Nord-Ouest ou du Sud-Est. En revanche, **Messerer (1999)** décrit une courantologie rectiligne des eaux superficielles de la lagune du Nord au Sud pendant la pleine mer et inversement durant la basse mer. (Fig.3)

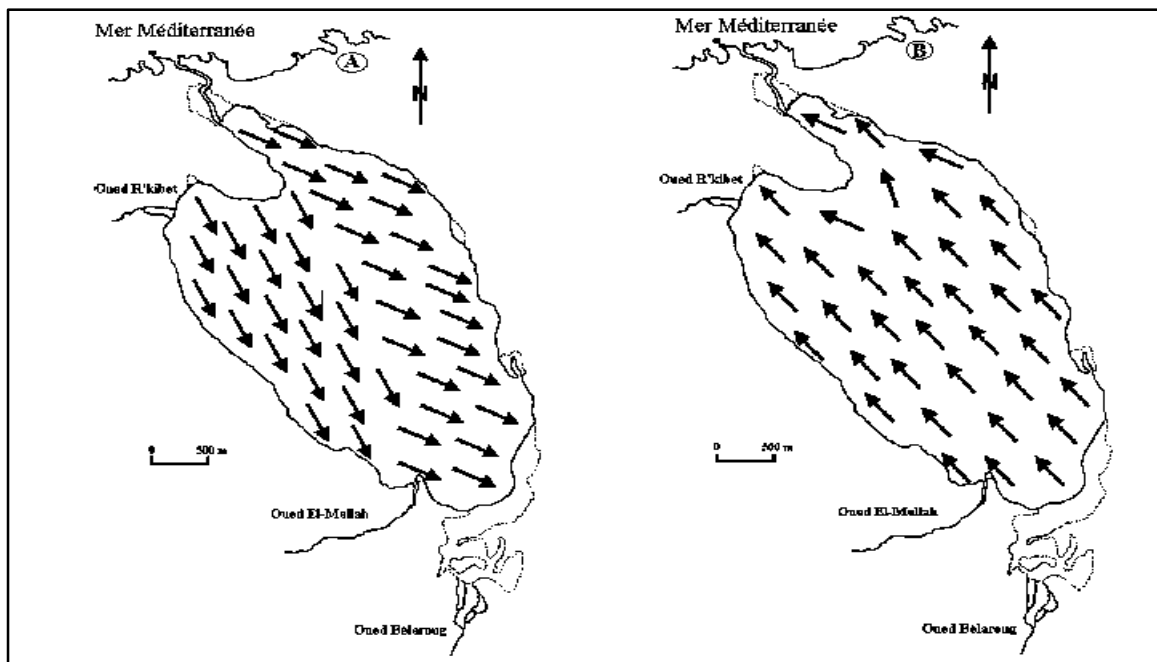


Figure 03 : Direction des eaux de surface pendant le flot (A) et le jusant (B) (Messerer, 1999).

4. Caractéristiques climatiques :

La région d'El-Kala appartient au domaine méditerranéen humide, soumise aux influences continentale et maritime : hiver doux, été chaud et sec.

4.1. La température de l'air :

Les moyennes mensuelles des températures atmosphériques au niveau de la région d'El Kala varient de 18°C (Mai) pour obtenir l'optimum 25,4°C (Août), puis on remarque une diminution de la température jusqu'à un minimum 9°C (Février).

A partir de données obtenues par l'office national de la météorologie, on distingue deux périodes thermiques : une période chaude de Mai à Octobre et une période froide de Novembre à Avril. (Fig.4)

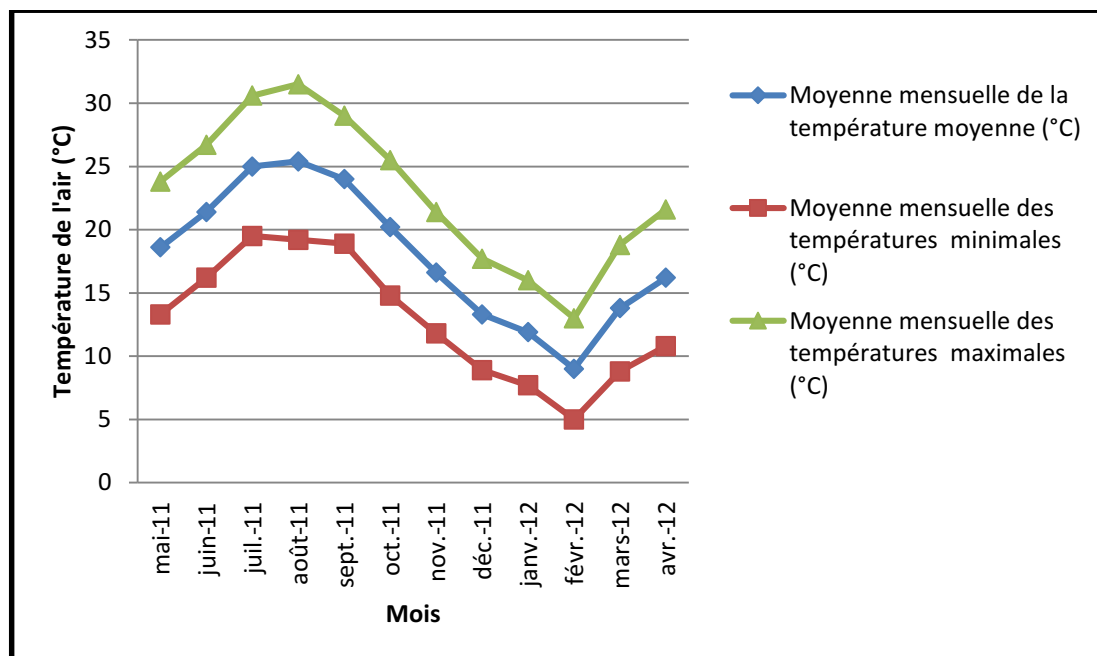


Figure 04 : Variations mensuelles de la température de l'aire dans la région d'El Kala. (Données de l'Office National de la Météorologie).

4.2. Les précipitations :

Lors de la période d'étude, la station météorologique d'El Kala a enregistré un maximum en Février (172,4 mm) et l'absence totale ou presque des précipitations pendant la saison estivale (Fig.5).

Deux périodes sont mises en évidence :

- Une période sèche de Juin à Août.
- Une période pluvieuse longue entre Septembre et Avril.

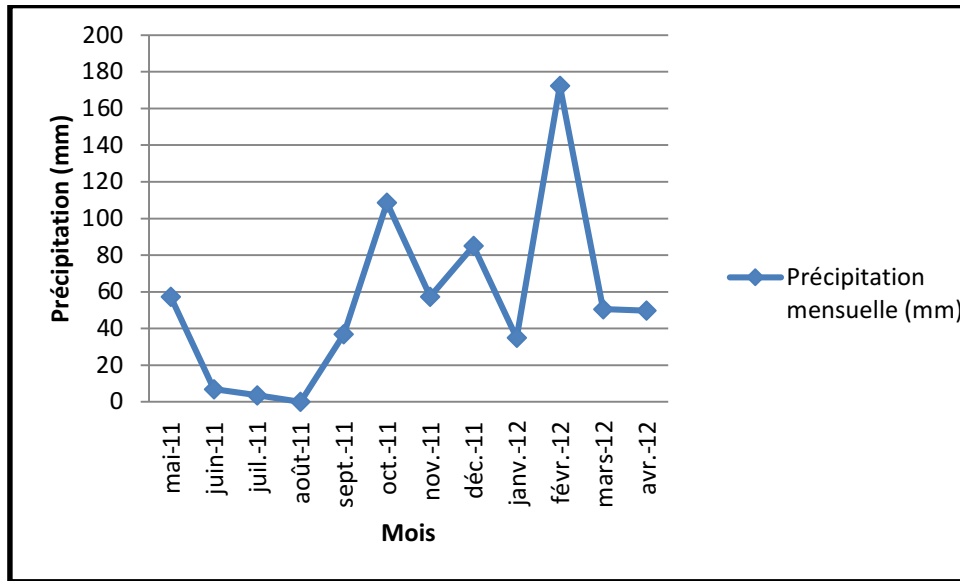


Figure 05 : Variations des moyennes mensuelles des précipitations dans la région d’El Kala. (Données de l’Office National de la Météorologie).

4.3. Les vents :

A partir des données obtenus par l’ONM, la vitesse moyenne de vent moyen la plus faible a été marquée en Novembre (3,1m/s), alors que la valeur maximale de la vitesse moyenne de vent moyen été marquée en Février (4,6 m/s). (Fig.6)

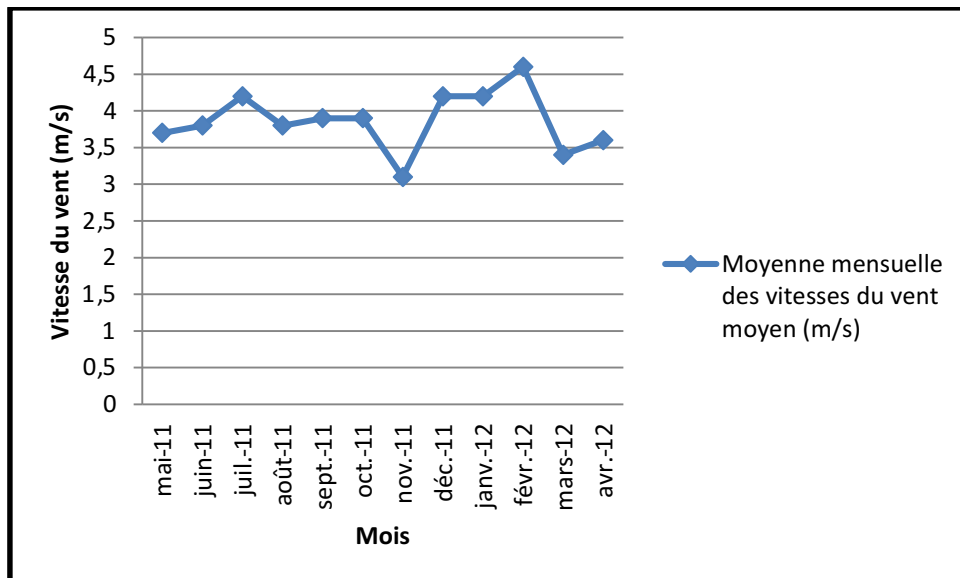


Figure 06 : Variations mensuelles de la vitesse du vent dans la région d’El Kala. (Données de l’Office National de la Météorologie).

Chapitre II

Matériels et Méthodes

1. Choix et localisation de stations :

Les stations sont choisies selon leurs positions par rapport au chenal et aux oueds : la station 01 est influencée par les eaux marines (Chenal) situées au Nord du lac, et la station 02 est influencée par les apports continentaux transportés par les Oueds Belaroug et Mellah positionnés au Sud de la lagune. (Fig.7)

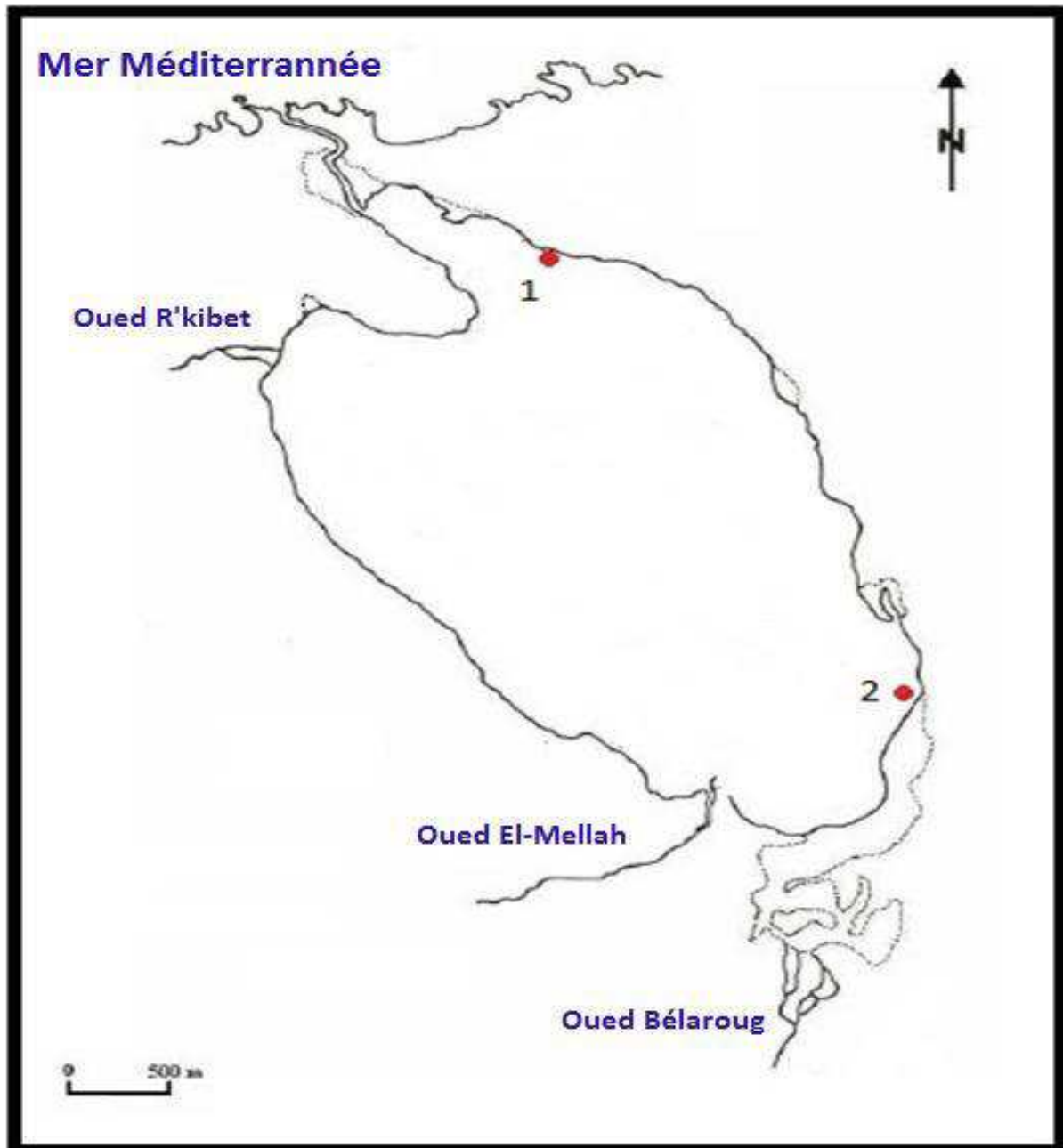


Figure 07 : Carte de localisation des stations au niveau du Lac Mellah.

Tableau 01 : Date d'échantillonnage

26 Mai 2011
09 Juin 2011
07 Juillet 2011
07 Aout 2011
10 Septembre 2011
22 Octobre 2011
12 Novembre 2011
20 Décembre 2011
13 Janvier 2012
20 Février 2012
16 Mars 2012
13 Avril 2012

Remarque : L'échantillonnage a été réalisé par Monsieur REFES Wahid.

2. Echantillonnage :

2.1. Le benthos :

L'échantillonnage mensuel au niveau des deux stations retenu a nécessité l'adaptation de la technique utilisée pour la macrofaune intertidale par **Amoureux (1966)**, **Chassé (1972)**, **Le Moal (1981)** et **Lemoine et al.(1988)** en délimitant une surface de 1/8 et 1/4 m² où le sédiment est prélevé sur 5 à 30 cm de profondeur, en fonction des objectifs et du degré de précision souhaité. La technique adoptée au lac Mellah consiste à délimiter une surface de 1 m² à l'aide d'un cadre rigide fixé sur le fond. Le substrat est prélevé à chaque station sur 20 à 30 cm de profondeur.

Le sédiment est tamisé sur place sur une maille carrée de 1mm de côté. Le refus du tamis est stocké et fixé au formol à 10% dans des bocaux étiquetés.

2.2. Le sédiment :

L'échantillonnage des sédiments a été réalisé à l'aide d'un cylindre en plastique transparent de 5 cm de diamètre, qui fait office de carottier manuel .Il est enfoncé dans le sédiment à une hauteur constante d'environ 15 cm.

2.3. L'eau :

L'échantillonnage de l'eau a été réalisé à l'aide des bocaux en plastique de 2 litres.

3. Mesures physico-chimiques :

3.1. Température, Salinité et Oxygène dissous (O.D) :

La collecte des paramètres physico-chimiques près du fond (Température, salinité et oxygène dissous) s'est faite à l'aide d'instrument de mesure de terrain :

- La température et l'oxygène dissous grâce à un oxymètre de type Y.S.I.51B préalablement étalonné, renseigne sur la qualité d'oxygène dissous (mg/l) et la température de l'eau (°C).

La salinité à partir d'un salinomètre de type Y.S.I.33 après étalonnage, indique la salinité de l'eau (PSU).

3.2. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le potentiel d'hydrogène a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de terrain de type PHM 29.

3.3. Matière en suspension (MES), Matière Organique Particulaire (MOP) et Matière Inorganique Particulaire (MIP) :

200 ml d'eau de chaque prélèvement sont filtrés sous vide grâce à une pompe à vide en utilisant une unité de filtration en verre munie d'un filtre de verre Whatman GF/C de 0,45 µm afin de retenir toutes les particules de taille supérieur à 0,45 µm.

Le filtre est séché et pesé avant et après la filtration. La différence de poids permet de connaître le poids sec total de matière en suspension dans le volume filtré correspondant (Aminot et Chaussepied, 1983) :

$$MES (mg/l) = (P2 - P1)/V$$

P1 : poids du filtre avant filtration (mg).

P2 : poids du filtre après filtration (mg).

V : volume filtré (l).

Le brulage du filtre avec sa charge en MES séché pendant 2 heures à 450°C au four à moufle (Arzul et al, 1990), permet de connaître le poids de la matière organique particulaire (MOP) :

$$MOP (mg/l) = (P2 - P3)/V$$

P2 : poids du filtre avant brulage (mg).

P3 : poids du filtre après brulage (mg).

V : volume filtré (l).

La matière inorganique particulaire (MIP) de chaque prélèvement est obtenue à partir de l'équation :

$$MIP (mg/l) = MES - MOP$$

3.4. Chlorophylle-a et Phéopigments :

Les mesures de concentrations des pigments photosynthétiques sont des paramètres importants pour l'étude de la production primaire dans les eaux douces et les océans. Parmi l'ensemble des pigments phytoplanctoniques reconnus, la chlorophylle *a* (Chl-*a*), commune à tous les organismes photooxygéniques, est particulièrement étudiée, car il est la plus abondante et joue un rôle clé dans le processus de la photosynthèse. Ainsi, la concentration en termes de chlorophylle est certainement l'indicateur de biomasse phytoplanctonique le plus utilisé en océanographie. Il permet de définir la fertilité d'un milieu et de calculer l'index de productivité ou l'efficacité photosynthétique des organismes en présence (**Raimbault *et al.*, 2004**).

Dans notre cas on a utilisé la méthode monochromatique de *LORENZEN* (1967).

Après filtration d'un certain volume d'eau de mer pour concentrer le matériel particulaire, le filtre est immergé l'absorbance de l'extrait à une ou plusieurs longueurs d'onde avant et après acidification si l'on recherche également les formes dégradées (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Matériels et appareillages :

- Dispositif de filtration et des filtres GF/F 0,7 µm de porosité.
- Tubes de dosage de 10 ml,
- Centrifugeuse *Sigma*
- Spectrophotomètre ultraviolet à double faisceau de type UV-1800, SHIMADZU.
- Matériels courants de laboratoire.

Réactifs :

- Suspension carbonate de magnésium MgCO₃ à 1%.
- Solvant d'extraction : l'acétone 90%.

Mode opératoire :

a) Filtration et conservation :

- Dès le retour au laboratoire on a fait la filtration de chaque échantillon et on ajoute quelques gouttes de MgCO₃ sur le filtre.
- Le filtre est plié en quatre et enrobé dans du papier aluminium préalablement étiqueté.
- Mettre les filtres dans le congélateur pour une analyse ultérieure.

b) Extraction des pigments :

On enveloppe les tubes dans une feuille d'aluminium.

- Introduire le filtre dans un tube à centrifuger et ajouter 10 ml d'acétone 90%
- Déchiqueter le filtre à l'aide d'une baguette ou d'un tube de verre, boucher et agiter pour disperser les fibres.
- Laisser l'extraction se poursuivre 24h au réfrigérateur dans l'acétone.

- Laisser refroidir à température ambiante.
- Centrifuger 1 min, pour faire tomber les fibres de verres.
- Centrifuger à nouveau 5 à 10 min à 3000-4000 tr/min (les tubes doivent rester bouchés pour éviter l'évaporation). Dans un solvant qui assure l'extraction des pigments ; puis on mesure

c) Mesure d'absorbance : Méthode de LORENZEN

- Transférer le surnageant de centrifugation dans la cuve de spectromètre ; on évite l'entraînement de fibres de verre en aspirant l'extrait à l'aide, par exemple, d'une seringue de verre.
- Mettre la cuve en place et s'assurer de son positionnement correct.
- Mesurer les absorbances brutes des extraits non acidifiés aux longueurs d'ondes de 665 et 750 nm, soit Ab_{665}^{na} et Ab_{750}^{na} . La mesure à 750 nm doit être restée inférieure à 0,005 par centimètre de trajet optique.
- Acidifier par addition de 10 μ l d'acide chlorhydrique 0,3 mol/l par millilitre d'extrait (soit une goutte pour environ 5 ml) directement dans la cuve et attendre 2 à 3 min.
- Mesurer les absorbances brutes des extraits acidifiés à 665 et 750 nm, soit Ab_{665}^a et Ab_{750}^a .

d) Calcul et expression des résultats :

Les absorbances brutes à 665 nm et les blancs de turbidité à 750 nm doivent être corrigés en soustrayant les blancs des cuves puis on obtient les absorbances nettes en soustrayant les absorbances corrigées mesurées à 750 nm des absorbances corrigées mesurées à 665 nm, c'est-à-dire :

- ✓ Avant acidification :

$$A_{665}^{na} = (Ab_{665}^{na} - bc_{665}) - (Ab_{750}^{na} - bc_{750})$$

- ✓ Après acidification:

$$A_{665}^a = (Ab_{665}^a - bc_{665}) - (Ab_{750}^a - bc_{750})$$

Les autres données sont :

- V : volume d'eau filtrée (litres).
- v : volume de solvant d'extraction (millilitres).
- l : longueur de trajet optique de la cuve de mesure (centimètre).
- m_h : masse de sédiment humide qui égale à 7g.
- m_s : masse de sédiment sec qui égale à 5g.

Les concentrations de chlorophylle-a et de phéopigments a se calculent d'après les relations suivantes :

- **Dans l'eau :**

$$[\text{Chlorophylle-a}] (\mu\text{g/l}) = [26,7(A_{665}^{na} - A_{665}^a)*v] / (V*l)$$

$$[\text{Phéopigments}] (\mu\text{g/l}) = [26,7(1,7A_{665}^a - A_{665}^{na})*v] / (V*l)$$

- Dans le sédiment :

$$[\text{Chlorophylle-a}] (\mu\text{g/g}) = [26,7 (A_{665}^{\text{na}} - A_{665}^{\text{a}}) * m_h] / (m_s * l)$$

$$[\text{Phéopigments}] (\mu\text{g/g}) = [26,7 (1,7A_{665}^{\text{a}} - A_{665}^{\text{na}}) * m_h] / (m_s * l)$$

3.5. Sels nutritifs :

3.5.1 Orthophosphates :

Les Orthophosphates sont dosés par la méthode colorimétrique de Murphy et Riely (1962) sur 50 ml d'échantillon. Les Orthophosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe jaune, le phosphomolybdate d'ammonium ; par réduction de ce complexe à l'aide d'acide ascorbique on obtient une coloration bleue qui se développe rapidement grâce à l'antimoine.

3.5.2 Nitrites :

La concentration en nitrite est mesurée selon une méthode colorimétrique basée sur la réaction de Griess optimisée en 1952 par Bendschneider et Ronbinson. La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa réaction avec la N-(1-naphtyl)-éthylènediamine donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

3.5.3 Nitrates :

Les Nitrates sont réduits en Nitrites sur une colonne de cadmium-cuivre Wood et *al.* (1967) et l'ensemble est dosé par colorimétrie après diazotation avec la sulfanilamide et copulation du diazoïque obtenu selon la méthode décrite par Bendshneider et Robinson (1952).

3.5.4 Ammonium :

L'Ammonium est dosé par la méthode de Koroleff (1969). En milieu alcalin ($8 < \text{pH} < 11,5$), l'ammoniac dissous réagit sur l'hypochlorite pour former une monochloramine. Ce composé en présence de phénol et en milieu oxydant donne lieu à la formation de bleu d'indophénol.

3.5.5 Silicates :

Le principe est basé sur la méthode de Mullin et Riley (1955). Les silicates réagissent en milieu acide ($1 < \text{pH} < 2$) avec le molybdate d'ammonium pour former un hétéroplyanion. Ce complexe est ensuite réduit en bleu de molybdène par une solution de métol et de sulfite de sodium. Les interférences avec les orthophosphates et les arsénates dissous dans l'eau du lac sont éliminées en opérant à pH convenable et en ajoutant de l'acide oxalique qui décompose les phospho et arséniomolybdates éventuellement formés, la réaction est accélérer sous l'effet de la température.

3.5.6 Calcul et expression des résultats :

- Les absorbances

Atr : Absorbance mesurée pour l'échantillon traite (après correction du blanc des cuves).

bt : Absorbance mesurée pour la turbidité (après correction des blancs des cuves).

br : Absorbance mesurée pour le blanc des réactifs (après correction des blancs des cuves).

$$A = Atr - bt - br$$

(Pour chaque élément nutritifs), reportée sur la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration de l'échantillon.

- Les concentrations

$$[N-NO_2^-] (\mu\text{mol/l}) = A/P$$

$$[NO_3^-] (\mu\text{mol/l}) = [NO_2^- + NO_3^-] \mu\text{mol/l} * 1/R - [NO_2^-] \mu\text{mol/l} * r/R$$

A : Absorbance de l'échantillon.

R : Le rendement de réduction des ions nitrate en nitrite ($R \leq 1$).

r : la fraction des ions nitrites non réduits par la colonne ($r \leq 1$).

P : C'est la pente de courbe d'étalonnage pour chaque élément nutritif.

Remarque :

$[NO_2^-]$ est connu par mesure directe sur l'échantillon non passé sur la colonne.

Dans la plus par des cas le rapport r/R peut être pris égal à l'unité.

$$[PO_4^{3-}] (\mu\text{mol/l}) = A/P$$

$$[SiO_2^-] (\mu\text{mol/l}) = A/P$$

3.6. Matière organique dans le sédiment :

Les teneurs de la matière organique dans les sédiments sont estimées grâce à la technique de combustion, c'est-à-dire la perte au feu (**Kamp-Nielsen 1974, modifié**). Cette méthode est justifiée en raison de la faible teneur sédimentaire en minéraux phylliteux, seuls pouvant entraîner des erreurs sur cette mesure (**Guelorget et al., 1982**). Juste après l'échantillonnage, une partie du sédiment est mise dans un sac en plastique numéroté puis conservée à -5°C . Une fois au laboratoire, on procède à la décongélation puis le séchage dans l'étuve à 80°C , pendant 24 heures, jusqu'à poids constant.

Ensuite, 5 g (P1) de sédiment sont incinérés à 600°C dans un four à moufle durant 2 heures ; puis repeser (P2) sur une balance sensible "Mettler H80" d'une précision de 0,1 mg.

La différence entre les deux poids (P1-P2), représente la quantité de matière organique contenue dans le sédiment analysé, celle-ci est transformée en pourcentage.

4. Macrofaune benthique :

Dans un peuplement considéré, il est intéressant de connaître pour chaque espèce son importance, sa place et son influence sur les autres espèces du même peuplement en cohabitation. C'est ainsi qu'un certain nombre de paramètres analytiques permet de connaître et d'apprécier la valeur de chaque espèce répertoriée.

4.1. Traitement des échantillons de la macrofaune benthique au laboratoire:

a) Le tri:

Les échantillons de macrofaune benthique subissent une opération de tri qui s'effectue en 3 étapes :

- Rincer à l'eau courant le contenu du bocal sur un tamis de 1 mm de diamètre ;
- Le refus du tamis contenant les espèces macrozoobenthiques est versé dans un bac ;
- A l'aide d'une pince, introduire les espèces retrouvées dans quatre piluliers différents contenant du formol (à 10%) et représentant les groupes zoologiques suivants :
 - Crustacés.
 - Mollusques.
 - Polychètes.
 - Divers, dans ce dernier groupe sont rongés les individus n'appartenant pas aux groupes précédents cités.

b) La détermination:

Les espèces contenues dans chaque pilulier sont déterminées, à la loupe binoculaire (pour les individus de grandes tailles) ou au microscope photonique (pour les individus de petites tailles) ; afin d'établir la systématique de chaque espèce en se basant sur les documents suivants :

Koehler (1921) ; Fauvel (1923) ; Cheuvreux et Fage (1925) ; Fauvel (1927) ; Ushacov (1955) ; Luther *et al.* (1965) ; TORTONESE (1965) ; Tebbel (1966) ; Parenzen (1970) ; Riedl (1970) ; Parenzen (1974) ; Bauchot et Pras (1980) ; Nordsieck (1982) ; F.A.O (1987).

4.2. Caractéristiques analytiques :

Pour définir les caractéristiques analytiques qui définissent la place et l'importance de différentes espèces qui composent un peuplement, nous avons utilisé un certain nombre de paramètres, qui suit :

Abondance :

Nombre totale des individus d'une espèce dans un prélèvement (A).

Densité :

Dans l'étude de la macrofaune benthique, la densité correspond au nombre d'individus d'une espèce par unité de surface = 1m²

$$d = A / 1m^2$$

Dominance ($D_i\%$) ‘Abondance relative’ :

Elle correspond au rapport entre le nombre d'individus d'une espèce donnée (n_i) et le nombre total d'individus de toutes les espèces (N) présentes dans le même prélèvement :

$$D_i (\%) = (n_i/N) \times 100$$

n_i : nombre d'individu de l'espèce (i).

N : nombre total d'individus de toutes les espèces présentes dans le même prélèvement.

Fréquence ($F_i\%$):

La fréquence d'une espèce (i) est le rapport exprimé en pourcentage du nombre de prélèvement où se trouve cette espèce sur le nombre de prélèvement effectués.

Elle est calculée par la formule suivante :

$$F_i(\%) = (P_i/P) \times 100$$

P_i : nombre de prélèvement dans lesquels se trouve l'espèce (i).

P : nombre total des prélèvements effectués.

Bakalem (1979) signale que la précision de la fréquence est étroitement liée au nombre de prélèvement effectué. Dans la présente étude, le nombre de prélèvement effectué au niveau des deux stations de la lagune El mellah est égal à 24. Donc les fréquences sont calculés en affectant ‘P’ (Nombre total de prélèvement effectué) de la valeur 24.

A partir de ces fréquences, il est permis, d'après **Soyer (1970)**, de distinguer :

- Les espèces constantes $F \geq 50\%$.
- Les espèces communes $25\% \leq F < 50\%$.
- Les espèces rares $F < 25\%$.

Cette échelle a été adaptée par **Bodin (1974)** qui distingue :

- Les espèces constantes $F \geq 75\%$.
- Les espèces très communes $50\% \leq F < 75\%$.
- Les espèces fréquentes $25\% \leq F < 50\%$.
- Les espèces rares $F < 25\%$.

Ou encore celle adaptée par **Hily (1976)** et reprise par **Bakalem (1979)** qui subdivisent les espèces en :

- Les espèces constantes $F \geq 75\%$.
- Les espèces très commune $50\% \leq F < 75\%$.
- Les espèces commune $25\% \leq F < 50\%$.
- Les espèces rares $F < 25\%$.

4.3. Indices biocénologiques :

Indice de diversité spécifique :

L'indice de diversité le plus utilisé est celui de Shannon H' (**Blondel *et al.*, 1973 ; Amanieu *et al.*, 1979-1980**). Il donne une indication sur l'organisation au niveau des stations. Il est calculé à partir de l'équation suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

S : nombre d'espèces du peuplement.

P_i : Abondance relative de l'espèce (i)

$$P_i = N_i/N$$

N_i : effectif de l'espèce (i).

N : effectif total du peuplement.

La diversité donnée par l'indice de Shannon fournit une image sur l'insertion des individus au sein des différentes espèces, pouvant traduire ainsi un aspect fonctionnel des peuplements.

Indice d'équitabilité (E) :

Il renseigne sur le niveau d'équitabilité d'une biocénose (**Lloyde et Ghelardi, 1964 ; Pielou, 1966 ; Sheldon, 1969**). L'équitabilité correspond au rapport entre la diversité réelle (H') et la diversité maximale (H'_{max}) attendu de la collection. L'indice d'équitabilité varie de 0 à 1 et s'exprime par la formule suivante :

$$E = H' / H'_{max}$$

H' : diversité spécifique réelle.

H'_{max} : diversité spécifique maximale.

La diversité spécifique maximale (H'_{max}) correspond à la diversité d'un échantillon où toutes les espèces présentes auraient la même abondance relative. Elle est calculée par la formule suivante :

$$H'_{max} = \log_2 S$$

S : nombre d'espèces dans le prélèvement.

