

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur 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 POST-GRADUATION EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MAGISTER

ENVIRONNEMENT DE L'HYDROSPHERE

Sujet :

**Contribution à la connaissance de la macrofaune benthique
associée à *Caulerpa racemosa* dans la plage ouest de Sidi
Fredj**

Présenté par :

BAHRI Nabila

Soutenu le 23/02/2017 Devant le jury :

M ^{rs} BOULAHIDJ M	Professeur	(ENSSMAL)	Président
M ^{rs} SEMROUD R	Professeur	(ENSSMAL)	Examineur
M ^{rs} GRIMES S	Maître de Conférences	(ENSSMAL)	Examineur
M ^{me} OULD AHMED N	Maître de Conférences	(ENSSMAL)	Invitée
M ^{rs} REFES W	Maître de Conférences	(ENSSMAL)	Promoteur

Remerciement

Au terme de ce travail, je remercie Dieu le Tout Puissant pour m'avoir donné la force dans les moments difficiles et m'a permis de réaliser mon rêve.

Mes remerciements s'adressent à tous les membres de ce jury, pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger ce travail.

Je tiens, tout d'abord, à remercier vivement Monsieur REFES W. (Maitre de Conférences, ENSSMAL), d'avoir accepté d'encadrer et de diriger ce travail et de m'avoir donné l'opportunité d'acquérir une expérience enrichissante de par sa grande compétence, sa patience et ses précieux conseils. L'aboutissement de cette étude lui revient en grande partie.

J'exprime ma grande reconnaissance à Monsieur BOULAHID M. (Professeur, ENSSMAL), d'avoir eu l'amabilité de présider ce jury, et de m'avoir surtout donné l'occasion de continuer mes études en post-graduation. Je tiens à lui exprimer ma gratitude.

De même, je tiens à adresser ma profonde gratitude à Monsieur SEMROUD R. (Professeur, ENSSMAL), et à Monsieur GRIMES S. (Maitre de Conférences, ENSSMAL), pour l'intérêt qu'ils témoignent en acceptant d'examiner ce travail et de l'enrichir avec leur compétence indéniable dans le domaine de la biologie des organismes marins et de l'écologie des écosystèmes littoraux.

Je suis très honorée de la présence au sein du jury de Madame OULD AHMED N. (Maitre de Conférences, ENSSMAL). Ses critiques constructives me seront bénéfiques.

Mes remerciements vont également à toutes les personnes qui m'auront apporté leur aide et leur soutien aussi bien moral que physique, me voient leur offrir toute ma gratitude, particulièrement mes parents Saleh & Fatima, mes frères Yassine & Ayoub, et mes sœurs Noudjoud, Kenza & Meriem.

C'est un plaisir autant qu'un devoir d'exprimer mes chaleureux remerciements à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin, pour le bon déroulement ainsi qu'à la réalisation de ce modeste travail.

Liste des figures

Figure n°01: Situation géographique de la plage Ouest de Sidi Fredj (Google earth, 2015)	3
Figure n°02: Carte de localisation des stations A et B	4
Figure n°03: Courbe d'étalonnage d'Ammonium	10
Figure n°04: Courbe d'étalonnage des Nitrites	11
Figure n°05 : Courbe d'étalonnage des Orthophosphates	13
Figure n°06 : Courbe d'étalonnage des Silicates.....	14
Figure n°07 : Traitement des échantillons macrobenthiques au laboratoire	19
Figure n°08 : Détermination des espèces en utilisant la loupe binoculaire.....	19
Figure n°09 : Variation spatio-temporelle de la température	26
Figure n°10 : Variation spatio-temporelle de la salinité	27
Figure n°11: Positionnement des stations A et B par rapport au petit ruisseau dans la plage de thalassothérapie (Google earth, 2016)	28
Figure n°12: Variation spatio-temporelle de la concentration d'oxygène dissous.....	29
Figure n°13 : Variation spatio-temporelle de taux de saturation (O ₂ %)	29
Figure n°14 : Variation spatio-temporelle de potentiel d'hydrogène pH.....	30
Figure n°15 : Variation spatio-temporelle de la matière en suspension (MES).....	31
Figure n°16 : Variation spatio-temporelle de la matière organique particulaire (MOP).....	31
Figure n°17 : Variation spatio-temporelle de la matière inorganique particulaire (MIP)	32
Figure n°18 : Variation spatio-temporelle du rapport (MIP/MOP)	32
Figure n°19 : Variation spatio-temporelle de la chlorophylle-a	33
Figure n°20 : Variation spatio-temporelle de phéopigments	34
Figure n°21 : Variation spatio-temporelle de l'azote ammoniacal	35
Figure n°22 : Variation spatio-temporelle de l'azote nitreux	36
Figure n°23 : Variation spatio-temporelle de l'azote nitrique	36
Figure n°24 : Variation spatio-temporelle des orthophosphates	37
Figure n°25 : Variation spatio-temporelle des silicates	38
Figure n°26 : Pourcentages des fractions constitutives des sédiments récoltés à la station A	39
Figure n°27 : Pourcentages des fractions constitutives des sédiments récoltés à la station B.....	40
Figure n° 28 : Triangle granulométrique de Folk (1965) indiquant la nature sédimentaire des stations étudiées	41
Figure n°29 : Nombre de particules par classe de taille de la fraction grossière rencontrée au cours de la période d'étude au niveau de la station A	43
Figure n°30 : Nombre de particules par classe de taille de la fraction grossière rencontrée au cours de la période d'étude au niveau de la station B	43
Figure n°31 : Variation spatio-temporelle de la chlorophylle-a dans le sédiment.	46
Figure n°32 : Variation spatio-temporelle des phéopigments dans le sédiment.	47
Figure n°33: Evolution temporelle de nombre d'espèces (T) à la station A	49
Figure n°34: Evolution mensuelle de la dominance qualitative (DQ%) des différents groupes taxonomiques de peuplement macrophytique de la station A.	51
Figure n°35 : Evolution temporelle de la biomasse totale (BT) des macrophytes à la station A	51
Figure n°36 : Evolution mensuelle de la dominance quantitative (DB%) des différents groupes taxonomiques de peuplement macrophytique de la station A	52
Figure n°37 : Evolution temporelle du nombre d'espèces (T) à la station B	53
Figure n°38: Evolution mensuelle de la dominance qualitative (DQ%) des différents groupes taxonomiques de peuplement macrophytique de la station B	53

Figure n°39: Evolution temporelle de la biomasse totale (BT) des macrophytes à la station B.	55
Figure n°40 : Evolution mensuelle de la dominance quantitative (DB%) de différents groupes taxonomiques de peuplement macrophytique de la station B	55
Figure n°41 : Variation de la biomasse de l'herbier <i>Cymodocea nodosa</i> en présence de <i>Caulerpa racemosa</i> au niveau de la station A de juillet à décembre 2010	56
Figure n°42 : Schéma générale de <i>Caulerpa racemosa</i> récoltée au niveau de la station A	57
Figure n°43 : Evolution mensuelle de la biomasse de l'algue invasive <i>Caulerpa racemosa</i> entre juillet 2010 et juin 2011	58
Figure n°44 : Evolution de la répartition de <i>Caulerpa racemosa</i> entre 2006 et 2010 au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj (Boutarène & Ghanem, 2010).....	60
Figure n°45 : Contribution relative (%) des différents groupes taxonomiques.....	63
Figure n°46 : Contribution relative (%) des différents groupes zoologiques dans la station A	65
Figure n°47 : Contribution relative (%) de principales classes de différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station A.....	65
Figure n°48 : Contribution relative (%) des ordres correspondants aux différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station A	66
Figure n°49 : Densité (ind./m ²) des différents groupes zoologiques de peuplement de la station A	70
Figure n°50 : Dominance (%) des principales classes des différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station A	70
Figure n°51 : Dominance (%) des ordres correspondants aux différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station A	71
Figure n°52: Dominance (%) des principales espèces et des autres espèces du peuplement de la station A.....	73
Figure n°53 : Evolution mensuelle de nombre total d'espèces, des Mollusques, des Crustacés, des Polychètes, des Echinodermes, des Cnidaires et des Sipunculiens à la station A.	74
Figure n°54 : Evolution mensuelle de la densité totale et des différents groupes zoologiques de peuplement de la station A	76
Figure n°55 : Evolution mensuelle de la dominance des différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station A.....	77
Figure n°56 : Evolution temporelle des indices de diversité de Shannon H' et de l'équitabilité E dans la station A.	78
Figure n°57 : Contribution relative (%) des différents groupes zoologiques dans la station B.....	80
Figure n°58 : Contribution relative (%) de principales classes de différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station B	80
Figure n°59: Contribution relative (%) des différents ordres correspondants aux différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station B.....	81
Figure n°60 : Densité (ind./m ²) des différents groupes zoologiques de peuplement de la station B	85
Figure n°61 : Dominance (%) des principales classes des différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station B.....	85
Figure n°62 : Dominance (%) des ordres correspondants aux différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station B	86
Figure n°63 : Dominance (%) des principales espèces et des autres espèces du peuplement de la station B	88
Figure n°64 : Evolution mensuelle de nombre total d'espèces, des Mollusques, des Crustacés, des Polychètes, des Echinodermes, des cnidaires et des Sipunculiens à la station B	89

Figure n°65 : Evolution mensuelle de la densité totale et des différents groupes zoologiques de peuplement de la station B	91
Figure n°66 : Evolution mensuelle de la dominance des différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station B	92
Figure n°67 : Evolution temporelle des indices de diversité de Shannon H' et de l'équitabilité E dans la station B	93
Figure n°68: Plan (F1xF2) de l'analyse en composantes principales appliquée sur la matrice composée de 90 variables et 24 observations.	106
Figure n°69 : Plan (F1xF3) de l'analyse en composantes principales appliquée sur la matrice composée de 90 variables et 24 observations.	107
Figure n°70 : Dendrogramme obtenu par la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 49 espèces de la macrofaune récoltées dans les stations A et B.....	111

Liste des tableaux

Tableau n°01 : Les coordonnées géographiques (en DMS) des deux stations.	4
Tableau n°02 : Période d'échantillonnage au niveau des deux stations (A et B)	5
Tableau n°03 : Classes et dénominations granulométriques (d'après Chamley et Deconinck, 2011)	15
Tableau n°04 : Valeurs de S_o représentant les types de classement.....	17
Tableau n°05 : Valeurs de S_k représentant l'asymétrie du sédiment.....	17
Tableau n°06 : Nature des sédiments des stations A et B au cours de la période d'étude.	40
Tableau n°07 : Les valeurs de médiane et le type de sable caractérisant les substrats des stations A et B au cours de la période d'étude :	44
Tableau n°08 : Les valeurs de S_0 , et le type de classement caractérisant les substrats meubles des stations A et B au cours de la période d'étude :.....	44
Tableau n°09 : L'asymétrie ou la symétrie granulométrique caractérisant les sédiments prélevés des stations A et B au cours de période d'étude :	45
Tableau n°10 : Tableau comparatif du nombre d'espèces recensées dans autres études.	50
Tableau n°11 : Présence (x), nombre total de taxons (T) par mois sur les substrats meubles de la station B.	54
Tableau n°12 : Les résultats obtenus par les différentes études de la variation de nombre d'espèces (T) de macrophytobenthos entre les zones envahies par l'algue invasive <i>C. racemosa</i> et les zones non envahies	61
Tableau n°13 : Valeurs moyennes et (écarts-types) des descripteurs biologiques utilisées pour déterminer les différences entre le peuplement des macrophytes benthiques des stations A et B (T : nombre d'espèces, Bt : biomasse totale)	62
Tableau n°14 : Distribution du nombre d'espèces, de familles, d'ordres et de classes par groupe taxonomique.....	63
Tableau n°15 : Distribution du nombre d'espèces par groupe taxonomique pour le peuplement de la station A.	64
Tableau n°16 : Distribution de l'abondance, la densité et la dominance par groupe taxonomique pour le peuplement de la station A.	69
Tableau n°17 : Densité et Dominance des principales espèces et des autres espèces de peuplement de la station A.	72
Tableau n°18 : Distribution du nombre d'espèces par groupe taxonomique pour le peuplement de la station B.	79
Tableau n°19 : Distribution de l'abondance, la densité et la dominance par groupe taxonomique pour le peuplement de la station B	84
Tableau n°20 : Densité et Dominance des principales espèces et des autres espèces de peuplement de la station B.....	87
Tableau n°21 : Valeurs moyennes et (écarts-types) des descripteurs biologiques utilisées pour déterminer les différences entre le peuplement de la macrofaune benthique des stations A et B. ...	96
Tableau n°22 : Résultats obtenus par l'étude de Argyrou et al., 1999 ainsi que la présente étude de la dominance (%) des principaux groupes zoologiques lors de la présence et/ou de l'absence de l'algue invasive <i>C. racemosa</i>	98
Tableau n°23 : Extraction des composantes principales et les valeurs propres des trois axes retenus.....	99
Tableau n°24 : Contributions relatives (%) les plus importantes des variables aux trois axes.	100

Sommaire

Introduction	1
1 Matériel et méthodes.....	3
1.1 Présentation de la zone d'étude « Sidi Fredj ».....	3
1.2 Choix et localisation des stations.....	4
1.3 Stratégie d'échantillonnage.....	5
1.3.1 Prélèvement de l'eau	5
1.3.2 Prélèvement du sédiment.....	5
1.3.3 Prélèvement du benthos.....	5
1.4 Traitement des échantillons au laboratoire (Eau, sédiment et macrobenthos).....	6
1.4.1 Analyse physico-chimique de l'eau de mer.....	6
1.4.1.1 La température	6
1.4.1.2 La salinité	6
1.4.1.3 L'oxygène dissous.....	6
1.4.1.4 Le potentiel d'hydrogène (pH).....	6
1.4.1.5 Matière en suspension (MES), matière organique particulaire (MOP) et matière inorganique particulaire (MIP)	7
1.4.1.6 La chlorophylle-a et les phéopigments	7
1.4.1.7 Les sels nutritifs	9
1.4.1.7.1 L'ammonium (NH_4^+).....	10
1.4.1.7.2 Les nitrites (NO_2^-)	11
1.4.1.7.3 Les nitrates (NO_3^-).....	12
1.4.1.7.4 Les orthophosphates (PO_4^{-3})	12
1.4.1.7.5 Les silicates ($\text{Si}(\text{OH})_4$)	13
1.4.2 Analyse du sédiment.....	14
1.4.2.1 Granulométrie	15
1.4.2.1.1 Indice de classement So (sorting de Trask).....	16
1.4.2.1.2 Indice d'asymétrie SK (indice de Skewnes)	17
1.4.2.2 La chlorophylle-a et les phéopigments	17
1.4.3 Analyse du macrobenthos.....	18
1.4.3.1 Tri.....	18
1.4.3.2 Détermination des espèces	19
1.5 Traitement et analyse des données.....	20
1.5.1 La caractérisation de la macroflore benthique.....	20

1.5.1.1	Le coefficient (T)	20
1.5.1.2	Le coefficient (Q).....	20
1.5.1.3	La biomasse (B)	21
1.5.1.4	La dominance qualitative (DQ).....	21
1.5.1.5	La dominance quantitative (DB)	21
1.5.2	La caractérisation de la macrofaune benthique	21
1.5.2.1	Richesse spécifique (S)	21
1.5.2.2	Fréquence (F)	21
1.5.2.3	Abondance (A)	22
1.5.2.4	Dominance (D).....	22
1.5.2.5	Densité (d).....	22
1.5.2.6	Indices de diversité.....	22
1.5.2.6.1	Indice de diversité de Shannon – Weaver (H')	22
1.5.2.6.2	L'Equitabilité (E)	23
1.5.3	Analyses statistiques.....	24
1.5.3.1	Test de Student-Fisher.....	24
1.5.3.2	Analyse en composantes principales (ACP)	24
1.5.3.3	La méthode de classification hiérarchique ascendante (CHA)	25
1.5.3.4	Traitement informatique.....	25
2	Résultats et discussion.....	26
2.1	Caractéristiques physico-chimiques.....	26
2.1.1	La température (T).....	26
2.1.2	La salinité (S)	27
2.1.3	L'oxygène dissous (O_2)	28
2.1.4	Le potentiel d'hydrogène (pH)	29
2.1.5	Matière en suspension (MES), matière organique particulaire (MOP) et matière inorganique particulaire (MIP).....	30
2.1.6	La chlorophylle-a et les phéopigments.....	33
2.1.6.1	La chlorophylle-a	33
2.1.6.2	Les phéopigments.....	34
2.1.7	Les sels nutritifs.....	34
2.1.7.1	L'ammonium (NH_4^+).....	34
2.1.7.2	Les nitrites (NO_2^-)	35
2.1.7.3	Les nitrates (NO_3^-).....	36

2.1.7.4	Les orthophosphates (PO_4^{-3})	37
2.1.7.5	Les silicates (Si(OH)_4)	38
2.2	Analyse de sédiment.....	39
2.2.1	Résultats de l'analyse granulométrique.....	39
2.2.1.1	Composition du sédiment.....	39
2.2.1.2	Classes granulométriques des sédiments	42
2.2.1.2.1	La classe des graviers/galets	42
2.2.1.2.2	La classe des sables	43
2.2.1.2.2.1	Classement de sédiment	44
2.2.1.2.2.2	Asymétrie du sédiment	45
2.2.2	La chlorophylle-a et les phéopigments.....	45
2.3	Résultats de l'analyse du macrobenthos.....	48
2.3.1	Analyse de la macroflore benthique	48
2.3.1.1	Liste des espèces recensées.....	48
2.3.1.2	Evolution temporelle des macrophytes benthiques de la station A.....	49
2.3.1.2.1	Le coefficient T	49
2.3.1.2.2	Biomasse	51
2.3.1.3	Evolution temporelle des macrophytes benthiques de la station B.....	53
2.3.1.3.1	Le coefficient T	53
2.3.1.3.2	Biomasse	54
2.3.1.4	L'algue invasive <i>Caulerpa racemosa</i>	57
2.3.1.5	Comparaison entre les deux stations	61
2.3.2	Analyse de la macrofaune benthique.....	63
2.3.2.1	Inventaire faunistique globale	63
2.3.2.2	Etude structurale et temporelle de la macrofaune benthique	64
2.3.2.2.1	Caractéristiques générales du peuplement de la station A	64
2.3.2.2.1.1	Richesse spécifique	64
2.3.2.2.1.2	Fréquence des espèces.....	67
2.3.2.2.1.3	Densité et Dominance.....	69
2.3.2.2.2	Evolution temporelle du peuplement de la station A	74
2.3.2.2.2.1	Richesse spécifique	74
2.3.2.2.2.2	Densité et Dominance.....	75
2.3.2.2.2.3	Indices de diversité de Shannon et d'Equitabilité	78

2.3.2.2.3	Caractéristiques générales du peuplement de la station B	79
2.3.2.2.3.1	Richesse spécifique	79
2.3.2.2.3.2	Fréquences des espèces	82
2.3.2.2.3.3	Densité et Dominance.....	84
2.3.2.2.4	Evolution temporelle du peuplement de la station B	89
2.3.2.2.4.1	Richesse spécifique	89
2.3.2.2.4.2	Densité et Dominance.....	90
2.3.2.2.4.3	Indices de diversité de Shannon et d'Equitabilité	93
2.3.2.3	Comparaison entre les deux stations	94
2.3.2.4	Influence des variables environnementales sur la distribution spatio-temporelle des espèces macrobenthiques	99
2.3.2.4.1	Analyse en composantes principales.....	99
2.3.2.4.2	Classification ascendante hiérarchique	108
Conclusion		112
Références bibliographiques.....		115
Résumé		

Introduction

Introduction

Le terme benthos regroupe l'ensemble des organismes vivant en relation étroite avec les fonds subaquatiques (marins ou dulcicoles). Il regroupe notamment le phytobenthos (végétaux, dont les algues et les phanérogames) et le zoobenthos (animaux) (**Dauvin, 1997**).

Les espèces benthiques inféodées aux fonds marins, constituent un indicateur écologique fidèle puisqu'il intègre, sur place, toutes les conditions affectant son environnement. En effet, la somme des facteurs écologiques existant en un point quelconque du fond, détermine les possibilités d'existence des espèces et leur regroupement en unités de peuplements (**Cabioch & Gentil, 1978**).

De ce fait, L'évaluation du rôle des facteurs écologiques dans l'établissement et le maintien des populations est indispensable à la compréhension du fonctionnement des écosystèmes (**Rivain, 1983**). Les facteurs abiotiques qui correspondent aux paramètres physicochimiques du milieu, la profondeur et la granulométrie, d'après **Pérès & Picard (1964)**, sont souvent considérés comme les principaux facteurs qui structurent les communautés benthiques. C'est pourquoi l'une des priorités est de s'intéresser à ces variables environnementales.

La côte algérienne, possède une variabilité particulièrement importante de biocénoses benthiques, populations d'organismes à l'interface sédiment-masse d'eau.

Le zoobenthos, plus précisément la macrofaune, des fonds meubles de la côte algérienne est un thème qui a été abordé presque exclusivement sous les aspects systématique et inventaire des invertébrés benthiques, on cite quelques travaux plus anciens comme :

Le Danois (1925), Dieuzeïde et Roland (1956, 1957), Maurin (1962), Vaissière et Fredj (1963).