4.4. Corrélation entre les paramètres physico-chimiques et la macrofaune benthique :

La corrélation entre les paramètres physico-chimiques et la macrofaune benthique est déterminée par le coefficient de corrélation qui a été calculé deux à deux avec la formule suivante :

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Où x et y sont les moyennes d'échantillon MOYENNE (matrice 1) et MOYENNE (matrice 2).

Quand le coefficient de corrélation s'approche vers 1 ou -1 : il existe une corrélation.

Si le coefficient de corrélation s'approche vers 0 il n'existe pas une corrélation.

Chapitre III

Résultats et Discussion

1. Mesures physico-chimiques :

1.1. Température :

L'évolution mensuelle au niveau des deux stations d'étude, montre que les deux stations ont une variation similaire. La plus faible température est 10,5°C (Décembre) au niveau de la station 2. Une température maximale de 34°C a été enregistrée au niveau de la station 2 (Aout) (Fig.08). La température moyenne varie entre 10,8°C et 32°C. (Fig.10)

Une comparaison des données récoltées avec celles de Grimes (1994) et Refes (1994) obtenues sur le même site d'étude présente une augmentation remarquable dans la température, où ils distinguent : une température minimale de 0°C (Janvier) au niveau de la station 01, alors que la température maximale est de 31°C (Juin) au niveau de la station 03 (Fig.13). La température moyenne varie entre 2.75°C et 29°C. (Fig.10).

La température moyenne de l'eau a augmenté avec un écart-type qui varie entre 0.65 et 6.88 (Fig.10) de la manière suivante :

- De 14,5°C (Septembre 1991) à 28,25°C (Septembre 2011).
- De 2,75°C (Janvier 1991) à 14,2°C (Septembre 2011).
- De 14,75°C (Mars 1992) à 21,5°C (Mars 2012).

Cette augmentation est en relation direct avec les conditions climatiques locales, ou on peut cibler le réchauffement climatique comme une cause principale.

Remarque : Notre Station 02 est la Station 03 de Grimes (1994) et Rafes (1994)

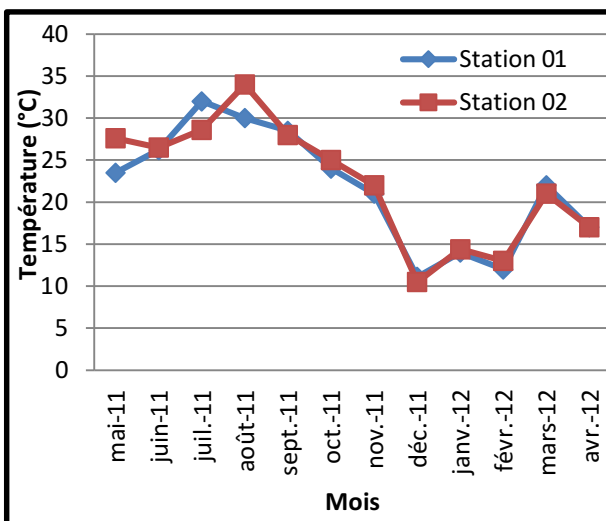


Figure 08 : Evolution mensuelle de la température de l'eau aux stations 01 et 02

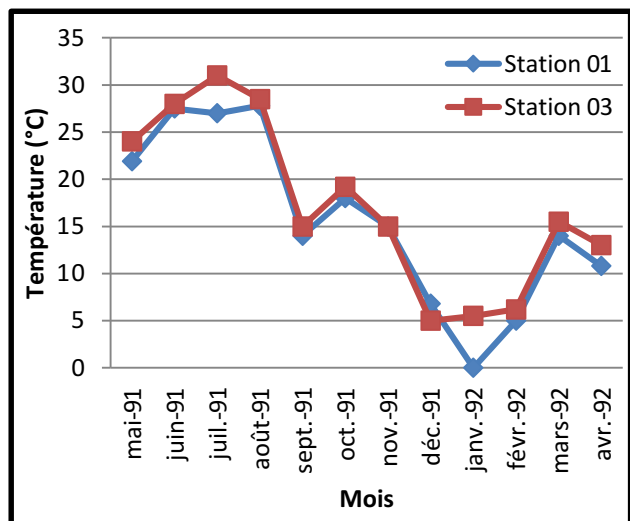


Figure 09 : Evolution mensuelle de la température de l'eau aux stations 01 et 03

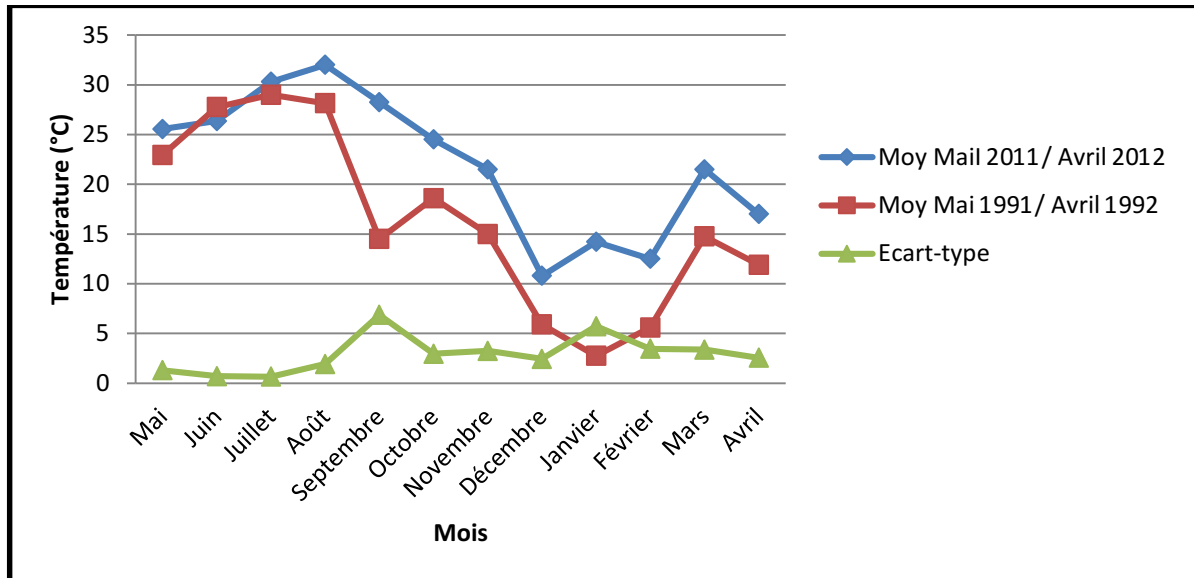


Figure 10 : Evolution de la Température moyenne et de l'écart-type

1.2. Salinité :

L'examen de la figure 11 relative aux variations de la salinité au niveau des stations 01 et 02 entre Mai 2011 et Avril 2012 permet de noter les points suivants :

- Augmentation de la salinité d'une valeur de 23,2 P.S.U dans station 01 et 22,8 P.S.U dans la station 02 (Mai), pour obtenir l'optimum 33,2 et 34,1 P.S.U respectivement dans les stations 01 et 02 (Octobre). (Fig.11)
- Diminution de la salinité des valeurs marquées en mois d'Octobre pour attendre leur minimum avec 8,5 P.S.U (Décembre) au niveau de la station 02. (Fig.11)
- Dans période entre Février et Avril on remarque que la salinité varie dans les deux stations entre 14 – 15 P.S.U. (Fig.11)
- La salinité moyenne varie entre 14.01 PSU et 33.65 PSU. (Fig.13)

Une comparaison des résultats avec celles de Grimes (1994) et Refes (1994) obtenus sur le même site d'étude, où ils distinguent deux périodes : une période de forte salinité de Mai à Novembre avec un maximum au mois d'Aout (34,1 P.S.U) et une période de faible salinité entre Décembre et Avril avec un minimum marqué en Avril (17,2 P.S.U). (Fig.12)

Après cette comparaison on a trouvé que la salinité moyenne a diminué avec un écart-type maximal de 3,925 entre la période de Mai 1991 – Avril 1992 Grimes (1994) et Refes (1994) et la période de Mai 2011 – Avril 2012.

La salinité s'avère directement liée aux précipitations :

- Les faibles valeurs halines sont observées en hiver et au printemps, elles correspondent à la saison pluvieuse.
- Les fortes valeurs halines sont observées en été et en automne, elles caractérisent la saison sèche.

En plus des précipitations l'état de chenal qui relie l avec la mer Méditerranéenne influence aussi la variation de la salinité du lac.

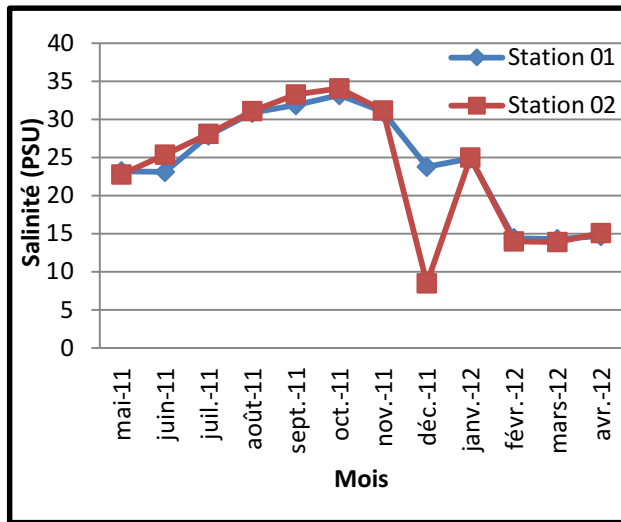


Figure 11 : Evolution mensuelle de la Salinité aux stations 01 et 02

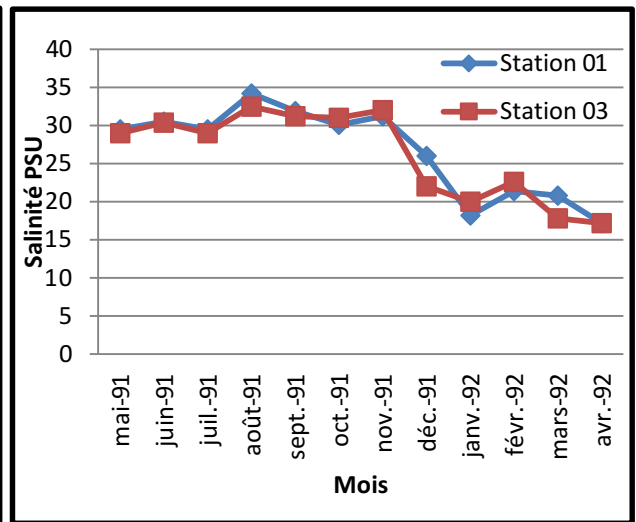


Figure 12 : Evolution mensuelle de la Salinité aux stations 01 et 03

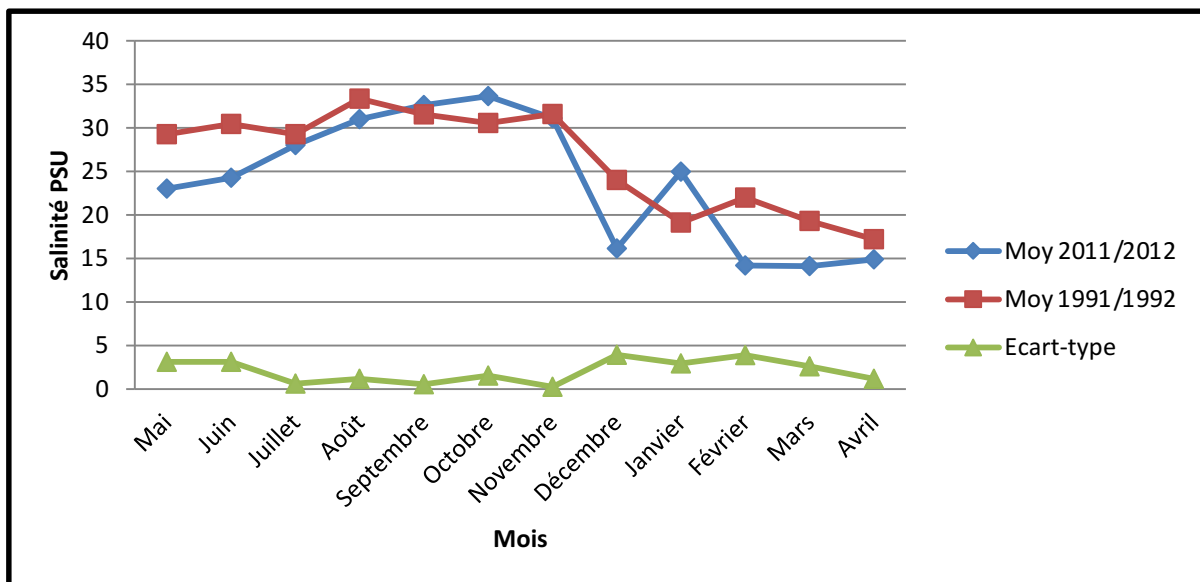


Figure 13 : Evolution mensuelle des salinités moyennes

1.3. Oxygène dissous :

L'étude de la variation mensuelle de l'oxygène dissous aux stations 01 et 02, présente une similarité dans l'évolution de la concentration en oxygène dissous au niveau des deux stations, et indique une fluctuation au cours de cycle annuelle.

La concentration en oxygène dissous augmente d'un minimum au voisinage de 2,53 mg/l (Mai) jusqu'à atteindre le maximum avec une valeur de 8,57 mg/l (Aout) au niveau de la station 2. A partir du mois de Septembre, les concentrations sont caractérisées par une fluctuation importante où elles varient entre 4,02 – 8,18 mg/l. (Fig.14)

La concentration moyenne en oxygène dissous varie entre 2.69 mg/l et 8.53 mg/l. (Fig.16)

Une comparaison des données récoltées avec celles de Grimes (1994) et Refes (1994) obtenus sur le même site d'étude, où ils distinguent deux périodes :

- La première période caractérisée par de faibles teneurs en oxygène (inférieures à 8mg/l) et s'étale de Mai à Novembre 1991. (Fig.15)
- La deuxième période présentant une meilleur oxygénation des eaux débute en Novembre 1991 et dure jusqu'à Mai 1992, le maximum est enregistré en Janvier (16mg/l). (Fig.15)

Cette diminution de la concentration en oxygène dissous est probablement liée aux conditions climatiques aux jours des mesures et des prélèvements et à la faible profondeur du lac.

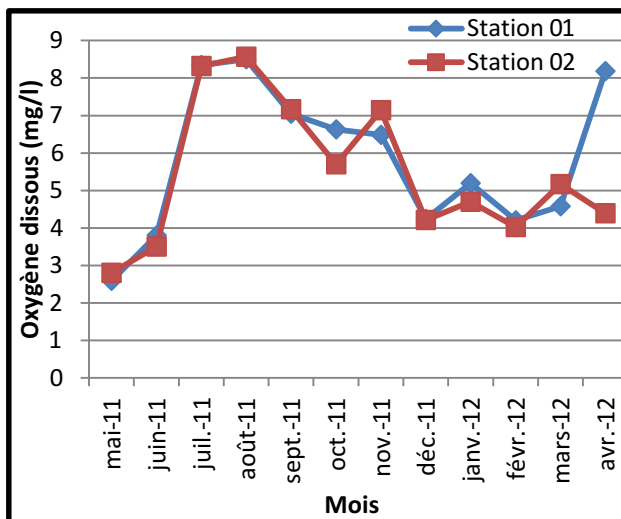


Figure 14 : Evolution mensuelle de l'oxygène dissous aux stations 01 et 02

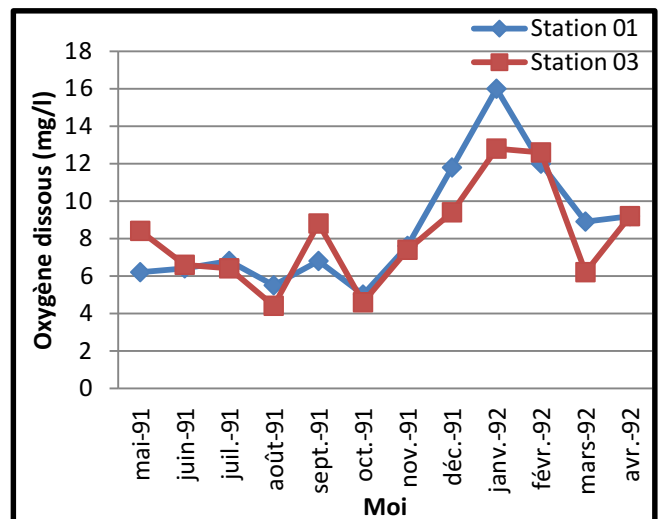


Figure 15 : Evolution mensuelle de l'oxygène dissous aux stations 01 et 03

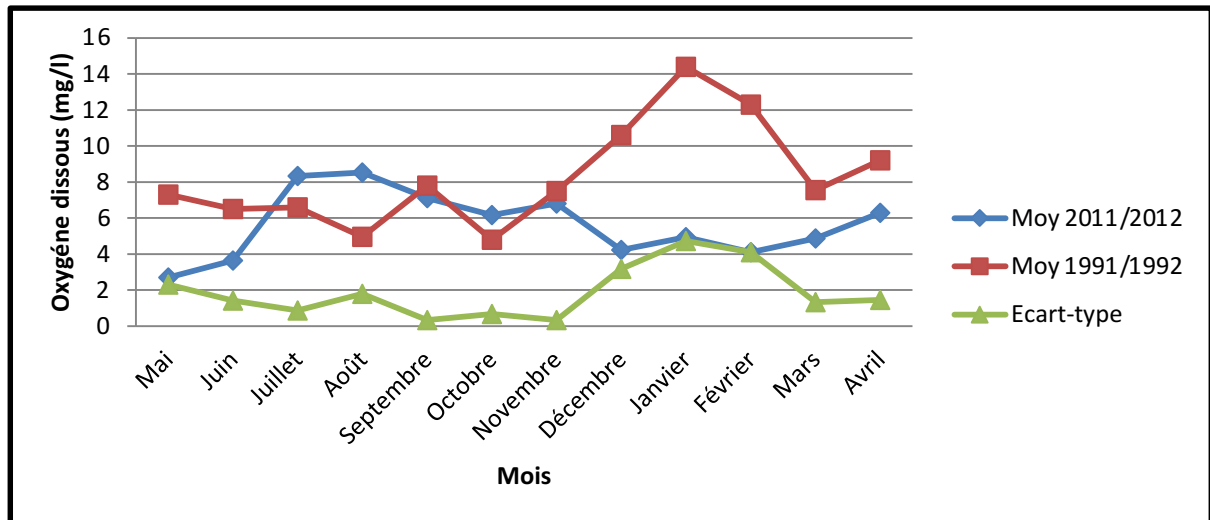


Figure 16 : Evolution mensuelle des concentrations moyennes en oxygène dissous

1.4. Taux de saturation en oxygène dissous :

Il existe des variations dans le taux d’oxygène (Fig.17), on a enregistré la valeur maximale au niveau de la station 02 avec un taux de 143,4511% au mois d’Aout, la valeur minimale est enregistré au niveau de la station 01 avec un taux de 34,8893% au mois de Mai, les valeurs moyennes sont variées entre 37.66 % et 138.48 %.

Les relevés effectués montrent des valeurs du taux de la saturation en oxygène dissous dans l’eau supérieures à 100 % indicateur d’une bonne oxygénation du milieu.

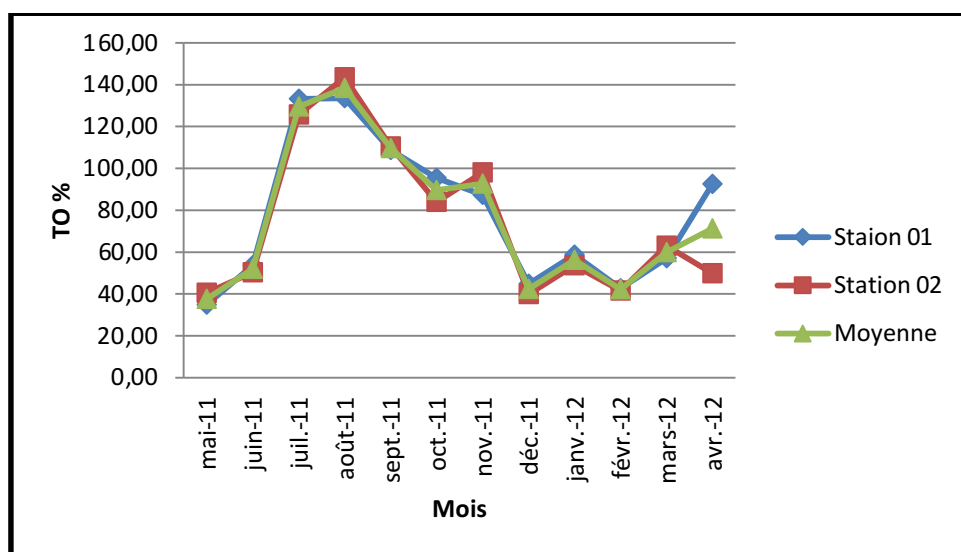


Figure 17 : Evolution mensuelle du taux de saturation en oxygène dissous aux stations 01 et 02

1.5. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH est relativement stable dans le lac pendant la période d'étude (Fig.18), on a enregistré une valeur maximale au niveau de la station 02 au mois de Mars avec une valeur de 8,48. La valeur minimale est enregistrée au niveau de la station 02 avec une valeur de 7,99 au mois d'Octobre, les valeurs moyennes sont variées entre 8.06 et 8.475.

La stabilité du pH entraîne un équilibre entre la formation de l'Ammonium et l'Ammoniac, alors l'absence de toxicité dans les masses d'eau.

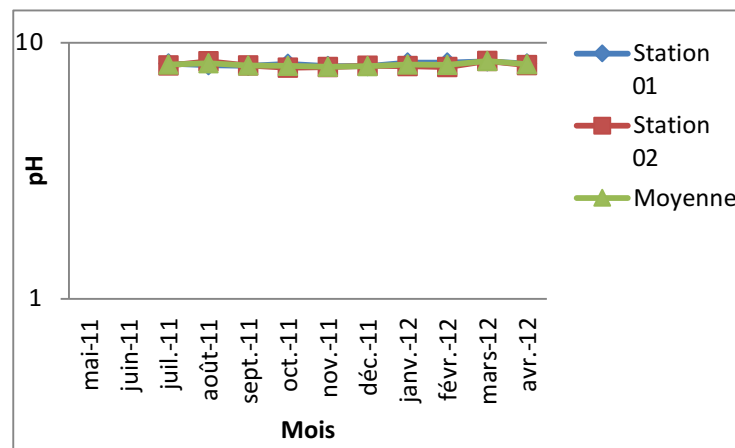


Figure 18 : Evolution mensuelle de pH aux stations 01 et 02

1.6. Matière en suspension (MES) :

Pour la matière en suspension, on observe une évolution remarquable pendant la période d'étude, la valeur minimale est enregistrée au mois de Juin (0.8 mg/l) au niveau de la station 01, la valeur maximale est enregistrée au niveau de la station 02 (207.2 mg/l) au mois de Février (Fig.19), la concentration moyenne est variée entre 4.2 mg/l et 201.6 mg/l.

La comparaison des données récoltées avec celles de Grimes (1994) et Refes (1994) obtenus sur le même site d'étude, où ils distinguent que les valeurs de matière en suspension du Mai 1991 à Avril 1992 des eaux de lac Mellah sont comprises entre 12,6 mg/l et 103 mg/l. La valeur la plus élevée est d'Octobre 1991 (103 mg/l). (Fig.20)

La variation des concentrations moyennes en matière en suspension entre Mai 1991 – Avril 2012 et Mai 2011 – Avril 2012 marque l'apparition de deux périodes :

- Première période : de Mai à Décembre, les teneurs sont faibles avec un écart-type qui varie entre 11,68 – 29,18 mg/l.
- Deuxième période : de Janvier à Avril, augmentation de la teneur en matière en suspension dans la période actuelle par rapport aux données de Grimes (1994) et Refes (1994) avec un écart-type qui varie entre 73,87 et 84,59 mg/l. (Fig.21).

Cette variation de la concentration en matière en suspension peut être due aux :

- Apports des oueds.
- Remise en suspension de particules sédimentaires.

- Les tables conchylicoles, en effet les moules sont des espèces filtreurs qui rejettent une quantité de fèces qui s'ajoute aux particules en suspension.

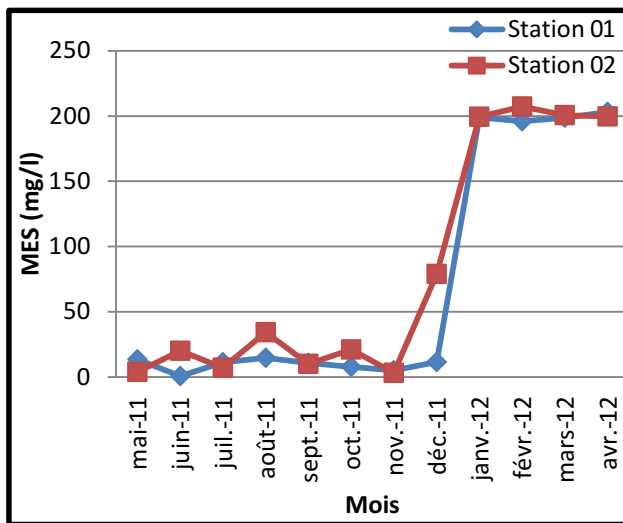


Figure 19 : Evolution mensuelle de la matière en suspension aux stations 01 et 02

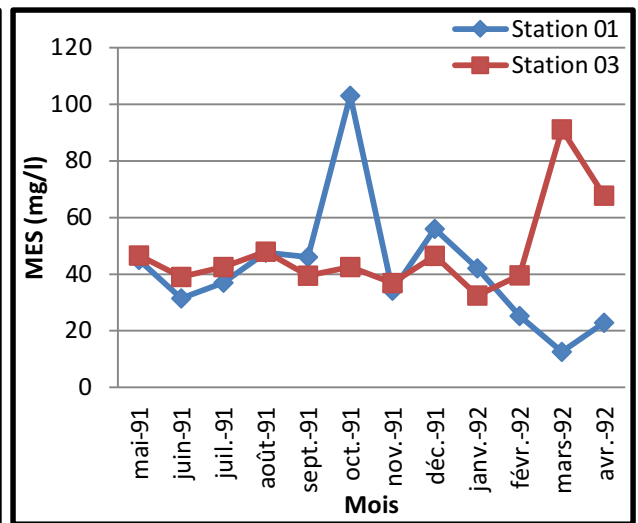


Figure 20 : Evolution mensuelle de la matière en suspension aux stations 01 et 03

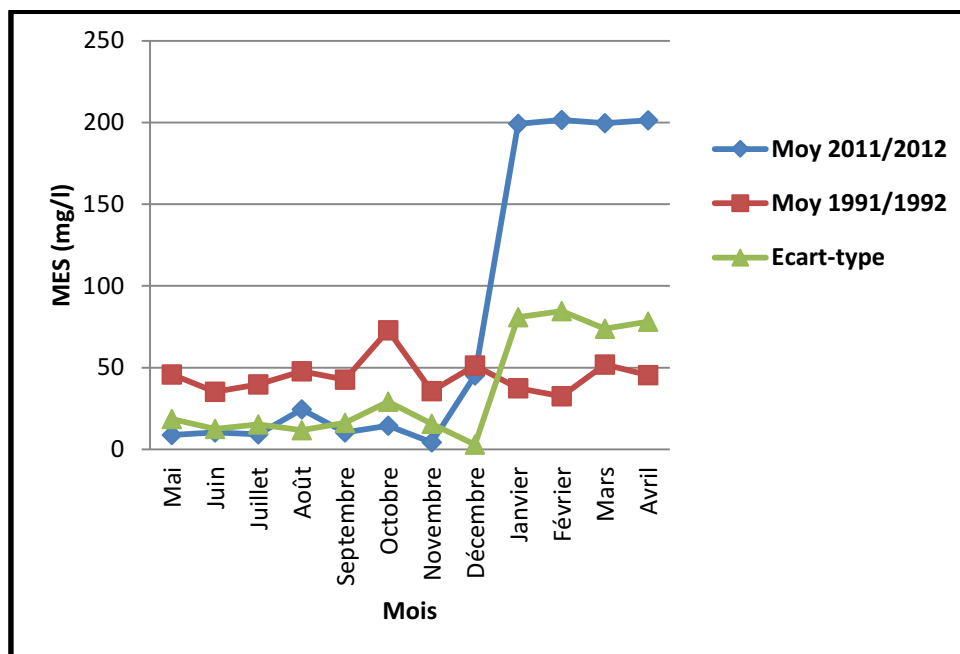


Figure 21 : Evolution mensuelle des concentrations moyennes de la matière en suspension (MES)

1.7. Matière Organique Particulaire (MOP) :

Les suivies mensuelles de la matière organique particulaire représentée dans la figure 22 montre une oscillation dans les teneurs, où :

Le maximum est marqué par un pic avec une valeur de 53 mg/l (Décembre) au niveau de la station 02 qui peut être expliqué par une remise en suspension des particules organiques sédimentées qu'ils n'ont pas le temps suffisant pour s'oxyder à cause de la faible profondeur (milieu lagunaire).

La valeur minimale est 0 mg/l (Juin) au niveau de la station 01 (Fig.22).

La concentration moyenne varie entre 0,4 mg/l et 30,4 mg/l pendant la période d'étude. (Fig.24)

Dans une comparaison des données récentes (Mai 2011 – Avril 2012) avec celles de Grimes (1994) et Refes (1994) obtenues sur la même zone d'étude, où ils distinguent : une fluctuation irrégulière de la matière organique particulaire au niveau du lac Mellah. Le maximum est enregistré en Aout 1991 (41,1 mg/l) et la plus basse valeur est en mois d'Avril (4,89 mg/l). (Fig.23).

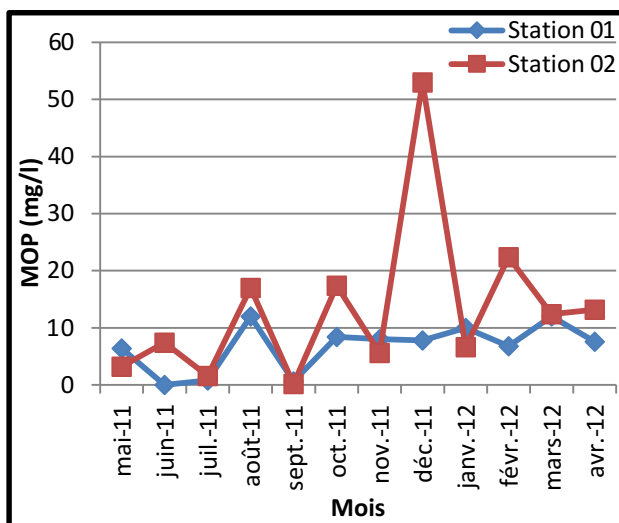


Figure 22 : Evolution mensuelle de la matière organique particulaire aux stations 01 et 02

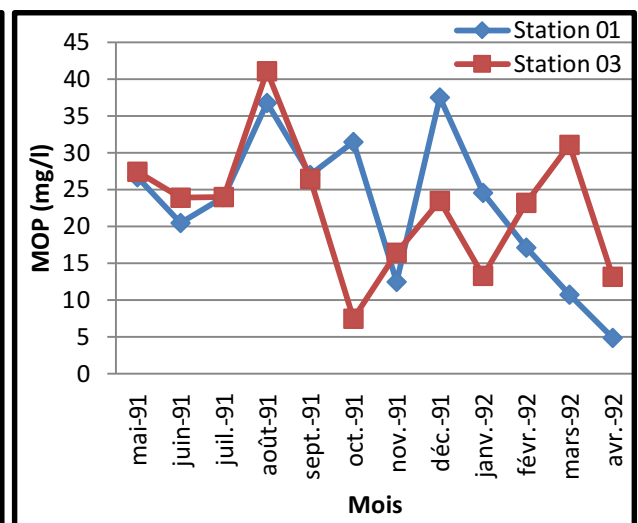


Figure 23 : Evolution mensuelle de la matière organique particulaire aux stations 01 et 03

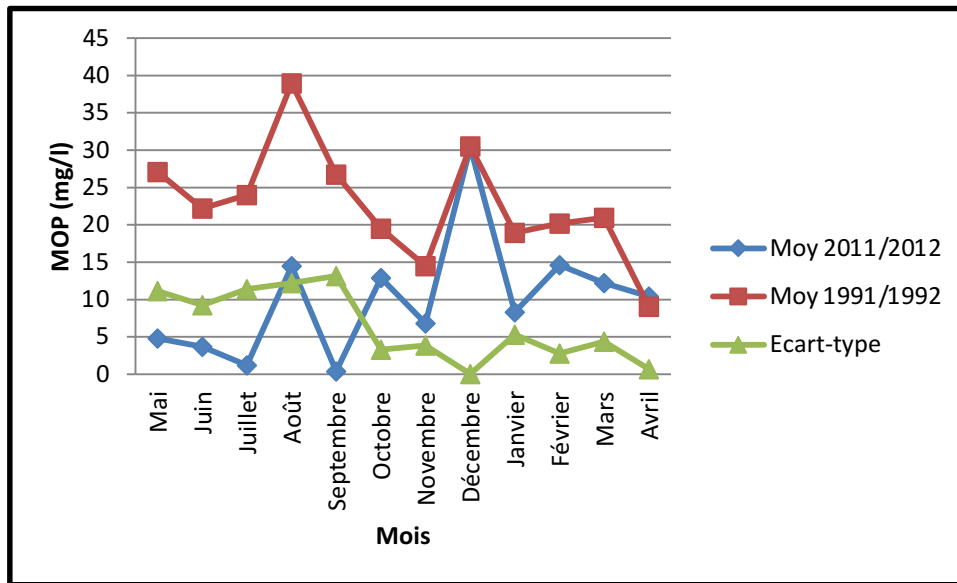


Figure 24 : Evolution mensuelle des concentrations moyennes en Matière organique particulaire

1.8. Matière Inorganique Particulaire (MIP) :

Dans un suivi de l'évolution de la matière inorganique particulaire, on observe qu'elle est similaire au cycle de MES, dont la valeur minimale est enregistrée au mois de Novembre dans les deux stations (0 mg/l), la valeur maximale est enregistrée au niveau de la station 02 pendant le mois de Décembre (192 mg/l). (Fig.25)

La concentration moyenne de la matière inorganique particulaire pendant la période d'étude varie entre 0 mg/l et 191 mg/l (Fig.27).

En comparant les résultats obtenus avec celle de Grimes (1994) et Refes (1994), on constate qu'ils ont trouvés que la matière inorganique particulaire présente une fluctuation irrégulière et varie dans un intervalle relativement élevé (1,84 mg/l à 71 mg/l). La plus faible valeur a été marquée en Mars et la plus forte valeur en Octobre. (Fig.26)

Les teneurs actuelles en matière inorganique particulaire ont diminuées dans une première période entre Mai et Novembre avec un écart-type qui varie entre 0,5 et 25,73 mg/l. Dans une deuxième période on remarque une augmentation dans les teneurs de la matière inorganique particulaire actuelle avec un écart-type qui varie entre 2 et 87 mg/l. (Fig.27)

Les fortes teneurs de la matière inorganique particulaire (MIP) sont peut-être dues à :

- l'oxydation de la matière organique particulaire (MOP).
- la faible bathymétrie de point de prélèvement qui permet une remise en suspension rapide des particules par le facteur d'hydrodynamisme.

Les faibles concentrations sont peut-être dues à la richesse en matière organique particulaire (MOP).

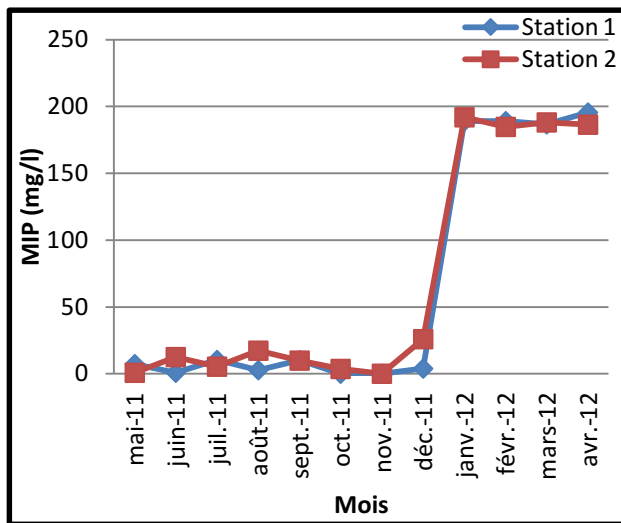


Figure 25 : Evolution mensuelle de la matière inorganique particulaire aux stations 01 et 02

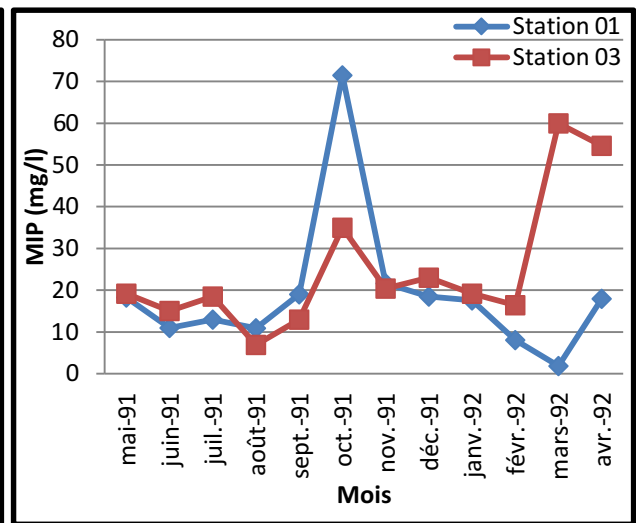


Figure 26 : Evolution mensuelle de la matière inorganique particulaire aux stations 01 et 03

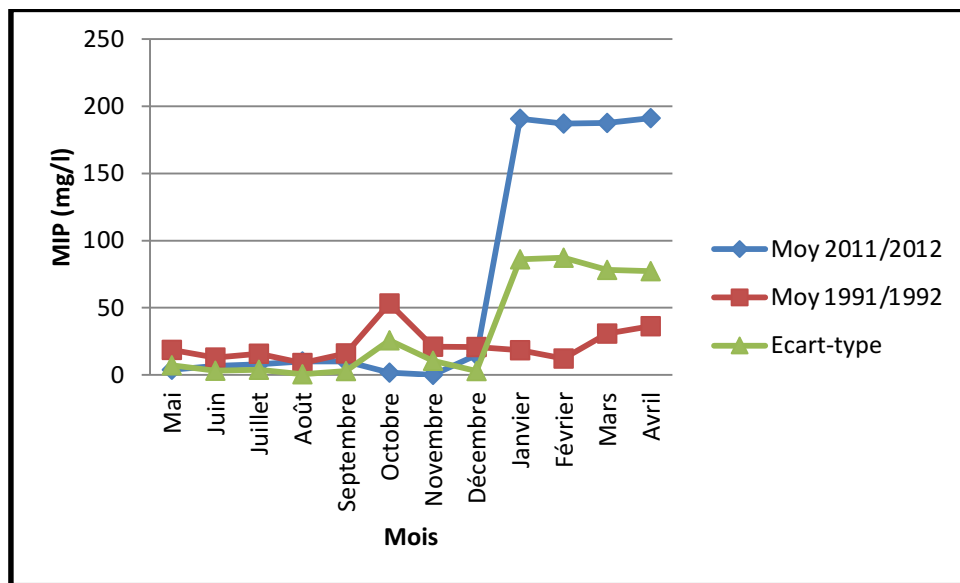


Figure 27 : Evolution mensuelle des concentrations moyennes en matière inorganique particulaire

1.9. Rapport MIP/MOP :

L'évolution du rapport MIP/MOP aux deux stations d'étude (Fig.28) permet de constater que les valeurs des rapports sont comprises entre 0,2 et 49.

En comparant les résultats obtenus avec celles de Refes (1994), qu'il a trouvé que l'évolution du rapport MIP/MOP aux différentes stations (Fig.29) permet de constater que les valeurs des rapports sont comprises entre 0,04 et 6,86.

L'évolution des rapports MIP/MOP entre Mai 1991 – Avril 1992 et Mai 2011 – Avril 2012 présente une augmentation des rapports avec un écart-type qui varie entre 0 et 16,2 (Fig.30)

Le rapport MIP/MOP selon Thouzeau (1991) permet de donner un indice sur la qualité trophique des eaux du milieu. Une augmentation de la quantité de matière inorganique particulaire par rapport à la quantité de la matière organique particulaire entraine une augmentation du rapport MIP/MOP donc une diminution de la qualité trophique des eaux.

Dans la présente étude les rapports MIP/MOP des deux stations étudiées au cours du cycle annuel qui sont inférieur à 1 sont marqués en Mai, Juin, Septembre, Novembre, Décembre et Janvier, soit une bonne qualité trophique des eaux à l'exception des périodes restantes où une charge sestonique minérale des eaux très élevée est enregistrée.

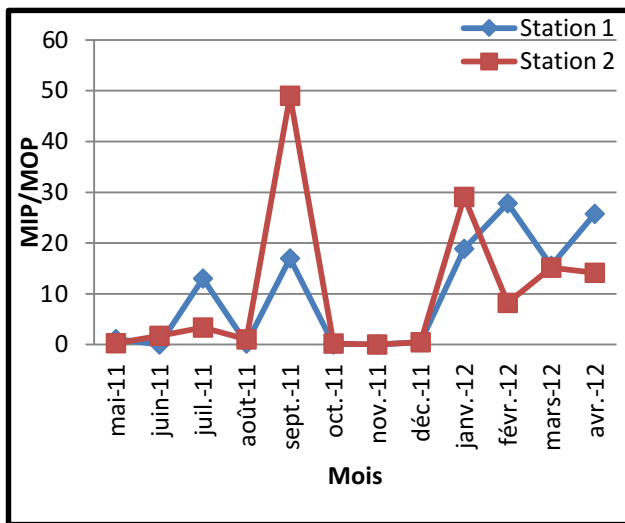


Figure 28 : Evolution mensuelle du rapport MIP/MOP aux stations 01 et 02

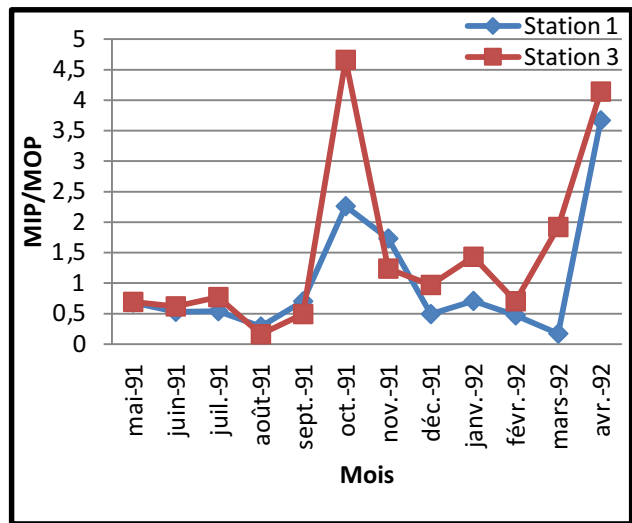


Figure 29 : Evolution mensuelle du rapport MIP/MOP aux stations 01 et 03

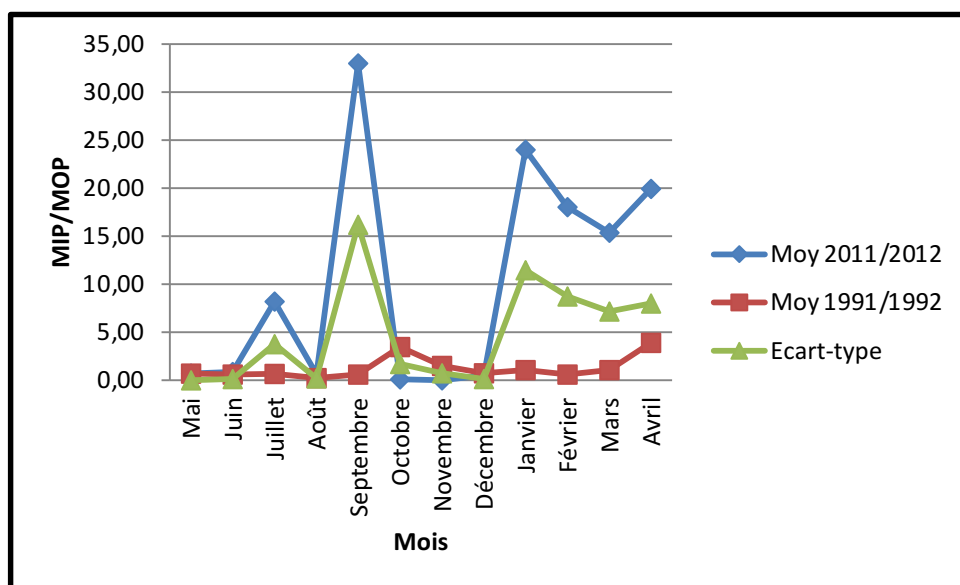


Figure 30 : Evolution mensuelle des moyennes du rapport MIP/MOP

1.10. Chlorophylle-a et Phéopigments :

➤ Chlorophylle-a :

Le traitement des résultats obtenues pendant la période d'étude a permis d'établir la courbe d'évolution annuelle de chlorophylle-a (Fig.31), où on remarque une fluctuation dans les concentrations de chlorophylle-a qui varient entre 0 – 21,89 µg/l.

Les teneurs moyennes en chlorophylle-a varient dans un intervalle large (de 0 à 10,95 µg/l), où on a marqué deux pics importants, le premier est en mois de Août (7,88 µg/l) et le deuxième est enregistré en mois de Décembre (9,35 µg/l). (Fig.32)

L'évolution de la Chlorophylle-a est conditionnée par :

- L'activité photosynthétique.
- Les facteurs météorologiques.
- Les facteurs hydrologiques.

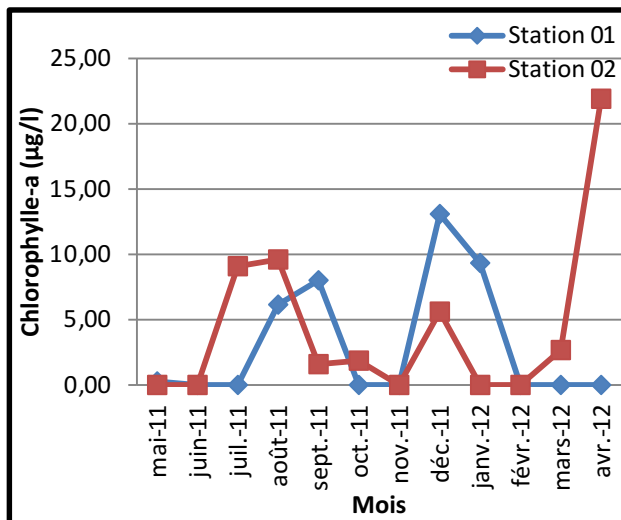


Figure 31 : Evolution mensuelle de la Chlorophylle-a aux stations 01 et 02

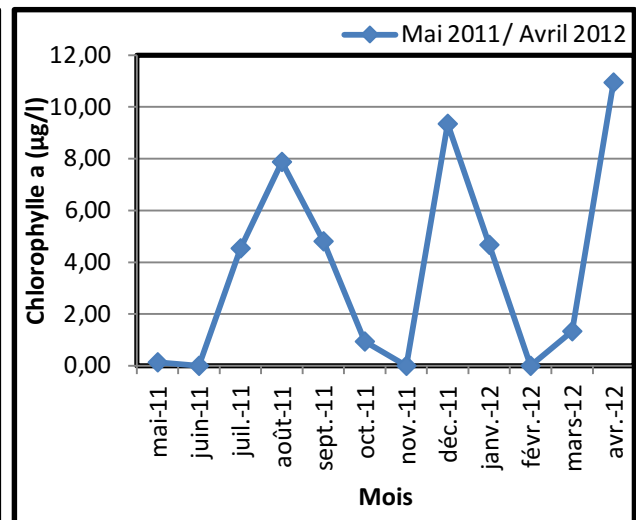


Figure 32 : Evolution mensuelle moyenne de la Chlorophylle-a

➤ Phéopigments :

Les résultats obtenus dans cette étude sur l'évolution des teneurs de Phéopigments montrent que les concentrations de Phéopigments varient entre 0 et 19,56 µg/l, alors que la concentration moyenne de ce dernier varie entre 0 et 9,91 µg/l. (Fig.33)

Les fortes teneurs en Phéopigments indiquent une abondance des débris végétaux dans le lac.

Les faibles concentrations en Phéopigments indiquent la présence des cellules phytoplanctoniques qui ne sont pas dégradées.

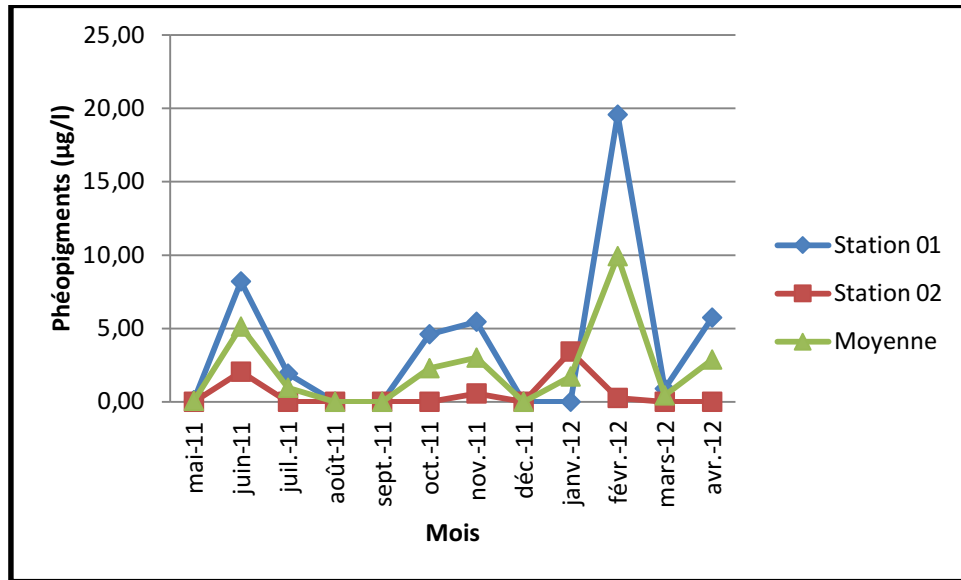


Figure 33 : Evolution mensuelle de Phéopigments aux stations 01 et 02

➤ **Chlorophylle-a dans le sédiment :**

L’analyse des teneurs de la Chlorophylle-a dans le sédiment obtenus chaque mois aux deux stations montre que :

- **Station 01 :** la Chlorophylle-a dans le sédiment est presque nulle durant toute la période d’étude, sauf en Aout où on a trouvé une concentration de 4,3 µg/g qui représente la valeur maximale dans cette station. (Fig.34)
- **Station 02 :** une fluctuation importante des teneurs de Chlorophylle-a dans le sédiment qui varie entre 0 – 7,66 µg/g. (Fig.34)
- Les concentrations moyennes de Chlorophylle-a dans le sédiment varient entre 0,02 et 3,38 µg/g. (Fig.34)

Les fortes valeurs de la Chlorophylle-a dans le sédiment peuvent être dues à la décantation de la matière végétale vivante sur le fond du lac, alors que les faibles faibles teneurs peuvent être liées aux facteurs météorologiques et à l’hydrodynamisme du lac.

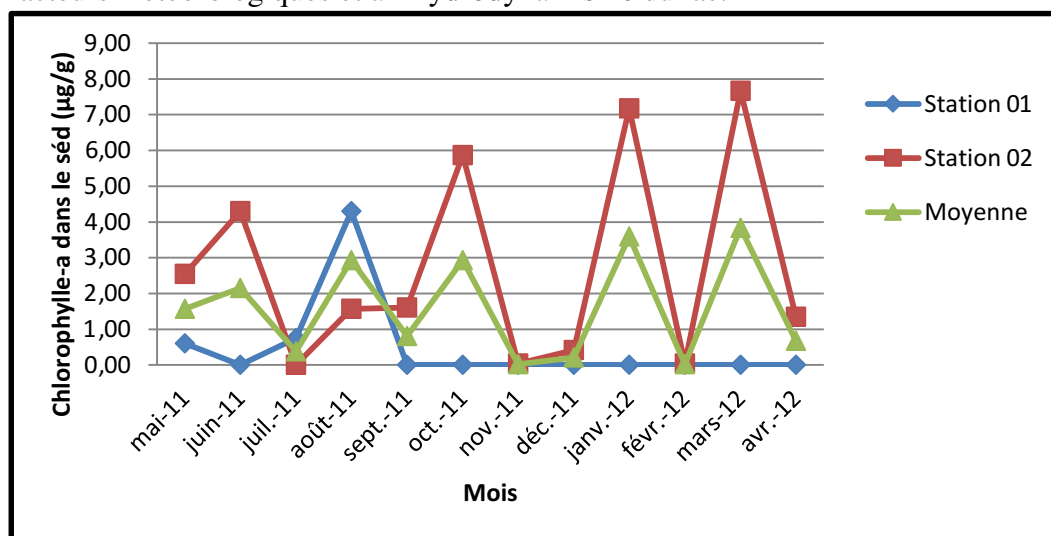


Figure 34 : Evolution mensuelle de la Chlorophylle-a dans le sédiment aux stations 01 et

➤ Phéopigments dans le sédiment :

Les teneurs de Phéopigments dans le sédiment au niveau des deux stations d'étude sont presque nulles durant toute la période d'étude, sauf en Août ou on a trouvé une concentration égale 1,64 $\mu\text{g/g}$ au niveau de la station 01 (maximum) et en Février une concentration de 0,62 $\mu\text{g/g}$ au niveau de la station 02. (Fig.35)

Les concentrations moyennes de Phéopigments dans le sédiment pendant la période d'étude qui s'étale de Mai 2011 jusqu'au Avril 2012 varie entre 0 – 0,82 $\mu\text{g/g}$. (Fig.35)

Les fortes concentrations de Phéopigments dans le sédiment indiquent une abondance des débris végétaux dans la zone d'étude, alors que les faibles concentrations sont probablement dues à la présence des cellules phytoplanctonique qui ne sont pas dégradés.

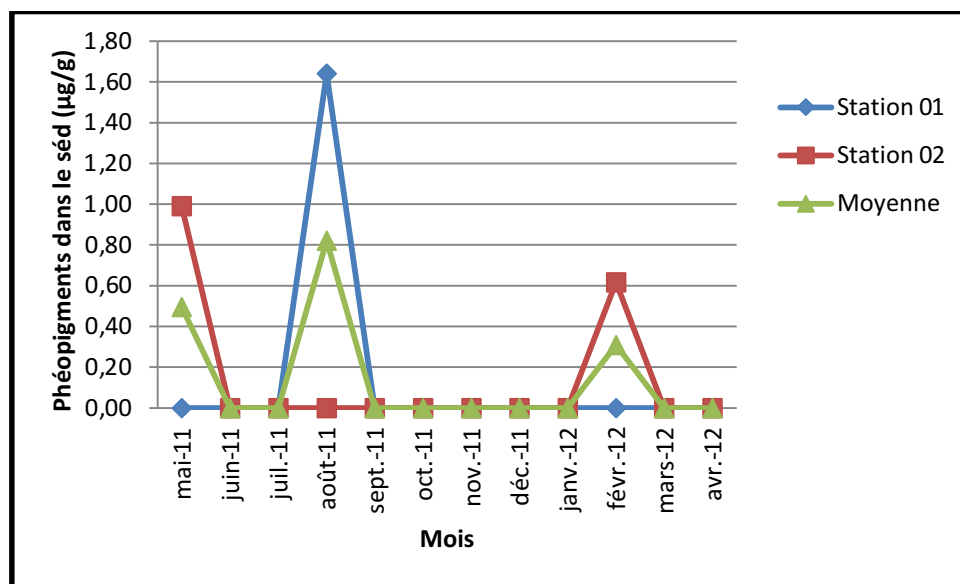


Figure 35 : Evolution mensuelle de Phéopigments dans le sédiment aux stations 01 et 02

1.11. Les sels nutritifs :

1.11.1. Orthophosphates :

L'analyse des échantillons nous a permis de déterminer la concentration des Orthophosphates, où on a trouvé que les concentrations présentent une faible fluctuation dans le cycle annuel des Orthophosphates, avec un pic qui représente le maximum en Juin (1,46 $\mu\text{mol/l}$) au niveau de la station 01, alors que le minimum des Orthophosphates a été enregistré en Octobre (0,58 $\mu\text{mol/l}$) au niveau de la station 01 aussi. (Fig.36)

Les concentrations moyennes des Orthophosphates varient entre 0.61 $\mu\text{mol/l}$ et 1.08 $\mu\text{mol/l}$.

Le pique qui marque le maximum des Orthosphates peut être dû à la forte pluviométrie qui entraîne le lessivage des terres agricoles pendant le mois de Mai (ONM 2011/2012) au niveau de la station 01.

La stabilité des concentrations des Orthophosphates durant le reste de la période d'étude peuvent être due à l'équilibre entre le processus d'assimilation et de régénération.

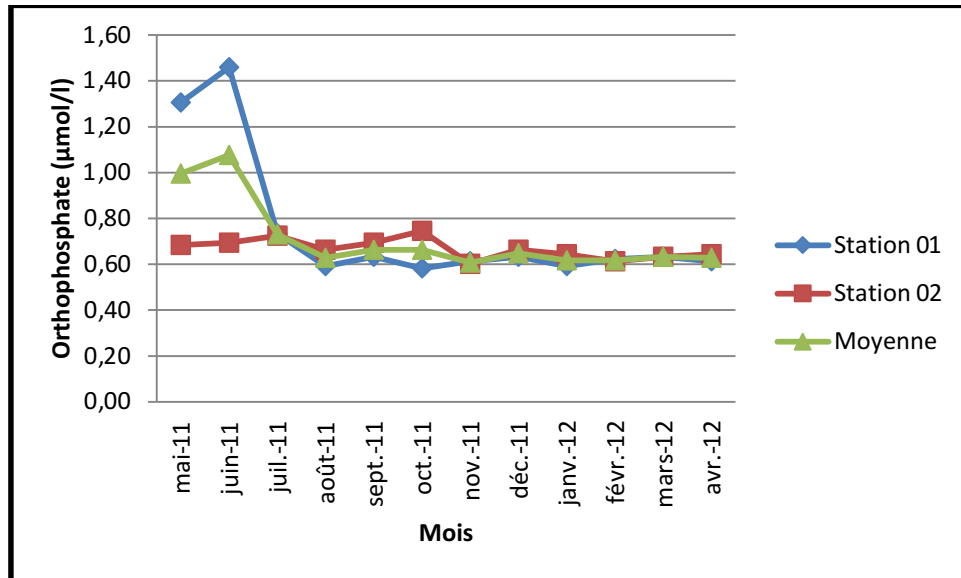


Figure 36 : Evolution mensuelle des Orthophosphates aux stations 01 et 02

1.11.2. Nitrite :

L'analyse des échantillons nous a permis de déterminer la concentration des Orthophosphates, où on a distingué que la plus forte concentration en Nitrite a été enregistrée en mois de Novembre avec une valeur de 1,43 µmol/l au niveau de la station 02. Alors que le minimum des nitrites a été marqué en mois d'Avril avec une valeur de 0,09 µmol/l dans la même station. (Fig.37)

Les concentrations moyennes de Nitrite pendant la période d'étude sur le lac Mellah varient entre 0,09 µmol/l et 1,4 µmol/l. (Fig.37)

Les fortes concentrations en Nitrite peuvent être expliquées par :

- La forte poussée phytoplanctonique.
- La pluviométrie et le lessivage des terres agricoles.

Les faibles concentrations en Nitrite peuvent être dues à la forte oxygénation qui entraîne la nitrification (transformation de Nitrite en Nitrate).

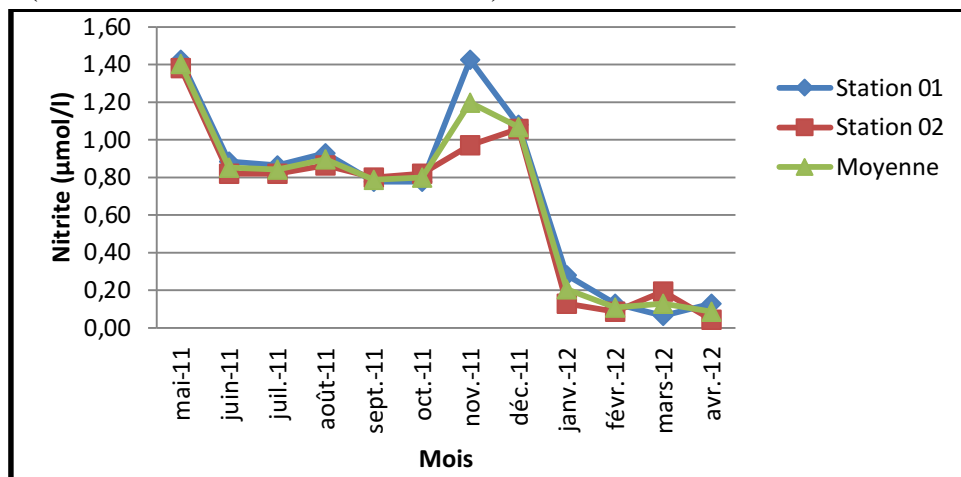


Figure 37 : Evolution mensuelle de Nitrite aux stations 01 et 02

1.11.3. Nitrate :

Le graphe ci-après (Fig.38) montre une fluctuation dans les concentrations de Nitrate au cours de la période d'étude. La valeur maximale a été enregistrée en mois de Février (2.71 $\mu\text{mol/l}$) au niveau de la station 02, alors que la valeur minimal a été enregistré en : Novembre (station 01), Janvier (station 02), Février (station 01) avec une valeur de 0 $\mu\text{mol/l}$.

Les teneurs moyennes obtenues au cours d'analyse des échantillons varient entre 0.15 $\mu\text{mol/l}$ et 1.94 $\mu\text{mol/l}$. (Fig.38)

Les faibles teneurs enregistrées entre le mois de Mai et Octobre peuvent être dues à :

- L'assimilation des Nitrates par les phytoplanctons lors de l'efflorescence printanière (photosynthèse).
- La faible régénération par les organismes microbiens.

Les fortes concentrations de Nitrates peuvent être dues à :

- L'oxydation de la matière organique par voie bactériennes.
- Les apports en Nitrate d'origine agricole qui provient du lessivage des sols.
- La faible activité photosynthétique.

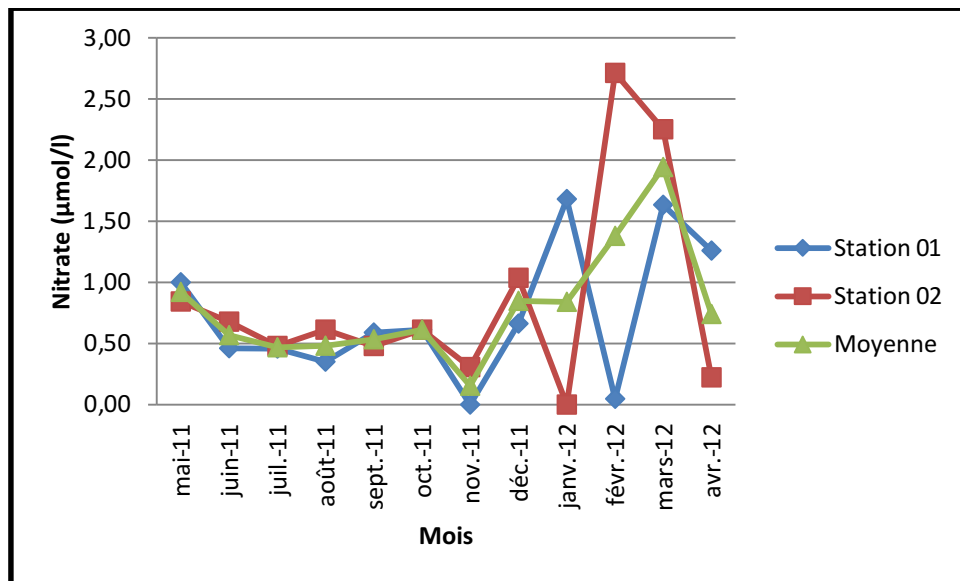


Figure 38 : Evolution mensuelle de Nitrate aux stations 01 et 02

1.11.4. Ammonium :

Les résultats obtenus à partir d'analyse des échantillons nous a permis d'établir les courbes représentés dans la figure 39, où on distingue une faible fluctuation des concentrations d'Ammonium. Un pic correspond à une concentration maximale (61,11 $\mu\text{mol/l}$) a été enregistrée en mois de Décembre au niveau de la station 02.

La valeur minimale (2,86 $\mu\text{mol/l}$) a été enregistrée au niveau de la station 02 en mois d'Avril.

Les concentrations moyennes d'Ammonium varient entre 4.75 $\mu\text{mol/l}$ et 32.86 $\mu\text{mol/l}$.

On peut expliquer les faibles concentrations en Ammonium obtenues dans la période d'étude, par :

- La bonne oxygénation du milieu qui entraîne la nitrification de l'Azote ammoniacal en Nitrite et Nitrate par des micro-organismes autotrophes.
- la diminution des apports continentaux (débit des oueds).

Les fortes concentrations en Ammonium peuvent être expliquées par :

- l'excrétion et les rejets des eaux usées provenant du bassin versant du l'oued Belaroug.
- La faible oxygénation qui provoque la réduction des Nitrates et des Nitrites par le processus de Dénitrification à l'aide des bactéries dénitrifiantes,

Ces fortes valeurs peuvent augmentées le taux de pollution des eaux du lac.