Les travaux de **Chevreaux (1909, 1910), Ruffo (1954), Bakalem et Dauvin (1995)** relatifs aux Crustacés Amphipodes et ceux de **Forest (1957), Sollaud (1957)** sur les Crustacés Décapodes. Ainsi que les travaux de **Weinkauff (1862, 1868), Dautzenberg (1895), Mars (1957)** sur les Mollusques.

Les études réalisées par **Bakalem (2008)** et par **Grimes (2010)** sont les plus récentes sur les peuplements benthiques des substrats meubles de la côte algérienne.

Au cours des dernières décennies, les bioinvasions marines et côtières représentent une menace pour les écosystèmes et la biodiversité indigène et provoquent des impacts économiques profonds (**Ribera & Boudouresque, 1995**). La mer méditerranée, en particulier les zones portuaires, sont considérées comme les régions les plus touchées par les invasions des espèces marines. Depuis 1990, la Chlorophyte *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* a colonisé 15 pays méditerranéens : Albanie, Algérie, Croatie, Chypre, France, Grèce, Italie, Libye, Malte, Monaco, Monténégro, Maroc (Communauté espagnole de Ceuta), Espagne, Tunisie, Turquie (**Verlaque et al., 2003**).

Caulerpa racemosa a été observée pour la première fois en Algérie en 2005, sans pour autant être abondante, c'est essentiellement depuis 2006, que l'ampleur de la propagation de *Caulerpa racemosa* a été mise en évidence (**Ould Ahmed & Meneisz, 2007**).

Dans le but d'enrichir de telles études, et dans le cadre de la connaissance de la biodiversité marine de la côte algérienne la présente étude a pour but d'établir un inventaire du macrobenthos peuplant les faciès à *Caulerpa racemosa* dans la plage ouest de Sidi Fredj, c'est là que cette algue invasive a été déjà signalée et s'est propagée depuis 2006 (**Ould Ahmed & Meneisz, 2007**).

Dans le cadre de ce travail, nous avons abordé, d'une part, une analyse temporelle (mensuelle) des peuplements macrobenthiques en deux stations préalablement choisies afin de comprendre comment se structurent et s'organisent les divers peuplements macrobenthiques dans le temps et dans l'espace, et d'autre part, on a tenté à mettre en évidence les principaux paramètres physicochimiques et édaphiques qui président ces répartitions.

Notre mémoire s'articulera selon les chapitres suivants :

- Matériel et méthodes en présentant la zone d'étude, la stratégie d'échantillonnage réalisée, le traitement des échantillons au laboratoire et l'analyse des données obtenues.
- Résultats et discussion en présentant les caractéristiques physico-chimiques des eaux surnageant les fonds étudiés, la nature exacte du substrat où est établi les organismes benthiques, l'inventaire de la flore et de la faune macrobenthiques et la caractérisation de ces peuplements par rapport à un cycle annuel d'échantillonnage et aux conditions environnementales qui régissaient sur ces fonds.

Matériel

&

Méthodes

1 Matériel et méthodes

1.1 Présentation de la zone d'étude « Sidi Fredj »

La région de Sidi Fredj fait partie du cadre géographique de la baie de Bou-Ismaïl et elle est située dans sa partie orientale à environ 20 Km à l'Ouest d'Alger (Figure n°01).

La presqu'île de Sidi Fredj (anciennement Sidi-Ferruch) est large d'environ 620m², il s'agit d'un îlot du socle relié au continent par un tombolo. La pointe de la presque île est formée par un promontoire rocheux. A ses extrémités est et ouest se trouvent respectivement la pointe du Marabout et la pointe de Saint-Janvier (**Taounza, 2011**).

L'analyse des données de la houle, réalisée par le laboratoire central d'hydraulique de France (L.C.H.F) pour la période allant de 1963 à 1970 dans la région de Sidi Fredj, montre qu'on ne peut considérer que deux périodes : la première période hivernale, avec une prédominance des houles d'ouest à nord-ouest et une deuxième période estivale avec prédominance des houles de nord-est à est. La situation géographique de la zone d'étude fait que la houle provenant du secteur nord-est déferle sur la partie externe de la pointe de la presqu'île et sur les îlots vers le sud-ouest tandis que le plan d'eau antérieur reste généralement calme (**Taounza, 2011**).



Figure n°01: Situation géographique de la plage Ouest de Sidi Fredj (Google earth, 2015)

D'après les valeurs du facteur hydrodynamique (FH), La presqu'île de Sidi Fredj est une zone soumise à un très fort hydrodynamisme, cette zone se caractérise par l'étroitesse du plateau continental à son niveau et l'existence de nombreux affleurements rocheux (Bakalem, 2008).

1.2 Choix et localisation des stations

Le choix du site a été pris en compte par rapport à la présence de l'algue invasive *Caulerpa racemosa*, cette dernière a été déjà signalée en 2005 dans la plage de thalassothérapie de Sidi Fredj (Ould Ahmed & Meneisz, 2007).

Pour cela deux stations ont été retenues pour effectuer nos prélèvements au niveau de la plage de thalassothérapie. Il s'agit de la station **A** et la station **B**, qui sont caractérisées par les coordonnées géographiques suivantes (Tableau n°01 et Figure n°02) :

Tableau n°01: Les coordonnées géographiques (en DMS) des deux stations.

Stations	Coordonnées géographiques		Profondeur (cm)
	Latitude / Nord	Longitude / Est	
Station A	36° 45' 35.87"N	2° 50' 28.15"E	50
Station B	36° 45' 35.94"N	2° 50' 28.13"E	50

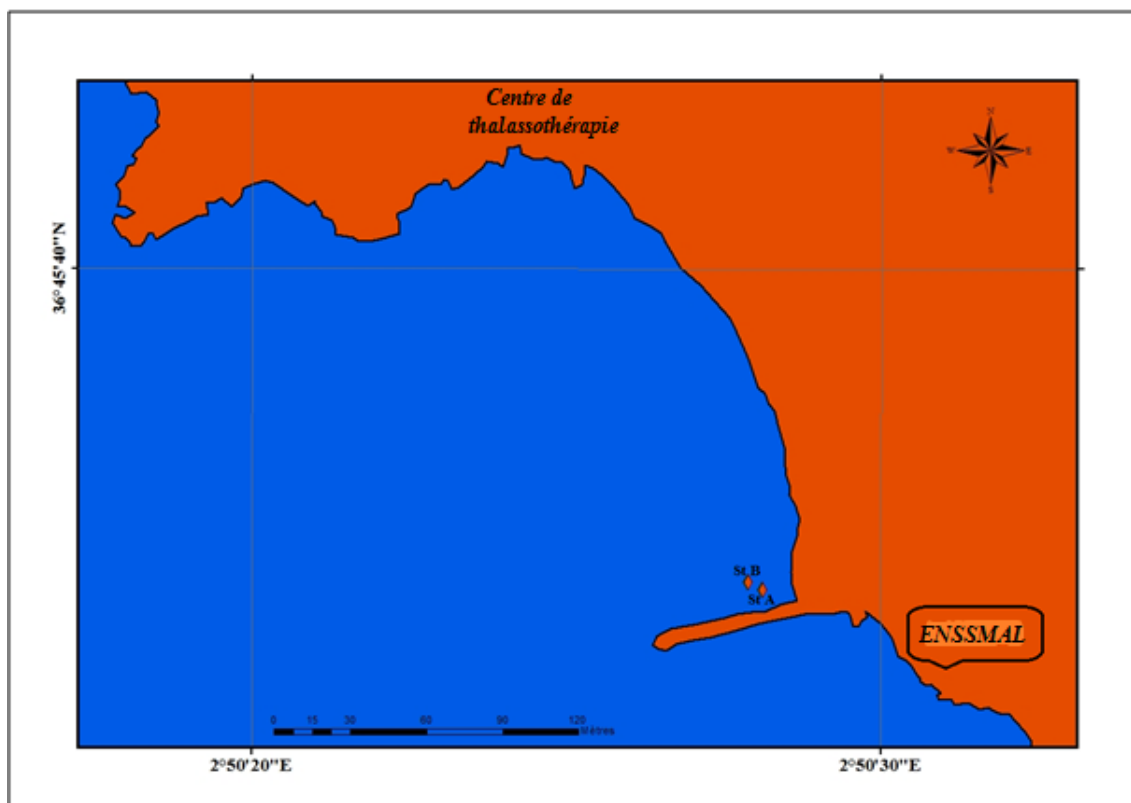


Figure n°02: Carte de localisation des stations A et B

1.3 Stratégie d'échantillonnage

Les opérations d'échantillonnage de l'eau de mer, de sédiment et de benthos ont été effectuées par **M^{rs} Refes W.** au niveau de chaque station (**A** et **B**), mensuellement au cours d'une année de juillet 2010 jusqu'à juin 2011 (Tableau n°02).

Tableau n°02: Période d'échantillonnage au niveau des deux stations (**A** et **B**)

N° de sortie	Date d'échantillonnage
1	13/07/2010
2	26/08/2010
3	14/09/2010
4	20/10/2010
5	29/11/2010
6	08/12/2010
7	03/01/2011
8	06/02/2011
9	06/03/2011
10	03/04/2011
11	04/05/2011
12	16/06/2011

1.3.1 Prélèvement de l'eau

Les prélèvements d'eau ont été réalisés à l'aide des bouteilles en polyéthylène de 2 litres, à une profondeur de (10-30) cm sous la surface de l'eau. Ces prélèvements ont été traités le jour même et analysés par **M^{rs} Refes W.**

1.3.2 Prélèvement du sédiment

Les prélèvements du sédiment ont été réalisés à l'aide d'un carottier en plastique dans une couche de 50 cm de profondeur. Les échantillons de sédiment ont été stockés dans des sacs en plastique, puis ont été congelés juste après l'échantillonnage.

1.3.3 Prélèvement du benthos

Dans la présente étude, la technique adoptée consiste à délimiter une surface de 1 m² à l'aide du quadrat (cadre métallique) fixé sur le fond. Le substrat est prélevé à chaque station, et mensuellement sur 50 cm de profondeur à l'aide d'un carottier (tube PVC).

Un premier tamisage est effectué à la station de Sidi Fredj sur une maille carrée d'1 mm de côté sous un jet d'eau ; le refus du tamis de chaque station est fixé au formol à 10%

(neutralisation) puis conservé dans des bocaux étiquetés portant toutes les indications relatives à chaque station.

1.4 Traitement des échantillons au laboratoire (Eau, sédiment et macrobenthos)

Dans cette présente étude, les analyses d'eau et de sédiment ont été réalisées en accompagnement de notre analyse macrobenthique, afin de corrélérer la variation des paramètres physico-chimiques de l'eau et les répartitions sédimentaires aux évolutions benthiques.

1.4.1 Analyse physico-chimique de l'eau de mer

La connaissance du milieu, à travers la mesure de ses caractéristiques physico-chimiques, est indispensable, et ceci pour mieux cerner leurs actions sur la structure et la composition des peuplements benthiques des différentes stations.

1.4.1.1 La température

La mesure de la température a été effectuée *in situ* à l'aide d'un oxymètre, conductimètre et pH mètre, où la moyenne des trois valeurs fut retenue et exprimée en °C.

1.4.1.2 La salinité

La mesure de la salinité a été effectuée *in situ* à l'aide d'un salinomètre du terrain (Cond 197) d'une précision de $\pm 0,5$ PSU (Particul Salinit Unit).

1.4.1.3 L'oxygène dissous

La mesure de l'oxygène dissous a été effectuée *in situ* par un oxymètre du terrain (type Oxi / WTW 197) de marque **Wissenschaftlich Technische Werkstätten « WTW »**.

La teneur de l'oxygène dissous est donnée en mg/l, ainsi que la température en °C avec une précision de $\pm 0,5$.

Le pourcentage de saturation est calculé à partir de la table de solubilité de l'oxygène selon la formule suivante (Annexe n°01) :

$$\text{Taux (\%O}_2\text{)} = (\text{Concentration mesurée} / \text{solubilité}) * 100$$

1.4.1.4 Le potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure du pH a été effectuée *in situ* par une sonde du pH mètre du terrain (type pH / mv mètre, WTW 197) d'une précision de $\pm 0,01$.

1.4.1.5 Matière en suspension (MES), matière organique particulaire (MOP) et matière inorganique particulaire (MIP)

La méthode consiste à filtrer 500ml de chaque prélèvement d'eau de mer sur membrane filtrante « filtre de Whatman de porosité 0.45 µm » afin de retenir toutes les particules de taille supérieure à 0,45µm.

Cette opération est faite grâce à un dispositif de filtration sous vide.

La membrane est séchée à l'étuve à 80°C pendant 24h et pesée 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**).

La concentration des MES est donnée par l'expression suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = (\text{P2} - \text{P1}) / \text{V}$$

P1 : Poids du filtre avant filtration (mg)
P2 : Poids du filtre après filtration (mg)
V : Volume filtré (l)

Le brûlage du filtre avec sa charge en MES séché pendant 2h à 450°C au four à moufle permet de connaître le poids de la matière organique particulaire (MOP) :

$$\text{MOP (mg/l)} = (\text{P2} - \text{P3}) / \text{V}$$

P2 : Poids du filtre avant brûlage (mg)
P3 : Poids du filtre après brûlage (mg)
V : Volume filtré (l)

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

$$\text{MIP (mg/l)} = \text{MES} - \text{MOP}$$

1.4.1.6 La chlorophylle-a et les phéopigments

La mesure de la concentration en chlorophylle-a, ainsi que celles de ces produits de dégradation, les phéopigments, est décrite selon la méthode de la spectrophotométrie (**Aminot et Kerouel, 2004**).

Protocole de dosage de la chlorophylle-a et les phéopigments

Après filtration d'un certain volume d'eau de mer (500 ml) pour concentrer le matériel particulaire, le filtre est immergé dans un solvant qui assure l'extraction des pigments, puis on

mesure l'absorbance de l'extrait à une ou plusieurs longueurs d'onde, par la méthode de spectrophotométrie monochromatique, avant et après acidification.

Appareillage

- Une pompe sous vide et une centrifugeuse
- Un spectrophotomètre de marque CECIL type CE 1021 séries 10000
- Des filtres Whatman (0,45µm) et des tubes en verre

Mode opératoire

- Filtrer 500ml d'eau de mer
- Après filtration, les filtres sont mis dans des tubes à centrifuger et ajouter 10ml d'acétone 90%.
- Déchiqueter les filtres
- Envelopper les tubes avec papier d'aluminium pour garder les filtres à l'abri de la lumière.
- Mettre les tubes dans le réfrigérateur pendant 24h à 5°C.
- Mettre les tubes dans la centrifugeuse.
- Mesurer les absorbances brutes des extraits non acidifiés selon la méthode de **LORENZEN** à deux longueurs d'onde : 665 et 750 nm.
- Acidifier par addition d'acide chlorhydrique 2 mol/l.
- Mesurer les absorbances brutes des extraits acidifiés à 665 et 750 nm.

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 (bc) puis on obtient les absorbances nettes en soustrayant les absorbances corrigés mesurés à 750 nm des absorbances mesurés à 665 nm, c'est-à-dire :

- ✓ Avant acidification :

$$A_{665}^{na} = (A_{\text{brut } 665}^{na} - bc_{665}) - (A_{\text{brut } 750}^{na} - bc_{750})$$

- ✓ Après acidification :

$$A_{665}^a = (A_{\text{brut } 665}^a - bc_{665}) - (A_{\text{brut } 750}^a - bc_{750})$$

- A_{665}^{na} : absorbance corrigée à 665nm avant acidification ;
 A_{665}^a : absorbance corrigée à 665nm après acidification ;
 Ab_{665}^{na} : absorbance de l'échantillon à 665nm avant acidification ;
 Ab_{665}^a : absorbance de l'échantillon à 665nm après acidification ;
 Ab_{750}^{na} : absorbance de l'échantillon à 750nm avant acidification ;
 Ab_{750}^a : absorbance de l'échantillon à 750nm après acidification ;
 bc_{665} : absorbance de banc de cuve à 665nm ;
 bc_{750} : absorbance de banc de cuve à 750nm.

Les concentrations de chlorophylle-a et de phéopigments se calculent par ces relations :

$$[\text{Chlorophylle-a}] (\mu\text{g/l}) = [27.7 * (A_{665}^{na} - A_{665}^a) * v] / (V * I)$$

$$[\text{Phéopigments}] (\mu\text{g/l}) = [27.7 * (1.7 * A_{665}^{na} - A_{665}^a) * v] / (V * I)$$

Où :

$$\left\{ \begin{array}{l} V: \text{Volume d'eau filtrée (l)} \\ v : \text{Volume de solvant d'extraction (ml)} \\ I : \text{longueur de trajet optique de la cuve de mesure (1cm)} \end{array} \right.$$

1.4.1.7 Les sels nutritifs

Les éléments nutritifs sont des descripteurs hydrologiques à l'étude ou la caractérisation d'un écosystème marin (Aminot et Kerouel, 2004).

La quantité de la lumière absorbé par la solution, appelé absorbance **A** ou densité optique (**DO**), obéit à la loi de BEER-LAMBERT qui est exprimé par la relation suivante :

$$A = DO = \log (I_0/I) = \epsilon.L.C$$

Avec :

I₀ et **I** : sont respectivement intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant

ε : le coefficient d'extinction molaire variant en fonction de la température et la longueur d'onde

L : la longueur du milieu traversé exprimé en cm.

C : concentration de la solution absorbante exprimé en mol/l

1.4.1.7.1 L'ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4). Dans les eaux estuariennes, l'ammonium est très prédominant, la forme (NH_3) est la plus toxique pour la vie aquatique (**Aminot et Kerouel, 2004**).

L'ammonium peut être donc un bon traceur de la pollution urbaine (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Mode opératoire

- 100 ml $\pm$ 5 ml de l'échantillon ;
- Ajouter 3ml du réactif 1 (Solution de phénol-nitroprussiate) ;
- Boucher et agiter pour bien homogénéiser ;
- Ajouter sans attendre 3ml de réactif 2 (solution complexante au chlore) ;
- Boucher et agiter à nouveau ;
- Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant une nuit à température ambiante ;
- Mesurer l'absorbance à 630 nm par rapport au blanc de cuve (eau distillé), un blanc de l'échantillon (eau de mer) et au blanc de réactif (1 et 2).

Etalonnage

- Introduire 0,5-1-2,5-5-10-25-50-100-250 ml de la solution étalon secondaire et compléter à 500ml avec l'eau de mer filtrée soit une gamme d'étalonnage (Figure n°03).
- Analyser à 630 nm les différentes solutions ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme d'étalonnage.

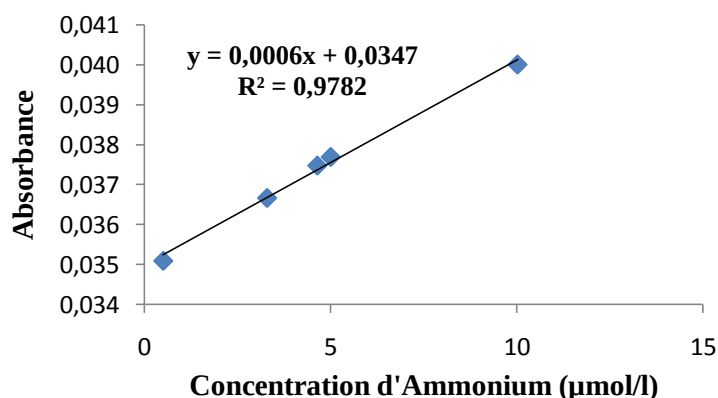


Figure n°03: Courbe d'étalonnage d'Ammonium

1.4.1.7.2 Les nitrites (NO_2^-)

Dans le cycle de l'azote, les ions nitrites sont des intermédiaires relativement fugaces entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates. Les zones de forte production primaire telles que les zones de remontée d'eau profonde (Upwelling) sont enrichies en nitrite provenant de l'excrétion ou de l'oxydation des composés azotés excrétés (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

La méthode présentée repose sur la colorimétrie issue de la réaction de GRISSE, très répondue et applicable avec du matériel courant de laboratoire (**Aminot et Kerouel, 2004**).

Mode opératoire

- 50ml $\pm$ 1ml d'échantillon ;
- Ajouter 1ml du réactif 1 (solution de sulfanilamide) et mélanger ;
- Laisser reposer 2 à 8 minutes ;
- Ajouter 1ml de réactif 2 (Solution de N-(1-naphtyl)-éthylène diamine) et mélanger ;
- Attendre au moins 10 minutes et au plus de 1h ;
- Mesurer l'absorbance à 543 nm, en prenant l'eau distillée comme référence ;
- Mesurer le blanc de cuve (eau distillée), le blanc des réactifs et de l'échantillon (eau de mer).

Etalonnage

- Introduire dans des fioles jaugées de 500ml de 1-2-5-10-20-50-100-250 ml de la solution secondaire de nitrite et compléter avec de l'eau de mer filtrée afin d'obtenir la gamme de concentration de 0,1-0,2-0,5-1-2-5-10-25 $\mu\text{mol/l}$ (Figure n°04).
- Analyser à 543 nm les différentes solutions ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

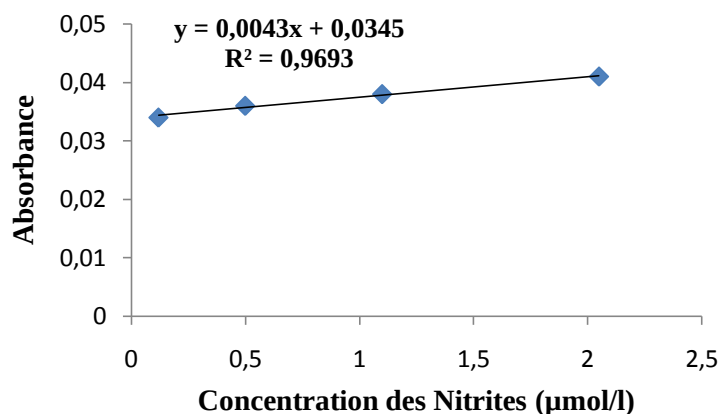


Figure n°04: Courbe d'étalonnage des Nitrites

1.4.1.7.3 Les nitrates (NO_3^-)

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse, il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton. Il est ensuite régénéré à partir des formes organiques, par les bactéries.

Lorsque la vitesse de régénération devient inférieure à la vitesse d'utilisation, les ions nitrates sont un facteur limitant de la croissance des algues (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

La méthode présentée repose sur la colorimétrie du composé de GRISSE obtenu avec le nitrite après réduction du nitrate en nitrite (**Aminot et Kerouel, 2004**).

Mode opératoire

C'est le même mode opératoire des nitrites, sauf avant la dernière étape de la mesure des absorbances il faut faire passer l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre.

Préparation de la colonne de cadmium

- Laver les granules avec de l'acide chlorhydrique 2mol/l, puis rincer à l'eau distillée ;
- Laver directement avec de l'acide nitrique 0.3mol/l puis rincer à l'eau distillée ;
- Laver une deuxième fois à l'aide de l'acide chlorhydrique 2mol/l pour éliminer le nitrite résiduel puis rincer abondamment à l'eau distillée ;
- Vider au maximum la colonne sans la laisser à l'air libre et ajouter sans attendre la solution de sulfate de cuivre et laisser en contact plusieurs minutes ;
- Laver abondamment la colonne avec de l'eau distillée ;
- Laver avec de la solution tampon pH=8.5 et laisser la colonne en milieu tampon pendant (24 à 28) heures ;
- Avant chaque série d'analyse qui dépasse 1heure, réactiver la colonne avec 250ml de tampon dopé à 100 $\mu\text{mol/l}$ de nitrate et rincer la colonne avec la solution tampon et la conserver dans son milieu.

1.4.1.7.4 Les orthophosphates (PO_4^{3-})

Les teneurs en orthophosphates sont normalement assez en surface en milieu océanique côtier non pollué. Les fortes concentrations sont un indice d'un enrichissement d'origine domestique et agricole, sont considérées comme à l'origine du phénomène de l'eutrophisation (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Mode opératoire

- La température des échantillons doit être entre 15°C à 30°C ;
- Mesurer 50ml de l'échantillon ;
- Ajouter 2 ml du réactif 1 (solution acide d'acide ascorbique) et mélanger ;
- Ajouter 0,5ml de thiosulfate et mélanger et laisser réagir 15 minutes) ;
- Ajouter 2 ml du réactif 2 (solution acide de molybdène et d'antimoine), et mélanger ;
- Laisser réagir 5 minutes mais pas plus de 30 minutes ;
- Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 880 nm.

Etalonnage

- Introduire 0,5-1-2,5-10-25-50-100-250 ml de la solution secondaire et compléter à 500ml avec de l'eau de mer filtrée soit une gamme de concentration de 0,5-1-2,5-5-10-25-50-100-250 $\mu\text{mol/l}$ (Figure n°05).
- Analyser à 880 nm les différentes solutions ainsi que l'eau distillée, eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

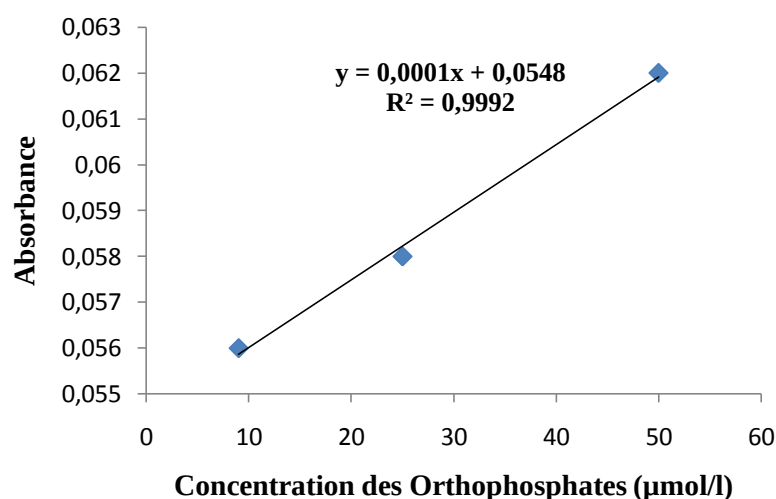


Figure n°05 : Courbe d'étalonnage des Orthophosphates

1.4.1.7.5 Les silicates (Si(OH)_4)

Le terme silicate désigne les formes dissoutes de l'ion orthosilicate SiO_4^- , la forme majoritaire dans l'eau de mer étant l'acide orthosilicique (Si(OH)_4), le silicate est fréquemment exprimé par cette forme (Aminot et Chaussepied, 1983).

Mode opératoire

- La température ambiante doit être comprise entre 19 et 25°C ;
- Introduire dans une éprouvette en plastique 50ml de l'échantillon ;
- Ajouter 2ml du réactif 1 (solution acide de molybdate) et mélanger ;
- Attendre 7 minutes au moins et 13 minutes au plus ;
- Ajouter 2ml du réactif 2 (solution d'acide oxalique) et mélanger ;
- Sans attendre ajouter 1ml du réactif 3 (Solution acide ascorbique) et mélanger ;
- Attendre 30 minutes à 2heures ;
- Mesurer l'absorbance par rapport à l'eau distillée, l'échantillon et les réactifs à 810 nm.

Etalonnage

- Introduire 1-2-5-10-20-50 ml de la solution étalon dans des fioles en plastiques et compléter à 500ml avec de l'eau de mer filtrée, soit une gamme de concentration de 10-20-50-100-200-500 µmol/l (Figure n°06).
- Analyser à 810 nm les différentes solutions, ainsi l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

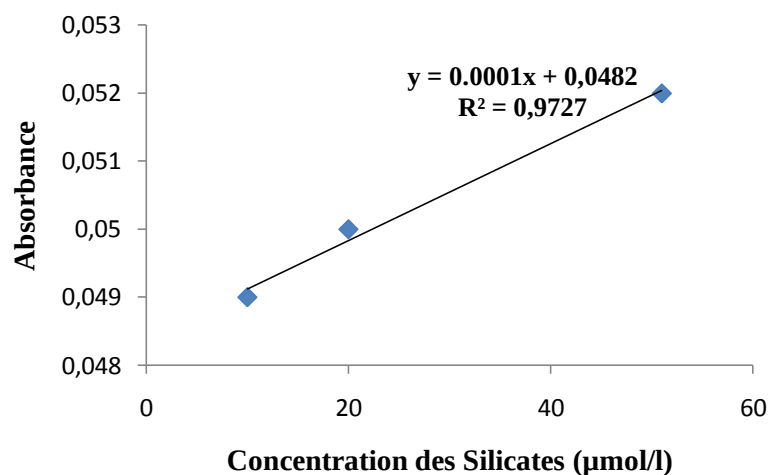


Figure n°06 : Courbe d'étalonnage des Silicates

1.4.2 Analyse du sédiment

L'étude des substrats est très importante dans l'étude du benthos. Ce facteur édaphique important permet l'installation d'une biocénose bien définie (**Picard, 1965**). Au départ, les échantillons prélevés de sédiment ont été décongelés, puis une quantité humide a été prise de

chaque échantillon pour l'estimation de la Chlorophylle-a et les phéopigments, le reste de sédiment a été séché dans l'étuve pour effectuer l'analyse granulométrique, qui a été réalisée par moi-même à l'exception de la chlorophylle dans le sédiment qui a été traité le jour même du prélèvement.

1.4.2.1 Granulométrie

La granulométrie est un procédé d'analyse qui permet d'étudier la répartition des sédiments en déterminant les diverses classes granulométriques. Les limites choisies pour cette étude sont celles définies par **Chamley et Deconinck (2011)** qui sont adaptées au sédiment marin basés sur la série AFNOR (voir Tableau n°03).

Tableau n°03 : Classes et dénominations granulométriques (d'après Chamley et Deconinck, 2011)

Dénomination			Classe granulométrique en mm (Série AFNOR)
RUDITES	BLOCS (<i>Boulders</i>)		> 250
	GROS CAILLOUX (<i>Cobbles</i>)		] 63 – 250]
	GRAVIERS (<i>Gravels</i>)		] 20 – 63]
	PETITS CAILLOUX (<i>Pebbles</i>)		] 4 – 20]
	GRANULES		] 2 – 4]
ARÉNITES	SABLES (<i>Sand</i>)	<i>Très Grossier</i>	] 1,25 – 2]
		<i>Grossier</i>	] 0,63 – 1,25]
		<i>Moyen</i>	] 0,315 – 0,63]
		<i>Fin</i>	] 0,125 – 0,315]
		<i>Très fin</i>	] 0,063 – 0,125]
PÉLITES	LIMONS (<i>Silts</i>)	<i>Grossier</i>	] 0,0400 – 0,063]
		<i>Moyen</i>	] 0,0200 – 0,0400]
		<i>Fin</i>	] 0,0100 – 0,0200]
		<i>Très Fin</i>	] 0,0040 – 0,0100]
	ARGILES (<i>Clays</i>)		] 0,0005 – 0,0040]

Le traitement des échantillons de sédiment prélevés des deux stations, qui sont destinés à l'analyse granulométrique est basé sur les étapes suivantes :

- Disposition des échantillons prélevés dans des boîtes de pétri numérotées ;
- Séchage à l'étuve à 80°C pendant 24h ;
- Prélèvement représentatif de 200g de sédiment de chaque échantillon (comme un poids initial) ;

- Tamisage de l'échantillon sec mécaniquement sur une colonne vibrante, durant 10 minutes sur la série des tamis choisis dont l'écartement des tailles se fait selon les normes AFNOR.

L'ordre des tamis par ordre de diamètres décroissant par unités de microns, est le suivant : 2500, 2000, 1600, 1000, 800, 630, 315, 160 ; 125

- Détermination des poids cumulés ;
- Détermination des pourcentages des refus cumulés ;
- Représentations des résultats sous forme des courbes cumulatives semi logarithmiques pour chaque station :
 - ✚ En abscisse logarithmique les diamètres des particules du sédiment.
 - ✚ En ordonnée le pourcentage pondéral des refus cumulés inférieur à une taille donnée.

La représentation graphique de la distribution de taille des particules sédimentaires (courbes cumulatives) nous permettra de caractériser le sédiment en définissant la médiane ou encore les quartiles grâce auxquels nous calculerons les indices granulométriques de classement et d'asymétrie où :

- ✚ **Le 1^{er} Quartile Q_{25}** : Correspond au diamètre du grain représentant 25 % en poids total du sédiment.
- ✚ **Le 2^{ème} Quartile Q_{50} (Médiane)** : La médiane correspond au diamètre du grain moyen représentant 50% en poids du sédiment (**Rivière, 1977**). La **médiane** d'un échantillon est donc le diamètre correspondant, sur la courbe cumulative, à l'ordonnée 50%.
- ✚ **Le 3^{ème} Quartile Q_{75}** : Correspond au diamètre du grain représentant 75 % en poids total du sédiment.

1.4.2.1.1 Indice de classement So (sorting de Trask)

L'indice de Trask (So) informe sur l'homogénéité des fractions sédimentaires composant un sédiment ; plus la valeur de cet indice est faible, plus le sédiment est bien trié, c'est-à-dire qu'il est homogène ; par les actions hydrodynamiques (Tableau n°04).

$$So = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$$

D'après (**Folk et Ward, 1976**), cet indice traduit les réponses du milieu sédimentaire vis-à-vis des apports ou des conditions hydrodynamiques.

Pour cet indice les valeurs présentées dans le tableau ci-dessous, tenant compte des limites de Trask (**Vatan, 1967**) définissent les différents types de classement.

Tableau n°04 : Valeurs de So représentant les types de classement

Valeur de So	1 - 1,5	1,5 - 2,5	2,5 – 3,5	3,5 – 4,5	> 4,5
Classement	Très bien classé	Bien classé	Moyennement classé	Faiblement classé	Mal classé

1.4.2.1.2 Indice d'asymétrie SK (indice de Skewnes)

D'après **Chamley (2000)**, l'asymétrie indique la prépondérance, ou non, de particules fines ou grossières, par rapport à la moyenne (Tableau n°05).

$$sk = \frac{Q_1 Q_3}{Q_2^2}$$

Tableau n°05 : Valeurs de Sk représentant l'asymétrie du sédiment

Valeur de SK	Signification
SK<1	Asymétrie vers les particules fines
SK=1	La symétrie est parfaite (homogène)
SK>1	Asymétrie vers les particules grossières

1.4.2.2 La chlorophylle-a et les phéopigments

La méthode spectrophotométrique décrite par **Plante-Cuny (1974)** a été utilisée pour le dosage des pigments de la chlorophylle a, et ses produits de dégradation, les phéopigments

Le sédiment est inséré dans un tube de 10cm et 6ml d'acétone 90% sont ajoutés. Le tube est agité, l'extraction se réalise sur des sédiments humides (3 à 5g approximativement respectivement pour les facies sableux et vaseux), la chlorophylle en solution aqueuse se dégrade rapidement en présence de la lumière et à la température ambiante, le rythme de dégradation peut être grandement réduit en conservant l'échantillon au froid et à l'obscurité donc il faut éviter d'exposer l'échantillon très longtemps à la lumière.

Mode opératoire

- Mettre l'appareil (spectrophotomètre) en marche environ 30min avant de procéder au dosage ;
- Sortir les échantillons du réfrigérateur ;
- Eviter d'exposer les échantillons à la lumière et procéder le plus rapidement possible afin de minimiser la dégradation de la chlorophylle-a par la lumière et la chaleur, L'échantillon est prêt pour passer au spectrophotomètre.

- Remplir la cuvette du spectrophotomètre avec environ 3ml de l'échantillon et prendre la lecture à 665nm puis 750nm ;
- Acidifier les échantillons avec 2 gouttes HCl₂ N/10ml et prendre de nouveau une lecture après 1min ;

La mesure de l'absorbance est effectuée avant acidification (mesure de la chlorophylle-a) et après une acidification qui transforme toute la chlorophylle-a en phéopigments.

Les concentrations en chlorophylle-a et en phéopigments sont calculées à partir des équations de **Lorenzen** adaptées aux sédiments par **Plante-Cuny (1974)**.

$$[\text{Chlorophylle-a}] (\mu\text{g/g}) = [26.7 * (A_{665}^{\text{na}} - A_{665}^{\text{a}}) * m_h] / (m_s * I)$$

$$[\text{Phéopigments}] (\mu\text{g/g}) = [26.7 * (1.7 * A_{665}^{\text{na}} - A_{665}^{\text{a}}) * m_h] / (m_s * I)$$

Où

$$\left\{ \begin{array}{l} I : \text{longueur de trajet optique de la cuve de mesure (1cm)} \\ m_h : \text{masse du sédiment humide (g/cm}^3\text{)} \\ m_s : \text{masse du sédiment sec (g)} \end{array} \right.$$

Les résultats ont été exprimés en $\mu\text{g/g}$.

1.4.3 Analyse du macrobenthos

1.4.3.1 Tri

Les échantillons fixés au formol sont d'abord rincés sous un faible débit d'eau du robinet, sur un tamis d'un mm de côté de maille (limite dimensionnelle de la macrofaune benthique).

Ensuite, le refus du tamis est versé dans un bac à fond blanc (effet de contraste). Le tri proprement dit s'opère à l'aide des pinces et consiste à recueillir les différentes espèces et les séparer en macrophytobenthos et en macrozoobenthos (Figure n°07).

Après, un deuxième tri a été effectué afin de séparer les espèces macrophytobenthiques (Macroalgues et Phanérogames marines), et les espèces macrozoobenthiques en Polychètes, Mollusques, Crustacés, Echinodermes et autres groupes.

Enfin, ces espèces triées sont conservées dans des bocaux contenant du formol à 10% et portant une étiquette indiquant le groupe zoologique, la station et la date de prélèvement.

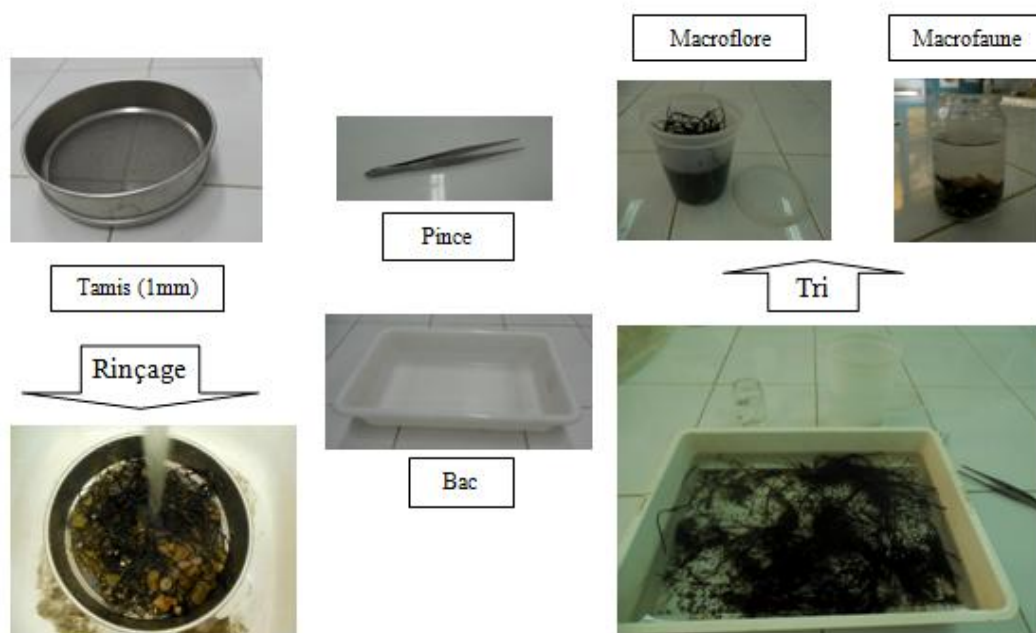


Figure n°07 : Traitement des échantillons macrobenthiques au laboratoire

1.4.3.2 Détermination des espèces

La détermination des espèces recensées est effectuée sous la loupe binoculaire et au microscope optique (le cas des coupes histologiques des algues et les détails des petits individus comme les polychètes et les Amphipodes) (Figure n°08).



Figure n°08 : Détermination des espèces en utilisant la loupe binoculaire

Cette détermination est basée sur des clés d'identification :

La faune de la France illustrée : *Bryozoaires, Brachiopodes Mollusques, Protocordés (Amphioxus, Tuniciers)* (**Rémy-Perrier, 1930**) ; La faune de la France illustrée : *Arachnides et crustacés* (**Rémy-Perrier, 1972**) ; le guide des coquillages de France (atlantique et Manche) par (**Audibert & Delemarre, 2009**) ; Les coquillages (**Peter-Dance, 1993**) ; le guide des coquillages marins (**Lindner, 2012**) ; The Amphipoda of the Mediterranean (**1982**), (**1989**), (**1993**) par **Ruffo Sandro** ; Les invertébrés marins du golfe de Gascogne à la Manche orientale (**Martin, 2011**) ; La faune de France (Polychètes errantes et sédentaires) par **Fauvel (1923, 1927)** ; les travaux de systématique de la F.A.O (**Bauchot et al., 1987**) ; Le guide des algues des mers d'Europe (**Delépine et al., 2006**) et le guide des algues des côtes françaises par (**Gayral, 1966**) ; d'autres sites ont été consulté comme : <http://species-identification.org>.

L'actualisation du nom des différentes espèces recensées et leur classification sont vérifiés à l'aide de la base de données mondiale de **WoRMS** (World Register of Marine Species) : <http://www.marinespecies.org/>.

Après l'identification, les espèces macrozoobenthiques sont comptées pour chaque mois et par chaque station, pour avoir les données numériques nécessaires en notant le nombre total des taxons (espèces) et le nombre total des individus pour les différentes catégories zoologiques échantillonnés.

Des photos ont été prises pour l'ensemble des taxons déterminés (Annexe n°18).

1.5 Traitement et analyse des données

Dans le cadre de cette étude, la démarche générale du traitement numérique de nos données mensuelles et par station, est basée sur :

1.5.1 La caractérisation de la macroflore benthique

Selon **Boudouresque (1971)**, les différents paramètres analytiques et synthétiques appliqués pour exploiter les résultats de l'étude de la macroflore benthique sont :

1.5.1.1 Le coefficient (T)

Le coefficient (T) représente le nombre d'espèce d'un relevé.

1.5.1.2 Le coefficient (Q)

Il représente l'effectif absolu en espèces d'un ensemble considéré dans un relevé (groupe systématique).

1.5.1.3 La biomasse (B)

Les espèces de macroalgues et de phanérogames marines déjà identifiées de chaque station sont d'abord séchées à l'étuve (70°C) pendant au moins 24h, puis pesés à l'aide d'une balance de 1g pour estimer leur biomasse (B) en poids sec (g/m²).