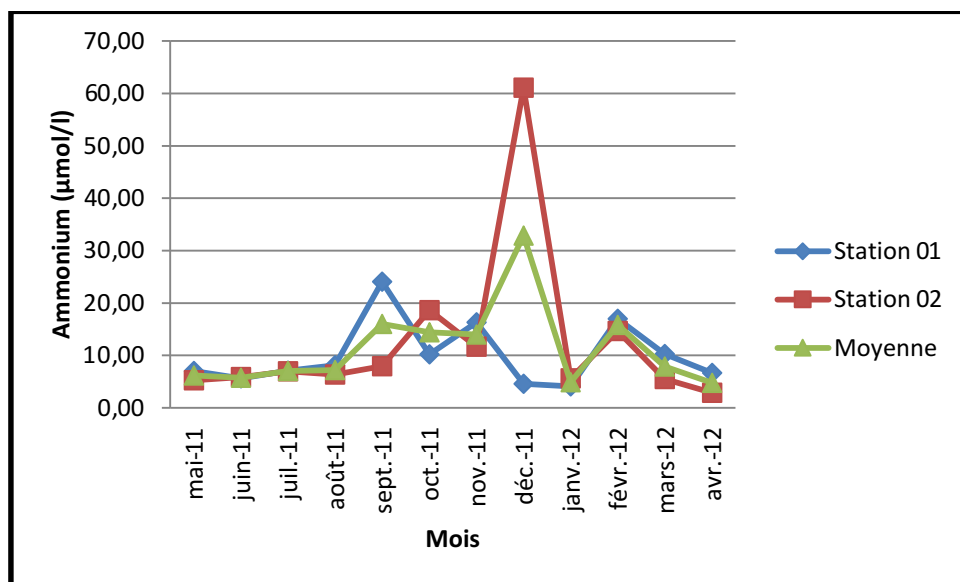


Figure 39: Evolution mensuelle d'Ammonium aux stations 01 et 02

1.11.5. Silicate :

On observe dans la Figure 40 une augmentation des concentrations de Silicate enregistrées pendant les périodes estivale et automnale avec un pic au mois du Novembre (72.04 µmol/l) enregistré au niveau de la station 01, à la suite, une diminution irrégulière enregistrée à partir de Novembre jusqu'à Avril avec une valeur minimale enregistrée au niveau de la station 01 (4.64 µmol/l) pendant le mois du Mars.

Les concentrations moyennes de Silicate varient entre 5.86 µmol/l et 69.23 µmol/l. (Fig.40)

Les fortes concentrations peuvent être expliquées par :

- La dissolution des coques des Diatomées et
- Les apports des eaux continentales et au même temps, la mise en suspension du sédiment à cause de la faible profondeur.

Les faibles concentrations en Silicate peuvent être dues à l'assimilation de Silicate par les phytoplanctons plus particulièrement les Diatomées puisque il rentre dans la formation de leur squelette calcaire.

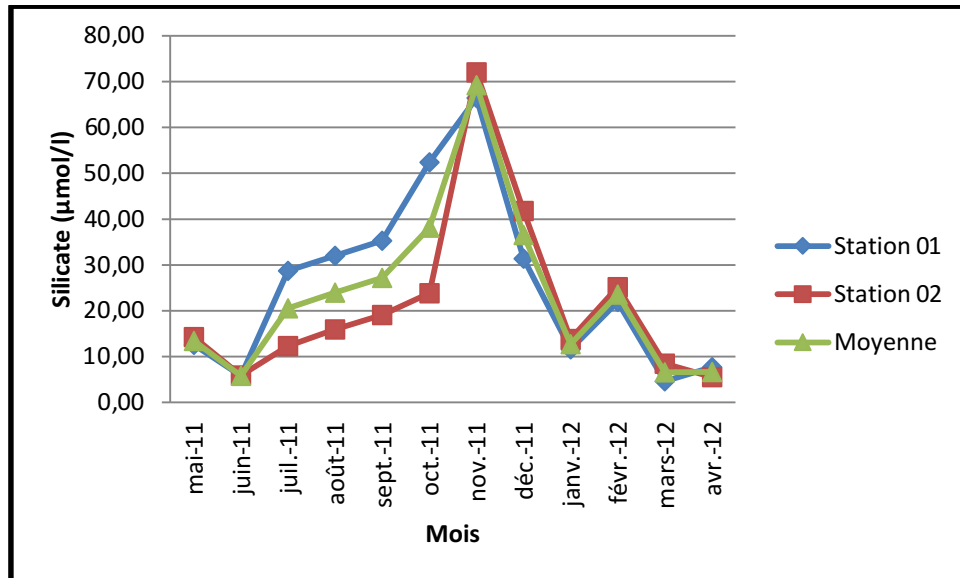


Figure 40 : Evolution mensuelle de Silicate aux stations 01 et 02

1.12. Matière organique dans le sédiment :

Le suivi dans le temps de la teneur du sédiment du lac Mellah en matière organique révèle deux grandes périodes (Fig.41) :

- La période été-automne où les fluctuations élevées sont irrégulières, avec des valeurs comprises entre 0,36% et 2,49%.
- La période hiver-printemps est caractérisée par des valeurs faibles, comprise entre 0,02% et 0,88%.

Une comparaison des données récoltées avec celles de Grimes (1994) et Refes obtenues sur le même site d'étude présente une similarité dans l'évolution de la matière organique dans le sédiment, où ils distinguent : une période avec des fluctuations élevées entre 1,2% et 9,63%, et une deuxième période caractérisées par des valeurs faibles, comprises entre 0,31% et 1,81%. (Fig.42).

Les valeurs moyennes de matière organique dans le sédiment de l'étude actuelle ont diminué par rapport à celles obtenues par Grimes (1994) et Refes (1994) avec un écart-type qui varie entre 0,03% et 1,21%. (Fig.43). Cette diminution peut être due à la remise de cette dernière en suspension sous l'effet des conditions hydrologiques du lac.

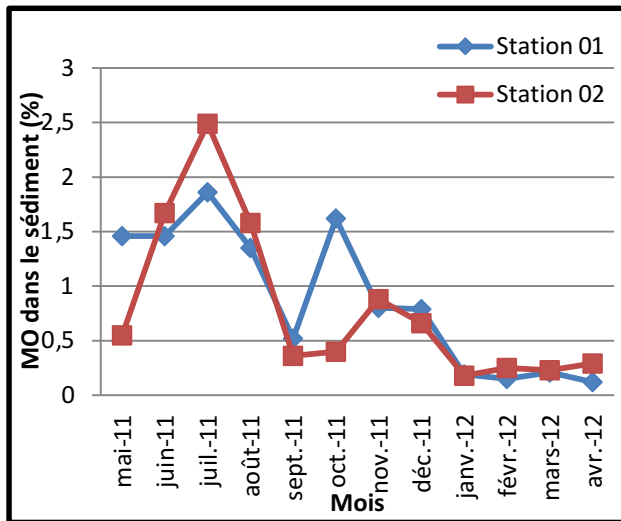


Figure 41 : Evolution mensuelle de Matière Organique dans le sédiment aux stations 01 et 02

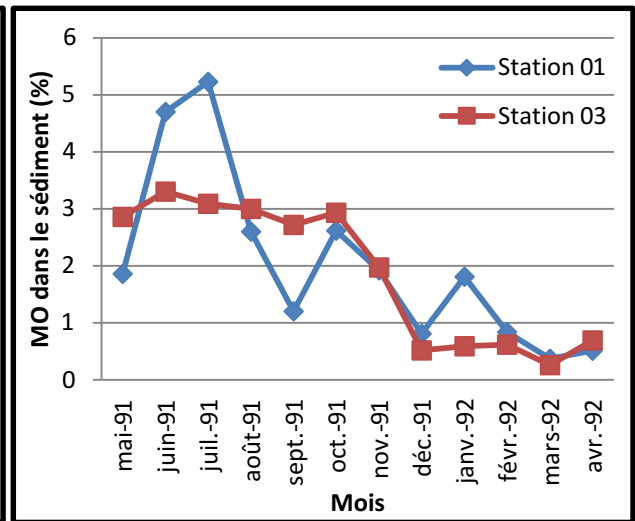


Figure 42 : Evolution mensuelle de la Matière organique dans le sédiment aux stations 01 et 03

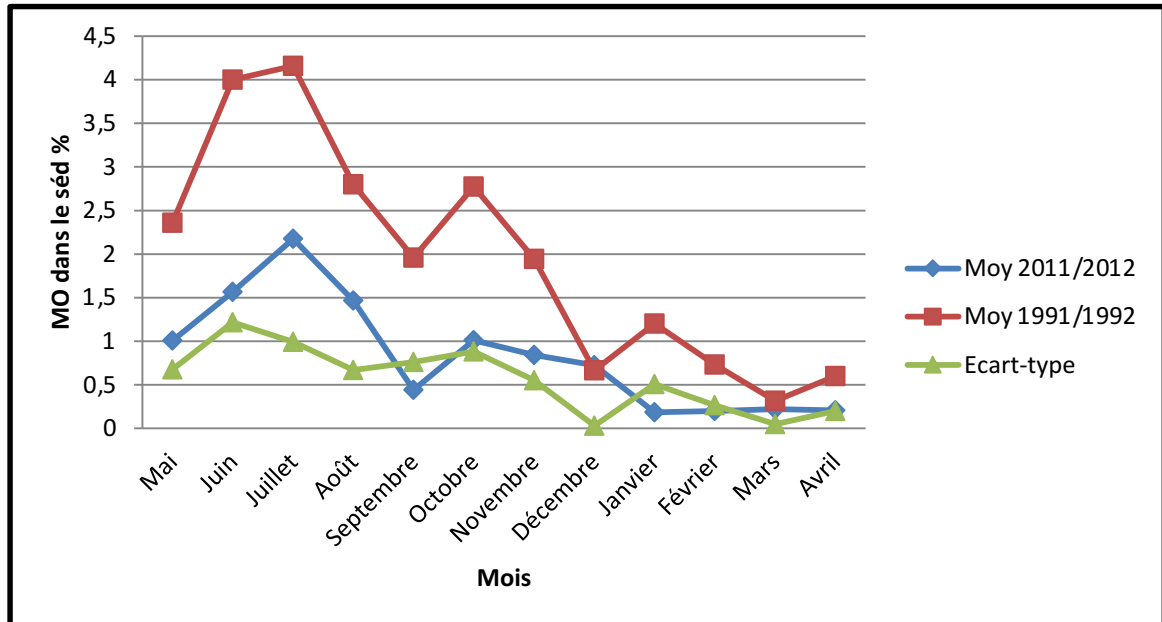


Figure 43 : Evolution mensuelle des pourcentages moyens de la Matière organique dans le sédiment

2. Macrofaune benthique :

2.1. Richesse spécifique :

Richesse spécifique globale :

L'analyse de la diversité macrozoobenthique du lac Mellah permet d'estimer la richesse spécifique globale à 23 espèces, répartis inégalement entre différents groupes zoologiques identifiés. (Tableau 02).

Tableau 02 : La richesse spécifique annuelle globale du lac Mellah (El-kala)

Richesse spécifique				Richesse Spécifique Globale
Mollusques	Polychètes	Crustacé	Divers	
10	3	6	4	23

Les Mollusques consistent à eux seules l'essentiel de cette diversité avec 10 espèces soit 43,48%. Les Crustacés viennent en deuxième position avec 6 espèces soit l'équivalent de 26,09%. Les Divers se classent en troisième position avec 17,39%. Les Polychètes sont minoritaires avec 3 espèces par rapport aux autres groupes précédents, ils représentent 13,04% de la richesse spécifique globale du lac. (Fig.44)

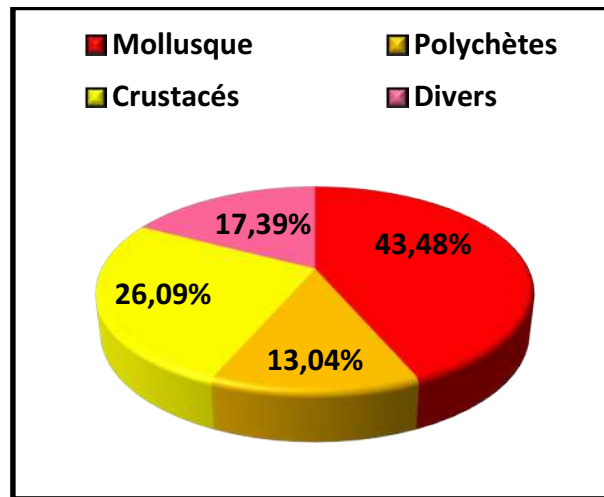


Figure 44 : Richesse spécifique globale de la macrofaune benthique du lac Mellah

Richesse spécifique par station :

❖ Station 01 :

Située au Nord-Est du lac non loin du chenal de communication avec la mer, par conséquent c'est la station la plus riche en espèces avec 22 espèces (Tableau.03) par rapport à la station 02 (15 espèces) située au Sud-Est du lac. (Tableau.04)

**Tableau 03 : La richesse spécifique annuelle de la station 01
(Mai 2011/ Avril 2012)**

Station	Richesse spécifique						
	Mollusques		Polychètes	Crustacés		Divers	TOTAL
	Bivalves	Gastéropodes		Amphipodes	Isopodes		
1	5	5	3	3	2	4	22
	10		3	5		4	

Les Mollusques et les Crustacés dominent avec respectivement 10 et 5 espèces, l'équivalent de 45,48% et 22,73% de la diversité totale de la station. Le groupe de Divers et celui des Polychètes contribue à la diversité total avec 7 espèces dont 4 espèces de Divers, soit 18,18% et 3 espèces de Polychètes, soit 13,64%. (Fig.45)

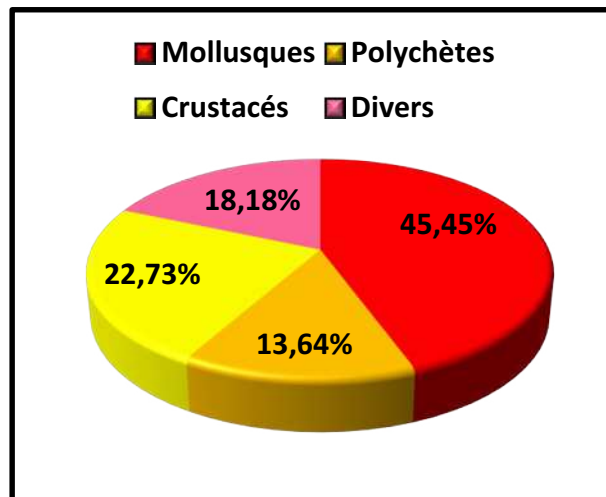


Figure 45 : Richesse spécifique de la station 01

- Mollusques :

Les Mollusques qui représentent 45,45% de la richesse spécifique de la station 01 sont représentés par les Bivalves (5 espèces) et les Gastéropodes (5 espèces) qui constituent 50% pour chacun dans la richesse spécifiques des Mollusques.

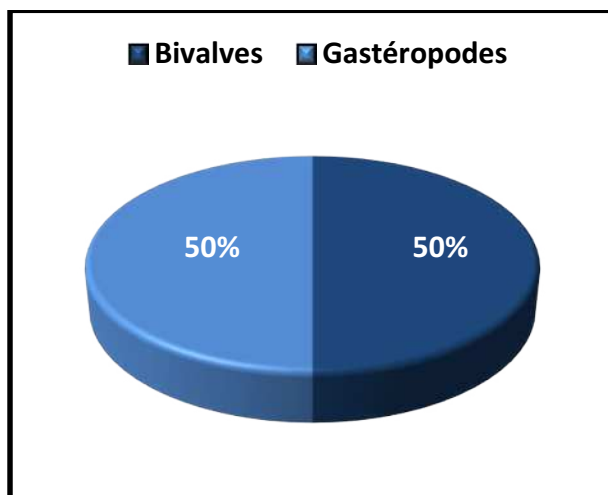


Figure 46 : Décomposition de la richesse spécifique des Mollusques dans la station 01

Les Bivalves sont représentés par : *Abra ovata*, *Brachidontes marioni*, *Cerastoderma glaucum*, *Loripes lacteus* et *Ruditapes decussatus*.

Les Gastéropodes sont représentés par : *Bulla striata*, *Cerithium vulgatum*, *Cyclope neritea*, *Hinia reticulata* et *Hydrobia ulvae*.

- Crustacés :

Les 5 espèces de Crustacés présentes sont distribuées entre les Amphipodes avec 3 espèces qui représentent 60% de la diversité des Crustacés (*Corophium insidiosum*, *Gammarus aequicauda*, *Microdentopus gryllotalpa*) et 2 Isopodes, soit 40% de la diversité des Crustacés, qui sont : *Idotea baltica*, *Sphaeroma hookeri*. (Fig.47)

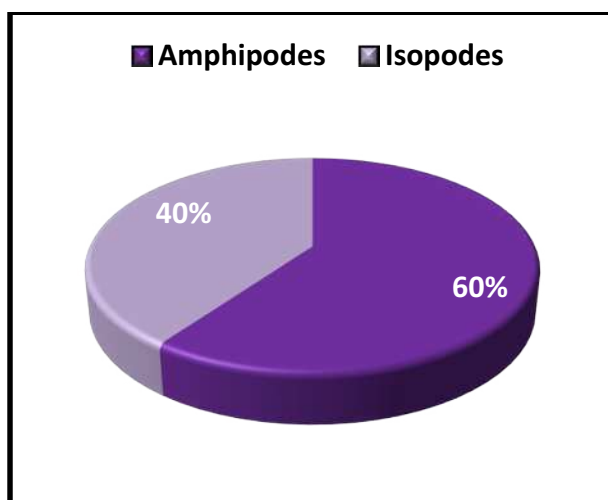


Figure 47 : Décomposition de la richesse spécifique des Crustacés dans la station 01

- Les Polychètes :

Les 3 espèces de Polychètes présentes sont distribuées entre les Sédentaires avec 1 espèce qui représente 33.33% de la diversité des Polychètes (*Capitella capitata*), et les Errantes avec 2 espèces qui représente 66.66% (*Lumbrineris latreilli*, *Nereis diversicolor*). (Fig.48)

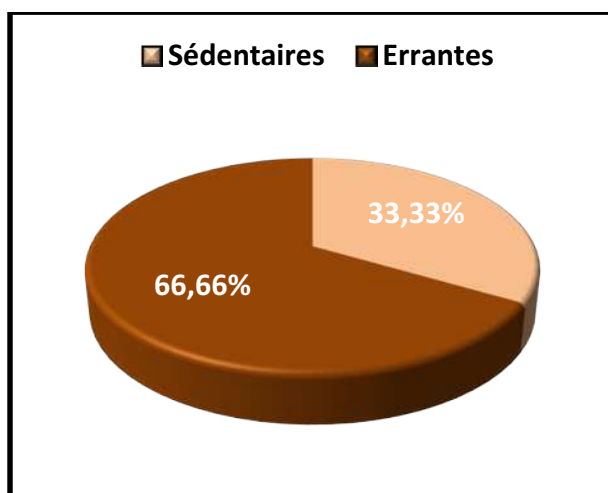


Figure 48 : Décomposition de la richesse spécifique des Polychètes dans la station 01

- Divers :

Les 4 espèces présentes sont : *Aphanus fasciatus*, *Aplisia*, *Nematodes*, *Sciona intestinalis*, représentant 25% pour chacune de la diversité des divers au niveau de la station 01. (Fig.49)

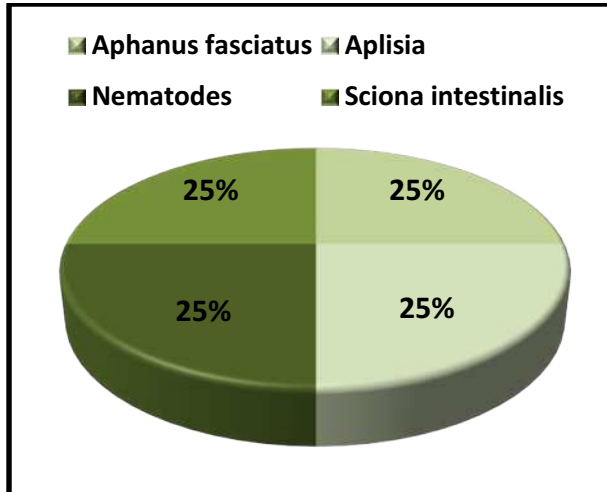


Figure 49 : Décomposition de la richesse spécifique des Divers dans la station 01

❖ Station 02 :

Située au Sud-Est du lac, où il existe 15 espèces répartis inégalement entre différents groupes zoologiques identifiés. (Tableau.04)

Tableau 04 : La richesse spécifique annuelle de la station 02

Station	Richesse spécifique						TOTAL
	Mollusques		Polychètes	Crustacés		Divers	
	Bivalves	Gastéropodes		Amphipodes	Isopodes		
2	5	4	3	0	3	0	15
	9		3	3		0	

Les Mollusques sont les dominants avec 9 espèces, soit 60% de la diversité totale. Les Polychètes et les Crustacés sont présentes avec 3 espèces pour chaque groupe zoologique, ce qui représente 20% diversité totale au niveau de cette station. (Fig.50)

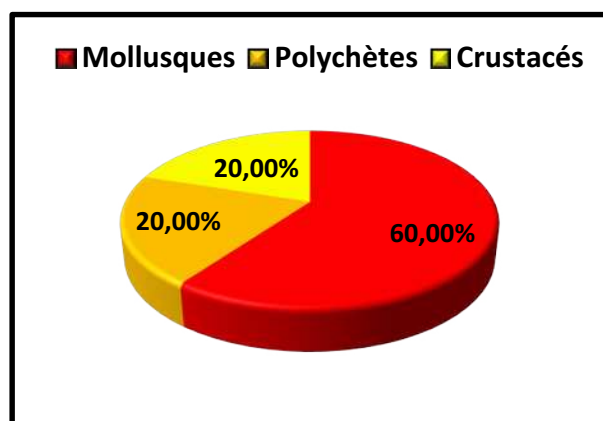


Figure 50 : Richesse spécifique de la station 02

- Mollusque :

Les Mollusques qui représentent 60% de la richesse spécifique de la station 02 sont représentés par les Bivalves (5 espèces) et les Gastéropodes (4 espèces) qui constituent successivement 55.55% et 44.45% de la richesse spécifiques des Mollusques. (Fig.51)

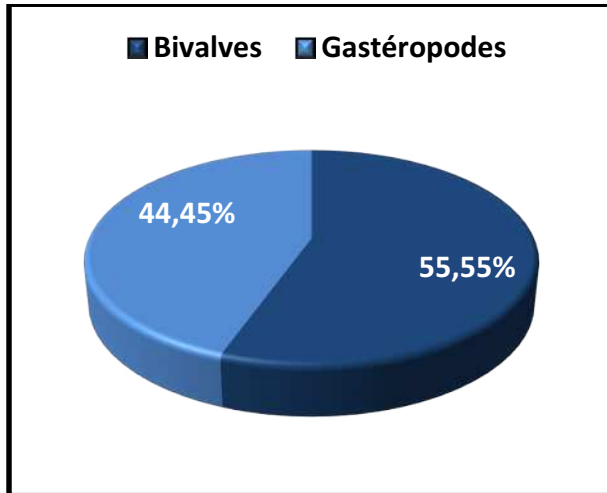


Figure 51 : Décomposition de la richesse spécifique des Mollusques dans la station 02

Les Bivalves sont représentés par : *Abra ovata*, *Brachidontes marioni*, *Cerastoderma glaucum*, *Loripes lacteus*, *Ruditapes decussatus*.

Les Gastéropodes sont représentés par : *Bulla striata*, *Cyclope neritea*, *Hinia reticulata*, *Hydrobia ulvae*.

- Crustacés :

Au niveau de la station 02, les Crustacés sont représentés uniquement par les Isopodes (100%)

Les 3 Isopodes présents sont : *Idotia baltica*, *Sphaeroma hookeri*, *Tanais cavolinii*. (Fig.52)

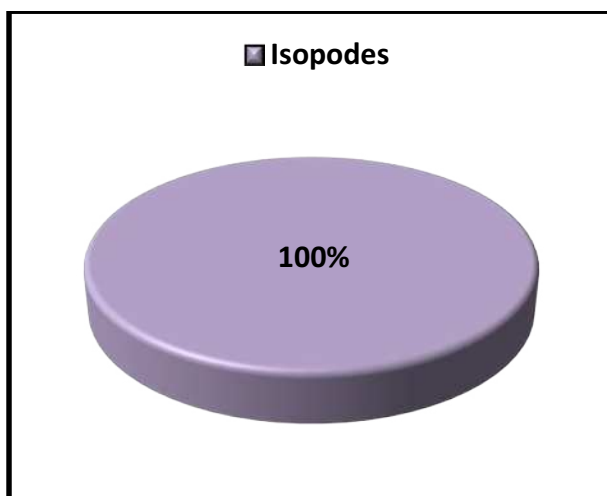


Figure 52 : Décomposition de la richesse spécifique des Crustacés dans la station 02

- Les Polychètes :

Les 3 espèces de Polychètes présentes sont distribuées entre les Sédentaires avec 1 espèce qui représente 33.33% de la diversité des Polychètes (*Capitella capitata*), et les Errantes avec 2 espèces qui représente 66.67% (*Lumbrineris latreilli*, *Nereis diversicolor*). (Fig.53)

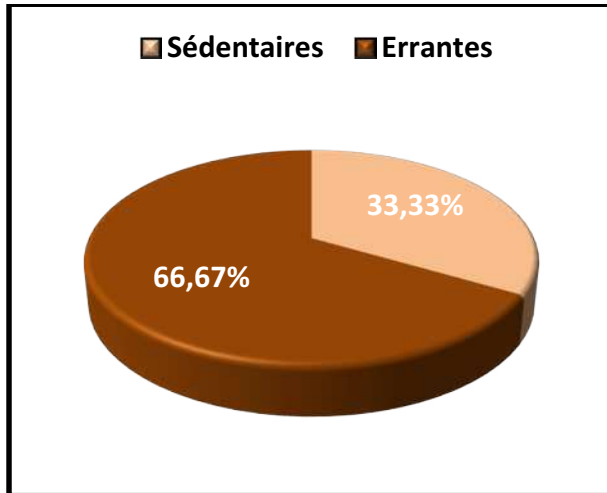


Figure 53 : Décomposition de la richesse spécifique des Polychètes dans la station 02

2.2. Abondance et Densité :

Une densité macrozoobenthique totale de 17514 ind/m² est enregistrée au niveau de la station 01, soit une moyenne de 1459,5 ind/m² (Tableau.05). Contrairement à la station 02 où on constate que la densité macrozoobenthique totale est de 4318 ind/m², soit une moyenne de 359,83 ind/m². (Tableau.06)

Tableau 05 : Les densités mensuelles des groupes macrozoobenthiques de la station 01

	mai-11	juin-11	juil-11	août-11	sept-11	oct-11	nov-11	déc-11	janv-12	févr-12	mars-12	avr-12
Mollusques	1031	1389	2449	872	1148	1836	0	2209	1785	1837	880	839
Polychètes	10	121	48	0	15	134	0	111	229	127	54	25
Crustacés	189	0	0	0	0	0	0	0	2	2	12	53
Divers	1	0	0	101	0	0	0	0	4	0	1	0
Total	1231	1510	2497	973	1163	1970	0	2320	2020	1966	947	917
Totaux	17514 ind/m ²											

Tableau 06 : Les densités mensuelles des groupes macrozoobenthiques de la station 02

	mai-11	juin-11	juil-11	août-11	sept-11	oct-11	nov-11	déc-11	janv-12	févr-12	mars-12	avr-12
Mollusques	235	120	714	161	330	102	49	156	201	139	332	312
Polychètes	22	122	96	6	84	159	357	120	95	191	109	102
Crustacés	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0
Divers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	257	242	810	167	414	261	406	278	296	332	441	414
Totaux	4318 ind/m ²											

L'analyse de l'Abondance et la Densité des différents groupes zoologiques identifiés dans le lac permet de les situer entre un minimum de 0 ind/m² au mois de Novembre et un maximum de 2497 ind/m² au mois de Juillet dans la station 01. (Tableau.05)

Par contre au niveau de la station 02, l'Abondance et la Densité des individus varie entre un minimum de 167 ind/m² au mois d'Aout et un maximum de 810 ind/m² au mois de Juillet. (Tableau.06)

Au niveau de la station 01 les Mollusques sont le groupe zoologique leader pendant toute la période d'étude par rapport aux autres groupes macrozoobenthiques identifiés, avec un maximum de 2449 ind/m² enregistré en Juillet (Fig.54).

L'importante Densité des Mollusques est associée à une la forte présence des *Loripes lacteus* et *Hydrobia ulvae*.

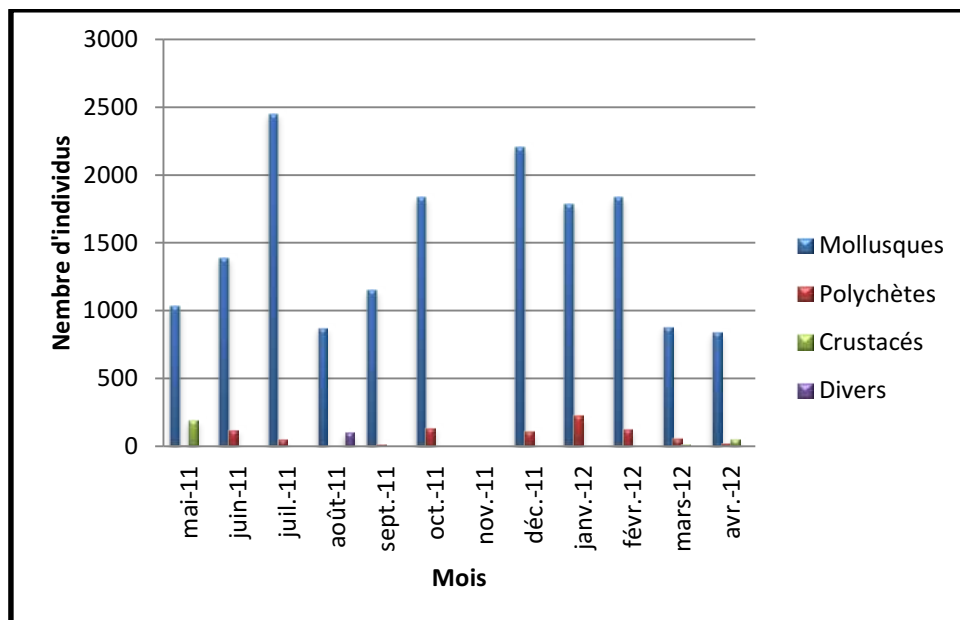


Figure 54 : Variations mensuelles de densité des différents groupes macrozoobenthique au niveau de la station 01

Alors que dans la station 02, les Mollusques et les Polychètes sont les groupes zoologiques les plus abondants pendant toute la période d'étude avec un maximum de 714 ind/m² pour les Mollusques et un maximum de 357 ind/m² pour les Polychètes. (Fig.55)

L'importance Densité des Mollusques et des Polychètes est associée à une forte présence des *Nereis diversicolor* et *Loripes lacteus*.

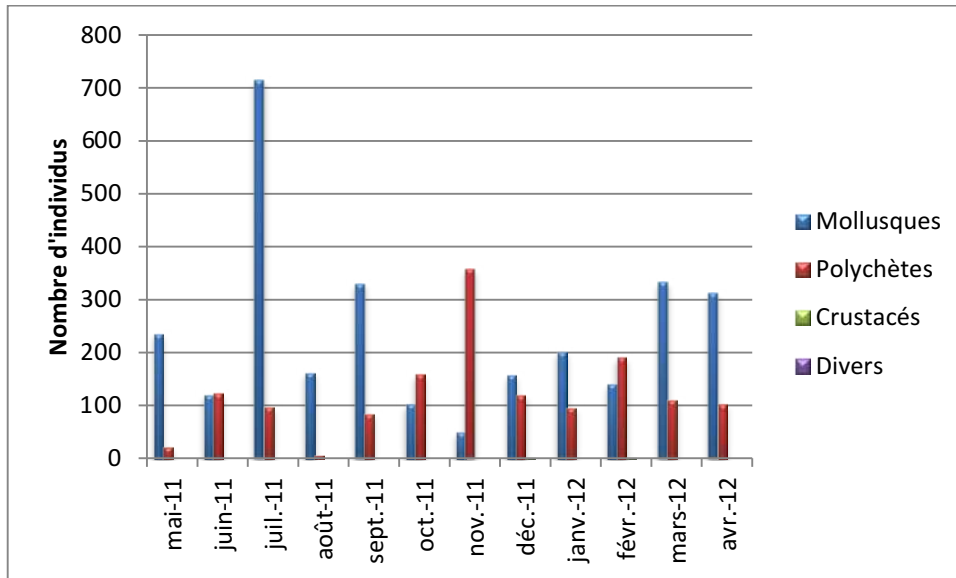


Figure 55 : Variations mensuelles de densité des différents groupes macrozoobenthique au niveau de la station 02

2.3. Dominance :

Par groupes macrozoobenthiques :

- ❖ **Station 01** : Située dans le Nord-Est du lac Mellah, la macrofaune benthique est principalement dominée par les Mollusques avec 84,73%, les Polychètes, les Crustacés et les Divers arrivent ensuite avec des dominances moyenne respectivement de 4,16%, 1,88% et 0,90%. (Fig.56)

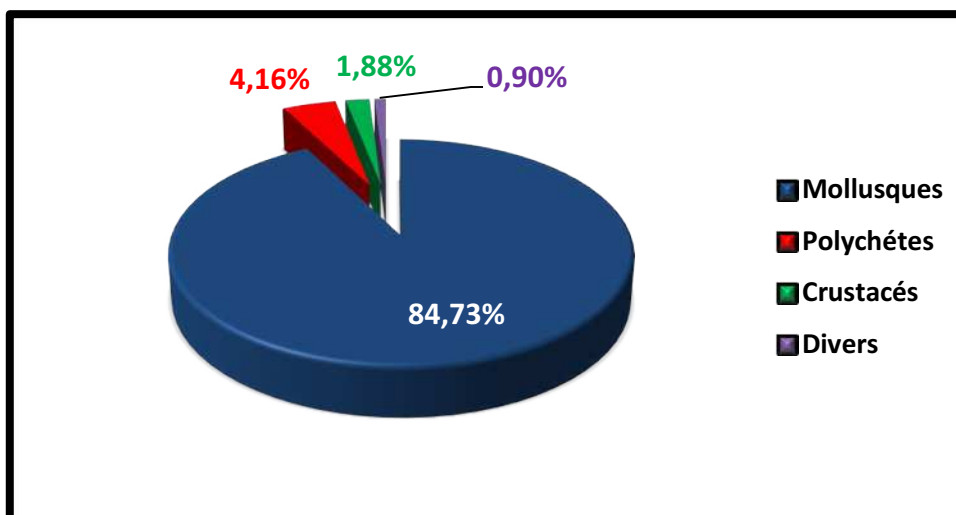


Figure 56 : Dominance moyenne (%) des différents groupes macrozoobenthiques de la station 01.

- ❖ **Station 02 :** Située au Sud-Est du lac Mellah, la macrofaune benthique est dominée par les Mollusques avec 74,75%, les Polychètes, les Crustacés et les Divers arrivent ensuite avec des dominances moyenne respectivement autour de 19,83%, 1,03% et 0,45%. (Fig.57).

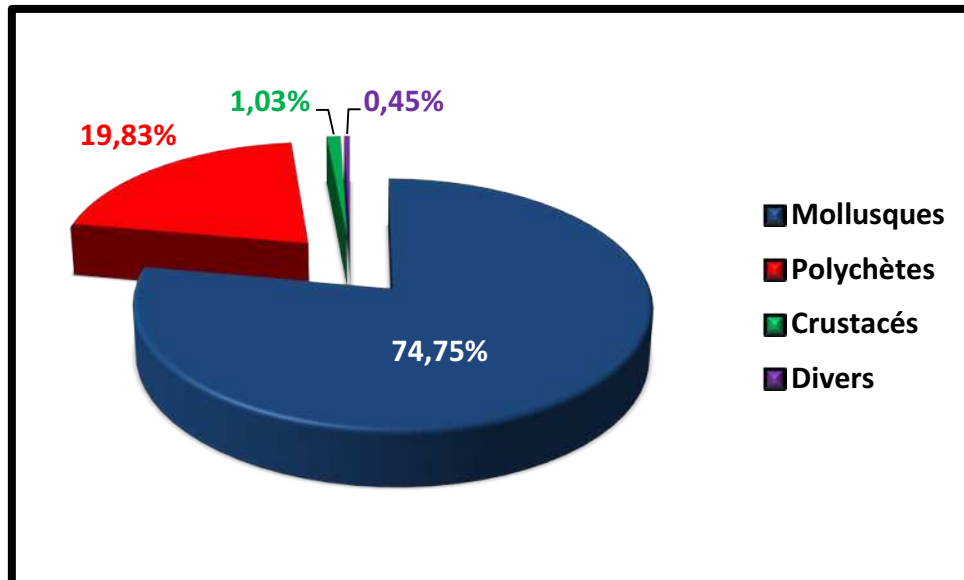


Figure 57 : Dominance moyenne (%) des différents groupes macrozoobenthiques de la station 02.

Par espèce

- ❖ **Station 01 :**

L'espèce dominante au sein de cette station est le Mollusque Bivalve *Loripes lacteus* (40,16%), suivi du Mollusque Gastéropode *Hydrobia ulvae* (38,32%). Le Mollusque Bivalve *Brachidontes marioni* succède avec 10,12% de la macrofaune totale de cette station suivi par le Polychète Sédentaire *Nereis diversicolor* (4,28%). (Fig.58)

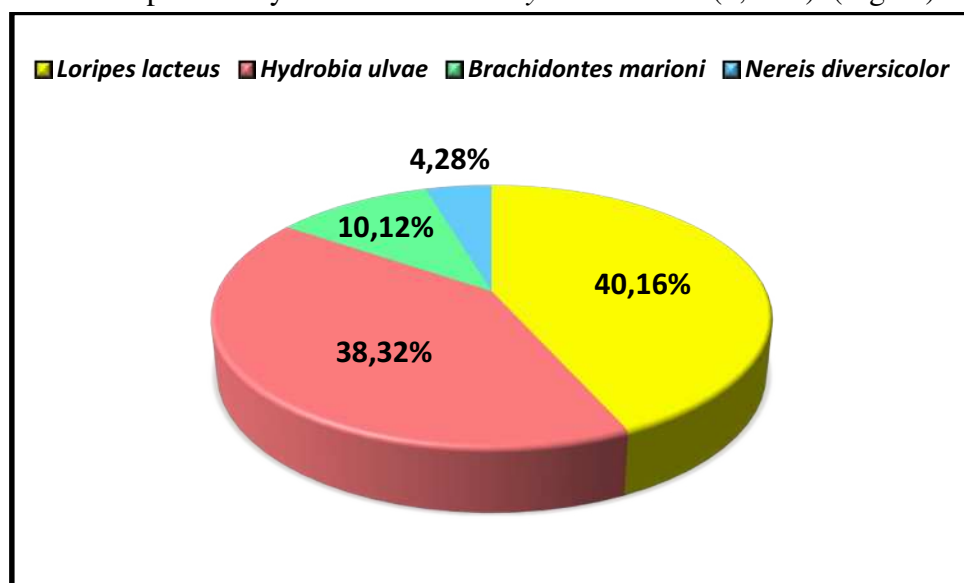


Figure 58 : Dominance moyenne (%) des principales espèces macrozoobenthiques de la station 01.

❖ Station 02 :

L'espèce dominante au sein de cette station est le Mollusque Bivalve *Loripes lacteus* (40,83%), suivi du Polychète Sédentaire (24,13%). Le Mollusque Bivalve *Cerastoderma glaucum* succède avec 9,75% de la macrofaune totale de cette station suivi par le Polychète Errante *Capitella capitata* (6,62%). (Fig.59)

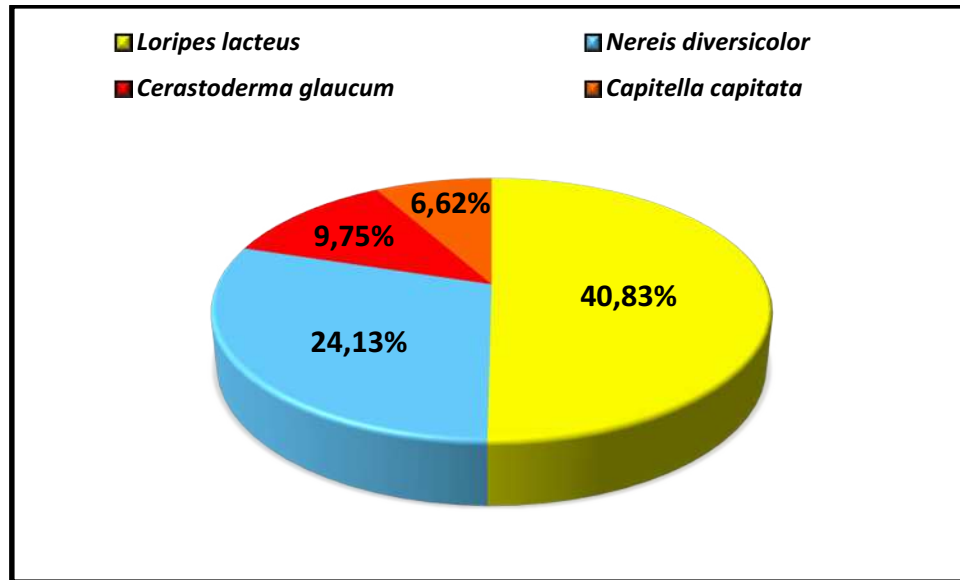


Figure 59 : Dominance moyenne (%) des principales espèces macrozoobenthiques de la station 02.

2.4. Fréquence (Fi %):

D'après Soyer (1970), il existe en fonction des fréquences trois classes d'espèce e : Constante, Commune et Rare. Dans l'actuelle étude les espèces sont classées de la manière suivante :

Tableau 07 : Tableau des fréquences des différentes espèces macrozoobenthiques de Lac Mellah

Espèces constantes	Fi (%)	Espèces commune	Fi (%)	Espèces rares	Fi (%)
<i>Loripes lacteus</i>	95,83	<i>Idotea baltica</i>	25,00	<i>Bulla striata</i>	20,83
<i>Cyclope neritea</i>	95,83			<i>Ceratium vulgatum</i>	8,33
<i>Brachidontes marioni</i>	91,67			<i>Microdentopus gryllotalpa</i>	8,33
<i>Cerastoderma glaucum</i>	91,67			<i>Sphaeroma hookeri</i>	8,33
<i>Nereis diversicolor</i>	87,50			<i>Corophium insidiosum</i>	4,17
<i>Hydrobia ulvae</i>	79,17			<i>Gammarus aequicauda</i>	4,17
<i>Ruditapes decussatus</i>	66,67			<i>Tanais cavolinii</i>	4,17
<i>Hinia reticulata</i>	58,33			<i>Aphanus fasciatus</i>	4,17
<i>Capitella capitata</i>	58,33			<i>Aplisia.ind</i>	4,17
<i>Lumbrineris latreilli</i>	58,33			<i>Nematodes.ind</i>	4,17
<i>Abra ovata</i>	50,00			<i>Sciona intestinalis</i>	4,17

2.5. Groupe écologique :

L'analyse de la structure écologique de la macrofaune benthique du lac Mellah, met en évidence, l'existence de 4 groupes écologiques : biocénose Lagunaire Euryhaline Eurytherme (LEE), Sable Vase Moins Calibré (SVMC), indicatrice de surcharge en Matière organique, Large répartition écologique (Lre).

❖ Station 01 :

Sur le plan quantitatif, les biocénoses lagunaires euryhalines eurythermes sont les dominants avec un pourcentage de 58.12% du stock total de cette station. (Fig.60) Qualitativement, les biocénoses lagunaires euryhalines eurythermes sont le groupe leader, ce groupe domine avec 14 espèces, ce qui représente 63.63% de la richesse spécifique de cette station. (Fig.61)

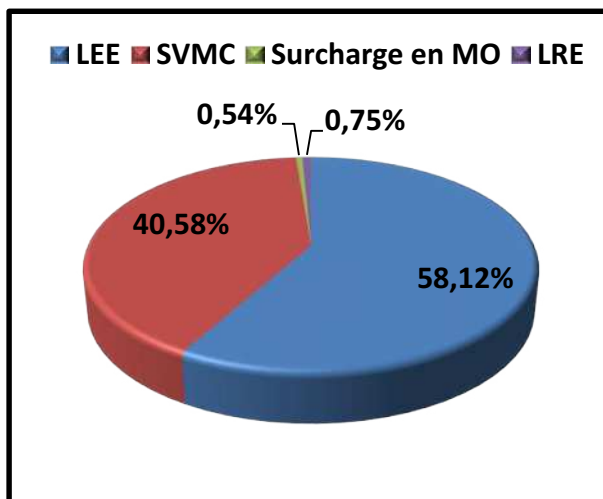


Figure 60 : La dominance quantitative des groupes écologiques (station 01)

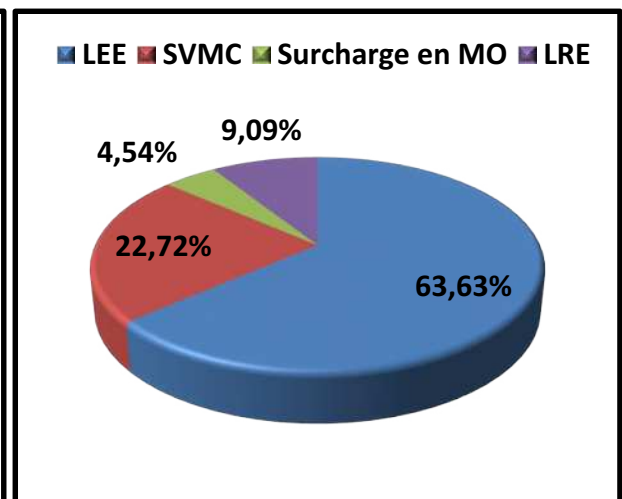


Figure 61 : La dominance qualitative des groupes écologiques (station 01)

❖ Station 02 :

Quantitativement, les biocénoses lagunaires euryhalines eurythermes sont le groupe écologique leader et qui domine avec un pourcentage de 49.12% du stock annuel de cette station. (Fig.62)

Au niveau de la Station 02, on a trouvé que les biocénoses lagunaires euryhalines eurythermes sont les dominants qualitativement avec l'existence de 10 espèces, ce qui représente 66.66% de la richesse spécifique de cette station. (Fig.63)

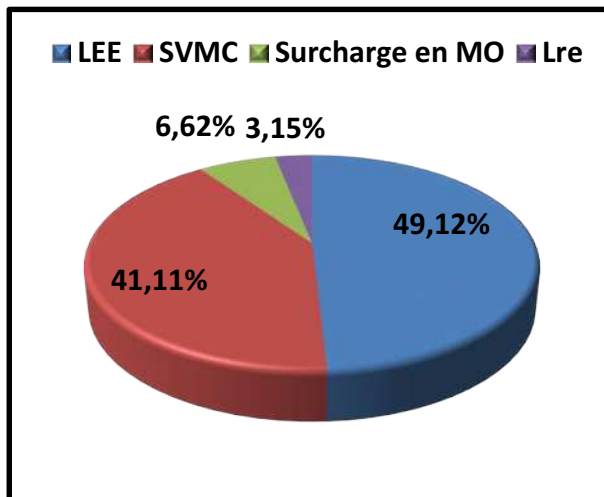


Figure 62 : La dominance quantitative des groupes écologiques (station 02)

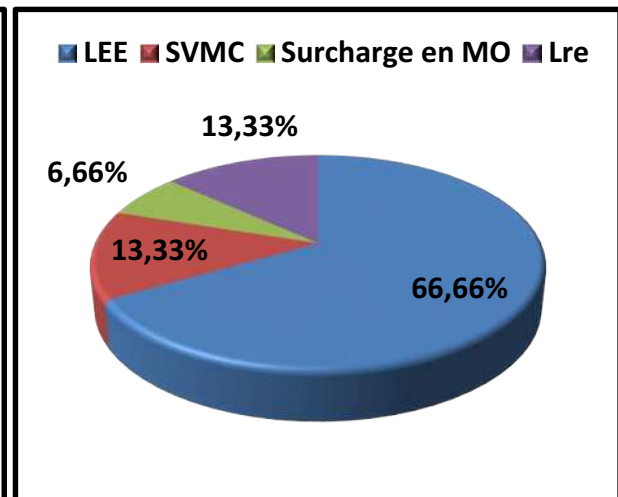


Figure 63 : La dominance qualitative des groupes écologiques (station 02)

Tableau 08 : Distribution des espèces selon leurs groupes écologiques.

G E	Groupes	Sous-groupes	Espèces
LEE	Mollusques	Bivalves	<i>Abra ovata</i>
			<i>Brachidontes marioni</i>
			<i>Cerastoderma glaucum</i>
		Gastéropodes	<i>Bulla striata</i>
			<i>Cyclope neritea</i>
			<i>Hinia reticulata</i>
	Polychètes	Errante	<i>Hydrobia ulvae</i>
			<i>Nereis diversicolor</i>
	Crustacés	Amphipodes	<i>Corophium insidiosum</i>
			<i>Gammarus aequicauda</i>
Isopodes		<i>Idotea baltica</i>	
		<i>Sphaeroma hookeri</i>	
Divers		<i>Aphanus fasciatus</i>	
		<i>Sciona intestinalis</i>	
SVMC	Mollusques	Bivalves	<i>Loripes lacteus</i>
			<i>Ruditapes decussatus</i>
	Crustacés	Gastéropodes	<i>Cerathium vulgatum</i>
			Amphipodes
Divers		<i>Aplisia.ind</i>	
LRE	Polychètes	Errantes	<i>Lumbrineris latreilli</i>
	Crustacés	Isopodes	<i>Tanais cavolinii</i>
	Divers		<i>Nematodes.ind</i>
Indicatrice de surcharge en MO	Polychètes	Sédentaires	<i>Capitella capitata</i>

2.6. Groupe trophique :

Sur le plan trophique, la macrofaune benthique du lac Mellah révèle l'existence de 6 groupes : les Suspensivores Dépositives de Surface (SDS), Suspensivores (S), Carnivores(C), Détritivores de Surface (DS), Herbivores (H), Dépositives de Sub-Surface (DSS).

❖ Station 01 :

L'analyse des données de la station 01 montre que les Carnivores(C) sont les plus dominants sur le plan qualitatif avec un pourcentage de 22.72% de la richesse spécifique de cette station. (Fig.64)

Sur le plan quantitatif, les Dépositives de Sub-Surface (DSS) sont les plus dominants avec un pourcentage de 41.69% du stock annuel de cette station. (Fig.65)

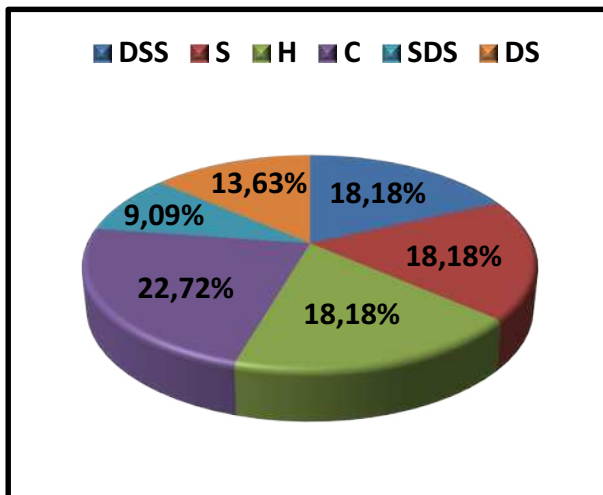


Figure 64 : La dominance qualitative des groupes trophiques (station 01)

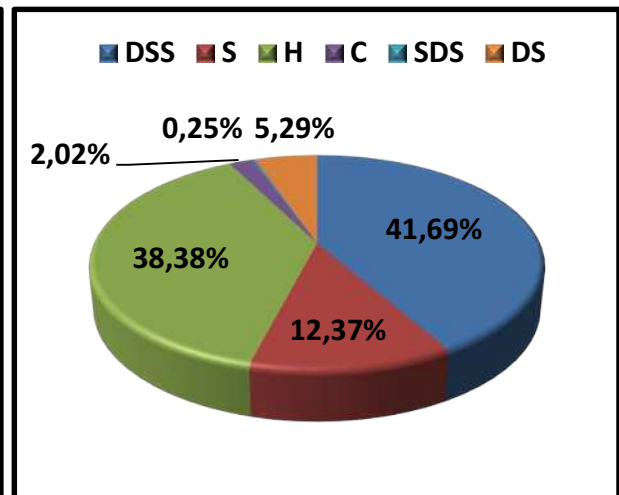


Figure 65 : La dominance quantitative des groupes trophiques (station 01)

❖ Station 02 :

Dans cette station, les Dépositives de Sub-Surface (DSS) et les Suspensivores (S) sont les plus dominants sur le plan qualitatif avec un pourcentage de 20% de la richesse spécifique de cette station. (Fig.66)

Sur le plan quantitatif, les Dépositives de Sub-Surface (DSS) sont les plus dominants avec un pourcentage de 48.61% du stock annuel de cette station. (Fig.67)

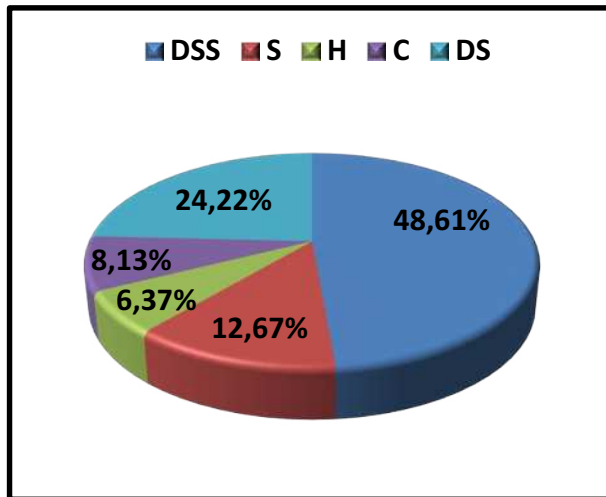


Figure 66 : La dominance qualitative des groupes trophiques (station 02)

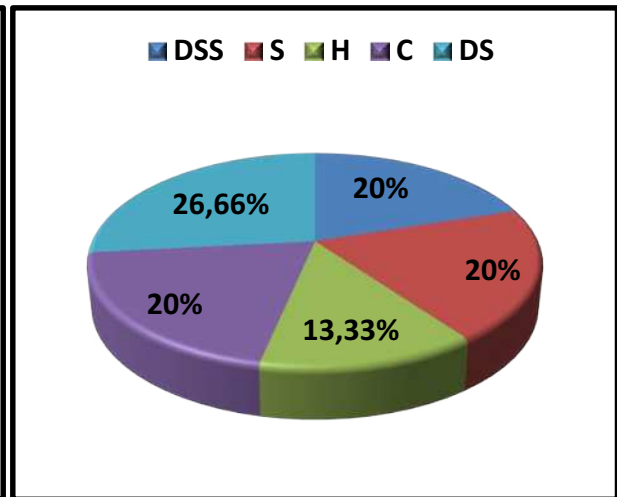


Figure 67 : La dominance quantitative des groupes trophiques (station 02)

Tableau 09: Distribution des espèces selon leurs groupes trophiques.

G.T	Groupes	Sous-groupes	Espèces
C	Mollusques	Bivalves	<i>Cyclope neritea</i>
		Gastéropodes	<i>Hinia reticulata</i>
	Polychètes	Errantes	<i>Lumbrineris latreilli</i>
	Crustacés	Amphipodes	<i>Microdentopus gryllotalpa</i>
	Divers		<i>Aphanus fasciatus</i>
S	Mollusques	Bivalves	<i>Brachidontes marioni</i>
			<i>Cerastoderma glaucum</i>
			<i>Ruditapes decussatus</i>
Divers		<i>Sciona intestinalis</i>	
H	Mollusques	Gastéropodes	<i>Bulla striata</i>
			<i>Cerathium vulgatum</i>
			<i>Hydrobia ulvae</i>
Divers		<i>Aplisia.ind</i>	
DSS	Mollusques	Bivalves	<i>Abra ovata</i>
			<i>Loripes lacteus</i>
	Polychètes	Sédentaires	<i>Capitella capitata</i>
Divers		<i>Nematodes.ind</i>	
DS	Polychètes	Errantes	<i>Nereis diversicolor</i>
	Crustacés	Isopodes	<i>Idotea baltica</i>
			<i>Sphaeroma hookeri</i>
			<i>Tanais cavolinii</i>
SDS	Crustacés	Amphipodes	<i>Corophium insidiosum</i>
			<i>Gammarus aequicauda</i>

2.7. Indice de Shannon et Indice d'équitabilité :

Les indices biocénétiques utilisée dans l'actuelle étude sur Lac Mellah sont l'indice de Shannon (H') et l'indice d'équitabilité (E) qui apportent des éléments d'informations quant à l'équilibre numérique entre espèces au sein des peuplements.

❖ **Station 01 :** Au niveau de cette station, la majorité des valeurs sont variées entre 1 et 3 ce qui indique un déséquilibre au niveau de la zone d'étude sauf au mois du Novembre où on observe que la valeur est nulle à cause de l'absence des espèces, la valeur maximal est enregistrée au mois d'Avril avec une valeur de 2.03.

Pour l'indice de régularité (R), 8 valeurs sont supérieur à 0.5 ce qui implique un équilibre numérique entre les espèces à l'exception aux mois du Mai, Juillet, Aout (0.42, 0.38, 0.41 respectivement). Au mois du Novembre, la valeur est nulle à cause de l'absence des espèces. (Fig.68)

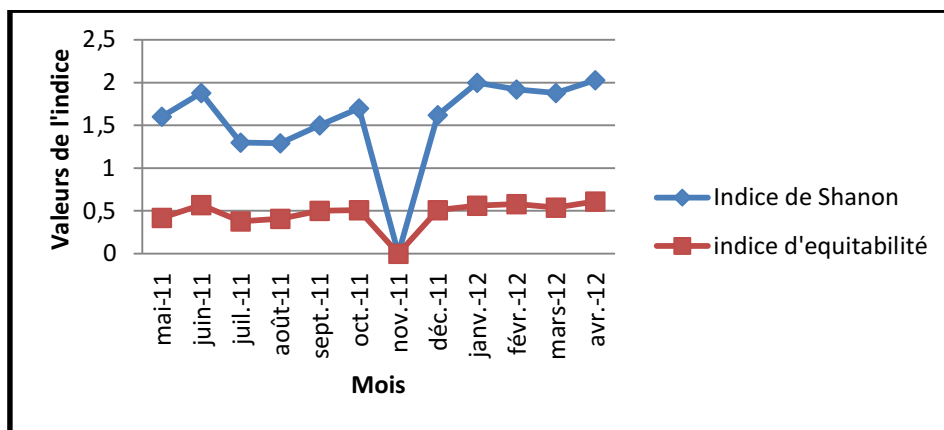


Figure 68 : Variation de l'indice de Shannon et l'indice d'équitabilité au niveau de la station 01

❖ **Station 02 :** La lecture des valeurs de l'indice de Shannon (H) et de la régularité (R) calculés au port révèle un déséquilibre numérique entre les espèces avec des valeurs de $H < 3$ et $R < 0.7$. Une tendance vers l'équilibre est remarquée pendant les mois du Juillet (H=2.15, R=0.72), Décembre (H=2.19, R=0.66), Janvier (H=2.22, R=0.67), Mars (H=2.27, R=0.76), Avril (H=2.34, R=0.74). (Fig.69)

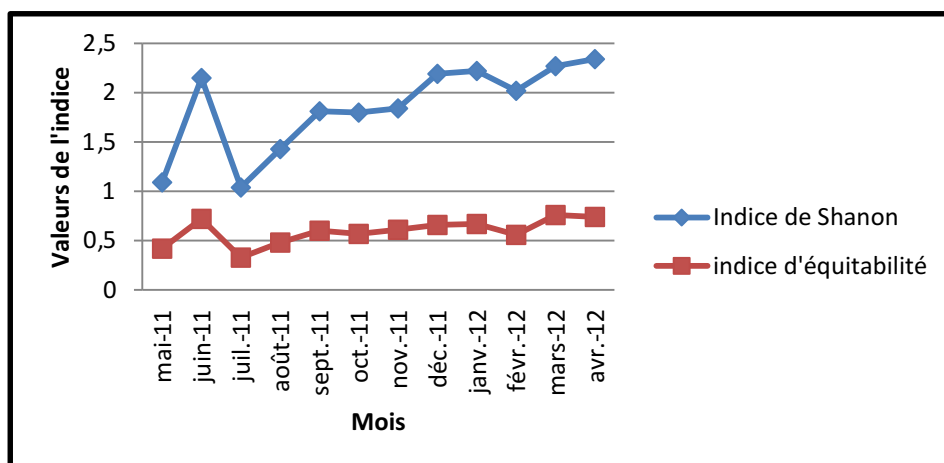


Figure 69 : Variation de l'indice de Shannon et l'indice d'équitabilité au niveau de la station 02

3. La relation entre la macrofaune benthique et les paramètres physico-chimiques :

Le traitement des résultats obtenus dans la présente étude nous a permis de déduire une corrélation entre la macrofaune benthique présente au niveau des stations 01 et 2 et les paramètres physico-chimiques qui conditionnent le lac pendant la période d'étude, où on distingue (Fig.70) :

- L'évolution de *Brachidontes marioni* a une corrélation avec les phéopigments, cette évolution est variée proportionnellement avec la variation de la concentration en phéopigments.
- Le développement de *Cerastoderma glaucum* a une corrélation avec les variations de : Nitrite, MIP, MES, Salinité, ce développement est varié proportionnellement avec le MIP et MES, et varie inversement avec la concentration de Nitrite et la variation de la salinité.
- L'hyper stock en *Bulla striata* a une relation directe avec les variations de l'oxygène dissous et le taux de saturation en oxygène dissous, cette évolution est variée proportionnellement avec les variations de l'Oxygène dissous et le Taux de saturation en oxygène dissous.
- *Lumbrineris latreilli* lors de son cycle de vie a une corrélation avec la concentration en Silicate dans les masses d'eaux du lac, cette évolution est variée proportionnellement avec la concentration de Silicate dans le lac.
- L'évolution de *Nereis diversicolor* est liée directement avec la variation de la Température, elle varie inversement avec la Température des masses d'eaux du lac.
- Le développement de *Idotea baltica* est en corrélation avec les variations de la concentration en Orthophosphates, se développement est varié proportionnellement avec les concentrations en Orthophosphates.
- L'augmentation en nombre d'individus de *Tanais cavolinii* est liée directement avec la concentration en Nitrate, le nombre d'individus est varié proportionnellement avec la variation des concentrations en Nitrate.
- L'évolution des *Nematodes* est corrélée avec la concentration des Phéopigments dans le sédiment, cette évolution est variée proportionnellement avec la concentration des Phéopigments dans le sédiment.

Les autres espèces n'ont pas une corrélation avec les paramètres physico-chimiques, alors, leur évolution est indépendante des conditions environnementales.

Température	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Salinité	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
O.D	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T.O	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
MES	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
MOP	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
MIP	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
MIP/MOP	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Chlorophylle a	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Phéopigments	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Nitrites	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Nitrates	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS
Ammonium	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Orthophosphates	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Silicates	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
M.O sédiment	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Chloro-sédiment	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Phéopigments-séd	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS	NS
	<i>Abra ovata</i>	<i>Brachidontes marioni</i>	<i>Cerastoderma glaucum</i>	<i>Loripes lacteus</i>	<i>Ruditapes decussatus</i>	<i>Bulla striata</i>	<i>Cerithium vulgatum</i>	<i>Cyclope neritea</i>	<i>Hinia reticulata</i>	<i>Hydrobia ulvae</i>	<i>Capitella capitata</i>	<i>Lumbrineris latreilli</i>	<i>Nereis diversicolor</i>	<i>Corophium insidiosum</i>	<i>Gammarus aequicauda</i>	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	<i>Idotea baltica</i>	<i>Sphaeroma hookeri</i>	<i>Tanais cavolinii</i>	<i>Aphanus fasciatus</i>	<i>Aplisia.ind</i>	<i>Nematodes.ind</i>	<i>Sciona intestinalis</i>	

Figure 70 : Représentation de la corrélation entre la macrofaune benthique et les paramètres physico-chimiques de Lac Mellah

4. Comparaison du lac Mellah avec d'autres lagunes de la Méditerranée :

1. La température :

La température est un facteur écologique qui conditionne la répartition des organismes aquatiques. En effet, elle revêt une importance capitale directement dans l'activité métabolique des organismes, ou indirectement en modifiant les facteurs écologiques du milieu et par conséquent leur répartition biogéographique.

La similarité des fluctuations thermiques enregistrées au niveau de l'ensemble des stations prospectées de la lagune a été signalée par **Grimes (1994)**, **Refes (1994)** et **Draredja (2005 et 2007)** dans ce même milieu. En effet, lors de notre étude, l'analyse de ce paramètre a montré une certaine homogénéité thermique des eaux de la lagune au niveau des deux stations, notamment lorsqu'il s'agit d'un écosystème peu profond comme c'est le cas du Mellah (**Bakalem & Romano, 1979 ; Guelorget et al., 1989 ; Draredja, 1992 et 2007**). Ceci est typique à plusieurs autres lagunes et étangs méditerranéens peu profonds, comme l'étang de Citis en France (**Baudin, 1980**) et la lagune d'Orbetello en Italie (**Lenzi et al., 2003**). La faible inertie thermique des eaux de la lagune est en relation directe avec la bathymétrie. Par conséquent, les eaux du Mellah sont très sensibles aux variations extérieures du degré thermique ; en raison de la faible profondeur de la colonne d'eau. Cette situation est propre à plusieurs milieux lagunaires méditerranéens (**Draredja, 2007**).

Dans le Mellah comme d'autres lagunes et étangs méditerranéens, les écarts thermiques annuels sont importants, et atteignent jusqu'à 17°C (**Tableau.10**), voire 20°C (**Draredja, 2007**).

Ces écarts influent sur la biologie lagunaire en exerçant une forme de sélection des espèces. En effet, en raison de la forte amplitude thermique, certaines populations hivernales notamment chez les peuplements phytoplanctoniques disparaissent souvent en été (**Nuccio et al., 2003 ; Bianchi et al., 2003 ; Bernardi et al., 2004**) et zooplanctoniques (**Gaudy et al., 1995 ; Haridi, 1999 ; Lam-Hoai et Rougier, 2001**), alors que le phénomène de tolérance thermique des espèces est plus marqué chez la macrofaune benthiques (**Semroud, 1983 ; Grimes, 1994 ; Draredja, 2005**).