1.5.1.4 La dominance qualitative (DQ)

La dominance qualitative d'un groupe d'espèces est le rapport entre le nombre d'espèces d'un groupe donné (Qi) et le nombre total d'espèces (T) multiplié par 100.

$$DQ = \frac{Q_i}{T} \times 100$$

1.5.1.5 La dominance quantitative (DB)

La dominance en fonction de la biomasse (DB) est le rapport entre la biomasse d'un groupe d'espèces (Bi) et la biomasse totale (Bt) multiplié par 100.

$$DB = \frac{B_i}{B_t} \times 100$$

1.5.2 La caractérisation de la macrofaune benthique

Cette partie s'appuie sur le calcul des paramètres biocénotiques descriptifs de la structure numérique de peuplement de la macrofaune benthique, à chaque mois et pour chacune des stations, afin de caractériser les principales évolutions spatio-temporelles et de décrire la répartition de l'ensemble faunistique considéré.

A cet effet, plusieurs descripteurs classiques sont utilisés pour cette étude :

1.5.2.1 Richesse spécifique (S)

C'est le nombre total d'espèces (Taxons) présentes dans le prélèvement.

1.5.2.2 Fréquence (F)

La fréquence d'une espèce est le rapport exprimé en pourcentage du nombre de prélèvements où l'espèce en question est présente sur le nombre total des prélèvements réalisés :

$$Fa = \frac{Pa}{P} \times 100$$

Fa : Fréquence de l'espèce a (%) ; **Pa** : Nombre des prélèvements, où l'espèce a est recensée ;

P : Nombre total des prélèvements réalisés.

Ce coefficient sera d'autant plus précis que le nombre des prélèvements effectués sera plus important.

Selon **Soyer (1970)**, on distingue :

- les espèces constantes avec une fréquence supérieure ou égale à 50 % des prélèvements ;
- les espèces communes avec une fréquence comprise entre 25 et 50 % des prélèvements ;
- les espèces rares avec une fréquence comprise entre 5 et 25 % des prélèvements ;
- les espèces très rares se avec une fréquence inférieure à 5 % des prélèvements.

1.5.2.3 Abondance (A)

C'est le nombre d'individus d'une espèce récoltés dans le prélèvement considéré.

1.5.2.4 Dominance (D)

C'est l'abondance d'une espèce par rapport à l'abondance totale des individus de toutes les espèces du prélèvement.

La dominance est exprimée en pourcentage :

$$D_{na} = \frac{A_a}{A_a + A_b + \dots + A_n} \times 100$$

Da : dominance de l'espèce «a» ; **Aa** : abondance de l'espèce « a » Aa, Ab,... An : somme des abondances des espèces « a, b,...n » du prélèvement.

1.5.2.5 Densité (d)

C'est le nombre d'individus par unité de surface.

Dans cette étude, la densité est rapportée à une surface de substrat de 1 m² (ind./m²).

1.5.2.6 Indices de diversité

1.5.2.6.1 Indice de diversité de Shannon – Weaver (H')

L'indice de diversité spécifique de Shannon et Weaver est une mesure de composition spécifique en relation avec la dominance (Di) des différentes espèces de l'échantillon (**Daget, 1976**),

il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^{i=S} D_i \times (\log_2 D_i)$$

H' : Indice de diversité de Shannon – Weaver ; **Di** : Dominance de l'espèce i ; **S** : Nombre total des espèces dans le prélèvement.

D'après **Legendre & Legendre (1984)**, les valeurs de l'indice de Shannon – Weaver sont nulles lorsque l'échantillon ne contient qu'une seule espèce et elles augmentent au fur et à mesure que s'accroît le nombre des espèces.

De plus, Les valeurs les plus élevées de H' correspondent à un prélèvement équilibré et diversifié (**Grimes, 2010**).

Quelque soit le groupe zoologique ou botanique étudié, les valeurs des indices de diversité fréquemment rencontrés s'échelonnent entre moins de 1 (indice de diversité très faible) et environ 4,5 (**Frontier & Pichod-Viale, 1991**).

1.5.2.6.2 L'Équitabilité (E)

L'indice de régularité de Pielou renseigne sur la diversité spécifique d'un peuplement et confirme les résultats de l'indice de diversité de Shannon – Weaver.

Cet indice révèle le rapport de force numérique existant entre les différentes espèces, qui constituent un peuplement donné.

Cet indice exprime la répartition des individus entre espèces d'un même milieu. L'indice de régularité fluctue entre 0 et 1.

Si les valeurs de cet indice tendent vers 1, le peuplement est en équilibre, la distribution des individus entre les espèces est équitable (**Loyod et Gerald, 1964 in Grimes, 2010**).

A l'inverse une équitabilité qui tend vers zéro caractérise un peuplement déséquilibré. L'indice d'équitabilité de **Pielou (1977)** est donné par la formule :

$$E = \frac{H'}{\log_2 S}$$

E : Indice de régularité de Pielou ; **H'** : Indice de diversité de Shannon – Weaver ; **S** : Nombre total des espèces dans le prélèvement.

1.5.3 Analyses statistiques

Lors de notre analyse des résultats, la comparaison de moyennes a été effectuée en utilisant le test de Student (test du t). Aussi, des méthodes exploratoires multidimensionnelles (ACP, CHA) ont été appliquées sur nos données brutes, afin d'extraire l'essentiel de l'information qu'elles contiennent pour fournir des représentations graphiques susceptible de faciliter l'interprétation de nos résultats ; ces analyses multivariées visent à analyser plus précisément la structure et la composition des communautés, et les liens susceptibles d'exister entre ces communautés et les variables environnementales.

1.5.3.1 Test de Student-Fisher

Ce test (test du t) permet les comparaisons multiples de moyennes et détermine les groupes significativement différents. Pour chaque groupe, on calcule la moyenne des rangs, puis les groupes sont ensuite comparés deux à deux (**Gerbai, 1994**).

Le t calculé à une valeur théorique lue sur la table de Student-Fisher (**Schwartz, 1963 in Refes, 1994**) pour un risque de 5% et $N-2$ de degrés de liberté (ddl) (N représente l'effectif de l'échantillon).

Si t est supérieur à la valeur lue sur la table, la différence est significative pour un risque de 5% d'erreur. Si t est inférieur à la valeur lue sur la table, la différence n'est pas significative pour un risque de 5% d'erreur.

1.5.3.2 Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse des composantes intervient dans l'interprétation des relations existant entre une série de variables interdépendantes. Alors, cette analyse a pour objectif de remplacer les variables initiales, généralement corrélées, par des variables non corrélées, plus facile à traiter (**Dagnelie, 1986**).

Cette analyse vise à mettre en évidence, sous forme graphique, le maximum de l'information contenue dans un tableau de données d'un grand nombre de descripteurs (variables), de connaître la quantité de variance expliquée par les quelques axes principaux et de distinguer les relations entre les variables et les relevés. En fait, elle permet d'obtenir une représentation de nuages de points dans un espace de dimension réduite de telle manière que l'inertie portée par cet espace soit la plus grande possible.

Elle est utilisée quand il s'agit de décrire un tableau des variables numériques continues de type « variable quantitatives-individus » (**Daget, 1979**).

Des codes sont affectés pour toutes les variables et les observations (Annexe n°17).

1.5.3.3 La méthode de classification hiérarchique ascendante (CHA)

La méthode de classification hiérarchique ascendante relève d'une stratégie agglomérative, s'applique à une matrice de distances généralisées. Elle consiste alors à réunir les deux groupes qui sont à la distance la plus faible puis à joindre à l'ensemble de ces deux premiers groupes le ou les groupes qui sont plus proche que de tout autre groupe, en constituant ainsi des ensembles des groupes appelés constellations (**Daget, 1979**).

Cette méthode cherche à repartir les individus observés en un certain nombre de groupes, et d'établir une classification qui tienne compte des relations pouvant exister entre les différents groupes. Les résultats étant alors présentés le plus souvent sous la forme de dendrogramme (**Dagnelie, 1986**).

Un code est affecté à chaque espèce inventoriée (Annexe n°17).

1.5.3.4 Traitement informatique

Pour la méthode de classification ascendante hiérarchique, on a utilisé la distance euclidienne pour évaluer la distance entre les observations et la méthode de Ward comme indice d'agrégation.

Toutes les analyses statistiques (ACP, CHA et le test t) ont été faites grâce au logiciel XLSTAT 2016, en utilisant le tableur Microsoft-Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats.

Résultats

&

Discussion

2 Résultats et discussion

2.1 Caractéristiques physico-chimiques

L'ensemble des résultats des paramètres physico-chimiques (Annexe n° 02) enregistrées au cours de la période d'étude pour les deux stations (A et B) sont analysés chacun isolément au moyen de représentation graphique.

2.1.1 La température (T)

La température est un facteur important pour le développement et l'évolution de peuplement benthique. Au voisinage du fond, la température conditionne la distribution de certains organismes (Amar, 1998).

Les résultats de mesure de la température au cours de la période d'étude sont portés dans la figure n°09. Ces valeurs sont comprises entre 13.45 et 25.80°C à la station A, et entre 13.25 et 26.40°C à la station B, dont les maximums ont été enregistrés au mois d'août pour la station A et en juillet pour la station B. Les valeurs minimales sont marquées au mois de février pour les deux stations.

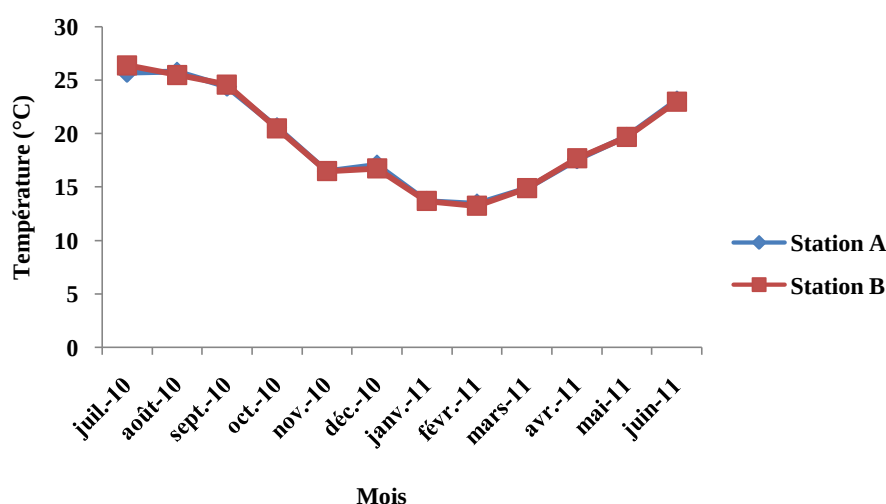


Figure n°09 : Variation spatio-temporelle de la température

De façon générale les températures mesurées au niveau des deux stations reflètent les périodes saisonnières en relation avec les conditions météorologiques locales et représentent des variations thermiques similaires : une période froide de octobre (2010) à mars (2011) et une période chaude de juillet à septembre (2010) et d'avril à juin (2011).

Ceci s'explique par l'effet de l'augmentation de la température atmosphérique.

2.1.2 La salinité (S)

C'est le facteur le plus caractéristique dans l'eau de mer, il varie selon la température, les apports d'eau douce (pluviométrie, oueds...) et les courants (**Jacques & Treguer, 1986**).

L'évolution temporelle de la salinité est similaire à celle de la température de l'eau au niveau des deux stations, où on a enregistré les valeurs minimales au mois de février pour les stations A et B, soit respectivement 33.90 et 34.10 PSU, et les valeurs maximales sont notées au mois d'août pour la station A et en juillet pour la station B, soit respectivement 37.70 et 37.00 PSU (Figure n°10). Ces résultats obtenus montrent des écarts importants entre les valeurs minimales en période hivernale et les valeurs maximales de la salinité en période estivale.

Les faibles salinités sont dû principalement à une importante pluviométrie enregistrée en janvier et février (2011) dans la région centre algéroise, dont les précipitations moyennes correspondantes sont respectivement 98 et 107 mm (**O.N.M., 2011**).

Tandis que les fortes salinités sont des valeurs standards pour une eau méditerranéenne sous influence des eaux atlantiques (**Guibout, 1987**).

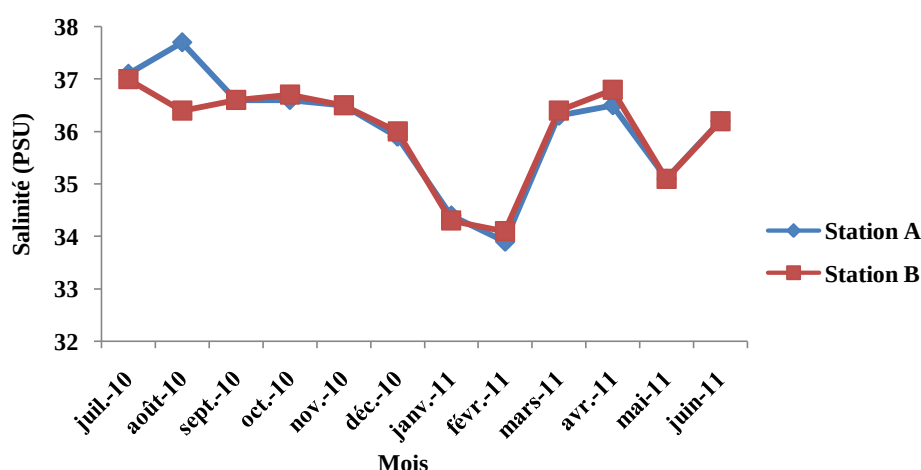


Figure n°10 : Variation spatio-temporelle de la salinité

Il s'avère que les deux stations sont sous l'influence d'un petit ruisseau (Figure n°11) qui a été enseveli pour élargir la plage du centre de thalassothérapie, dont les eaux douces et usées de ce ruisseau arrivent en mer sous la forme d'eau d'infiltration sous le sable.

Cela explique aussi les très faibles salinités (inférieures à 35 PSU) déjà enregistrées dans les deux stations en janvier et en février (2011).



Figure n°11: Positionnement des stations A et B par rapport au petit ruisseau dans la plage de thalassothérapie (Google earth, 2016)

2.1.3 L'oxygène dissous (O_2)

La teneur en oxygène dissous constitue un paramètre fondamental des milieux aquatiques, car cet élément est indispensable à la respiration des organismes, aussi il permet la dégradation de la matière organique et l'accomplissement des cycles biogéochimiques comme le cycle de l'azote (**Aminot et Kerouel, 2004**).

Les valeurs mensuelles de l'oxygène dissous obtenues, en concentration et en pourcentage de saturation montrent une faible variabilité au niveau des deux stations, elles varient entre 2.44 et 4.68 mg/l à la station A, et entre 2.56 et 4.42 mg/l à la station B dont les fortes concentrations sont marquées en janvier à la station A, et en août à la station B (ce qui est dû à la forte agitation et à la photosynthèse).

Aussi, on a noté des sous saturations ($O_2\%$ est inférieur à 100%) pendant cette période d'étude, qui sont dû à l'état de la mer, l'eau était chargée en matière en suspension consommatrice de l'oxygène dissous pour dégrader la matière organique (**Rodier et al, 2005**).

Le taux le plus élevé a été marqué en juillet, soit 61.96% à la station A, et en août à la station B, soit 65.68%.

Les faibles teneurs d'oxygène ainsi que les faibles taux de saturations ont été enregistré au mois d'avril, au niveau des deux stations (Figures n°12 et 13).

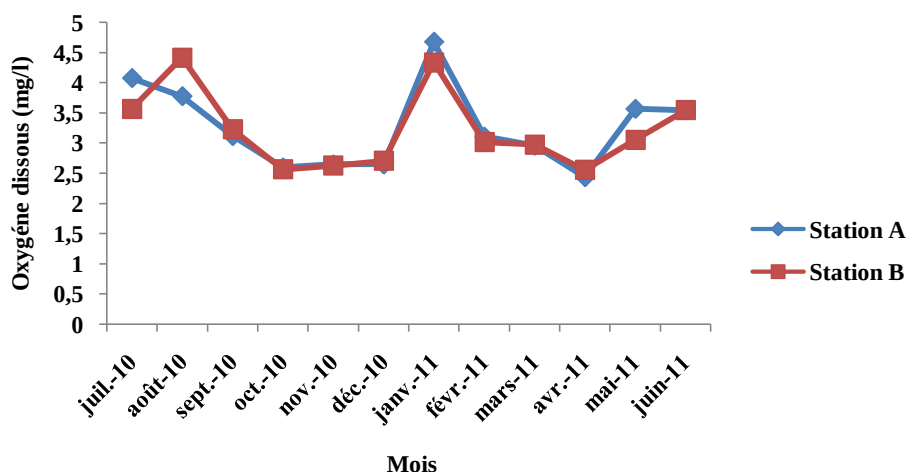


Figure n°12: Variation spatio-temporelle de la concentration d'oxygène dissous

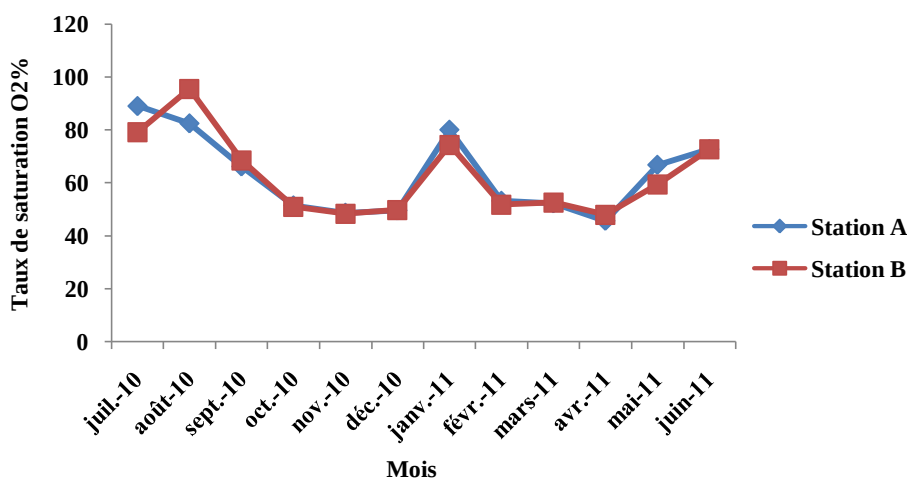


Figure n°13 : Variation spatio-temporelle de taux de saturation (O₂%)

2.1.4 Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH exprime la concentration en ions hydrogène. Il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau, lue sur une échelle logarithmique allant de 0 à 14. De 0 à 7, l'eau est acide, elle est neutre à 7 et basique au-delà. La modification des concentrations en CO₂ (respiration, photosynthèse, échange air-océan) ou en CO₃⁻² (précipitations) entraîne donc une modification du pH (**Aminot et Chaussepied, 1983**). Le pH de l'eau de mer varie entre 7.9 et 8.3 selon les zones (**Barnabé et Barnabé, 1997**). La variation temporelle de pH est similaire au niveau des stations A et B, où on a enregistré les valeurs minimales au mois d'avril soit respectivement 7.32 et 7.31, et les valeurs maximales ont été marquée en décembre soit respectivement 9.07 et

9.41 (Figure n°14). Ces résultats obtenus montrent une forte variabilité du pH au cours de la période d'étude. Ces valeurs peuvent être dues aux apports d'eau douce et des eaux usées d'un petit ruisseau qui n'est pas loin de nos stations (figure n°11).

La baisse du pH peut être traduite aussi par les réactions de dégradation des herbiers.

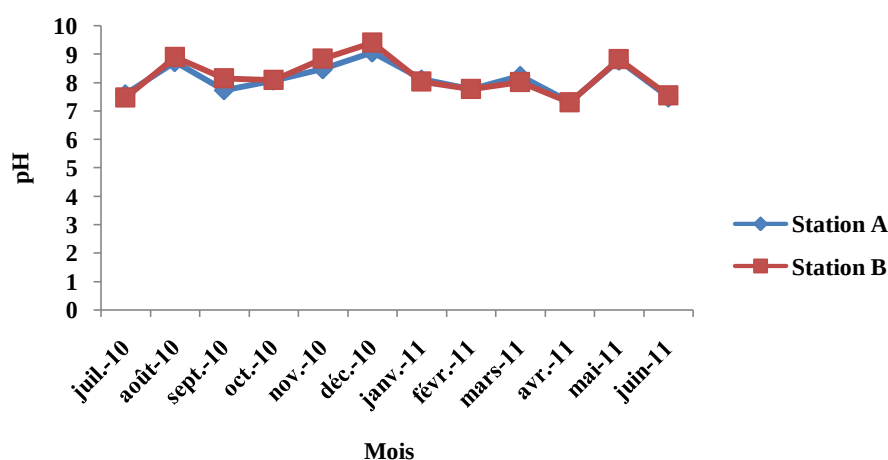


Figure n°14 : Variation spatio-temporelle de potentiel d'hydrogène pH

2.1.5 Matière en suspension (MES), matière organique particulaire (MOP) et matière inorganique particulaire (MIP)

Il est courant en hydrologie de distinguer le « matériel en suspension » («matériel particulaire») des «substances dissoutes». Ainsi, selon **Ivanoff (1972)** : « *En plus des substances dissoutes, les eaux de mer contiennent des matières en suspension de toutes tailles et de toutes formes, minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature, soit biogénique (bactéries, phytoplancton, zooplancton, poissons), soit terrigène (apports fluviaux, produits de l'érosion des côtes, détritiques déversés par l'homme), soit éolienne (particules transportées par les courants atmosphériques et tombant dans la mer), soit enfin météorique* ».