Selon **Draredja (2007)**, et contrairement aux études antérieures (**Semroud, 1983 ; De Casabianca et al., 1991**), les eaux du Mellah ne présentent pas de stratifications quel que soit la saison, selon cet même auteur ce phénomène est en relation directe avec l'agitation des eaux due à la marée semi diurne d'une part, et aux vents dominants du secteur Nord-Ouest d'autre part. Cette situation est également signalée dans d'autres lagunes et étangs méditerranéens, tels que Salses-Leucate (**Boutière et al., 1981**) et Berre (**Kim, 1988**).

Tableau 10 : Comparaison de la variation thermique dans différents écosystèmes méditerranéens

Localités	Variations thermiques (°C)	Amplitudes (°C)	Références bibliographiques
Lagune Mellah (Algérie)	13,26	-	Gimazane (1982)
	12-30	18	Guelorget et <i>al.</i> , (1989)
	12,30-26,20	13,9	Semroud (1983); De Casabianca et <i>al.</i> , (1991)
	10-30,20	20,2	Draredja (2007)
	10,8-32	21,2	Présente étude
Lac de Tunis (Tunisie)	9,80-34,60	24,8	Ben Souissi et <i>al.</i> , (2001)
Lagune de Bizerte (Tunisie)	24,30-25,90	-	Boufahja et <i>al.</i> , (2006)
Lagune Ghar El Melh (Tunisie)	9-29,50	20,5	Romdhane et Chakroune (1986) ; Ben Abdallah et Maamouri (2006)
Lagune de Sebou (Maroc)	16-30	14	Mergaoui et <i>al.</i> , (2003)
Lagune de Smir (Maroc)	12-16	-	Chaouti (2004)
Lagune de Ver Tell (Espagne)	6,97-16,59	9,62	Badosa et <i>al.</i> , (2008)
Estuaire de Gironde (France)	0-26	26	Pasquaud (2006)
Etang de Prévost (France)	12,20-24,90	12,7	Guelorget et Michel (1979a, b)
Etang de Thau (France)	5-29	24	Plus et <i>al.</i> , (2003)
Estuaire de Seine (France)	6,9-15,80	8,9	Desroy et <i>al.</i> , (2001)
Lagune d'Orbetello (Italie)	4-26	22	Lenzi et <i>al.</i> , (2003)
	6-28	22	Solidoro et <i>al.</i> , (2004)
Lagune de Fogliano (Italie)	7,50-28,20	20,7	Gravina et <i>al.</i> , (1989)
Lagune de Monaci (Italie)	8,9-29,20	20,3	Gravina et <i>al.</i> , (1989)
Lagune de Carpolace (Italie)	8-30	22	Gravina et <i>al.</i> , (1989)
Lagune de Torre Guaceto (Italie)	6-29	23	Ponti et <i>al.</i> , (2008)
Lagune de Le Cesine (Italie)	10-30	20	Ponti et <i>al.</i> , (2008)
Lagune d'Alimini Grande (Italie)	6-29	23	Ponti et <i>al.</i> , (2008)
Lagune de Pialassa Baiona (Italie)	5-34	29	Ponti et <i>al.</i> , (2008)
Lagune Di Sacca Goro (Italie)	5,7-28,5	22,8	Mistri et <i>al.</i> , (2001)
Lagune de Venise (Italie)	2,2-28,7	26,5	Bianchi et <i>al.</i> , (2004)
Lagune de Patok (Albanie)	4-30	26	Ponti et <i>al.</i> , (2008)
Lagune de Karavasta (Albanie)	4-30	26	Ponti et <i>al.</i> , (2008)
Lagune de Tsopeli (Grèce)	8-29	21	Reizopoulou et <i>al.</i> , (1996)
Lagune de Papas (Grèce)	10-32	22	Reizopoulou et Nicolaidou (2004)
Lagune de Gialova (Grèce)	14-24	10	Dounas et <i>al.</i> , (1998) ; Arvanitidis et <i>al.</i> , (2009)
Lagune de Vivari (Grèce)	12-24	12	Reizopoulou et <i>al.</i> , (1996)
Lagune de Vouliagmeni (Grèce)	18-29	11	Chintiroglou et <i>al.</i> , (2004)
Lagune de Laki (Grèce)	6,7-25,9	19,2	Mogias et Kevrekidis (2005)
Lagune de Drana (Grèce)	2-34	32	Malea et <i>al.</i> , (2004)
Lagune de Monolimni (Grèce)	1,8-28,5	26,7	Kevrekidis (2004a,b)
	4,2-28,5	24,3	Kevrekidis et <i>al.</i> , (2009)
Lagune de Varna (Bulgarie)	5-25	20	Ponti et <i>al.</i> , (2008)

2. La salinité :

La salinité conditionne la répartition et la dynamique des espèces (Verschuren *et al.*, 2000 ; Llanos *et al.*, 2002 ; Teske et Wooldridge, 2003 ; Giménez *et al.*, 2005 ; Pasquaud, 2006). Les variations halines dans la lagune Mellah sont sous l'influence directe des échanges avec la mer et les apports d'eaux douces. Par ailleurs, Draredja (2007) signale que les faibles différences spatiales de salinité sont dues simplement à l'effet de l'âge (durée) de la marée. Les valeurs de salinité obtenues dans la lagune sont assez faibles à celles signalées par Refes (1994) et Grimes (1994) ayant travaillé sur ce même écosystème, et moins élevées que celles relevées en 1998 par Draredja (2007). D'autres milieux lagunaires présentent des variations halines très proches à celles enregistrées dans le Mellah ; il s'agit du lac d'Ichkeul en Tunisie (Ben M'barek et Slim-Shimi, 2002), l'estuaire de Bou Regreg au Maroc (Cherkaoui *et al.*, 2003) et la lagune de Di Sacca Goro en Italie (Mistri *et al.*, 2001). Par contre, les eaux du Mellah sont beaucoup moins salées par rapport à celles de l'étang de Thau en France (Laugier *et al.*, 1999), la lagune de Nador au Maroc (Iouzzi *et al.*, 2007) et le lac Sud de Tunis en Tunisie (Ben Souissi *et al.*, 2001), de même pour les eaux de la lagune de Venise en Italie (Solidoro *et al.*, 2004). La comparaison des variations halines de la lagune Mellah avec d'autres écosystèmes paraliques méditerranéens, est rapportée dans le **tableau 11**.

Tableau 11 : Comparaison de la variation hyaline dans différents écosystèmes méditerranéens

Localités	Variations hyalines (PSU)	Amplitudes (PSU)	Références bibliographiques
Lagune Mellah (Algérie)	18,73-33,25	14,52	Refes (1994) ; Grimes (1994)
	23,5-34,65	11,15	Draredja (2007)
	14,1-33,65	19,55	Présente étude
Lac d'Ichkeul (Tunisie)	17,5-38,5	21	Ben M'barek et Slim-Shimi (2002)
Lac Sud de Tunis (Tunisie)	29,9-43,6	13,7	Ben Souissi <i>et al.</i> , (2001)
Lagune de Kelibia (Tunisie)	8,24-18,49	10,25	Menif et Ben Hassine (2003)
Lagune de Bizerte (Tunisie)	39,2-40,1	0,9	Boufahja <i>et al.</i> , (2006)
Lagune de Smir (Maroc)	36	-	Chaouti (2004)
Lagune de Nador (Maroc)	35-40	5	Iouzzi <i>et al.</i> , (2007)
Estuaire de Bou Regreg (Maroc)	14,3-34,7	20,4	Cherkaoui <i>et al.</i> , (2003)
Etang de Prévost (France)	17-40	23	Guelorget et Michel (1979a, b)
Etang de Thau (France)	30,7-43	12,3	Laugier <i>et al.</i> , (1999)
Estuaire de Seine (France)	15,25-25,17	9,92	Desroy <i>et al.</i> , (2001)
Estuaire de Gironde (France)	0,5-30	29,5	Pasquaud (2006)
Lagune de Fogliano (Italie)	18-45	27	Gravina <i>et al.</i> , (1989)
Lagune de Lungo (Italie)	13-33	20	Gravina <i>et al.</i> , (1989)
Lagune de Fondi (Italie)	13-33	20	Gravina <i>et al.</i> , (1989)
Lagune d'Alimini Grande (Italie)	2,2-34,8	32,6	Ponti <i>et al.</i> , (2008)
Lagune de Le Cesine (Italie)	4-9	5	Ponti <i>et al.</i> , (2008)
Lagune de Torre Guaceto (Italie)	5,8-13,3	7,5	Ponti <i>et al.</i> , (2008)
Lagune de Venise (Italie)	27-32	5	Solidoro <i>et al.</i> , (2004)
Lagune de Di Sacca Goro (Italie)	17-36	19	Mistri <i>et al.</i> , (2001)
Lagune de Pialassa Baiona (Italie)	5,5-36,7	31,2	Ponti <i>et al.</i> , (2008)

Tableau 11 (suite) : Comparaison de la variation haline dans différents écosystèmes méditerranéens

Localités	Variations halines (PSU)	Amplitudes (PSU)	Références bibliographiques
Lagune de Patok (Albanie)	20-40	20	Ponti et <i>al.</i> ,(2008)
Lagune de Karavasta (Albanie)	18-59	41	Ponti et <i>al.</i> ,(2008)
Lagune de Tsoukalio (Grèce)	24-27	3	Nicolaidou et <i>al.</i> , (2006)
Lagune de Rodia (Grèce)	17-19,5	2,5	Nicolaidou et <i>al.</i> , (2006)
Lagune de Papas (Grèce)	20-42,5	22,5	Reizopoulou et Nicolaidou (2004)
Lagune de Vouliagmeni (Grèce)	17	-	Chintiroglou et <i>al.</i> , (2004)
Lagune de Varna (Bulgarie)	7-14	7	Ponti et <i>al.</i> ,(2008)
Lagune de Sinoe-Leahova (Roumanie)	7-14	7	Ponti et <i>al.</i> ,(2008)

3. Le pH :

Concernant le pH des eaux de la lagune Mellah, celui-ci est légèrement alcalin et relativement constant pour les deux stations prospectées. Cette caractéristique a été déjà observée dans la majorité des lagunes méditerranéennes (**Tableau 12**).

Tableau 12 : Comparaison de la variation du pH dans les différents écosystèmes Méditerranéens

Localités	Variations pH	Amplitudes	Références bibliographiques
Lagune Mellah (Algérie)	7,10 - 8,20	1,1	Semroud (1983)
	8,2	-	Guelorget et <i>al.</i> , (1989)
	07-10	3	Draredja (2007)
	8,06 - 8,48	0,42	Présente étude
Lac Sud de Tunis (Tunisie)	7,90 - 9,30	1,4	Ben Souissi et <i>al.</i> , (2001)
Lagune de Smir (Maroc)	7,90 - 8,30	0,4	Chaouti (2004)
Lagune de Nador (Maroc)	6-10	4	Iouzzi et <i>al.</i> , (2007)
Lagune de Ver Tell (Espagne)	7,5	-	Badosa et <i>al.</i> , (2008)
Estuaire de Seine (France)	8,31 - 9,20	0,89	Desroy et <i>al.</i> , (2001)
Lagune de Vouliagmeni (Grèce)	7	-	Chintiroglou et <i>al.</i> , (2004)
Lagune de Monolimni (Grèce)	7,45 - 9,32	1,87	Kevrekidis et <i>al.</i> , (2009)

4. Composition et distribution de la macrofaune benthique :

La structure taxonomique du peuplement benthique de la lagune Mellah est caractérisée par un cortège faunistique classique commun aux milieux lagunaires avec la présence des trois principaux groupes zoologiques Mollusques, Polychètes et Crustacés, les autres groupes (Némertes, Plathelminthes, larves d'insectes, etc.) sont généralement moins présents.

(Amanieu *et al.*, 1977 ; Bayed *et al.*, 1988 et 1998 ; Chbicheb, 1996 ; Bazairi *et al.*, 2003 ; Chaouti *et al.*, 2001 ; Mistri *et al.*, 2001 ; Chaouti et Bayed, 2005).

Le suivi d'un cycle annuel de la diversité spécifique et de la structure de la communauté macrozoobenthique dans la lagune a révélé d'importantes fluctuations.

Ces dernières semblent être gouvernées par des paramètres physico-chimiques telles que la salinité et la température et édaphiques (nature du substrat), sans oublier d'autres facteurs externes comme les changements climatiques brusques ; tels que les effets des tempêtes locales (Draredja, 2005).

Sur le plan qualitatif, la macrofaune benthique de la lagune Mellah avec un cortège de 23 espèces inventoriées, est comparable par sa richesse spécifique aux peuplements benthiques recensés dans d'autres milieux lagunaires et estuariens. En effet, cette diversité spécifique est assez similaire aux résultats obtenus par la richesses spécifiques enregistrées dans les lagunes de Merja Zerga au Maroc (20 espèces) (Bazairi *et al.*, 2003), de Valle di Gorino en Italie (19 espèces) (Munari et Mistri, 2008) et Biguglia en Corse (18 taxa) (Clanzig, 1991).

La comparaison de la lagune Mellah avec d'autres écosystèmes lagunaires méditerranéens (Tableau. 13), montre que sur le plan qualitatif, la lagune Mellah demeure parmi les milieux saumâtres moyennement riches en espèces. Cette situation serait en relation directe avec un certain nombre de caractéristiques de ces biotopes, dont les plus évidentes sont d'ordre géomorphologique, bathymétrique, hydrodynamique, hydrologique, édaphiques, etc.

En effet, l'ensemble de ces facteurs influent directement ou indirectement sur la composition qualitative et quantitative de la macrofaune benthique colonisant ces écosystèmes aquatiques particuliers, instables et surtout très fragiles.

Tableau 13 : Comparaison de la richesse spécifique de la lagune Mellah avec d'autres écosystèmes Méditerranéens

Biotope	Nombre d'espèces	Références bibliographiques
Lagune Mellah (Algérie)	29	Bakalem & Romano (1979)
	37	Semroud (1983)
	56	Draredja (1992)
	37	Grimes (1994)
	43	Draredja (2007)
	23	Présente étude
Lagune du Nord de Tunis (Tunisie)	90	Tlig- Zouari <i>et al.</i> , (2007)
Lagune de Sebou (Maroc)	60	Mergaoui <i>et al.</i> , (2003)
Lagune de Nador (Maroc)	296	Menioui et Zine (1995)
	300	Zine et Menioui (1998)
Delta de l'Ebre (Espagne)	89	Cartes <i>et al.</i> , (2007)
Estuaire de Seine (France)	12	Elkaim (1993)
	84	Desroy <i>et al.</i> , (2001)
	166	Duhamel (2001)
Delta du Rhône (France)	80	Hermant <i>et al.</i> , (2008)
Lagune de Venise (Italie)	60	Tagliapietra <i>et al.</i> , (1998)
	80	Munari <i>et al.</i> , (2009)
Valle Smarlacco (Italie)	28	Ponti <i>et al.</i> , (2007)
Lagune de Santa Giusta (Italie)	83	Tataranni <i>et al.</i> , (2009)

Tableau 13 (suite) : Comparaison de la richesse spécifique de la lagune Mellah avec d'autres écosystèmes Méditerranéens

Biotope	Nombre d'espèces	Références bibliographiques
Lagune Valli Di Comacchio (Italie)	46	Munari et <i>al.</i> , (2009)
Lagune de Lesina (Italie)	32	Munari et <i>al.</i> , (2009)
Lagune d'Orbetello (Italie)	41	Munari et <i>al.</i> , (2009)
Lagune de Tortoli (Italie)	48	Munari et <i>al.</i> , (2009)
Lagune de Scardovari (Italie)	39	Munari et <i>al.</i> , (2009)
Lagune de Goro (Italie)	33	Munari et <i>al.</i> , (2009)
Delta de Padrongiano (Italie)	87	Munari et <i>al.</i> , (2009)
Lagune de Gorino (Italie)	18	Munari et <i>al.</i> , (2009)
Lagune Tsoukalio (Grèce)	29	Nikoulaido et <i>al.</i> , (2006)

5. La densité :

On signale que les densités obtenues dans la présente étude sont plus au moins inférieures aux résultats obtenus dans des travaux antérieurs menés par **Semroud (1983)**. Dans d'autres lagunes méditerranéennes, les fluctuations de la densité sont plus importantes par rapport à celles rencontrées dans la lagune Mellah (**Tableau. 15**).

Alors que beaucoup de lagunes offrent des abondances moins élevées comparativement au Mellah (**Tableau. 15**) comme la lagune de Burollus en Egypte (**Samaan et al., 1989**), lagunes de Caprolace et Monaci en Italie (**Gravina et al., 1989**), lagune de Tsopeli en Grèce (**Reizopoulou et al., 1996**) et de l'estuaire de Seine en France (**Elkaim, 1993**). Les différences quantitatives peuvent être expliquées surtout par les particularités écologiques de chaque biotope étudié, mais peut s'expliquer également par le type d'engins utilisé et les méthodes d'échantillonnage pratiquées par chaque auteur.

Tableau 14 : Comparaison de la variation de la densité de Lac Mellah avec d'autres milieux paraliques

Localités	Densités	Références bibliographiques
Lagune Mellah	932-11865	Semroud(1983)
	8085	Draredja (1992)
	2816	Draredja et Kara (2004)
	21832	Présente étude
Etang de Prévost (France)	5485	Guelorget et Michel (1979a,b)
Delta du Rhône (France)	24513	Hermant et <i>al.</i> , (2008)
Estuaire de Seine (France)	51 – 948	Elkaim (1993)
	3772	Desroy et <i>al.</i> , (2001)
	250 - 15000	Duhamel (2001)
Lagune de Fogliano (Italie)	2489	Gravina et <i>al.</i> , (1989)
Lagune de Monaci (Italie)	1687	Gravina et <i>al.</i> , (1989)
Lagune de Carpolace (Italie)	1239	Gravina et <i>al.</i> , (1989)
Lagune de Fondi (Italie)	10482	Gravina et <i>al.</i> , (1989)
Lagune de Di Sacca Goro (Italie)	13921	Reizopoulou et <i>al.</i> , (1996)
Lagune Valle Di Gorino (Italie)	136 - 340000	Munari et Mistri (2008)

Tableau 14 (suite) : Comparaison de la variation de la densité de Lac Mellah avec d'autres milieux paraliques

Localités	Densités	Références bibliographiques
Lagune de Tsopeli (Grèce)	1648	Reizopoulou et <i>al.</i> , (1996)
Lagune de Papas (Grèce)	8633	Reizopoulou et Nicolaidou (2004)
Lagune de Gialova (Grèce)	5792	Dounas et <i>al.</i> , (1998) ; Arvanitidis et <i>al.</i> , (2009)
Lagune de Vivari (Grèce)	3716	Reizopoulou et <i>al.</i> , (1996)
Lagune de Drana (Grèce)	9051	Malea et <i>al.</i> , (2004)
Lagune de Laki (Grèce)	9063	Mogias et Kevrekidis (2005)
Lagune de Monolimni (Grèce)	27538	Kevrekidis (2004a, b)
Lagune de Bardawil (Égypte)	3850	Aboul-Ezz (1988); Siliem (1989)
Lagune de Burollus (Égypte)	440	Samaan et <i>al.</i> , (1989)

Conclusion

Conclusion

L'étude réalisée sur le compartiment benthique du Lac Mellah pendant la période Mai 2011 et Avril 2012, apporte des éléments d'information indispensables à la compréhension des modalités de structuration et d'organisation de la macrofaune benthique de ce milieu.

Il est permis de conclure au vu des résultats obtenus que :

Le lac Mellah se transforme en une lagune d'eau douce (Dessalure) à cause des apports continentaux en eau qui sont devenus plus importants que ceux des apports marins.

La macrofaune benthique identifiée au niveau des deux stations d'étude présente une richesse spécifique de 23 espèces avec une distribution hétérogène, où on distingue la dominance des Mollusques Bivalves (*Loripes lacteus*).

L'existence d'une corrélation entre certains paramètres physico-chimiques est le développement de la macrofaune benthique au niveau du lac Mellah.

La comparaison entre les données du lac Mellah et les autres écosystèmes saumâtres Méditerranéens nous a permis de déduire que la lagune est menacée comme tous les écosystèmes de la Méditerranée soit par l'augmentation de la température, ou par la perturbation haline, etc.

On peut dire que la diminution des échanges hydriques lagune-littoral adjacents pourrait être une des conséquences de dégradation de la qualité hydrologique du lac Mellah (diminution de la salinité, augmentation de la température, diminution de l'oxygénation, diminution de l'intensité hydrodynamique, etc.). Cette situation écologique défavorable se répercute directement ou indirectement sur la répartition de la faune et de la flore de la lagune d'une manière générale et sur la structure et la dynamique des peuplements benthiques en particulier.

Références bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE

- Aboul-Ezz, S.M. (1988).** Periodicity and distribution of bottom fauna of the hyper-saline Bardawil lagoon (Egypt). *Bull. Natl. Inst. Oceanogr. Fish.* Vol. 14. pp. 159–174.
- Amanieu, M. Guélorget, O. & Michel, P. (1977).** Richesse et diversité de la macrofaune benthique de la lagune littorale méditerranéenne de Prévost. *Vie & Milieu*, XXVII, 1, sér. B. pp. 85-109.
- Aminot, A et Chaussepied, M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des océans. 337 p.
- Aminot, A et Kérouel, R. (2004).** Hydrologie de l'écosystème marin paramètre et analyse. IFREMER brest : direction de l'environnement et de l'aménagement.
- Amoureux, L. (1966).** Etude bionomique et écologique de quelques annélides polychètes des sables intertidaux des côtes Ouest de la France. Thèse de Doctorat en Sciences Naturelles, Faculté des sciences, Université de Paris, 217 p.
- Arvanitidis, C. et al. (2009).** Do multivariate analyses incorporating changes in pattern across taxonomic levels reveal anthropogenic stress in Mediterranean lagoons?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 369. pp. 100–109.
- Badosa, A. et al. (2008).** Short-term variation in the ecological status of a Mediterranean coastal lagoon (NE Iberian Peninsula) after a man-made change of hydrological regime. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* Vol 18. pp. 1078–1090.
- Bakalem, A. & Romano, J.C. (1979).** Les peuplements benthiques du lac Mellah. Rapport de la mission du CROP sur le lac Mellah. pp. 13-22.
- Bauchot, M.L et Pras, A. (1980).** Collection les guides du naturaliste : Guide des poissons marins d'Europe. Paris : Délachaud et Neistle. 427 p.
- Baudin, J.P. (1980).** Contribution à l'étude écologique des milieux saumâtres méditerranéens 1- Les principaux caractères physiques et chimiques des eaux de l'étang de Citis. *Vie & Milieu*. Vol 30 (2). pp. 121-129.
- Bayed, A. Bazairi, H. Benhoussa, A. El Agbani, M.A. Fekhaoui, M. Dakki, M. & Qninba, A. (1998).** *Diagnostic écologique de la lagune de Merja Zerga*. Rapport pour l'administration des eaux et forêts et de la conservation des sols. Programme MedWet. 90 p.
- Bayed, A. El Agbani, M.A. Fekhaoui, M. & Schouten, J.R. (1988).** Benthos of soft substrates in the intertidal zone of the Khnifiss lagoon. *In: Dakki M. & de Ligny W. (eds.) – The Khnifiss lagoon and its surrounding environment (Province of La'youne, Morocco). Trav. Inst. Sci., mém. H.S.* pp. 71-80.
- Bazairi, H. Bayed, A. Glémarec, M. & Hily, C. (2003).** Spatial organisation of macrozoobenthic communities in a response to environmental factors in coastal lagoon of the NW African coast (Merja Zerga, Morocco). *Oceanologica Acta*. Vol. 26. pp. 457-471.
- Ben Abdallah, L.G. & Maamouri, F. (2006).** Spatial-temporal dynamics of the nematode *Anguillicolla crassus* in Northeast Tunisian lagoons. *C.R. Biologie*. Vol 329. pp. 785–789.

- Ben M'barek, N. & Slim-Shimi, N. (2002).** Évolution des paramètres physico-chimiques des eaux du lac Ichkeul après la réalisation des aménagements hydrauliques (Tunisie). Proceedings of International Symposium and Workshop on Environmental Pollution Control and Waste Management, Tunis (Tunisia).pp. 20-27.
- Ben Souissi, J. Rezig, M. & Zaouali, J. (2001).** Variabilités des facteurs abiotiques dans les eaux d'une lagune méditerranéenne le lac Sud de Tunis (Tunisie). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* Vol 36. 360 p.
- Bernardi Aubry, F. Breton, A. Bastianini, M. Socal, G. & Acri, F. (2004).** Phytoplankton succession in a coastal area of the NW Adriatic, over a 10-year sampling period (1990-1999). *Continental Shelf Research.* Vol. 24. pp. 97-115.
- Bianchi, F. Acri, F. Bernardi-Auby, F. Berton, A. Boldrin, A. Camatti, E. Cassin, D. & Comaschi, A. (2003).** Can plankton be considered a bio-indicator of water quality in the lagoon of Venice- *Marine Pollution Bulletin.* Vol 46. pp. 964-971.
- Blondel, J. Ferry, C. & Frochot, B. (1973).** Avifaune et végétation. Essai d'analyse et de diversité. *Alauda*, Vol 46. pp. 63-84.
- Bodin, P. (1974).** Les Copepodes Harpacticoides (Crustacia) des sédiments meubles de la zone intertidales des cotes charantaises (Atlantique) Thèse Sc. Marseille Fac Sc. 224 p.
- Bouhayene, S. Merdaci, M. (1998).** Approche sédimentaire et physico-chimique d'un milieu lagunaire méditerranéen : lac Mellah (El-Kala). *Mémoire de D.E.S., Département de Biologie marine, univ. Annaba* : 76 p.
- Boufahja, F. et al. (2006).** Ecological interpretation of the distribution, morphometry and energetics of a population of *Paracomesoma dubium*: Filipjev, 1918 (Comesomatidae, Nematoda) from Bizerte Lagoon (Tunisia). *Mar. Life.* Vol. 16. pp. 3-13.
- Boutière, H. et al. (1981).** Les effets d'une crise dystrophique dans l'étang de Salses-Leucate. *Oceanol. Acta, N° SP. Symposium International sur les eaux côtières, SCOR/IABO/UNESCO, Bordeaux.* Vol. 8-14. pp. 231-242.
- Cartes, J.E. et al. (2007).** Dynamics of suprabenthos off the Ebro Delta (Catalan Sea: western Mediterranean): Spatial 13 and temporal patterns and relationships with environmental factors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* Vol. 75. pp. 501-515.
- Chaouti, A. & Bayed, A. (2005).** Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des substrats meubles de la lagune de Smir. *Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, série générale n°4.* pp. 33-42.
- Chaouti, A. (2004).** L'écosystème lagunaire de Smir (Maroc) : Hydrologie et Hydrodynamique. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* Vol. 37. 502 p.
- Chaouti, A. Bayed, A. & Benazzou, T. (2001).** Données préliminaires sur la diversité spécifique et fonctionnelle du zoobenthos de la lagune de Smir (Maroc). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* Vol. 36. 372 p.
- Chasse, C. (1972).** Economie sédimentaire et biologique des estrans meubles des cotes de Bretagne. Thèse de Doctorat en Sciences Naturelles. Université Pierre & Marie Curie (Paris), 297 p.

- Chbicheb, A. (1996).** Organisation biogéologique d'un bassin paralique : la lagune de Oualidia (côte atlantique marocaine). Thèse Doct. 3^{ème} Cycle. Univ. Nantes. 167 p.
- Cherkaoui, E. Bayed, A. & Hily, C. (2003).** Organisation spatiale des peuplements macrozoobenthiques subtidaux d'un estuaire de la côte atlantique marocaine : l'estuaire du Bou Regreg. *Cah. Biol. Mar.* Vol. 44. pp. 339-352.
- Chevreaux, et Fage, L. (1925).** Faune de France : Amphipodes. *LECHEVALIER (Ed.)*, Paris 9. 488 p.
- Chintiroglou C.C. al. (2004).** Contribution to the knowledge of the macrobenthic biodiversity of Vouliagmani Lagoon (Attica, Greece). *Rapp. Comm. Int. Mer Médi.* n° 37. 506 p.
- Clanizig, S. (1991).** Le benthos de la lagune de Biguglia (Corse), tendances évolutives du milieu. Document C.I.E.L. n° 12. 53 p.
- Desroy, N. Charrier, G. & Dauvin, J.C. (2001).** Populations, peuplements et habitats benthiques et suprabenthiques et planctoniques de l'estuaire salé de Seine. Etat d'avancement des travaux du programme coordonné de recherche sur l'estuaire de Seine (thème IV). pp. 13-28.
- Dounas, C. et al. (1998).** Biodiversity and the impact of anthropogenic activities in Mediterranean lagoons: the case of Gialova lagoon, SW Greece. *Oebalia.* Vol. 24. pp. 77-91.
- Draredja, B. & Kara, M.H. (2004).** Diversité de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (Algérie Nord-Est). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* n° 37. 515 p.
- Draredja, B. (1992).** Conditions hydrosédimentaires et structure de la macrofaune benthique en période printanière d'un écosystème lagunaire méditerranéen: lac Mellah (Algérie). Thèse Magister en Océanographie biologique, ISMAL (Alger). 147 p.
- Draredja, B. (2005).** Structure et organisation de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (Méditerranée Sud-Occidentale, Algérie). *J. Rech. Océanographique.* Vol. 30. fasc 1-2. pp. 24-33.
- Draredja, B. (2007).** Structure et fonctionnement d'un milieu lagunaire méditerranéen : Lagune Mellah (El-Kala, Algérie Nord-Est). Thèse Doct. d'État. Univ. Annaba. 225 p.
- Duhamel, S. (2001).** Le Macrozoobenthos de l'estuaire de la Seine. Actualisation cartographique en relation avec la couverture sédimentaire. CSLHN/ Port Autonome de Rouen. pp. 7- 21.
- Elkaim, B. (1993).** Les peuplements benthiques subtidaux en Seine aval. Campagne de novembre 1993. Programme Seine Aval. Thème : Edifices biologiques. 20p (+ annexes).
- Fauvel. (1923).** Faune de France : Polychètes Errantes. Paris 5. 488 p.
- Fauvel. (1927).** Faune de France : Polychètes Sédentaires. Paris : 494 p.

- Gaudy, R. Verriopoulos, G. & Cervetto, G. (1995).** Space and time distribution of zooplankton in a Mediterranean lagoon (Etang de Berre). *Hydrobiologia* 300/301. pp. 219-236.
- Gimazane, J.P. (1982).** L'exploitation conchylicole du lac Mellah, Algérie. Mission F.A.O/MEDRAP du 8/6/82. 37 p.
- Giménez, L. et al. (2005).** Scale-dependent patterns of macroinfaunal distribution in softsediment intertidal habitats along a large-scale estuarine gradient. *Helgoland Marine Research*. n° 59. pp. 224-236.
- Gravina, M.F. et al. (1989).** Descriptive analysis and classification of benthic communities in some Mediterranean coastal lagoons (central Italy). *PSZN Mar. Ecol.* 10. pp. 141–166.
- Grimes, S. (1994).** Contribution à la connaissance des populations de *Cardium glaucum* (Bruguière, 1789), *Loripes lacteus* (Linnaeus, 1758) et *Brachydontes marioni* (Locard, 1889) du lac Mellah (El- Kala, Algérie) : Ecologie et dynamique. Thèse Magister en Océanographie biologique, ISMAL (Alger). 211 p.
- Guelorget, O. & Michel, P. (1979) a.** Les peuplements benthiques d'un étang littoral languedocien, étang de Prévost (Hérault). 1- Étude quantitative de la macrofaune des vases. *Théthys*, 9 (1). pp. 49- 64.
- Guelorget, O. & Michel, P. (1979) b.** Les peuplements benthiques d'un étang littoral languedocien, l'étang de Prévost (Hérault). 2- Étude quantitative de la macrofaune des sables. *Téthys*, 9(1). pp. 65-71.
- Guelorget, O. et al. (1989).** Expression biologique du confinement dans une lagune méditerranéenne : le lac Mellah (Algérie). *Rev. Hydrobiol. Trop.* 22 (2). pp. 87-99.
- Guelorget, O. et al. (1982).** Diagnose écologique du lac Mellah (Algérie), pour l'évaluation de ses potentialités halieutiques et aquacoles. Rapport de la mission FAO, (ONUD/MEDRAP), octobre 1982. 130 p.
- Haridi, A. (1999).** Le zooplancton de la lagune Mellah (El-Kala, Algérie). Bilan d'échange avec la mer et incidences écologiques en hiver et au printemps 96-97. Thèse magister, Océanographie biologique. ISMAL (Alger). 59 p.
- Hermant, R. al. (2008).** Macrofaunal density, biomass and composition of estuarine sediments and their relationship to the river plume of the Rhone River (NW Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79. pp. 367–376.
- Hilly, C. (1976).** Ecologie benthique des pertuis charentais Doctorat de 3^{ème} cycle Université de Bretagne Occidentale Brest. 236 p.
- Iouzzi, N. et al. (2007).** Evolution de la qualité des eaux de la lagune de Nador (Littoral méditerranéen oriental, Maroc) durant la période 2003-2005. *Rapp. Comm.int. Mer Medit.*, 38. 674 p.
- Kevrekidis, T. (2004) a.** Seasonal variation of the macrozoobenthic community structure at low salinities in a Mediterranean lagoon (Monolimni Lagoon, Northern Aegean). *Int. Rev. Hydrobiologia.*, 89. pp. 407-425.