Les valeurs des MES enregistrées sont comprises entre 3.2 et 30.2 mg/l à la station A, le minimum est marqué au mois de février et le maximum en mois de décembre et pour la station B entre 1 et 56.4 mg/l, le minimum est noté au mois d'avril et le maximum en mois de juin (Figure n°15).

Des valeurs de l'ordre de 0.5 à 5 mg/l peuvent être observées en eaux côtières (**Aminot et Chaussepied, 1983**) ; La plupart des valeurs obtenues dans les stations A et B sont élevées (supérieures à 5 mg/l).

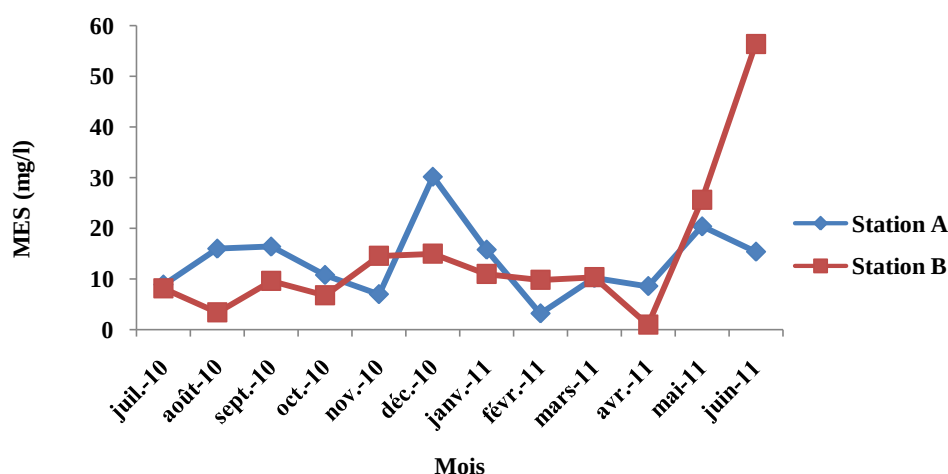


Figure n°15 : Variation spatio-temporelle de la matière en suspension (MES)

De multiples sources peuvent contribuer à cet enrichissement, il s'agit essentiellement des apports du petit ruisseau (voir Figure n°11), de l'hydrodynamisme intense, de l'érosion côtière et de la faible hauteur de la colonne d'eau, où une faible agitation de la mer va mettre les particules décantées en suspension.

L'analyse des fractions organiques et minérales des MES est importante pour savoir l'origine de cette dernière.

Au cours de la période d'étude, on a observé des valeurs maximales des MOP au mois d'octobre (6.8 mg/l) à la station A et en juin (7.80 mg/l) à la station B, les valeurs minimales sont obtenus au mois de juillet et avril à la station A soit 1.2 mg/l et en mois d'août à la station B soit 0.2 mg/l (Figure n°16).

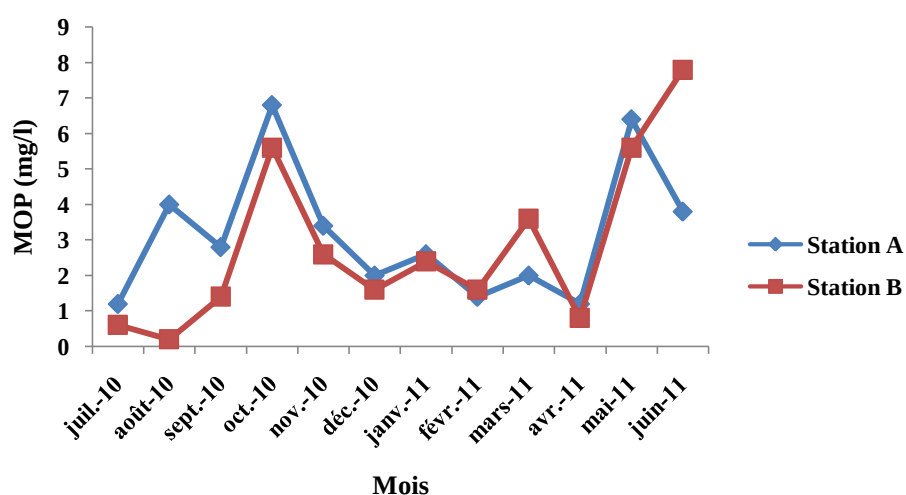


Figure n°16 : Variation spatio-temporelle de la matière organique particulaire (MOP)

Ainsi, les valeurs minimales des MIP sont obtenus au mois de février (1.8 mg/l) à la station A et en mois d'avril (0.2 mg/l) à la station B, les valeurs maximales sont enregistrés au mois de décembre à la station A (28.2 mg/l) et en mois de juin à la station B (48.6 mg/l) (Figure n°17).

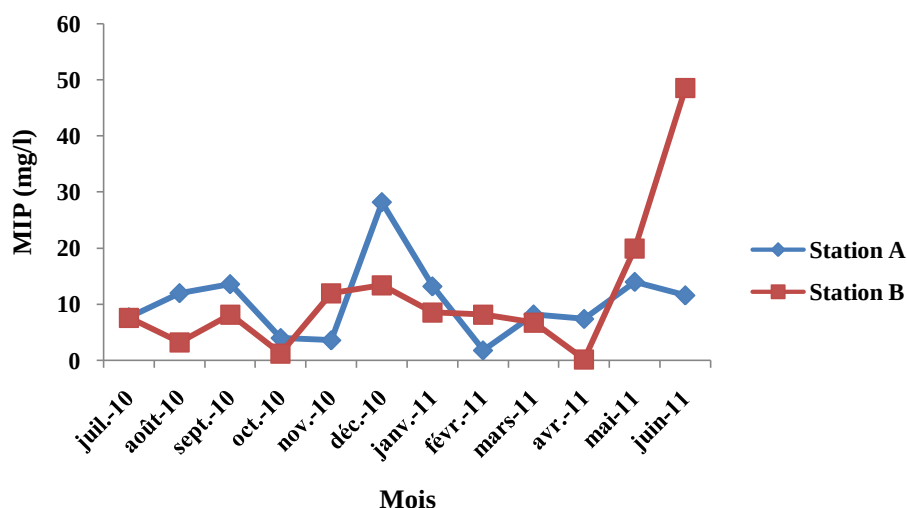


Figure n°17 : Variation spatio-temporelle de la matière inorganique particulaire (MIP)

D'après ces résultats, on a remarqué que les fluctuations temporelles de la matière inorganique particulaire MIP sont similaires à celles des MES.

Aussi, les MIP représentent des valeurs plus élevée par rapport à celles de la matière organique particulaire MOP, ce qui peut être expliqué par l'oxydation de la MOP par l'oxygène qui provient de la photosynthèse et le brassage des masses d'eau.

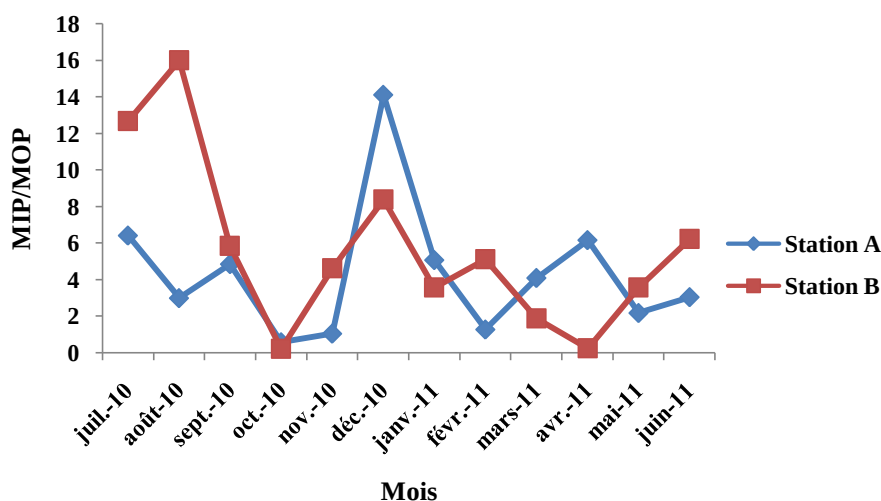


Figure n°18 : Variation spatio-temporelle du rapport (MIP/MOP)

En outre, le rapport de MIP/MOP au niveau des deux stations représente des valeurs supérieures à 1 au cours de la période d'étude, c'est-à-dire la présence de MIP est plus importante que celle de MOP, sauf au mois d'octobre à la station A (soit 0.59) et aussi au mois d'octobre et avril à la station B (soit respectivement 0.21 et 0.25) où ces valeurs sont inférieures à 1 (Figure n°18).

Ce paramètre permet de mettre en évidence la richesse nutritive des eaux étudiées, si le rapport est inférieur à 1, donc les eaux sont nutritives, et si le rapport est supérieurs à 1, les eaux ne sont pas nutritives (**Barnabé et Barnabé, 1997**).

2.1.6 La chlorophylle-a et les phéopigments

2.1.6.1 La chlorophylle-a

La chlorophylle-a est le principal pigment photosynthétique des plantes. En convertissant l'énergie lumineuse en énergie chimique, elle permet la photosynthèse, c'est-à-dire la fixation de carbone induite par la lumière (la production primaire).

Pour cette raison, la chlorophylle-a est utilisé comme paramètre permettant de quantifier globalement la biomasse phytoplanctonique (**Aminot et Kerouel, 2004**).

Au cours de la période d'étude, les teneurs de la chlorophylle-a varient de 0 à 8.81 $\mu\text{g/l}$ au niveau de la station A, et de 0 à 20.29 $\mu\text{g/l}$ au niveau de la station B (Figure n°19).

Selon (**Rodier et al, 2005**), les pigments chlorophylliens sont très sensibles à la lumière donc les larges variations observées peuvent être dues à un fort ensoleillement.

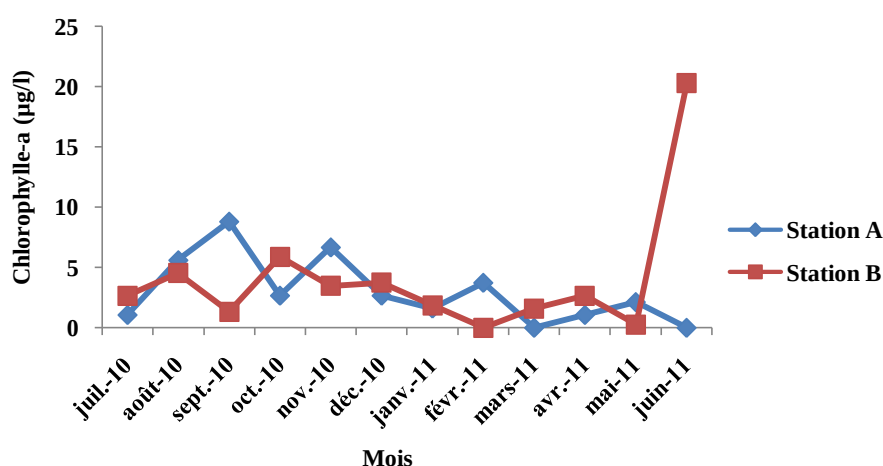


Figure n°19 : Variation spatio-temporelle de la chlorophylle-a

Les valeurs minimales sont enregistrées au mois de mars à la station A et en février à la station B, où on a noté une absence de la chlorophylle-a. Les valeurs maximales sont

enregistrées au mois de septembre à la station A et en juin à la station B, ces valeurs peuvent être dues à une forte activité photosynthétique, qui est favorisée par une remise en suspension des éléments minéraux favorisant ainsi l'augmentation de la photosynthèse.

2.1.6.2 Les phéopigments

La donnée de phéopigments, principaux produits de dégradation de la chlorophylle a, est utilisée comme indicateur de l'état physiologique des populations phytoplanctoniques.

Durant la période d'étude, on a enregistré des teneurs en phéopigments qui varient de 0 à 20,93 µg/l à la station A, et entre 5,18 et 16,21 µg/l à la station B, dont les fortes teneurs ont été marquée au mois d'août pour les deux stations (Figure n°20). Les valeurs minimales ont été enregistrées en janvier à la station A où ils sont absents, et en avril à la station B.

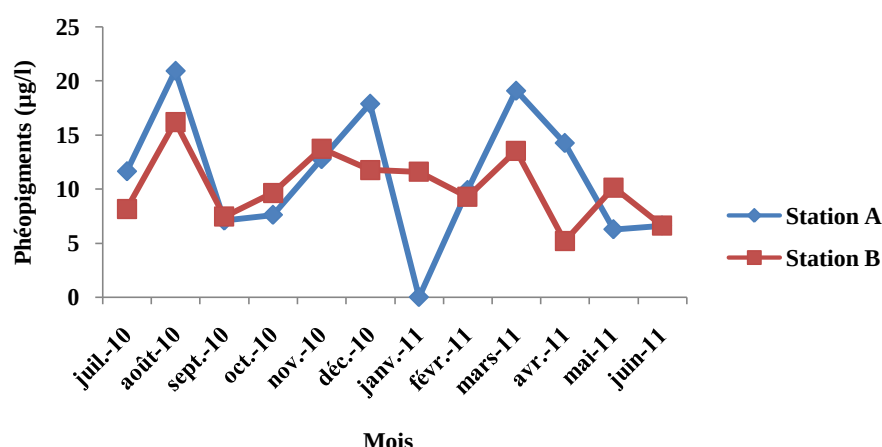


Figure n°20 : Variation spatio-temporelle de phéopigments

Ces résultats montrent des valeurs plus élevées de phéopigments par rapport aux valeurs de la chlorophylle-a, de ce fait, plus la proportion de phéopigments est élevée par rapport à la chlorophylle-a, plus les cellules algales sont vieilles, dégradées ou broutées par le zooplancton selon (Aminot et Kerouel, 2004).

2.1.7 Les sels nutritifs

2.1.7.1 L'ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal provient des excréments animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydés par les bactéries nitrifiantes. En eaux côtières non polluée et en milieu océanique, les concentrations sont généralement inférieures à 1 µmol/l (Aminot et Chaussepied, 1983).

Pendant la période d'étude, Les teneurs de l'ammonium notés varient entre 0.92 et 15.69 $\mu\text{mol/l}$ à la station A, et entre 0.94 et 17.48 $\mu\text{mol/l}$ à la station B. La plupart des valeurs obtenues dans les deux stations sont élevées ($> 1\mu\text{mol}$) (Figure n°21).

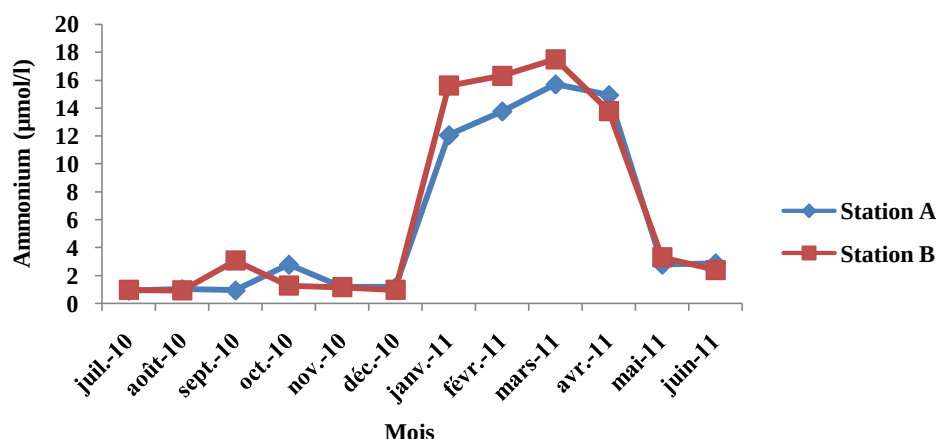


Figure n°21 : Variation spatio-temporelle de l'azote ammoniacal

Les fortes concentrations ont été enregistrées au mois de mars pour les deux stations. Ces valeurs maximales sont dues à une faible oxygénation du milieu, une reminéralisation de la matière organique, plus les excréments et les rejets des eaux usées (voir Figure n°11).

Les faibles concentrations ont été marquées au mois de juillet à la station A, et en mois d'août à la station B, ce qui correspond à la période estivale. Ces valeurs minimales peuvent être expliquées par la forte consommation par le phytoplancton, et aussi à la bonne oxygénation du milieu qui entraîne la nitrification de l'azote ammoniacale en nitrites puis en nitrates par les micro-organismes autotrophes.

2.1.7.2 Les nitrites (NO_2^-)

Dans les eaux océaniques, les concentrations de l'azote nitreux sont extrêmement basses (souvent moins de 0.1 $\mu\text{mol/l}$) : en eaux côtières elles sont de l'ordre de 0.5 à 1 $\mu\text{mol/l}$ en hiver et peuvent chuter à moins de 0.01 $\mu\text{mol/l}$ en été, suivant ainsi le cycle de l'utilisation de l'azote nitreux par le phytoplancton (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Au cours de la période d'étude, les teneurs obtenues en nitrites varient entre 0.01 et 0.21 $\mu\text{mol/l}$ à la station A, et entre 0.02 et 0.20 $\mu\text{mol/l}$ à la station B (Figure n°22).

Les valeurs élevées ont été enregistrées au mois de février pour les deux stations, où ces valeurs correspondent à une reminéralisation des matières organiques (**Rodier et al, 2005**).

Par contre, les faibles concentrations ont été marquées au mois de juin pour les deux stations, ces valeurs minimales sont dues à l'état de la mer ou bien à une bonne oxygénation du milieu en permettant la transformation des nitrites en nitrates.

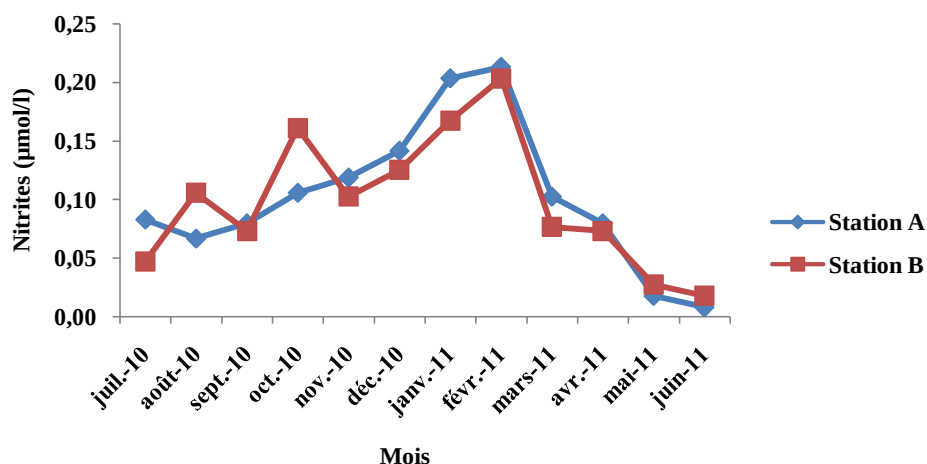


Figure n°22 : Variation spatio-temporelle de l'azote nitreux

2.1.7.3 Les nitrates (NO_3^-)

Les nitrates participent au phénomène d'eutrophisation, en faible concentration de l'oxygène les nitrates peuvent jouer un rôle de donneur de l'oxygène (**Rodier et al, 2005**).

Les valeurs de nitrates enregistrées dans les eaux de la zone d'étude sont comprises entre 0.01 et 0.93 $\mu\text{mol/l}$ à la station A, et entre 0.04 et 0.83 $\mu\text{mol/l}$ à la station B (Figure n°23).

D'après ces résultats, on a remarqué que les teneurs des nitrites sont, en général, plus faibles que celles des nitrates.

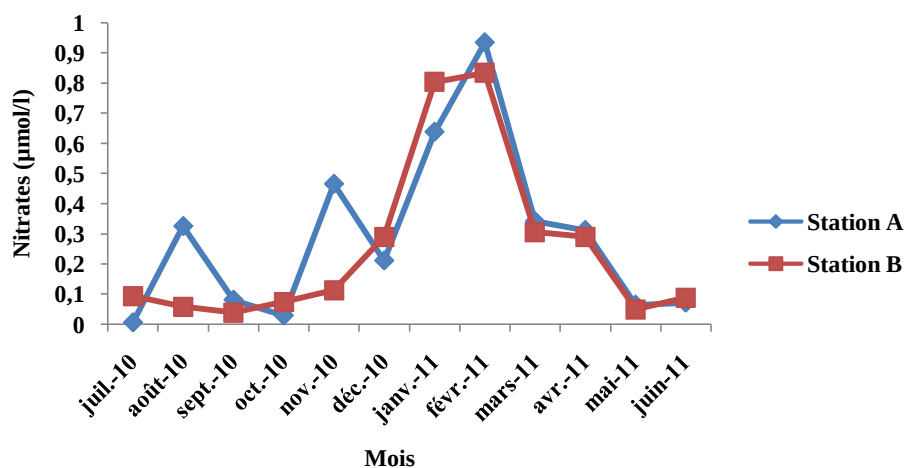


Figure n°23 : Variation spatio-temporelle de l'azote nitrique

Les fortes valeurs de l'azote nitrique sont obtenues en hiver, avec des maxima qui sont observés au mois de février pour les deux stations.

Les valeurs maximales peuvent être dues à la régénération à partir des formes organiques par les bactéries ou des détritiques organiques, et les apports en nitrates d'origine agricole qui provient de la pluviométrie et le lessivage des sols.

Les valeurs minimales sont enregistrées en été, au mois de juillet à la station A et en septembre à la station B. Les faibles teneurs en nitrates sont expliquées par leur assimilation par la flore, en période de pleine croissance des consommateurs primaires.

2.1.7.4 Les orthophosphates (PO_4^{-3})

Les teneurs en orthophosphates sont normalement assez faibles en surface en milieu océanique et côtier non pollué : 0 à 1 $\mu\text{mol/l}$ (Aminot et Chaussepied, 1983).

Pendant la période d'étude, à la station A, les valeurs des phosphates varient de 0.66 à 29.76 $\mu\text{mol/l}$, dont le maximum est noté au mois d'octobre et le minimum en mois de juin. Pour la station B, les valeurs varient de 0.96 et 33.36 $\mu\text{mol/l}$, dont le maximum est enregistré au mois de septembre et le minimum en mois de mai (Figure n°24).

La plupart des valeurs obtenues au niveau des deux stations sont importantes, ces fortes teneurs signifient un enrichissement d'origine domestique et agricole (voir figure n°11), et sont considérées comme à l'origine du phénomène d'eutrophisation (Aminot et Chaussepied, 1983).

Les faibles teneurs des orthophosphates sont dues à la consommation du phosphore au moment de développement phytoplanctonique printanier.

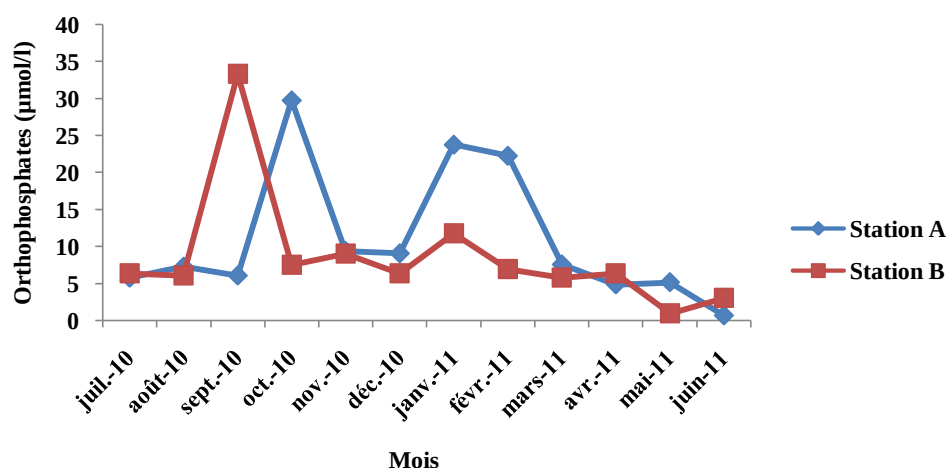


Figure n°24 : Variation spatio-temporelle des orthophosphates

2.1.7.5 Les silicates (Si(OH)_4)

Pour les silicates, La concentration des eaux océaniques de surface peut être très basses ($< 1 \mu\text{mol/l}$). Les concentrations s'élèvent progressivement lorsque l'on se rapproche des côtes (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Au niveau de la station A, les valeurs des silicates varient de 1.62 à $826 \mu\text{mol/l}$, dont le maximum est noté au mois de janvier, février, mars et avril, le minimum est enregistré en mois de septembre.

Pour la station B, les valeurs varient de 12.82 à $826.50 \mu\text{mol/l}$, dont le maximum est enregistré au mois de février, mars et avril et le minimum en mois d'août (Figure n°25).

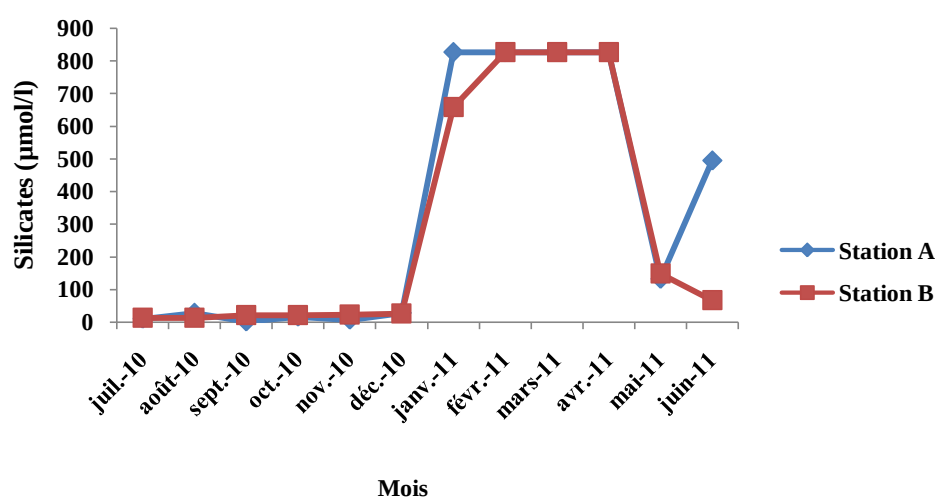


Figure n°25 : Variation spatio-temporelle des silicates

La pluparts des valeurs obtenues des silicates sont importantes pour les deux stations. Ces fortes teneurs peuvent être dues à la dissolution des roches dans les régions côtières, en plus de la remontée des eaux du fond riche en matières nutritives (**Bougis, 1974**), intervient aussi les apports du ruisseau (voir figure n°11).

Les faibles concentrations des silicates se traduisent par son assimilation par le phytoplancton, en particulier les diatomées, ils rentrent dans la composition de leur squelette calcaire.

2.2 Analyse de sédiment

Cette partie fonde sur la description du milieu sédimentaire où s'installe le peuplement macrobenthique recueillis au cours de la période d'étude dans les stations A et B, en présentant d'une part les différents résultats de l'analyse granulométrique, avec la caractérisation du substrat, et d'autre part en présentant les teneurs obtenus en chlorophylle-a et phéopigments dans le sédiment (Annexe n°03).

2.2.1 Résultats de l'analyse granulométrique

2.2.1.1 Composition du sédiment

Les premiers résultats de cette analyse montrent que les sédiments récoltés des deux stations pendant la période d'étude, sont hétérogènes et souvent composés d'un mélange de trois fractions présentes en quantités variables : la fraction grossière de type gravier/galet et de type sable, et la fraction biogénique (des débris végétaux).

Le calcul des pourcentages des différentes fractions à la station A, montre que la fraction des sables se retrouve d'une façon majoritaire dans les sédiments échantillonnés au mois de juillet, septembre, novembre, décembre (2010), février et mars, mai et juin (2011), tandis que les graviers dominent au mois d'août, octobre (2010), janvier et avril (2011) avec une absence totale en septembre (2010), mai et juin (2011) (Figure n°26).

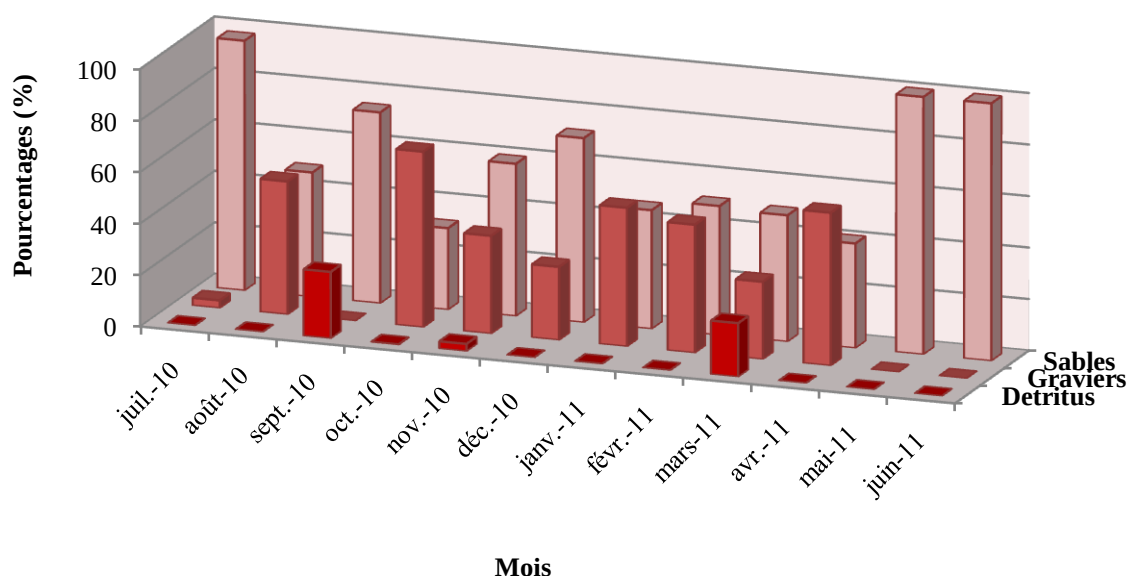


Figure n°26 : Pourcentages des fractions constitutives des sédiments récoltés à la station A

Et à la station B, on a remarqué que la fraction sable à prédominance dans les sédiments récoltés durant tous les mois. Une absence totale des graviers a été notée au mois de janvier, mai et juin (2011) (Figure n°27).

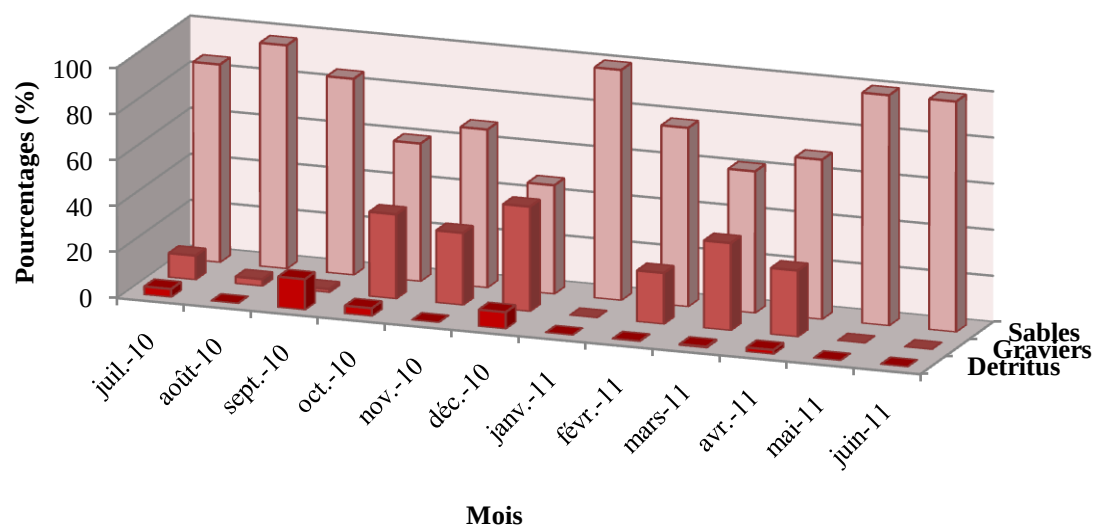


Figure n°27 : Pourcentages des fractions constitutives des sédiments récoltés à la station B

L'utilisation du triangle de **Folk (1965)** a permis de préciser la nature des sédiments (Figure n°28).

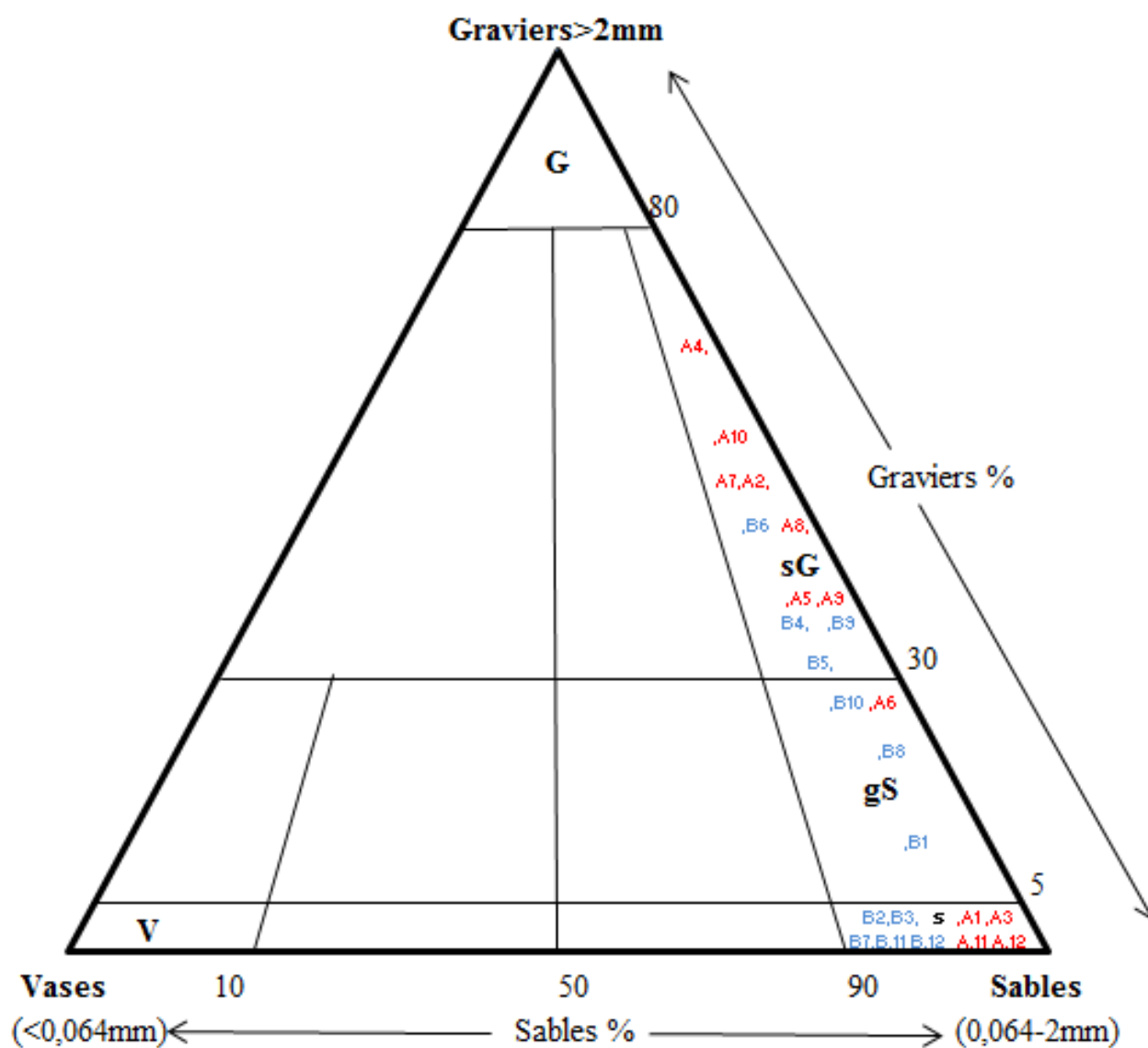
La plupart des sédiments recueillis à la station A représentent un faciès Gravier sableux ; on rencontre un faciès Sable graveleux en décembre 2010, et un faciès sableux en juillet, septembre 2010, mai et juin 2011.

A la station B, la plupart des sédiments prélevés ont un faciès sableux, alors qu'en octobre, novembre, décembre 2010 et mars 2011 se retrouve un faciès Gravier sableux, en juillet 2010, février et avril 2011 se rencontre un faciès Sable graveleux (Tableau n°06).

Tableau n°06 : Nature des sédiments des stations A et B au cours de la période d'étude.

Faciès	Station/mois	Taux	Fraction dominante
Gravier sableux	A2, A4, A5, A7, A8, A9, A10, B4, B5, B6, B9	Sable >10%	Gravier
Sable graveleux	A6, B1, B8, B10	Gravier >10%	Sable
Sableux	A1, A3, A11, A12, B2, B3, B7, B11, B12	Sable >90%	Sable

Figure n° 28 : Triangle granulométrique de Folk (1965) indiquant la nature sédimentaire des stations étudiées



G : Gravier ; **S** : Sables ; **V** : Vases ; **sG** : Gravier sableux ; **gS** : Sables graveleux.

A1, B1	Prélèvements effectués en juillet 2010	A7, B7	Prélèvements effectués en janvier 2011
A2, B2	Prélèvements effectués en août 2010	A8, B8	Prélèvements effectués en février 2011
A3, B3	Prélèvements effectués en septembre 2010	A9, B9	Prélèvements effectués en mars 2011
A4, B4	Prélèvements effectués en octobre 2010	A10, B10	Prélèvements effectués en avril 2011
A5, B5	Prélèvements effectués en novembre 2010	A11, B11	Prélèvements effectués en mai 2011
A6, B6	Prélèvements effectués en décembre 2010	A12, B12	Prélèvements effectués en juin 2011

La fraction biogène se rencontre en quantités faibles au niveau des deux stations par rapport aux autres composantes (gravier et sable).

Les grandes quantités sont observées en mois de septembre (2010) avec une dominance de 25,84% à la station A et de 13,33% à la station B, ce qui correspond à la période d'accumulation des débris végétaux provenant principalement des apports des herbiers à phanérogames (feuilles mortes, rhizomes cassés...), qui ont subi une dégradation et un arrachage sous l'action d'un fort hydrodynamisme.

Une absence totale de cette fraction a été notée à la station A en juillet, décembre (2010) et avril, mai et juin (2011), et à la station B en août, novembre (2010) et janvier, mai et juin (2011), ceci peut être expliquée soit par le charriage des détritiques par la suite des tempêtes d'hiver et d'automne vers la plage. Le détritique joue un rôle très important en tant que ressource trophique pour les invertébrés marins, étant l'une des principales voies trophiques de l'écosystème marin (Vázquez-Louis et al., 2009).

2.2.1.2 Classes granulométriques des sédiments

La séparation granulométrique réalisée pour l'ensemble des sédiments meubles récoltés des deux stations a permis de distinguer deux classes :

2.2.1.2.1 La classe des graviers/galets

Cette classe retient les particules dont la taille est supérieure à 2 mm, la présence de ces éléments de grandes tailles renseigne sur l'intensité de l'activité hydrodynamique. D'après (Ponsero & Sturbois, 2012), l'exposition aux agents dynamiques (houle, courants, vents dominants) détermine directement la dimension des particules sédimentaires. Ainsi, à un fort hydrodynamisme sont associés des sédiments grossiers. À l'opposé, un hydrodynamisme faible correspond à des sédiments fins.

La mesure de la longueur de ces particules grossières rencontrées le long de la période d'étude (Annexe n°05) a montré que :

Les sédiments de la station A se caractérisent par la présence des petits cailloux 0.5-2 (cm), des graviers 2-6.5 (cm), et des gros cailloux moins nombreux allant jusqu'à 14 cm, rencontrés au mois d'octobre (2010), janvier et avril (2011), ce qui correspond au mois d'agitation maxima, au contraire, au mois de septembre (2010), mai et juin (2011) les sédiments sont dépourvus de ces éléments grossiers ce qui est dû à l'atténuation de la force hydrodynamique. D'après la figure n°29, on remarque que la classe de taille comprise entre 0.5-2 (cm) (petits cailloux) est la plus caractéristique pour la station A pendant tous les mois.

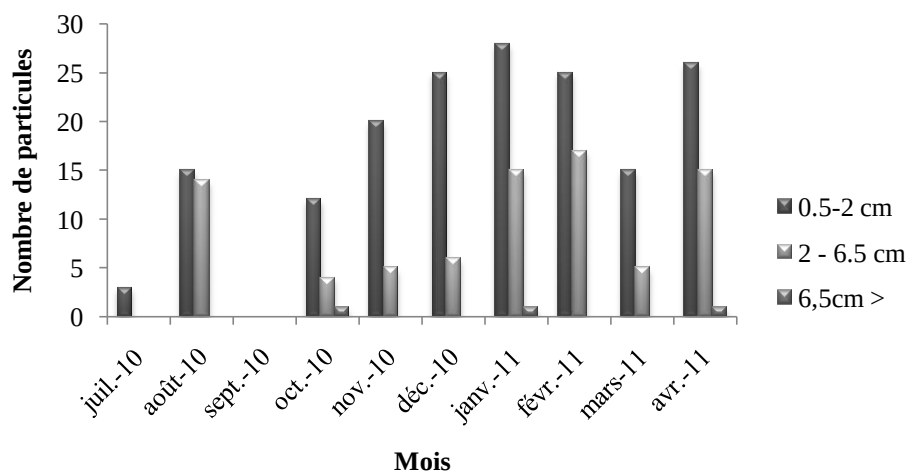


Figure n°29 : Nombre de particules par classe de taille de la fraction grossière rencontrée au cours de la période d'étude au niveau de la station A

Tandis que les sédiments de la station B contiennent seulement la classe des petits cailloux 0.5-2 (cm) et graviers 2-6.5 (cm), le plus gros gravier a été noté au mois d'avril (2011). C'est la classe comprise entre **0.5-2** (cm) est la plus marquée pendant tous les mois (Figure n°30).