- Kevrekidis, T. (2004) b.** Population dynamics, growth and reproduction of *Corophium insidiosum* (Crustacea: Amphipoda) at low salinities in Monolimni Lagoon (Evros delta, North Aegean Sea). *Hydrobiologia*, 522. pp. 117–132.
- Kevrekidis, T. et al. (2009).** Life History, Reproduction, Growth, Population Dynamics and Production of *Gammarus aequicauda* (Crustacea: Amphipoda) at Extremely Low Salinities in a Mediterranean Lagoon (North Aegean Sea Greek). *WILEY- VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim* 1434–2944/09. pp. 306–308.
- Kim, K. (1988).** La salinité et la densité des eaux des étangs de Berre et de Vaïne (Méditerranée Nordoccidentale) relation avec les affluents et le milieu marin voisin. *Marine Nature* 1 (1). pp. 37-58.
- Lam-Hoai, T. & Rougier, C. (2001).** Zooplankton assemblages and biomass during a 4 period survey in a northern Mediterranean coastal lagoon. *Wat. Res.* 35 (1). pp. 271-283.
- Laugier, T. Rigollet, V. & De Casabianca, M.L. (1999).** Seasonal dynamics in mixed eelgrass beds, *Zostera marina* L. and *Z. noltii* Hornem., in a Mediterranean coast lagoon (Thau lagoon, France). *Aquatic Botany*, 63. pp. 51-69.
- Le Moal, Y. (1981).** Ecologie dynamique des plages touchée par la marée noire de l'Amoco-Cadiz. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle Océanographie biologique, U.B.O. (Brest), 131p.
- Lemoine, M. Desprez, M. & Ducrottoy, J.P. (1988).** Exploitation des ressources en bivalves de la baie de Somme : Aménagement de la pêche et état de la ressource en coques. Rapports Scientifiques Techniques IFREMER, 8, 172 p.
- Lenzi, M. Palmieri, R. & Porello, S. (2003).** Restoration of the trophic Orbetello lagoon (Tyrrhenian Sea, Italy), water quality management. *Marine Pollution Bulletin*, 46. pp. 1540-1548.
- Llanos, R.J. Scott, L.C. Dauer, D.M. Hyland, J.L. & Russell, D.E. (2002).** An estuarine benthic index of biotic integrity for the Mid-Atlantic region 'of the United States. I. Classification of assemblages and habitat definition. *Estuaries*, 25. pp. 1219–1230.
- Lloyd, M. & Ghelardi, J. R. (1964).** A table for calculating the "equitability" component of the species diversity. *J. Animal Ecol.* Vol 3. pp. 217-225.
- Luther, W. et Fiedler, K. (1965).** Guida alla fauna marina costiera del Mediterraneo. LABOR-MILANO (Ed.), 276 p.
- Malea, P. Kevrekidis, T. & Mogias, A. (2004).** Annual versus perennial growth cycle in *Ruppia maritima* L.: temporal variation in population characteristics in Mediterranean lagoons (Monolimni and Drana lagoons, Northern Aegean Sea). *Bot. Mar.* 47. Pp. 357–366.
- Menif, D. & Ben Hassine, O.K. (2003).** La lagune de Kelibia : caractéristiques du milieu et biodiversité. *Revue F.S.B.* 2. 52 p.
- Menioui, M. & Zine, N.E. (1995).** Etat des connaissances sur la biodiversité (faune benthique) d'une lagune méditerranéenne: lagune de Nador. *Rapports de la CIESM*, 34. 83 p.
- Mergaoui, L. et al. (2003).** Qualité des eaux et macrofaune benthique d'un milieu estuarien du Maroc : cas de l'estuaire de Sebou. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, 25. pp. 67-75.

- Messerer, Y. (1999).** Étude morphométrique et hydrologique du complexe lacustre d'El-Kala (Cas du lac Mellah et du lac Oubéira). Thèse de magister en Ecologie et Environnement. Univ. Annaba. 123 p.
- Mistri, M. Rossi, R. & Fano, A. (2001).** Structure and secondary production of a soft bottom macrobenthic community in a brackish lagoon (Sacca di Goro, north-eastern Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 52. pp. 605-616.
- Mogias, A. & Kevrekidis, T. (2005).** Macrobenthic community structure in a poikilohaline Mediterranean lagoon (Laki lagoon, northern Aegean). *Helgol. Mar. Res.* 59. pp. 167–176.
- Munari, C. Warwick, R. & Mistri, M. (2009).** Monitoring with benthic fauna in Italian coastal lagoons: new tools for new prospects. *Aquatic Conservation: Mar. Freshw. Ecosyst.* 19. pp. 575–587.
- Nicolaidou, A. Petrou, K. Kormas, K. & Reizopoulou, S. (2006).** Inter-annual variability of soft bottom macrofaunal communities in two Ionian Sea lagoons. *Hydrobiologia*. 555. pp. 89–98.
- Nordsieck, F. (1982).** Die europäischen meres-Gehäuseschnecken (Brosobranchia): Gastéropodes. *Gustav fishier*, New York. 539 p.
- Nuccio, C. Melillo, C. Massi, L. & Innamorati, M. (2003).** Phytoplankton abundance, community structure and diversity in the eutrophicated Orbetello lagoon (Tuscany) from 1995 to 2001. *Oceanologica Acta*. 26. pp. 15-25.
- Parenzan, P. (1970).** Carta d'identità delle conchiglié del Mediterraneo. Vol I : Gasteropodi. *Bios-taras*. 283 p.
- Parenzan, P. (1974).** Carta d'identità delle conchiglié del Mediterraneo, Vol II : Bivalvi 1^{ere} partie. *Bio-taras*. 227 p.
- Pasquaud, S. (2006).** Les relations trophiques : éléments de structuration des peuplements ichthyologiques en milieu estuarien, application à l'estuaire de la Gironde. Thèse de Doctorat. Univ. Bordeaux I. 239 p.
- Pielou, E.C. (1966).** The measurement of diversity in different types of biological collection. *J. Theor. Biol.*, Vol. 13. pp. 131-144.
- Pielou. 1966a et b in Bakalem. (2008).**
- Plus, M. et al. (2003).** Modelling seasonal dynamics of biomass and nitrogen contents in a seagrass meadow (*Zostera noltii* Hornem): application of the Thau lagoon (French Mediterranean coast). *Ecological Modelling*. 161. pp. 213-238.
- Ponti, M. Colangelo, M.A. & Ceccherelli, V.U. (2007).** Composition, biomass and secondary production of the macrobenthic invertebrate assemblages in a coastal lagoon exploited for extensive aquaculture: Valle Smarlacca (northern Adriatic Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 75. pp. 79-89.
- Ponti, M. et al. (2008).** Quality assessment of Mediterranean and Black Sea transitional waters: comparing responses of benthic biotic indices. *Aquatic Conservation: Mar. Freshw. Ecosyst.* 18. pp. 62–75.

- Refes, W. (1994).** Contribution à la connaissance de la population de *Ruditapes decussata* (Linnaeus, 1758) du lac Mellah (El-Kala, Algérie) : écologie, reproduction, dynamique des populations et exploitation. Thèse de Magister en Océanographie Biologique, ISMAL (Alger). 197 p.
- Reizopoulou, S. et al. (1996).** Assessment of disturbance in Mediterranean lagoons: an evaluation of methods. *Mar. Biol.* 12. pp. 189–197.
- Reizopoulou, S. & Nicolaidou, A. (2004).** Benthic diversity of coastal brackish-water lagoons in Western Greece. *Aquat. Conserv.* 14 . Pp. 93–102.
- Romdhane, M.S. & Chakroun, F.L. (1986).** Les peuplements benthiques de la lagune de Ghar El Mehl. *Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Océano. Salammbô*, Vol. 13. pp. 95–108.
- Samaan, A.A. Ghobashy, A.F.A. & Aboul-Ezz, S.M. (1989).** The benthic fauna of lake Burollus. 1. Community composition and distribution of the total fauna. *Bull. Natl. Inst. Oceanogr. Fish.* 15. pp. 217–224.
- Semroud, R. (1983).** Contribution à l'étude écologique des milieux saumâtres méditerranéens : le lac Mellah (El-Kala, Algérie). Thèse 3^{ème} Cycle, USTHB (Alger). 137 p.
- Sheldon, A.L. (1969).** Equitability indices: dependence of the species. *Count. Ecology.* Vol. 50. pp. 467-466.
- Siliem, T.A.E. (1989).** Chemical conditions in Bardawil lagoon. III. – Some limnological studies. *Bull. Natl. Inst. Oceanogr. Fish.* 15. pp. 21–33.
- Solidoro, C. Pastres, R. Cossarini, G. & Ciavatta, S. (2004).** Seasonal and spatial variability of water quality parameters in the lagoon Venice. *Journal of Marine Systems.* 51. pp. 7-18.
- Soyer, J. (1970).** Le macrobenthos du plateau continental de la cote des Albères. Copépodes Harpacticoides. Thèse Sc. Paris Fac Sc. 341 p.
- Tagliapietra, D. Pavan, M. & Wagner, C. (1998).** Macrobenthic community changes related to eutrophication in Pallude della Rosa (Venetian lagoon, Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 47. pp. 217–226.
- Tataranni, M. Maltagliati, F. Floris, A. Castelli, A. & Lardicci, C. (2009).** Variance estimate and taxonomic resolution: An analysis of macrobenthic spatial patterns at different scales in a Western Mediterranean coastal lagoon. *Marine Environmental Research.* 67. pp. 219–229.
- Tebble, N. (1966).** British bivalve seashells, a hand book for identification. HMSO. 212 p.
- Teske, P. & Wooldridge, T. (2003).** What limits the distribution of subtidal macrobenthos in permanently open and temporarily open/closed South African estuaries- Salinity vs. sediment particle size. *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 57. pp. 225- 238.
- Tlig-Zouari, S. Mami, T. & Maamouri, F. (2007).** Structure et organisation des macro-invertébrés de la lagune Nord de Tunis (Tunisie). *Rapp. Comm. int. Mer Medit.* 38. 615p.
- Ushakov, P.V. (1955).** Polychaeta of far eastern seas of the USSR (in Russian). Keys to the fauna of USSR. Akad Nauk. USSR, Leningrad n°56. pp. 203-297.

Verschuren, D. et al. (2000). Effect of depth, salinity, and substrate on the invertebrate community of a fluctuating tropical lake. *Ecology*. 61. pp. 70-82.

Zine, N.E & Menioui, M. (1998). Amplitude d'habitat et diversité faunistique du peuplement malacologique d'une lagune méditerranéenne (Lagune de Nador, Maroc). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 35. pp. 308- 309.

Annexes

ANNEXE 01 : Les cordonnées météorologiques de la région d'El-Kala (El-Tarf). (Office National de Météorologie)

Mois	Précipitation mensuelle (mm)	Température moyenne (°C)	Températures minimales (°C)	Températures maximales (°C)	Vitesses moyenne du vent (m/s)
mai-11	57,4	18,6	13,3	23,8	3,7
juin-11	6,9	21,4	16,2	26,7	3,8
juil-11	3,6	25	19,5	30,6	4,2
août-11	0	25,4	19,2	31,5	3,8
sept-11	36,9	24	18,9	29	3,9
oct-11	108,6	20,2	14,8	25,5	3,9
nov-11	57,4	16,6	11,8	21,4	3,1
déc-11	85	13,3	8,9	17,7	4,2
janv-12	34,9	11,9	7,7	16	4,2
févr-12	172,4	9	5	13	4,6
mars-12	50,6	13,8	8,8	18,8	3,4
avr-12	49,8	16,2	10,8	21,6	3,6

ANNEXE 02 : Protocoles d'analyse des sels nutritifs

1. Orthophosphates :

Réactifs :

- Acide ascorbique ;
- Acide sulfurique ;
- Dihydrogénophosphate de potassium anhydre ;
- Hepomolybdate d'ammonium tétra hydraté ;
- Oxytartrate d'antimoine ;
- Thiosulfate.

Acide sulfurique 2,9 mol/l :

- Ajouter 160 ml d'acide sulfurique (1,84 kg/l ; 98,2 g/mol ; 18 mol/l) dans 840 ml d'eau distillée.

Cette solution se conserve indéfiniment.

Réactif 1 : solution acide d'acide ascorbique

- Dissoudre 5 g d'acide ascorbique dans 100 ml d'acide sulfurique 2,9 mol/l.

Cette solution est stable quelques semaines au réfrigérateur.

Réactif 2 : solution acide de molybdène et d'antimoine

- Dissoudre 13 g de molybdène d'ammonium dans 450 ml d'acide sulfurique 2,9 mol/l ;
- Dissoudre 0,3 d'oxytartrate d'antimoine dans 50 ml d'eau distillée et l'ajouter à la solution de molybdène d'ammonium.

Cette solution est stable quelques mois à température ambiante.

Solution de thiosulfate :

Cette solution n'est à préparer que si l'interférence de l'arséniate doit être éliminée.

- Dissoudre 2,4 g de thiosulfate dans 100 ml d'eau distillée.

Conserver cette solution en flacon de verre au réfrigérateur et la renouveler toutes les deux semaines.

Solution étalon concentrée de phosphate à 5000 $\mu\text{mol/l}$:

- Sécher du dihydrogénophosphate de potassium à 105°C pendant 1 heure.
- Dissoudre 0,6805 g pour 1000 ml d'eau distillée.
- Transférer la solution dans un flacon en verre ou en plastique.

1ml contient 5 μmole de phosphate.

Cette solution se conserve plus d'un an à température ambiante et à l'abri de la lumière.

Solution étalon diluée de phosphate à 50 $\mu\text{mol/l}$:

- Diluer 100 fois la solution étalon concentrée soit 1ml de la solution mère dans 100 ml d'eau distillée.

1ml contient 0,05 μmole de phosphate.

Cette solution se conserve quelques jours au réfrigérateur.

Etalonnage :

- Introduction de 0,5 – 1 – 2,5 – 5 – 10 – 25 – 50 – 100 – 250 ml de la solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau de mer filtrée soit une gamme de concentration de 0,5 – 1 – 2,5 – 5 – 10 – 25 – 50 – 100 – 250 $\mu\text{mol/l}$.
- Analyser à 880 nm les différentes solutions, ainsi que l'eau distillée, l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon et es réactifs.
- La courbe d'étalonnage établit (fig.8) a pour équation : $y = 0,0098x$ avec $R^2 = 0,9803$

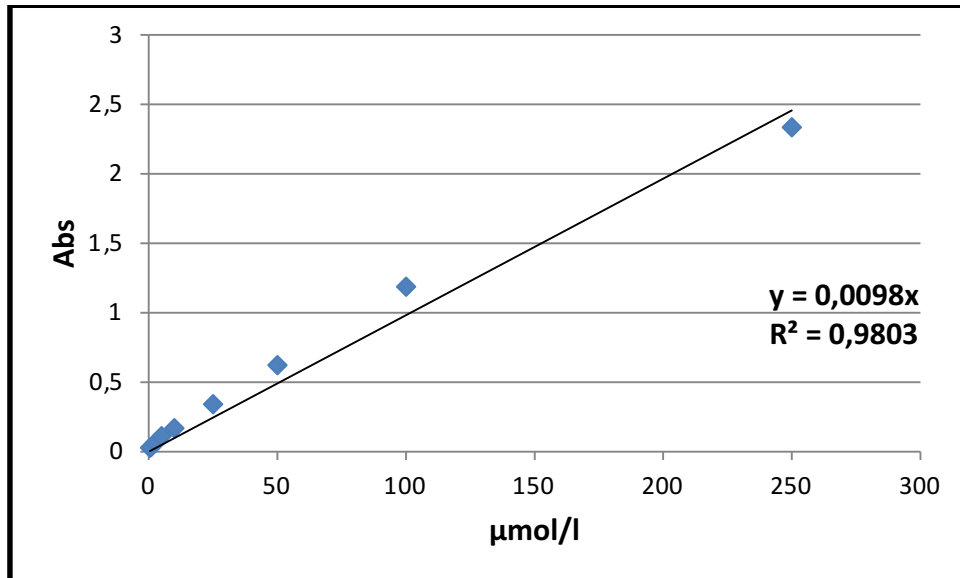


Figure 08 : Courbe d'étalonnage des Orthophosphates

Mode opératoire :

- La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 30°C.
- Mesurer 50 ml d'échantillon.
- Ajouter 2 ml du réactif 1 et mélanger.
- Ajouter fonction des échantillons 0,5 ml de thiosulfate et mélanger et laisser agir 15 minutes.
- Ajouter 2 ml du réactif 2 et mélanger.
- Laisser agir 5 mn mais pas plus de 2 heures.

Mesurer l'absorbance à 880 nm

2. Nitrites :

Réactifs :

- Acide chlorhydrique ;
- Dichlorohydrate de N-(1-naphtyl) – éthylène diamine ;
- Nitrite de sodium ;
- Sulfanilamide.

Réactif 1 : solution de sulfanilamide

- 100 ml d'acide chlorhydrique concentré dans 500 ml d'eau distillée ;
- Dissoudre 10 g de sulfanilamide dans cette solution ;
- Compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.

Cette solution est stable plusieurs mois à l'abri de la lumière.

Réactif 2 : solution de N-(1-naphtyl) – éthylène diamine

- Dissoudre 1 g de dichlorohydrate de N-(1-naphtyl) – éthylène diamine dans 1 litre d'eau distillée.

Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière. La renouveler tous les mois ou dès qu'il s'y développe une coloration brune.

Solution étalon primaire de nitrite :

- Sécher à 100°C pendant 1 heure du nitrite de sodium ;
- 0,345 g dans de l'eau distillée ;
- Compléter à 1 litre.

1 ml contient 5 μmol de nitrite.

Conserver à l'abri de la lumière et à température ambiante, cette solution est stable plusieurs mois.

Solution étalon secondaire de nitrite :

- Diluer 100 fois la solution étalon primaire pour obtenir la solution secondaire soit 1ml d'étalon primaire dans 100ml d'eau distillée.

1 ml contient 0,05 μmole de N-NO_2^- .

Cette solution doit être préparée extemporanément : elle ne se conserve que quelques heures.

Étalonnage :

- Introduire dans des fioles jaugées de 500 ml de 1 – 2 – 5 – 10 – 20 – 50 – 100 – 250 ml la solution secondaire de nitrite et compléter avec de l'eau de mer afin d'obtenir la gamme de concentration de 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 2 – 5 – 10 – 25 $\mu\text{mol/l}$.

Analyser à 543 nm les différentes solutions, ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

- La courbe d'étalonnage établit (fig.9) a pour équation : $y = 0,0463x$ avec $R^2 = 0,9949$

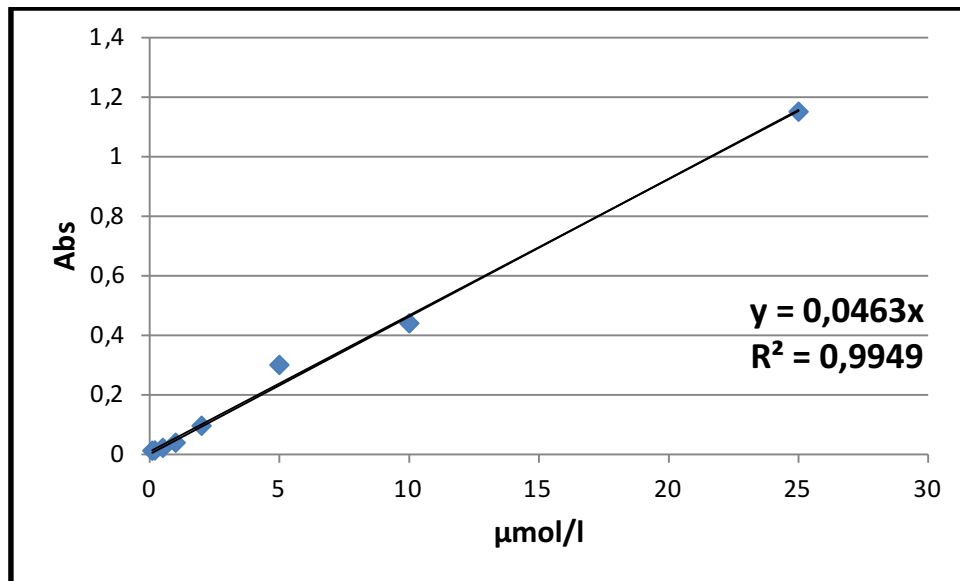


Figure 09 : Courbe d'étalonnage de Nitrite

Mode opératoire :

- 50 ml ± 1 ml d'échantillon ;
- 1 ml de réactif 1 et mélanger ;
- Laisser reposer 2 à 8 minutes ;
- 1 ml du réactif 2 et mélanger ;
- Attendre au moins 10 mn et au plus 1h ;
- Mesurer l'absorbance à 543 nm en prenant de l'eau distillée comme référence ;
- Mesurer le blanc de cuve (eau distillée), le blanc des réactifs et le blanc de l'échantillon (eau de mer).

3. Nitrates :

On mesure en réalité la somme des concentrations des ions nitrites et nitrates.

Par déduction de la concentration en nitrite, déterminée sans réduction, on obtient la concentration en nitrates.

Réactifs :

- Cadmium en grains de 0,5 à 2 mm.
- Acide chlorhydrique.
- Acide nitrique.
- Sulfate de cuivre.
- Chlorure d'ammonium.
- Hydroxyde de sodium.
- Solution tampon pH= 8,5.
- Sulfanilamide.
- N-naphtyl-éthylènediamine.

Solution d'acide chlorhydrique à 2 mol/l :

- 50 ml d'acide chlorhydrique ($d = 1,18$) dans 250 ml d'eau déminéralisée.

Solution d'acide nitrique à 0,3 mol/l :

- 10 ml d'acide nitrique ($d = 1,40$) dans 500 ml d'eau déminéralisée.

Solution de sulfate de cuivre à 0,08 mol/l :

- 4 g de sulfate de cuivre ($M = 249,7$ g/mol) dans 200 ml d'eau déminéralisée.

Solution de chlorure d'ammonium 4,5 mol/l :

- 240 g de chlorure d'ammonium ($M = 53,5$ g/mol) dans 1 l d'eau déminéralisée.
- Cette solution se conserve indéfiniment à température ambiante.

Solution d'hydroxyde de sodium à 0,43 mol/l :

- 17 g d'hydroxyde de sodium ($M = 40$ g/mol) dans 1 l d'eau déminéralisée.
- Cette solution se conserve indéfiniment en flacon de plastique à température ambiante.

Solution tampon pH=8,5 :

- Dans 500 ml d'eau déminéralisée, ajouter 10 ml de solution de chlorure d'ammonium puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium et mélanger.
- Conserver dans un flacon hermétiquement bouché (vapeur d'ammonium).

Préparation de la colonne réductrice de cadmium-cuivre (réduction des nitrates en nitrites) :

- Tamiser du cadmium en grains pour garder la fraction entre 0,5 et 2 mm ;
- Laver environ 50 g de grains à l'acide chlorhydrique (2mol/l) puis rincer à l'eau distillée ;
- Laver rapidement par l'acide nitrique (0,3 mol/l) puis rincer à l'eau distillée ;
- Laver à nouveau par l'acide chlorhydrique (2mol/l) pour chasser les ions NO_3^- et rincer abondamment à l'eau distillée ;
- Traiter le cadmium par 100 ml à 150 ml de solution de sulfate de cuivre. Dans un erlenmeyer agiter le cadmium avec cette solution et laisser en contact pendant plusieurs minutes, la solution se décolore, la renouveler ;
- Laver ensuite abondamment avec de l'eau distillée par débordement de l'erlenmeyer pour ne jamais mettre en contact le cadmium traité avec l'air jusqu'à ce qu'il n'y ait plus fines particules en suspension.

Remplissage de la colonne de cadmium :

- Mettre au bas de la colonne de la laine de verre pour retenir le cadmium ;
- Remplir complètement la colonne avec la solution tampon ;

- Remplir d'eau l'erenmeyer contenant le cadmium et lui adapter un bouchon muni d'un tube de verre, où l'eau doit remplir le tube ;
- Retourner l'erenmeyer sur la colonne sans y faire entrer d'air et faire tomber le cadmium petit à petit jusqu'à une hauteur de 15 à 25 cm tout en tapotant la colonne pour obtenir un tassement régulier ;
- Laver abondamment la colonne avec la solution tampon ;
- Laisser la colonne dans la solution tampon pendant 24h à 48h en renouvelant plusieurs fois la solution ;
- Avant la première utilisation passer sur la colonne 500 ml à 1 litre de solution tampon dopée à 100 μmole de nitrate (500 ml de solution tampon et ajouter 10 ml d'étalon de nitrate à 500 $\mu\text{mol/l}$).

Utilisation et entretien de la colonne :

- La colonne ne doit jamais être à sec ;
- Après chaque série d'analyse, rincer la colonne avec la solution tampon ;
- Si la colonne reste pendant plus d'une heure, la laver avec 50 ml d'une solution tampon avant d'y passer l'échantillon ;
- Chaque jour avant de commencer la série d'analyse passer sur la colonne 500 ml à 1 litre de solution tampon dopée à 100 μmole de nitrate (500 ml de solution tampon et ajouter 10 ml d'étalon de nitrate à 5000 $\mu\text{mol/l}$).

Régénération des réducteurs :

- Préparer à nouveau la colonne.

Solution de sulfanilamide (Réactif 1) :

- 100 ml d'acide chlorhydrique concentré ($d= 1,18$) dans environ 500 ml d'eau déminéralisée ;
- 10 g de sulfanilamide dans cette solution ;
- Compléter à 1 litre avec de l'eau déminéralisée ;
- Cette solution est stable à l'abri de la lumière plusieurs mois.

Solution N-Naphtyl-éthylène diamine (Réactif 2) :

- 1 g de dichlorohydrate de N-(1-naphtyl)-éthylène diamine dans 1 litre d'eau déminéralisée.
- Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière. Le renouveler tous les mois ou dès qu'il s'y développe une coloration brune.

Solution étalon primaire de nitrite :

- Sécher à 100°C pendant 1 heure du nitrite de sodium anhydre de pureté garantie ;
- 0,345 g dans de l'eau déminéralisée.
- Compléter à 1000 ml ;

- Conserver cette solution dans un flacon en verre ou en plastique à température ambiante à l'abri de la lumière ;
- 1 ml contient 5 μmole de N-NO_2^- .

Solution étalon primaire de nitrate :

- Sécher du nitrate de potassium anhydre à 105°C pendant 1 heure ;
- Dissoudre 0,506 g de nitrate de potassium dans 1 litre d'eau déminéralisée ;
- Ajouter 1 ml de chloroforme ;
- Conserver cette solution dans un flacon en verre ou en plastique, cette solution est stable au moins un an à température ambiante et à l'abri de la lumière sous réserve d'éviter l'évaporation ;
- 1 ml contient 5 μmole de N-NO_3^- .

Analyse de la concentration totale nitrite + nitrate :

- 100 ml d'échantillon ;
- Ajouter 2 ml de solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger ;
- Verser cette solution dans la colonne de cadmium et les laisser écouler ;
- Rejeter les 30 premières millilitres ;
- Rincer une éprouvette graduée de 50 ml avec quelques millilitres de la solution sortant de la colonne et recueillir 50 ml de l'effluent ;
- Ajouter aussitôt 1 ml du Réactif 1 et mélanger ;
- Laisser reposer 2 à 8 min ;
- Ajouter 1 ml du réactif 2 et mélanger ;
- Attendre au moins 10 min mais pas plus de 2 heures ;
- Mesurer l'absorbance à 543 nm par rapport à l'eau distillée.

Analyse des nitrites :

- 50 ml d'échantillon et ajouter 1 ml de la solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger ;
- Ajouter aussitôt 1 ml du réactif 1 et mélanger ;
- Laisser reposer 2 à 8 min ;
- Ajouter 1ml du réactif 2 et mélanger ;
- Attendre au moins 10 min mais pas plus de 2 heures ;
- Mesurer l'absorbance à 543 nm par rapport à l'eau distillée.

Etalonnage en nitrite :

- Introduire dans des fioles jaugées de 500 ml de 1 – 2 – 5 – 10 – 20 – 50 – 100 – 250 ml de la solution de nitrite et compléter avec de l'eau déminéralisée afin d'obtenir la gamme de concentration de 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 2 – 5 – 10 – 25 $\mu\text{mol/l}$;
- 50 ml de la gamme de concentration préparée et ajouter 1 ml de solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger ;

- Analyser à 543 nm les différentes solutions, ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

4. Ammonium :

Réactifs

- Citrate trisodique.
- Dichloroisocyanure de sodium (hypochlorite de sodium).
- Nitroprussiate de sodium.
- Phénol.
- Hydroxide de sodium.
- Sulfate d'ammonium.

Réactif 1 : solution de phénol-nitroprussiate :

- 65 g de phénol dans 800 ml d'eau distillée.
- Ajouter 1,5 g de nitroprussiate de sodium et compléter à 1000 ml.

Ce réactif doit être conservé au réfrigérateur et à l'abri de la lumière ; il n'est stable que quelques semaines et doit être renouvelé s'il prend une teinte verdâtre.

Solution alcaline complexante :

- 375 g de citrate trisodique et 30 g de soude dans 800 ml d'eau distillée.
- Compléter à 1000 ml.

Cette solution est stable plusieurs mois à température ambiante dans un flacon en plastique.

Réactif 2 : solution complexante au chlore :

- A la solution complexante, on ajoute 8 g de Dichloroisocyanurate de sodium par litre.

Conservée au réfrigérateur, cette solution est utilisable qu'une semaine.

Solution étalon primaire d'ammonium :

- Sécher 1h à 105°C de sulfate d'ammonium de pureté analytique et en dissoudre 0,661 g.
- 1000 ml d'eau distillée.

1ml de solution étalon contient 10 μ mole d'ammonium.

Cette solution est stable une année à une température ambiante et à l'abri de la lumière.

Solution étalon secondaire d'ammonium :

- Diluer 20 fois la solution étalon primaire de sulfate d'ammonium soit 50 ml de la solution mère dans 1000 ml d'eau distillée.

1ml de la solution secondaire contient 0,5 μ mole d'ammonium.

Cette solution est stable une journée.

Etalonnage :

- Introduction de 0,5 – 1 – 2,5 – 5 – 10 – 25 – 50 – 100 – 250 ml de la solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau de mer filtrée soit une gamme de concentration de 0,5 – 1 – 2,5 – 5 – 10 – 25 – 50 – 100 – 250 μ mol/l.
- Analyser à 630 nm les différentes solutions, ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.
- La courbe d'étalonnage établit (fig.10) a pour équation : $y = 0,0217x$ avec $R^2 = 0,9966$

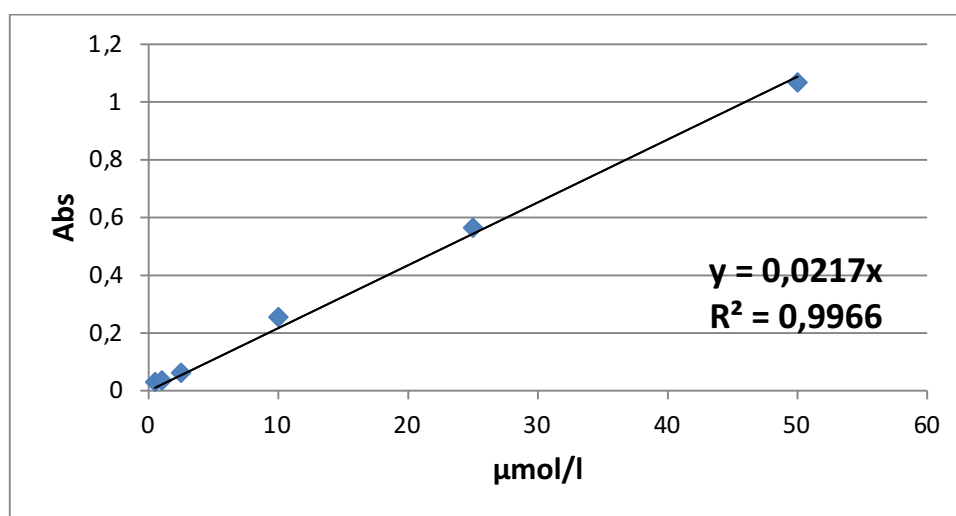


Figure 10 : Courbe d'étalonnage d'Ammonium

Mode opératoire :

- 100 ml \pm 5 ml de l'échantillon.
- Ajouter 3 ml de réactif 1.
- Boucher et agiter pour bien homogénéiser.
- Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 heures (ou mieux pendant une nuit) à température ambiante.
- Mesurer l'absorbance à 630 nm par rapport au blanc de cuve (eau distillée), au blanc de l'échantillon (eau de mer) et blanc de réactif (réactifs 1 et 2).

5. Silicates :

Réactifs :

- Acide ascorbique.
- Acide oxalique dihydraté.
- Acide sulfurique.

- Heptamolybdate d'ammonium tétra hydraté.
- Hexafluorosilicate de sodium anhydre.

Acide sulfurique à 4,5 mol/l :

- Ajouter 250 ml d'acide sulfurique (1,84 kg/l ; 98,2 g/mol ; 18 mol/l) dans 750 ml d'eau distillée.

Cette solution se conserve indéfiniment en flacon de plastique.

Réactif 1 : solution acide de molybdate

- Dissoudre 60 g de molybdate d'ammonium pour analyse dans 400 ml d'eau distillée.
- Ajouter lentement la totalité de la solution de molybdate à 200 ml d'acide sulfurique 4,5 mol/l (ne pas diluer l'acide dans la solution de molybdate).