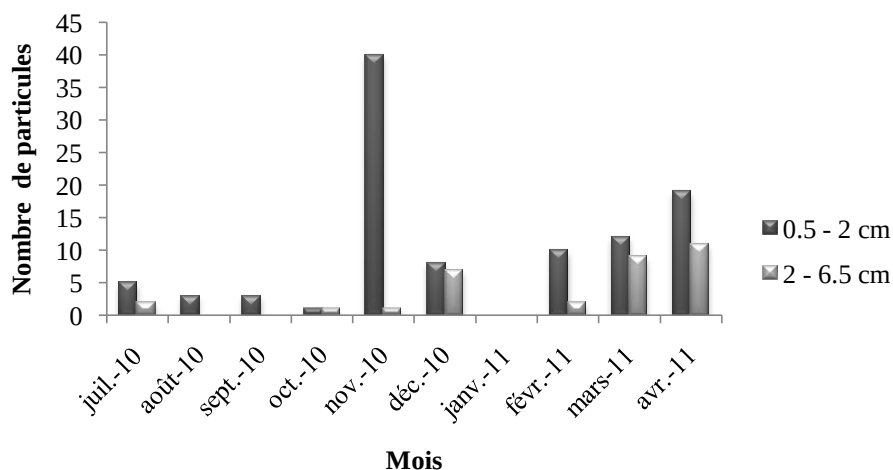


Figure n°30 : Nombre de particules par classe de taille de la fraction grossière rencontrée au cours de la période d'étude au niveau de la station B

2.2.1.2.2 La classe des sables

Les résultats de traitement de cette fraction par tamisage montrent que le diamètre des grains est limité entre 125 et 2500 μm pour les deux stations, où on a remarqué que la fraction fine (pélique) est complètement absente. L'analyse des courbes granulométriques des deux stations (Annexe n°04) nous a permis de distinguer les différents types de sable qui occupent les fonds, et qui varient au cours du temps.

En effet, les valeurs de la médiane permettent de mettre en évidence des sables très grossiers, des sables grossiers, des sables moyens et des sables fins (voir tableau n°07).

Tableau n°07 : Les valeurs de médiane et le type de sable caractérisant les substrats des stations A et B au cours de la période d'étude :

Type de sable	Médiane M_{50} (mm)	Station/mois
Sable très grossier	1.26 - 1.72	A6, A8, A12
	1.54	B12
Sable grossier	0.85 - 1.11	A1, A7, A11
	0.73 - 1.18	B1, B3, B5, B10, B11
Sable moyen	0.44	A2
	0.59	B6
Sable fin	0.13 - 0.21	A3, A4, A5, A9, A10
	0.14 - 0.29	B2, B4, B7, B8, B9

2.2.1.2.2.1 Classement de sédiment

Les valeurs obtenues de l'indice de classement ou le tri (**So**) des sédiments prélevés de chaque station A et B nous a permis de différencier 05 catégories de sédiment (voir tableau n°08) :

Tableau n°08 : Les valeurs de S_0 , et le type de classement caractérisant les substrats meubles des stations A et B au cours de la période d'étude :

Classement du sédiment	Valeurs de S_0	Station/mois
Très bien classé	1.28 - 1.41	A6, A8, A11
	0.6 - 1.37	B1, B3, B5, B6, B8, B9, B10, B12
Bien classé	1.85	A12
	1.80 - 1.82	B4, B11
Moyennement classé	2.55 - 3.56	A3, A4, A5, A10
	2.95 - 3.59	B2, B7
Faiblement classé	3.88	A9
Mal classé	4.29 - 4.94	A1, A2, A7

2.2.1.2.2.2 Asymétrie du sédiment

Les valeurs obtenues de l'indice d'asymétrie (**SK**) des différents échantillons nous a permis de distinguer 03 catégories d'asymétrie :

Tableau n°09 : L'asymétrie ou la symétrie granulométrique caractérisant les sédiments prélevés des stations A et B au cours de période d'étude :

	Valeurs de SK	Stations/mois
Asymétrie vers les particules fines	SK<1	A1, A2, A6, A7, A8, A12, B3, B8, B11, B12
Symétrie granulométrique presque parfaite	SK $\cong$ 1	B1, B6, B9
Asymétrie vers les particules grossières	SK>1	A3, A4, A5, A9, A10, A11, B2, B4, B5, B7, B10

A1, B1	Prélèvements effectués en juillet 2010	A7, B7	Prélèvements effectués en janvier 2011
A2, B2	Prélèvements effectués en août 2010	A8, B8	Prélèvements effectués en février 2011
A3, B3	Prélèvements effectués en septembre 2010	A9, B9	Prélèvements effectués en mars 2011
A4, B4	Prélèvements effectués en octobre 2010	A10, B10	Prélèvements effectués en avril 2011
A5, B5	Prélèvements effectués en novembre 2010	A11, B11	Prélèvements effectués en mai 2011
A6, B6	Prélèvements effectués en décembre 2010	A12, B12	Prélèvements effectués en juin 2011

2.2.2 La chlorophylle-a et les phéopigments

La chlorophylle-a reflète la quantité de la matière végétale vivante. Les phéopigments reflètent la quantité de la matière végétale dégradée.

Les résidus ou les cellules phytoplanctoniques sédimentés constituent une source alimentaire non négligeable pour la faune benthique (**Hermand, 2008**).

Les teneurs obtenues de la chlorophylle-a et les phéopigments dans les sédiments prélevés des deux stations A et B le long de la période d'étude sont présentées dans l'annexe n°03.

✓ La chlorophylle-a

A la station A, les valeurs minimales ont été enregistrées au mois de juillet, août (0.09 $\mu\text{g/g}$), et sont nulles en octobre (2010), les valeurs maximales sont marquées au mois de février (6.05 $\mu\text{g/g}$) et mars (2011) (5.38 $\mu\text{g/g}$).

De même à la station B, on a enregistré les faibles teneurs au mois de juillet, août (1.46 $\mu\text{g/g}$) et octobre (2010) (1.31 $\mu\text{g/g}$), et les fortes teneurs sont obtenues au mois de février (16.71 $\mu\text{g/g}$) et mars (2011) (14.60 $\mu\text{g/g}$) (Figure n°31).

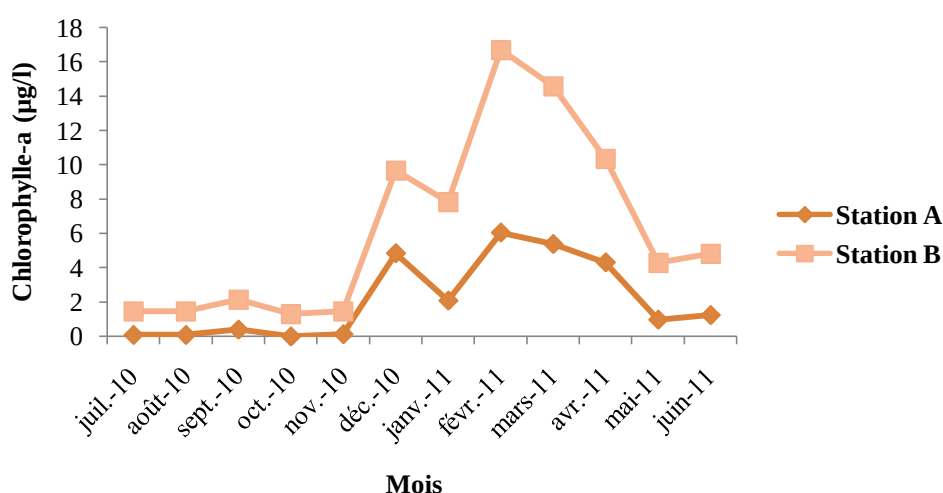


Figure n°31 : Variation spatio-temporelle de la chlorophylle-a dans le sédiment.

Les concentrations minimales de la chlorophylle-a dans le sédiment sont expliquées par sa forte dégradation, aussi peuvent être dues au broutage par les herbivores benthiques. Alors que les concentrations maximales reflètent une production primaire importante.

D'après ces résultats, on a remarqué que la variation temporelle de la concentration en chlorophylle-a dans le sédiment est similaire au niveau des deux stations A et B mais les valeurs notées à la station B sont plus élevées par rapport à celles de la station A.

La biomasse chlorophyllienne est plus importante dans les sédiments de la station B, ce qui peut être expliqué par un broutage moindre et une sédimentation des cellules planctonique par rapport à la station A.

✓ Les phéopigments

La variation temporelle de la concentration des phéopigments dans le sédiment au niveau des deux stations est similaire, où on a enregistré les faibles teneurs pendant le mois de décembre (2010) avec une valeur nulle 0 $\mu\text{g/g}$ à la station A, et 1.10 $\mu\text{g/g}$ à la station B.

Alors que les fortes teneurs sont notées au mois de février (2011) avec 7.39 $\mu\text{g/g}$ à la station A, et 22.34 $\mu\text{g/g}$ à la station B (Figure n°32).

Les valeurs minimales de la concentration des phéopigments dans le sédiment s'expliquent par la faible dégradation de la chlorophylle-a, et les valeurs maximales sont dues à une importante dégradation, cela indique que les cellules algales sont sénescence.

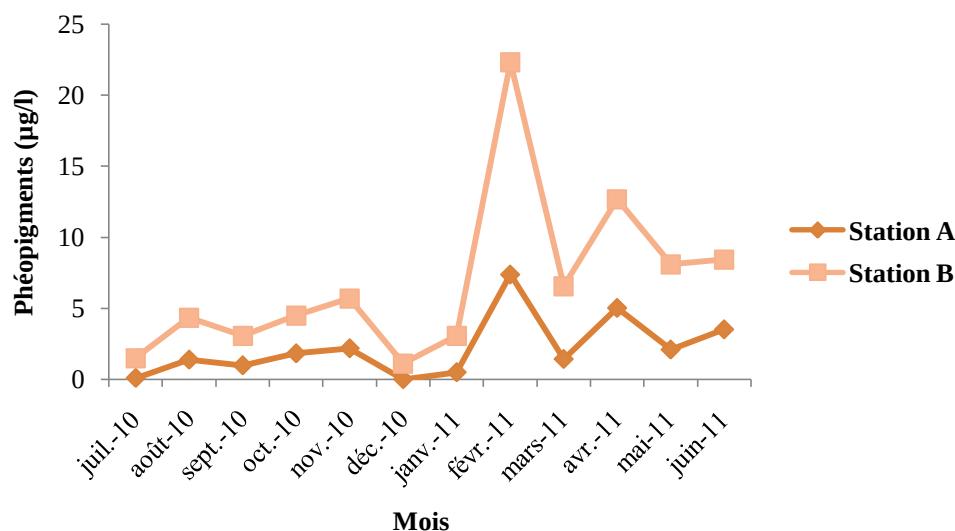


Figure n°32 : Variation spatio-temporelle des phéopigments dans le sédiment.

D'après ces résultats, on a remarqué que la variation temporelle de la concentration en phéopigments dans le sédiment est semblable au niveau des deux stations A et B mais les valeurs notées à la station B sont plus élevées par rapport à celles obtenues dans la station A.

Cela signifie que les sédiments de la station B sont plus chargés en pigments détritiques, donc il ya plus d'accumulation du matériel détritique végétal (débris éventuels de macrophytes marins).

2.3 Résultats de l'analyse du macrobenthos

L'analyse de peuplement macrobenthique récolté au niveau des deux stations A et B nous a permis d'identifier un total de 141 espèces au cours de notre période d'étude, divisées entre 19 espèces appartenant au macrophytobenthos et 122 espèces au macrozoobenthos.

2.3.1 Analyse de la macroflore benthique

2.3.1.1 Liste des espèces recensées

Dans l'ensemble des substrats meubles hétérogènes échantillonnés des stations A et B, **19** espèces de macrophytes benthiques ont été répertoriés durant notre période d'étude (de juillet 2010 jusqu'à juin 2011) ; ces macrophytes comprennent des magnoliophytes « phanérogames marines » (02 espèces) et des macroalgues (au total 17 espèces) appartenant à trois groupes systématiques, les Chlorophytes (04 espèces), les Phéophytes (04 espèces) et les Rhodophytes (09 espèces) (Annexe n°06).

Les Phanérogames marines

Dans les deux stations A et B, on a signalé la présence de 02 phanérogames marines, la première s'appartient à la famille des Cymodoceaceae ***Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson**, la deuxième fait partie de la famille des Zosteraceae ***Zostera noltii* Hornemann** où sa présence est toujours associée à *C. nodosa*.

Aussi, on a rencontré des débris de l'herbier ***Posidonia oceanica* (L) Delile** tels que les restes des rhizomes et des feuilles mortes.

Les Macroalgues

Au niveau de la station A, le peuplement des algues récolté est constitué de 16 espèces au total appartenant à trois groupes systématiques suivants :

 **Les Chlorophytes** (les algues vertes), ce groupe est présenté par 04 espèces *Bryopsis plumosa*, *Cladophora laetevirens*, *Ulva rigida* et l'espèce invasive *Caulerpa racemosa*.

 **Les Phéophytes** (les algues brunes) sont représentées par 04 espèces *Dictyota dichotoma*, *Padina pavonica*, *Sporochnus pedunculatus* et *Halopteris scoparia*.

 **Les Rhodophytes** (les algues rouges) sont représentées par 08 espèces *Corallina elongata*, les deux espèces épiphytes *Ceramium rubrum* et *Falkenbergia rufolanosa* de l'algue *Corallina elongata*, *Jania rubens*, *Polyneura bonnemaisionii*, *Gigartina acicularis*, *Gigartina pistillata* et *Pterocladia capillacea*.

Et au niveau de la station B, on a marqué la présence seulement de 04 espèces appartenant à deux groupes systématiques, en notant l'absence des Chlorophytes :

- ✚ **Les Phéophytes** sont présentées par une seule espèce *Halopteris scoparia*.
- ✚ **Les Rhodophytes** sont présentées par 03 espèces *Falkenbergia rufolanosa* associé aux détritits de l'herbier *Posidonia oceanica*, *Champia parvula* et *Pterocladia capillacea*.

Remarque : les figures de toutes les espèces mentionnées ci-dessus sont illustrées dans l'annexe n°07.

Les résultats obtenus de nombre d'espèces et la dominance qualitative des macrophytes sont notées dans l'annexe n°08 ; ceux de la biomasse et la dominance quantitative sont présentés dans l'annexe n°09.

2.3.1.2 Evolution temporelle des macrophytes benthiques de la station A

2.3.1.2.1 Le coefficient T

Au cours de la période d'étude, la station A renferme au total 18 espèces, dont 02 sont des phanérogames marines et 16 appartiennent aux macroalgues regroupant 04 Chlorophytes, 04 Phéophytes et 08 Rhodophytes.

D'après les résultats montrés dans l'annexe n°08, on a remarqué que les variations mensuelles du nombre d'espèces sont assez marquées, il est élevé au mois d'août 2010 (été) avec 11 espèces et en mars 2011 (printemps) avec 8 espèces, ce nombre est faible en janvier 2011 (hiver) avec 1 espèce uniquement (Figure n°33).

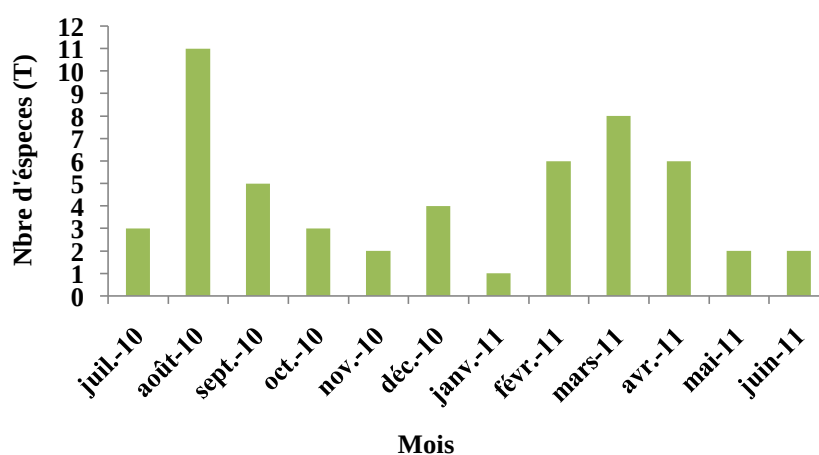


Figure n°33: Evolution temporelle de nombre d'espèces (T) à la station A

Les effets destructifs causés par un hydrodynamisme excessif et la turbidité élevée accélèrent la simplification de la structure des communautés macrophytiques (**Bellestros, 1992**).

C'est ce qui est, d'ailleurs, constaté au sein de peuplement des macrophytes de la période automne-début d'hiver de la station A ; en notant une baisse de la diversité.

Et d'après **Kilar & McLachamp (1989)**, il ne faut pas que l'hydrodynamisme atteigne un seuil critique où il devient un élément perturbateur du développement des peuplements benthiques.

Les peuplements photophiles de la Méditerranée occidentale renferment rarement moins de 35 espèces, et se situent généralement entre 40 et 80 (**Villaca et al, 1985 ; in Ould Ahmed, 1994**) ;

Le tableau n°10 confirme cela puisque pour une surface échantillonnée de 900cm², les peuplements phytobenthiques répertoriés par d'autres études tel que **Seridi (2007)** renferment un nombre d'espèces respectant cet intervalle, tandis que le nombre d'espèces recensées dans la présente étude est très faible en enregistrant un maximum de 11 espèces par relevé surtout il s'agit d'une surface de 1m².

Tableau n°10: Tableau comparatif du nombre d'espèces recensées dans autres études.

Station d'étude	Surface	T	
Alger plage	900 cm ²	16 - 31	Seridi (2007)
Surcouf	900 cm ²	26 - 39	Seridi (2007)
Sidi Fredj	1m ²	1 - 11	Présente étude

De plus, le nombre total d'espèces floristiques répertoriées dans l'aire à *C. racemosa* varie de 1 à 11 espèces ; ce nombre est relativement faible par rapport à d'autres enregistrés dans les différentes communautés tel que le genre *Cystoseira* : il a été noté 30 espèces associées à *Cystoseira stricta* et 37 espèces associées à *Cystoseira barbata* au niveau de l'anse de Kouali (**Benali, 2010**).

De point de vue qualitatif, l'analyse de différents groupes systématiques le long de la période d'étude (figure n°34) révèle que les Rhodophytes sont les mieux représentés (Q varie de 1 à 5 : DQ de 17 à 75%) dominant au mois d'août, décembre (2010) et février (2011) et sont complètement absentes en juillet (2010), janvier, mai et juin (2011) ;

Viennent ensuite les Chlorophytes (Q varie de 1 à 3 : DQ de 17 à 67%) qui dominant en juillet (2010) et sont absentes du milieu en janvier et juin (2011) ;

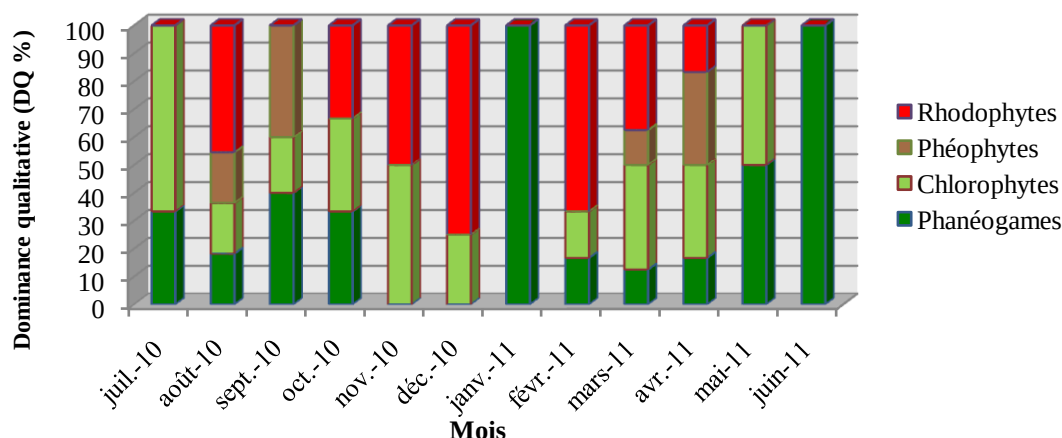


Figure n°34: Evolution mensuelle de la dominance qualitative (DQ%) des différents groupes taxonomiques de peuplement macrophytique de la station A.

Et enfin les Phéophytes (Q varie de 1 à 2 : DQ de 13 à 40%) qui sont absentes dans la plupart du temps sauf en août, septembre (2010), février et mars (2011), puisque les algues brunes sont sensibles à la pollution, d'après (**Grimes et al., 2004**) les Phaeophyceae voient leur dominance qualitative diminuer quand croît la pollution.

Les Phanérogames marines sont représentées souvent par une seule espèce, il s'agit de l'herbier *Cymodocea nodosa*, dominant à 100% en janvier et juin (2011), alors qu'elles sont absentes du milieu en novembre et décembre (2010).

2.3.1.2.2 Biomasse

Les résultats de l'estimation mensuelle de la biomasse totale des macrophytes, montrent des variations très marquées. Les valeurs maximales ont été enregistrées au mois de novembre 2010 (automne) et mars 2011 (printemps) soit respectivement 29.22 et 25.35 g/m², alors que les valeurs minimales sont notées au mois de janvier (hiver) avec 1.04 g/m² (figure n°35).