Cette solution est stable plusieurs mois à température ambiante dans un flacon de plastique et à l'abri de lumière.

Réactif 2 : solution d'acide oxalique

- Dissoudre 10 g d'acide oxalique dans 100 ml d'eau distillée.

Cette solution est stable indéfiniment à température ambiante et se conserve dans un flacon en plastique.

Réactif 3 : solution d'acide ascorbique

- Agiter 2,8 g d'acide ascorbique pour analyse dans 100 ml d'eau distillée, laisser décanter et prendre le surnageant.

Cette solution se conserve au réfrigérateur plusieurs semaines.

Solution étalon de silicate à 5000 µmol/l :

- Sécher l'hexafluorosilicate de sodium à 105°C pendant 1 heure.
- Dissoudre 0,9403 g d'hexafluorosilicate dans un litre d'eau.

1 ml contient 5 µmol/l de silicate.

Cette solution se conserve plusieurs années à température ambiante et à l'abri de la lumière.

Étalons à base d'hexafluorosilicate de sodium :

- Introduire de 1 – 2 – 5 – 10 – 20 – 50 ml de la solution étalon dans des fioles en plastique et compléter à 500 ml avec de l'eau déminéralisé filtré soit une gamme de concentration 10 – 20 – 50 – 100 – 200 – 500 µmol/l.
- Analyser à 810 nm les différentes solutions, ainsi l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.
- La courbe d'étalonnage établit (fig.11) a pour équation : $y = 0,0181x$ avec $R^2 = 0,9859$

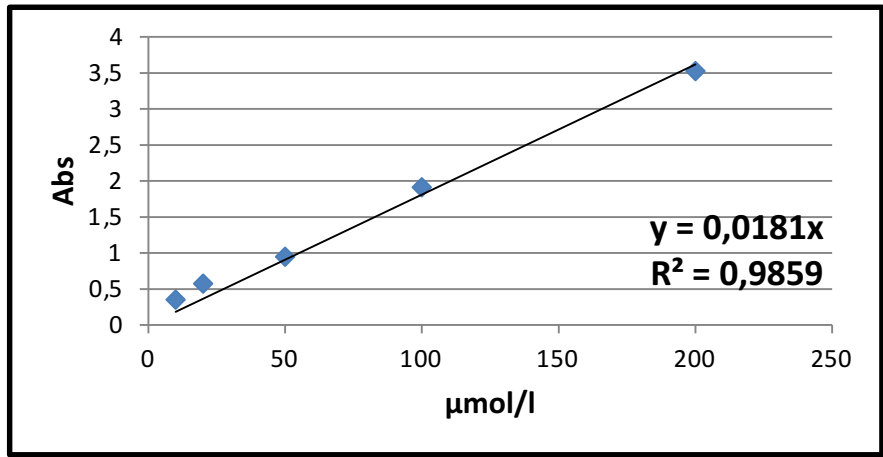


Figure 11 : Courbe d'étalonnage de Silicate

Mode opératoire :

- La température doit être comprise entre 19 et 25°C.
- Introduire dans une éprouvette en plastique 50 ml de l'échantillon.
- Ajouter 2 ml du réactif 1 et mélanger.
- Attendre 7 minutes au moins et 13 minutes au plus.
- Ajouter 2 ml de réactif 2 et mélanger.
- Ajouter 1 ml de réactif 3 et mélanger.
- Attendre 30 minutes à 2 heures et mesurer l'absorbance par rapport à l'eau distillée, l'échantillon et les réactifs à 810 nm.

i. Calcul et expression des résultats :

- Les absorbances

A_{tr} : Absorbance mesurée pour l'échantillon traité (après correction du blanc des cuves).

b_t : Absorbance mesurée pour la turbidité (après correction des blancs des cuves).

b_r : Absorbance mesurée pour le blanc des réactifs (après correction des blancs des cuves).

$$A = A_{tr} - b_t - b_r$$

(Pour chaque élément nutritifs), reportée sur la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration de l'échantillon.

R : Le rendement de réduction des ions nitrate en nitrite ($R \leq 1$).

r : la fraction des ions nitrites non réduits par la colonne ($r \leq 1$).

P : C'est la pente de courbe d'étalonnage pour chaque élément nutritif.

- Les concentrations

$$[N-NO_2^-] (\mu\text{mol/l}) = A/P$$

$$[NO_3^-] (\mu\text{mol/l}) = [NO_2^- + NO_3^-] \mu\text{mol/l} * 1/R - [NO_2^-] \mu\text{mol/l} * r/R$$

Remarque :

$[NO_2^-]$ est connu par mesure directe sur l'échantillon non passé sur la colonne.

Dans la plus part des cas le rapport r/R peut être pris égal à l'unité.

$$[PO_4^{3-}] (\mu\text{mol/l}) = A/P$$

$$[SiO_2^-] (\mu\text{mol/l}) = A/P$$

ANNEXE 03 : Les absorbances des gammes étalons des différents échantillons.

Nitrites		Nitrates		Ammonium		Phosphate		Silicate	
S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
0,066	0,064	0,11	0,101	0,153	0,114	0,128	0,067	0,228	0,258
0,041	0,038	0,061	0,068	0,122	0,127	0,143	0,068	0,105	0,107
0,04	0,038	0,06	0,059	0,154	0,151	0,072	0,071	0,52	0,223
0,043	0,04	0,058	0,067	0,176	0,138	0,058	0,065	0,579	0,289
0,036	0,037	0,062	0,058	0,523	0,173	0,062	0,068	0,639	0,345
0,036	0,038	0,063	0,065	0,222	0,404	0,057	0,073	0,949	0,432
0,066	0,045	0,064	0,058	0,354	0,253	0,06	0,059	1,202	1,304
0,05	0,049	0,079	0,095	0,1	1,326	0,062	0,065	0,568	0,756
0,013	0,006	0,089	0,003	0,089	0,122	0,058	0,063	0,21	0,251
0,006	0,004	0,008	0,127	0,369	0,318	0,061	0,06	0,397	0,456
0,003	0,009	0,077	0,111	0,223	0,119	0,062	0,062	0,084	0,154
0,006	0,002	0,063	0,012	0,144	0,062	0,06	0,063	0,14	0,1

ANNEXE 04 : Les données des paramètres physico-chimiques mesurés au niveau de la station 01 et 02 du Lac Mellah.

	Température (°C)		Salinité (PSU)		OD (mg/l)	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
mai-11	23,5	27,6	23,2	22,8	2,59	2,8
juin-11	26,2	26,5	23,1	25,4	3,8	3,5
juil-11	32	28,6	27,9	28,1	8,35	8,32
août-11	30	34	30,9	31,1	8,5	8,57
sept-11	28,5	28	31,9	33,3	7,05	7,17
oct-11	24	25	33,2	34,1	6,63	5,7
nov-11	21	22	31	31,2	6,48	7,14
déc-11	11,1	10,5	23,8	8,5	4,24	4,21
janv-12	14	14,4	24,9	25	5,19	4,7
févr-12	12	13	14,4	14	4,2	4,02
mars-12	22	21	14,3	13,9	4,58	5,17
avr-12	17	17	14,7	15,1	8,18	4,39

	TO (%)		pH		MES (mg/l)	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
mai-11	34,89	40,42			0,0136	0,004
juin-11	53,65	50,32			0,0008	0,02
juil-11	133,20	125,79	8,3	8,14	0,0112	0,007
août-11	133,52	143,45	8,18	8,45	0,0146	0,0344
sept-11	108,68	110,49	8,13	8,15	0,0108	0,01
oct-11	95,44	83,91	8,26	7,99	0,0078	0,021
nov-11	87,28	98,06	8,09	8,03	0,0052	0,0032
déc-11	44,79	39,84	8,1	8,12	0,0116	0,079
janv-12	58,75	53,68	8,37	8,09	0,199	0,1994
févr-12	42,67	41,64	8,36	8,03	0,196	0,2072
mars-12	57,01	63,00	8,47	8,48	0,1986	0,2006
avr-12	92,56	49,80	8,3	8,18	0,2032	0,1996

ANNEXE 04 (suite) : Les données des paramètres physico-chimiques mesurés au niveau de la station 01 et 02 de Lac Mellah.

	MOP (mg/l)		MIP (mg/l)		MIP/MOP	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
mai-11	0,0064	0,0032	0,0072	0,0008	1,13	0,25
juin-11	0	0,0074	0,0008	0,0126	0,00	1,70
juil-11	0,0008	0,0016	0,0104	0,0054	13,00	3,38
août-11	0,012	0,017	0,0026	0,0174	0,22	1,02
sept-11	0,0006	0,0002	0,0102	0,0098	17,00	49,00
oct-11	0,0084	0,0174	0	0,0036	0,00	0,21
nov-11	0,008	0,0056	0	0	0,00	0,00
déc-11	0,0078	0,053	0,0038	0,026	0,49	0,49
janv-12	0,01	0,0066	0,189	0,192	18,90	29,09
févr-12	0,0068	0,0224	0,1892	0,1848	27,82	8,25
mars-12	0,012	0,0124	0,1866	0,1882	15,55	15,18
avr-12	0,0076	0,0132	0,1956	0,1864	25,74	14,12

	Chlorophyl a (µg/l)		Phéopigment (µg/l)		Nitrites (µmol/l)	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
mai-11	0,27	0,00	0,11	0,00	1,43	1,38
juin-11	0,00	0,00	8,20	2,06	0,89	0,82
juil-11	0,00	9,08	1,92	0,00	0,86	0,82
août-11	6,14	9,61	0,00	0,00	0,93	0,86
sept-11	8,01	1,60	0,00	0,00	0,78	0,80
oct-11	0,00	1,87	4,59	0,00	0,78	0,82
nov-11	0,00	0,00	5,45	0,56	1,43	0,97
déc-11	13,08	5,61	0,00	0,00	1,08	1,06
janv-12	9,35	0,00	0,00	3,42	0,28	0,13
févr-12	0,00	0,00	19,56	0,27	0,13	0,09
mars-12	0,00	2,67	0,88	0,00	0,06	0,19
avr-12	0,00	21,89	5,74	0,00	0,13	0,04

ANNEXE 04 (suite) : Les données des paramètres physico-chimiques mesurés au niveau de la station 01 et 02 de Lac Mellah.

	Nitrates ($\mu\text{mol/l}$)		Ammonium ($\mu\text{mol/l}$)		Phosphate ($\mu\text{mol/l}$)	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
mai-11	1,00	0,84	7,05	5,25	1,31	0,68
juin-11	0,46	0,68	5,62	5,85	1,46	0,69
juil-11	0,46	0,48	7,10	6,96	0,73	0,72
août-11	0,35	0,61	8,11	6,36	0,59	0,66
sept-11	0,59	0,48	24,10	7,97	0,63	0,69
oct-11	0,61	0,61	10,23	18,62	0,58	0,74
nov-11	0,00	0,31	16,31	11,66	0,61	0,60
déc-11	0,66	1,04	4,61	61,11	0,63	0,66
janv-12	1,68	0,00	4,10	5,62	0,59	0,64
févr-12	0,05	2,71	17,00	14,65	0,62	0,61
mars-12	1,63	2,25	10,28	5,48	0,63	0,63
avr-12	1,26	0,22	6,64	2,86	0,61	0,64

	Silicate ($\mu\text{mol/l}$)		MO séd %		Chloro-séd ($\mu\text{g/g}$)		Phéopigment séd ($\mu\text{g/g}$)	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
mai-11	12,60	14,25	1,46	0,55	0,60	2,54	0,00	0,99
juin-11	5,80	5,91	1,46	1,67	0,00	4,30	0,00	0,00
juil-11	28,73	12,32	1,86	2,49	0,75	0,00	0,00	0,00
août-11	31,99	15,97	1,35	1,58	4,30	1,57	1,64	0,00
sept-11	35,30	19,06	0,52	0,36	0,00	1,61	0,00	0,00
oct-11	52,43	23,87	1,62	0,4	0,00	5,87	0,00	0,00
nov-11	66,41	72,04	0,8	0,88	0,00	0,04	0,00	0,00
déc-11	31,38	41,77	0,79	0,66	0,00	0,41	0,00	0,00
janv-12	11,60	13,87	0,19	0,18	0,00	7,18	0,00	0,00
févr-12	21,93	25,19	0,15	0,25	0,00	0,04	0,00	0,62
mars-12	4,64	8,51	0,21	0,23	0,00	7,66	0,00	0,00
avr-12	7,73	5,52	0,12	0,29	0,00	1,35	0,00	0,00

ANNEXE 05 : Les données des paramètres physico-chimiques mesurés au niveau de la station 01 et 03 de Lac Mellah.

	Température (°C)		Salinité (PSU)		O.D (mg/l)		MES (mg/l)	
	S1	S3	S1	S3	S1	S3	S1	S3
mai-91	21,9	24	29,5	29	6,2	8,4	45	46,6
juin-91	27,5	28	30,5	30,4	6,4	6,6	31,5	39
juil-91	27	31	29,5	29	6,8	6,4	37	42,5
août-91	27,8	28,5	34,2	32,5	5,5	4,4	47,68	48,02
sept-91	14	15	31,9	31,2	6,8	8,8	46	39,5
oct-91	18	19,2	30,1	31	5	4,6	103	42,5
nov-91	15	15	31,2	32	7,6	7,4	34,16	36,88
déc-91	6,8	5	26	22	11,8	9,4	56	46,5
janv-92	0	5,5	18,2	20	16	12,8	42,1	32,5
févr-92	5	6,2	21,4	22,6	12	12,6	25,22	39,62
mars-92	14	15,5	20,8	17,8	8,9	6,2	12,6	91,11
avr-92	10,8	13	17,2	17,2	9,2	9,2	22,85	67,8

	MOP (mg/l)		MIP (mg/l)		MIP/MOP		MO SédI (%)	
	S1	S3	S1	S3	S1	S3	S1	S3
mai-91	26,7	27,43	18,3	19,17	0,69	0,70	1,86	2,86
juin-91	20,49	23,94	11,01	15,06	0,54	0,63	4,7	3,3
juil-91	24	24	13	18,5	0,54	0,77	5,23	3,09
août-91	36,8	41,1	10,88	6,92	0,30	0,17	2,6	3
sept-91	27	26,5	19	13	0,70	0,49	1,2	2,72
oct-91	31,5	7,5	71,5	35	2,27	4,67	2,62	2,93
nov-91	12,5	16,44	21,66	20,44	1,73	1,24	1,92	1,97
déc-91	37,5	23,5	18,5	23	0,49	0,98	0,81	0,52
janv-92	24,56	13,33	17,54	19,17	0,71	1,44	1,81	0,59
févr-92	17,14	23,22	8,08	16,4	0,47	0,71	0,84	0,62
mars-92	10,76	31,11	1,84	60	0,17	1,93	0,37	0,26
avr-92	4,89	13,17	17,96	54,63	3,67	4,15	0,51	0,69

**ANNEXE 06 : Les abondances et les dominances des différentes espèces
présentent au niveau de la station 01 et 02.**

Mois	mai-11			
	1		2	
Stations	A	D (%)	A	D (%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Abra ovata</i>	3	0,24	19	7,39
<i>Brachidontes marioni</i>	46	3,74	0	0,00
<i>Cerastoderma glaucum</i>	10	0,81	3	1,17
<i>Loripes lacteus</i>	730	59,30	208	80,93
<i>Ruditapes decussatus</i>	1	0,08	0	0,00
Sous total Bivalves	790	64,18	230	89,49
Gastéropodes				
<i>Cyclope neritea</i>	9	0,73	5	1,95
<i>Hydrobia ulvae</i>	232	18,85	0	0,00
Sous total Gastéropodes	241	19,58	5	1,95
Total Mollusques	1031	83,75	235	91,44
Polychètes				
<i>Capitella capitata</i>	6	0,49	0	0,00
<i>Lumbrineris latreilli</i>	4	0,32	6	2,33
<i>Nereis diversicolor</i>	0	0,00	16	6,23
Total Polychètes	10	0,81	22	8,56
Crustacés				
Amphipodes				
<i>Gammarus aequicauda</i>	41	3,33	0	0,00
<i>Microdentapus gryllotalpa</i>	33	2,68	0	0,00
Sous total Amphipodes	74	6,01	0	0,00
Isopodes				
<i>Idotea baltica</i>	60	4,87	0	0,00
<i>Sphaeroma hookeri</i>	55	4,47	0	0,00
Sous total Isopodes	115	9,34	0	0,00
Total Crustacés	189	15,35	0	0
Divers				
<i>Aphanus fasciatus</i>	1	0,08	0	0,00
Total Divers	1	0,08	0	0
Totaux	1231	100,00	257	100,00

ANNEXE 06 (suite) : Les abondances et les dominances des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

Mois	juin-11			
Stations	1		2	
	A	D(%)	A	D(%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Abra ovata</i>	3	0,20	2	0,83
<i>Brachidontes marioni</i>	42	2,78	2	0,83
<i>Cerastoderma glaucum</i>	12	0,79	33	13,64
<i>Loripes lacteus</i>	618	40,93	63	26,03
<i>Ruditapes decussatus</i>	1	0,07	1	0,41
Sous total Bivalves	676	44,77	101	41,74
Gastéropodes				
<i>Cyclope neritea</i>	76	5,03	19	7,85
<i>Hinia reticulata</i>	3	0,20	0	0,00
<i>Hydrobia ulvae</i>	634	41,99	0	0,00
Sous total Gastéropodes	713	47,22	19	7,85
Total Mollusques	1389	91,99	120	49,59
Polychètes				
<i>Capitella capitata</i>	58	3,84	19	7,85
<i>Nereis diversicolor</i>	63	4,17	103	42,56
Total Polychètes	121	8,01	122	50,41
Totaux	1510	100	242	100

ANNEXE 06 (suite) : Les abondances et les dominances des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

Mois	juil-11			
Stations	1		2	
	A	D (%)	A	D (%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Abra ovata</i>	6	0,24	23	2,84
<i>Brachidontes marioni</i>	26	1,04	2	0,25
<i>Cerastoderma glaucum</i>	6	0,24	13	1,60
<i>Loripes lacteus</i>	766	30,68	671	82,84
<i>Ruditapes decussatus</i>	2	0,08	1	0,12
Sous total Bivalves	806	32,28	710	87,65
Gastéropodes				
<i>Bulla striata</i>	3	0,12	0	0,00
<i>Cyclope neritea</i>	46	1,84	4	0,49
<i>Hydrobia ulvae</i>	1594	63,84	0	0,00
Sous total Gastéropodes	1643	65,80	4	0,49
Total Mollusques	2449	98,08	714	88,15
Polychètes				
<i>Capitella capitata</i>	6	0,24	37	4,57
<i>Lumbrineris latreilli</i>	3	0,12	4	0,49
<i>Nereis diversicolor</i>	39	1,56	55	6,79
Total Polychètes	48	1,92	96	11,85
Totaux	2497	100	810	100

ANNEXE 06 (suite) : Les abondances et les dominances des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

Mois	août-11			
Stations	1		2	
	A	D (%)	A	D (%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Brachidontes marioni</i>	33	3,39	4	2,40
<i>Cerastoderma glaucum</i>	7	0,72	25	14,97
<i>Loripes lacteus</i>	625	64,23	120	71,86
<i>Ruditapes decussatus</i>	2	0,21	2	1,20
Sous total Bivalves	667	68,55	151	90,42
Gastéropodes				
<i>Bulla striata</i>	3	0,31	1	0,60
<i>Cyclope neritea</i>	35	3,60	9	5,39
<i>Hinia reticulata</i>	1	0,10	0	0,00
<i>Hydrobia ulvae</i>	166	17,06	0	0,00
Sous total Gastéropodes	205	21,07	10	5,99
Total Mollusques	872	89,62	161,00	96,41
Polychètes				
<i>Capitella capitata</i>	0	0,00	5	2,99
<i>Nereis diversicolor</i>	0	0,00	1	0,60
Total Polychètes	0	0	6,00	3,59
Divers				
Nématodes ind.	101	10,38	0	0,00
Total Divers	101	10,38	0	0
Totaux	973	100	167	100

ANNEXE 06 (suite) : Les abondances et les dominances des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

Mois	sept-11			
Stations	1		2	
	A	D (%)	A	D (%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Abra ovata</i>	2	0,17	0	0,00
<i>Brachidontes marioni</i>	46	3,96	6	1,45
<i>Cerastoderma glaucum</i>	8	0,69	1	0,24
<i>Loripes lacteus</i>	456	39,21	171	41,30
<i>Ruditapes decussatus</i>	19	1,63	5	1,21
Sous total Bivalves	531	45,66	183	44,20
Gastéropodes				
<i>Bulla striata</i>	0	0,00	1	0,24
<i>Cyclope neritea</i>	9	0,77	5	1,21
<i>Hydrobia ulvae</i>	608	52,28	141	34,06
Sous total Gastéropodes	617	53,05	147	35,51
Total Mollusques	1148	98,71	330	79,71
Polychètes				
<i>Nereis diversicolor</i>	15	1,29	84	20,29
Total Polychètes	15	1,29	84	20,29
Totaux	1163	100	414	100

ANNEXE 06 (suite) : Les abondances et les dominances des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

Mois	oct-11			
Stations	1		2	
	A	D (%)	A	D (%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Abra ovata</i>	14	0,71	0	0,00
<i>Brachidontes marioni</i>	98	4,97	3	1,15
<i>Cerastoderma glaucum</i>	10	0,51	12	4,60
<i>Loripes lacteus</i>	1059	53,76	56	21,46
<i>Ruditapes decussatus</i>	4	0,20	0	0,00
Sous total Bivalves	1185	60,15	71	27,20
Gastéropodes				
<i>Cyclope neritea</i>	25	1,27	28	10,73
<i>Hinia reticulata</i>	6	0,30	1	0,38
<i>Hydrobia ulvae</i>	620	31,47	2	0,77
Sous total Gastéropodes	651	33,05	31	11,88
Total Mollusques	1836	93,20	102	39,08
Polychètes				
<i>Capitella capitata</i>	0	0,00	1	0,38
<i>Lumbrineris latreilli</i>	1	0,05	6	2,30
<i>Nereis diversicolor</i>	133	6,75	152	58,24
Total Polychètes	134	6,80	159	60,92
Totaux	1970	100	261	100

ANNEXE 06 (suite) : Les abondances et les dominances des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

Mois	nov-11			
Stations	1		2	
	A	D (%)	A	D (%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Brachidontes marioni</i>	0	0,00	31	7,64
<i>Loripes lacteus</i>	0	0,00	5	1,23
<i>Ruditapes decussatus</i>	0	0,00	0	0,00
Sous total Bivalves	0	0,00	36	8,87
Gastéropodes				
<i>Cyclope neritea</i>	0	0,00	6	1,48
<i>Hinia reticulata</i>	0	0,00	1	0,25
<i>Hydrobia ulvae</i>	0	0,00	6	1,48
Sous total Gastéropodes	0	0,00	13	3,20
Total Mollusques	0	0,00	49	12,07
Polychètes				
<i>Capitella capitata</i>	0	0,00	217	53,45
<i>Lumbrineris latreilli</i>	0	0,00	108	26,60
<i>Nereis diversicolor</i>	0	0,00	32	7,88
Total Polychètes	0	0,00	357	87,93
Totaux	0,00	0,00	406	100,00

ANNEXE 06 (suite) : Les abondances et les dominances des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

Mois	déc-11			
Stations	1		2	
	A	D (%)	A	D (%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Abra ovata</i>	43	1,85	1	0,36
<i>Brachidontes marioni</i>	168	7,24	12	4,32
<i>Cerastoderma glaucum</i>	4	0,17	25	8,99
<i>Loripes lacteus</i>	634	27,33	93	33,45
Sous total Bivalves	849	36,59	131	47,12
Gastéropodes				
<i>Cyclope neritea</i>	6	0,26	13	4,68
<i>Hinia reticulata</i>	5	0,22	2	0,72
<i>Hydrobia ulvae</i>	1349	58,15	10	3,60
Sous total Gastéropodes	1360	58,62	25	8,99
Total Mollusques	2209	95,22	156	56,12
Polychètes				
<i>Capitella capitata</i>	3	0,13	0	0,00
<i>Lumbrineris latreilli</i>	0	0,00	9	3,24
<i>Nereis diversicolor</i>	108	4,66	111	39,93
Total Polychètes	111	4,78	120	43,17
Crustacés				
Isopodes				
<i>Idotea baltica</i>	0	0,00	2	0,72
<i>Sphaeroma hookeri</i>	0	0,00	0	0,00
<i>Tanais cavolinii</i>	0	0,00	0	0,00
Sous total Isopodes	0	0,00	2	0,72
Total Crustacés	0	0,00	2	0,72
Totaux	2320	100	278	100

ANNEXE 06 (suite) : Les abondances et les dominances des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

Mois	janv-12			
Stations	1		2	
	A	D (%)	A	D (%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Abra ovata</i>	0	0,00	1	0,34
<i>Brachidontes marioni</i>	266	13,17	8	2,70
<i>Cerastoderma glaucum</i>	11	0,54	113	38,18
<i>Loripes lacteus</i>	718	35,54	28	9,46
<i>Ruditapes decussatus</i>	2	0,10	1	0,34
Sous total Bivalves	997	49,36	151	51,01
Gastéropodes				
<i>Cyclope neritea</i>	22	1,09	34	11,49
<i>Hinia reticulata</i>	3	0,15	2	0,68
<i>Hydrobia ulvae</i>	763	37,77	14	4,73
Sous total Gastéropodes	788	39,01	50	16,89
Total Mollusques	1785	88,37	201	67,91
Polychètes				
<i>Capitella capitata</i>	8	0,40	0	0,00
<i>Lumbrineris latreilli</i>	12	0,59	1	0,34
<i>Nereis diversicolor</i>	209	10,35	94	31,76
Total Polychètes	229	11,34	95	32,09
Crustacés				
Isopodes				
<i>Idotea baltica</i>	2	0,10	0	0,00
<i>Sphaeroma hookeri</i>	0	0,00	0	0,00
<i>Tanais cavolinii</i>	0	0,00	0	0,00
Sous total Isopodes	2	0,10	0	0,00
Total Crustacés	2	0,10	0	0
Divers				
<i>Sciona intistinalis</i>	4	0,20	0	0,00
Total Divers	4	0,20	0	0,00
Totaux	2020	100	296	100

ANNEXE 06 (suite) : Les abondances et les dominances des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

Mois	févr-12			
Stations	1		2	
	A	D (%)	A	D (%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Abra ovata</i>	0	0,00	4	1,20
<i>Brachidontes marioni</i>	837	42,57	6	1,81
<i>Cerastoderma glaucum</i>	30	1,53	44	13,25
<i>Loripes lacteus</i>	427	21,72	48	14,46
<i>Ruditapes decussatus</i>	2	0,10	1	0,30
Sous total Bivalves	1296	65,92	103	31,02
Gastéropodes				
<i>Bulla striata</i>	1	0,05	0	0,00
<i>Cyclope neritea</i>	3	0,15	23	6,93
<i>Hinia reticulata</i>	0	0,00	2	0,60
<i>Hydrobia ulvae</i>	537	27,31	11	3,31
Sous total Gastéropodes	541	27,52	36	10,84
Total Mollusques	1837	93,44	139	41,87
Polychètes				
<i>Capitella capitata</i>	4	0,20	4	1,20
<i>Lumbrineris latreilli</i>	7	0,36	0	0,00
<i>Nereis diversicolor</i>	116	5,90	187	56,33
Total Polychètes	127	6,46	191	57,53
Crustacés				
Isopodes				
<i>Idotea baltica</i>	2	0,10	0	0,00
<i>Sphaeroma hookeri</i>	0	0,00	1	0,30
<i>Tanais cavolinii</i>	0	0,00	1	0,30
Sous total Isopodes	2	0,10	2	0,60
Total Crustacés	2	0,10	2	0,60
Totaux	1966	100,00	332	100,00

ANNEXE 06 (suite) : Les abondances et les dominances des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

Mois	mars-12			
Stations	1		2	
	A	D (%)	A	D (%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Brachidontes marioni</i>	66	6,97	26	5,90
<i>Cerastoderma glaucum</i>	139	14,68	81	18,37
<i>Loripes lacteus</i>	569	60,08	164	37,19
<i>Ruditapes decussatus</i>	1	0,11	1	0,23
Sous total Bivalves	775	81,84	272	61,68
Gastéropodes				
<i>Cyclope neritea</i>	9	0,95	43	9,75
<i>Ceratum vulgatum</i>	2	0,21	0	0,00
<i>Hinia reticulata</i>	6	0,63	3	0,68
<i>Hydrobia ulvae</i>	88	9,29	14	3,17
Sous total Gastéropodes	105	11,09	60	13,61
Total Mollusques	880	92,93	332	75,28
Polychètes				
<i>Lumbrineris latreilli</i>	2	0,21	0	0,00
<i>Nereis diversicolor</i>	52	5,49	109	24,72
Total Polychètes	54	5,70	109	24,72
Crustacés				
Amphipodes				
<i>Corophium insidiosum</i>	3	0,32	0	0,00
<i>Microdentapus gryllotalpa</i>	3	0,32	0	0,00
Sous total Amphipodes	6	0,63	0	0,00
Isopodes				
<i>Idotea baltica</i>	6	0,63	0	0,00
Sous total Isopodes	6	0,63	0	0,00
Total Crustacés	12	1,27	0	0,00
Divers				
Aplisia ind.	1	0,11	0	0,00
Total Divers	1	0,11	0	0,00
Totaux	947	100	441	100

ANNEXE 06 (suite) : Les abondances et les dominances des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

Mois	avr-12			
Stations	1		2	
	A	D (%)	A	D (%)
Mollusques				
Bivalves				
<i>Brachidontes marioni</i>	144	15,70	14	3,38
<i>Cerastoderma glaucum</i>	120	13,09	71	17,15
<i>Loripes lacteus</i>	432	47,11	136	32,85
Sous total Bivalves	696	75,90	221	53,38
Gastéropodes				
<i>Ceratum vulgatum</i>	1	0,11	0	
<i>Cyclope neritea</i>	19	2,07	14	3,38
<i>Hinia reticulata</i>	3	0,33	2	0,48
<i>Hydrobia ulvae</i>	120	13,09	75	18,12
Sous total Gastéropodes	143	15,59	91	21,98
Total Mollusques	839	91,49	312	75,36
Polychètes				
<i>Capitella capitata</i>	10	1,09	3	0,72
<i>Lumbrineris latreilli</i>	1	0,11	1	0,24
<i>Nereis diversicolor</i>	14	1,53	98	23,67
Total Polychètes	25	2,73	102	24,64
Crustacés				
Isopodes				
<i>Idotea baltica</i>	53	5,78	0	0,00
Sous total Isopodes	53	5,78	0	0,00
Total Crustacés	53	5,78	0	0,00
Totaux	917	100	414	100

ANNEXE 07 : Les fréquences, les groupes écologiques et les groupes trophiques des différentes espèces présentent au niveau de la station 01 et 02.

	F (%)	G.E	G.T	
Mollusques				
Bivalves				
<i>Abra ovata</i>	50,00	LEE	DSS	Cste
<i>Brachidontes marioni</i>	91,67	LEE	S	Cste
<i>Cerastoderma glaucum</i>	91,67	LEE	S	Cste
<i>Loripes lacteus</i>	95,83	SVMC	DSS	Cste
<i>Ruditapes decussatus</i>	66,67	SVMC	S	Cste
Gastéropodes				
<i>Bulla striata</i>	20,83	LEE	H	R
<i>Ceratium vulgatum</i>	8,33	SVMC	H	R
<i>Cyclope neritea</i>	95,83	LEE	C	Cste
<i>Hinia reticulata</i>	58,33	LEE	C	Cste
<i>Hydrobia ulvae</i>	79,17	LEE	H	Cste
Polychètes				
Sédentaires				
<i>Capitella capitata</i>	58,33	Ip	DSS	Cste
Errantes				
<i>Lumbrineris latreilli</i>	58,33	LRE	C	Cste
<i>Nereis diversicolor</i>	87,50	LEE	DS	Cste
Crustacés				
Amphipodes				
<i>Corophium insidiosum</i>	4,17	LEE	SDS	R
<i>Gammarus aequicauda</i>	4,17	LEE	SDS	R
<i>Microdentopus gryllotalpa</i>	8,33	SVMC	C	R
Isopodes				
<i>Idotea baltica</i>	25,00	LEE	DS	Com
<i>Sphaeroma hookeri</i>	8,33	LEE	DS	R
<i>Tanais cavolinii</i>	4,17	LRE	DS	R
Divers				
<i>Aphanus fasciatus</i>	4,17	LEE	C	R
<i>Aplisia</i>	4,17	SVMC	H	R
Nématodes	4,17	LRE	DSS	R
<i>Sciona intestinalis</i>	4,17	LEE	S	R

ANNEXE 08 : Les indices biocénotiques au niveau de la station 01 et 02.

Mois	mai-11	juin-11	juil-11	août-11	sept-11	oct-11	nov-11	déc-11	janv-12	févr-12	mars-12	avr-12
Indice de Shannon	1,09	2,15	1,04	1,43	1,81	1,8	1,84	2,19	2,22	2,02	2,27	2,34
Indice d'équitabilité	0,42	0,72	0,33	0,48	0,6	0,57	0,61	0,66	0,67	0,56	0,76	0,74