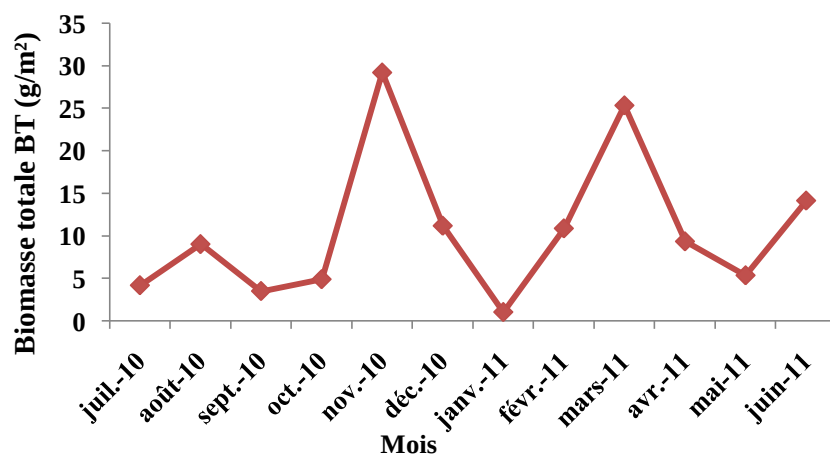


Figure n°35 : Evolution temporelle de la biomasse totale (BT) des macrophytes à la station A

En général, La couverture végétale des substrats meubles de la station A est constituée essentiellement de peuplement des macroalgues (figure n°36), où on a observé une dominance quantitative des Rhodophytes au mois de novembre et décembre avec 99%, c'est l'espèce *Corallina elongata* d'affinité froide (en association avec l'espèce épiphyte *Falkenbergia rufolanosa*) qui constitue l'essentiel de la biomasse totale avec respectivement 28.96 et 11.07 g/m², cela est due aux conditions hydrodynamiques (la forte agitation) ainsi que les faibles valeurs de température qui sont favorables pour le développement de cette espèce (Kabrane, 2012).

Les chlorophytes dominant pendant le mois de septembre avec 84%, ce qui est due principalement à l'espèce *Caulerpa racemosa* 2.95 g/m², et encore en mois d'avril avec 53% d'où l'espèce *Ulva rigida* est prépondérante (4.84 g/m²). Les algues nitrophiles « le cas des ulvales » pour leur développement exigent de fortes concentrations en nitrate et en phosphore (Grimes et al., 2004).

Le groupe des Phéophytes domine au mois de mars avec 47%, où il s'agit de l'espèce *Dictyota dichotoma* qui présente l'essentiel de la biomasse totale (12.13 g/m²).

Concernant les phanérogames marines, leurs biomasses varient de 0 à 4.08 g/m² en octobre, elles dominent quantitativement en juillet avec 64%, octobre avec 83%, et en mai avec 74%.

Ces herbiers dominant à 100% pendant le mois de janvier et juin notant qu'il s'agit de l'herbier *Cymodocea nodosa* qui constitue l'essentiel de ces biomasses totales soit respectivement 1.04 et 1.16 g/m².

On a remarqué une absence totale de ces herbiers au mois de novembre et décembre 2010.

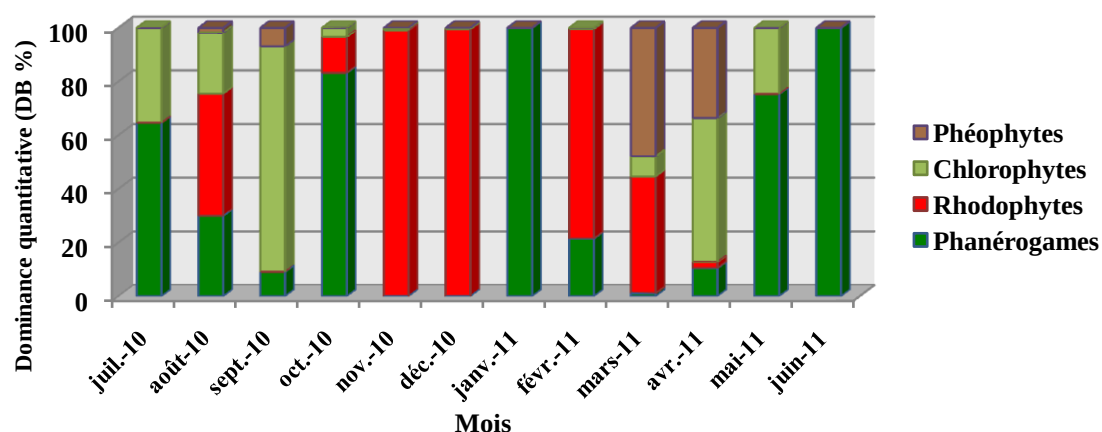


Figure n°36 : Evolution mensuelle de la dominance quantitative (DB%) des différents groupes taxonomiques de peuplement macrophytique de la station A

2.3.1.3 Evolution temporelle des macrophytes benthiques de la station B

2.3.1.3.1 Le coefficient T

Au cours de la période d'étude, la station B renferme au total 06 espèces, dont 02 sont des phanérogames marines et 04 sont des macroalgues regroupant 03 Rhodophytes et 01 Phéophyte.

La variation mensuelle de nombre d'espèces phytobenthiques est peu importante (Figure n°37), on recense au maximum 03 espèces pendant le mois de juillet 2010 (été) et janvier 2011 (hiver), et un minimum d'espèces est noté en novembre 2010 (automne) avec 01 espèce. On note que le nombre d'espèces recensées par relevé dans cette station est très bas par rapport aux résultats d'autres études (tableau n°10).

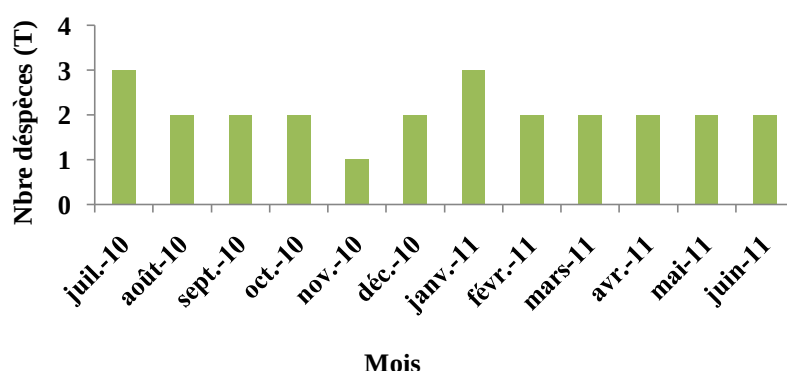


Figure n°37 : Evolution temporelle du nombre d'espèces (T) à la station B

A partir de la figure n°38, l'analyse qualitative de peuplement de la station B au cours de la période d'étude révèle que les phanérogames marines sont les mieux représentés et les plus fréquentes, elles sont dominantes à 100% dans la plupart du temps.

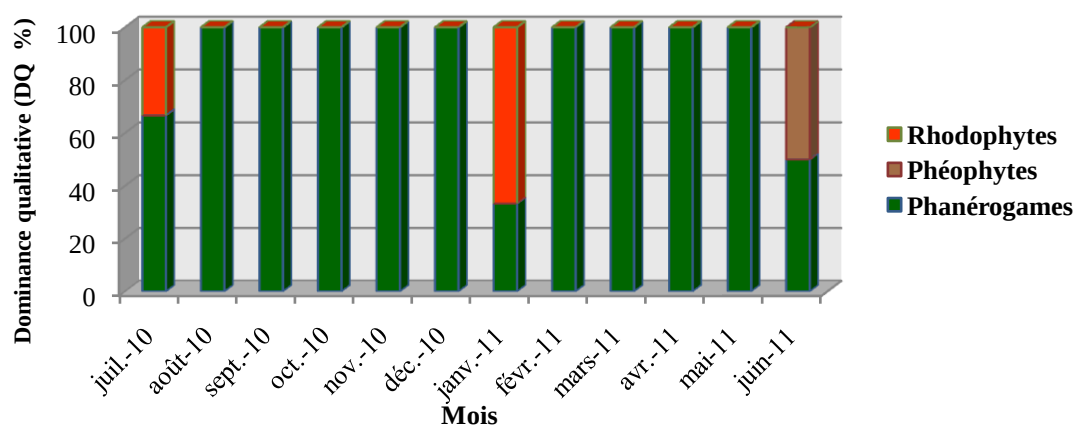


Figure n°38: Evolution mensuelle de la dominance qualitative (DQ%) des différents groupes taxonomiques de peuplement macrophytique de la station B

Les phanérogames marines sont présentées souvent par 2 espèces (*C nodosa*, *Z noltii*), sauf en novembre (2010), janvier et juin (2011) on note la présence d'une seule espèce, il s'agit de l'espèce *Cymodocea nodosa*.

Concernant les autres groupes systématiques sont qualitativement moins importants et moins fréquents, les Rhodophytes sont présents en juillet (2010) avec une seule espèce (33%), et en janvier (2011) avec 2 espèces où ce groupe dominant avec 67% ; en juin 2011 on a marqué la présence des Phéophytes par une seule espèce avec une dominance de 50%.

Le groupe des Chlorophytes est totalement absent dans les substrats meubles de la station B.

Par ailleurs, les résultats enregistrés dans le tableau suivant et l'annexe n°08 font paraître deux remarques, la première est la présence en permanence des phanérogames notamment l'herbier *Cymodocea nodosa*, la deuxième est l'absence permanente de l'algue invasive *Caulerpa racemosa* sur les substrats meubles de la station B le long de la période d'étude.

Tableau n°11 : Présence (x), nombre total de taxons (T) par mois sur les substrats meubles de la station B.

	Station B											
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
<i>Cymodocea nodosa</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Zostera noltii</i>	x	x	x	x		x		x	x	x	x	
Phanérogames (Q)	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	1
<i>Caulerpa racemosa</i>												
Chlorophytes (Q)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Halopteris scoparia</i>												x
Phéophytes (Q)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Falkenbergia rufolanosa</i>							x					
<i>Champia parvula</i>							x					
<i>Pterocladia capillacea</i>	x											
Rhodophytes (Q)	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Total (T)/mois	3	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2

2.3.1.3.2 Biomasse

Les variations mensuelles de la biomasse totale des macrophytes sont marquées (Figure n°39), avec des minimums enregistrés au mois de décembre (automne) (0.51 g/m²) et janvier (hiver) (1.15 g/m²), et des maximums observés en août (été) (15.97 g/m²).

Cette forte biomasse est constituée essentiellement de l'herbier *Cymodocea nodosa* avec 13.73 g/m^2 . Dans cette station, cet herbier représente un schéma saisonnier clair avec un pic de biomasse en été (août 2010), ce résultat est semblable à ce qui a été observé en méditerranée par (Terrados et Ros, 1993).

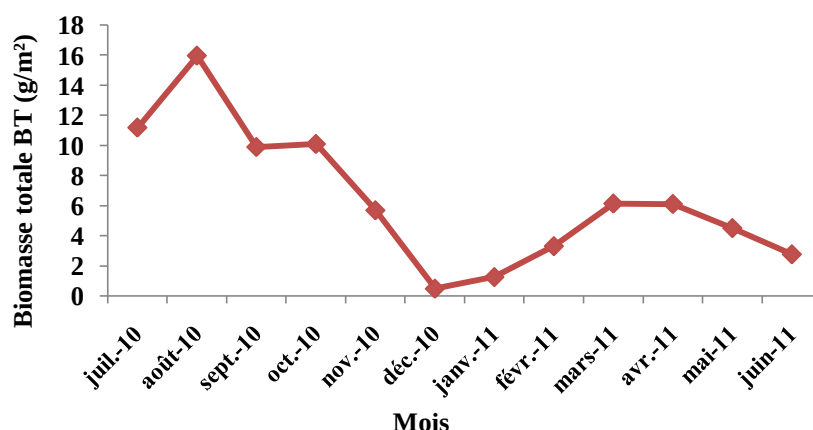


Figure n°39: Evolution temporelle de la biomasse totale (BT) des macrophytes à la station B.

La variation mensuelle de la dominance quantitative de différents types de peuplement macrophytique de la station B (Figure n°40), montre que globalement sur la totalité des biomasses mensuelles de cette station, se sont les phanérogames marines qui dominent à 100% pendant les mois d'août, septembre, octobre, novembre, décembre, février, mars, avril et mai, ce qui signifie que les substrats échantillonnés durant ces mois correspondent à des sédiments dépourvus en macroalgues.

Alors que les phanérogames marines dominent avec 99% en juillet, 89% en janvier et 98% en juin, pendant ces trois mois on a rencontré des macroalgues mais ne représentent que des biomasses très faibles ne dépassent pas 0.13 g/m^2 .

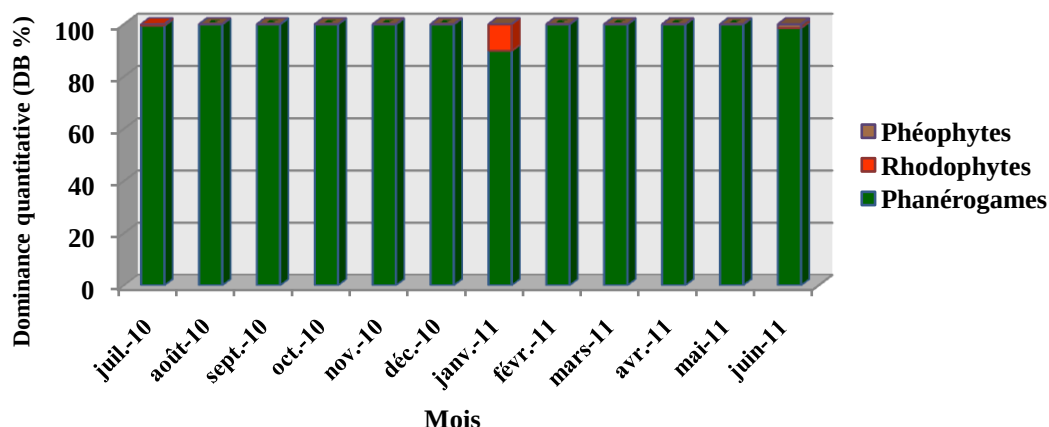


Figure n°40 : Evolution mensuelle de la dominance quantitative (DB%) de différents groupes taxonomiques de peuplement macrophytique de la station B

En outre, on a remarqué que les deux phanérogames marines *Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii* sont plus fréquentes sur les substrats de la station B, avec des biomasses totales plus importantes par rapports à celles obtenus dans la station A.

La biomasse totale des phanérogames marines dans les substrats meubles de la station B varie de 0.51 à 15.97 g/m², tandis que celles de la station A présentent des valeurs moins importantes, varient de 0 à 4.08 g/m², de ce fait, on peut constater que ces herbiers sont soumis à des conditions d'implantation plus favorables dans les substrats de la station B, essentiellement l'absence de l'algue invasive *C. racemosa* ainsi que la nature de substrat.

Lors de la présence de l'algue invasive *C. racemosa* au niveau des substrats meubles la station A durant les premiers six mois d'échantillonnage, on a remarqué que l'évolution de la biomasse de la phanérogame *Cymodocea nodosa* s'oppose à celle de *C. racemosa*, un accoissement de la biomasse de l'algue est contrarié par une diminution de la biomasse de la phanérogame (Figure n°41 et Annexe n°09).

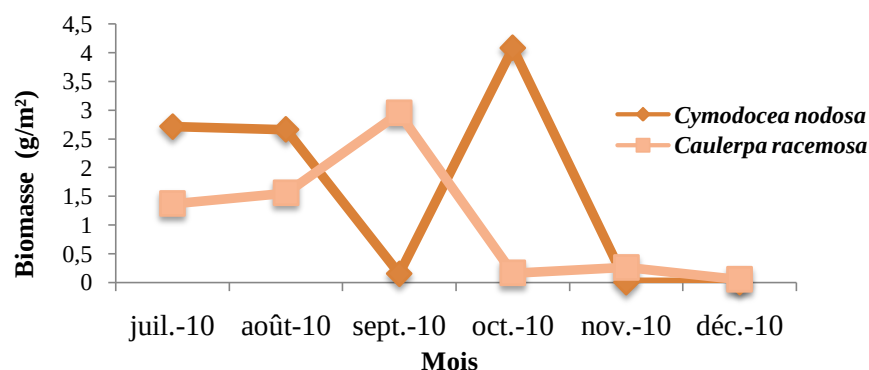


Figure n°41 : Variation de la biomasse de l'herbier *Cymodocea nodosa* en présence de *Caulerpa racemosa* au niveau de la station A de juillet à décembre 2010

Ce résultat indique que la présence de cette algue invasive affecte l'herbier *C. nodosa*. L'étude de **Ceccherelli & Campo (2002)** a montré que la densité de l'herbier *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson diminue en présence de *C. racemosa*. Cependant, l'expansion de *Caulerpa racemosa* sur *Cymodocea nodosa* pourrait faciliter la reproduction car elle favorise l'enfouissement, en fait, la croissance stratifiée des stolons de l'algue est susceptible de faire un système de piégeage pour le dépôt de sédiments (**Ceccherelli & Campo 2002**).

De même, les substrats échantillonnés dans la station B pendant toute la période d'étude sont caractérisés par une dominance de la fraction sableuse, ce qui est conforme à l'implantation des deux herbiers marins, selon (**Augier, 1982**) *Cymodocea nodosa* s'installe préférentiellement sur des fonds sableux peu profonds, en méditerranée.

2.3.1.4 L'algue invasive *Caulerpa racemosa*

Caulerpa racemosa (**Forsskål**) **J. Agardh** est une Chlorophyte de la classe des Ulvophyceae, l'ordre des Bryopsidales, appartenant à la famille de Caulerpaceae (Figure n°42).

Caulerpa cylindracea, précédemment reconnue comme *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Sonder) Verlaque, Huisman et Boudouresque (**Verlaque et al., 2003**) a été identifiée récemment comme une espèce indépendante distribuée en Australie, en Indonésie, en Nouvelle-Calédonie, dans les îles Canaries et dans la Méditerranée (**Belton et al., 2014**).

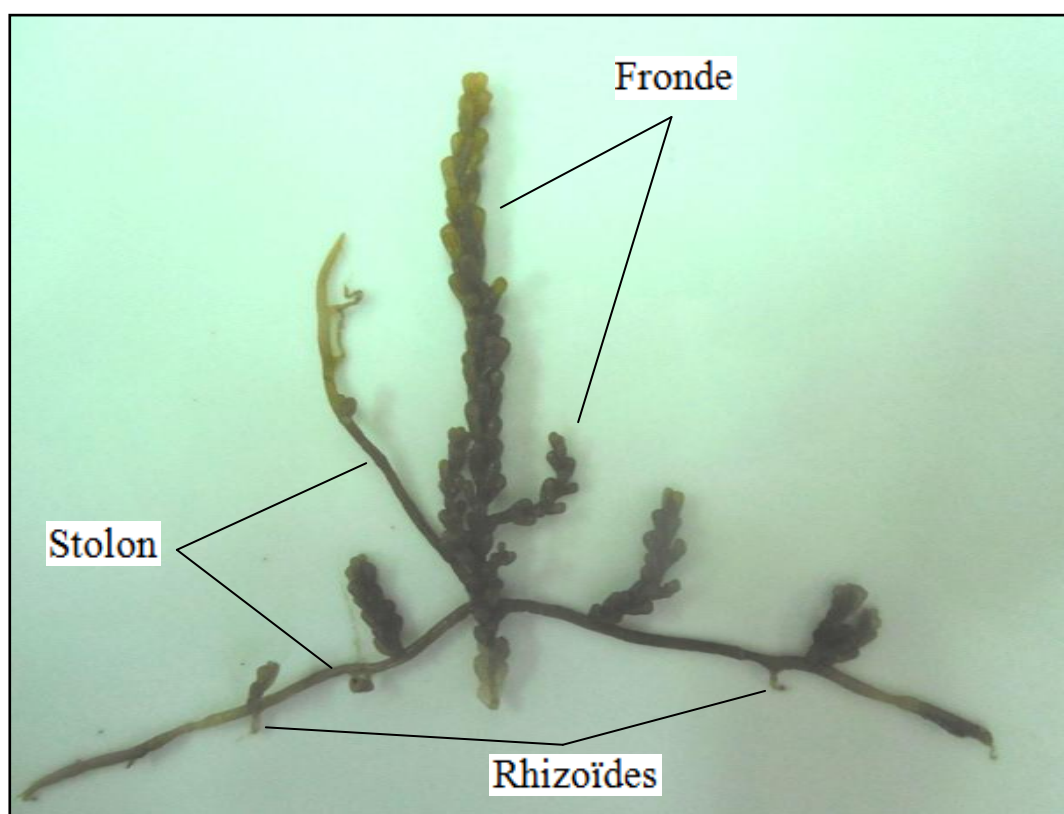


Figure n°42 : Schéma générale de *Caulerpa racemosa* récoltée au niveau de la station A

La susceptibilité du bassin méditerranéen aux invasions biologiques augmente en raison du volume élevé de trafic maritime et de la dégradation des habitats locaux (**Flagella et al., 2006**). En Méditerranée, cette algue se développe sous un large éventail de conditions environnementales, et se trouve sur toutes sortes de substrats (**Klein & Verlaque, 2008**).

Depuis sa signalisation en Algérie, le suivi de son expansion est devenu une question d'actualité. Cette algue a été observée pour la première fois en Algérie en 2005, sans pour autant être abondante, dans la région algéroise (Tamentfoust, Bordj El-Kiffan, Port d'Alger, Bainem, Sidi-Fredj, Bou Ismaïl) (**Ould Ahmed & Meneisz, 2007**), c'est officiellement depuis 2007 que *C. racemosa* est devenue fréquente.

Plus récemment, sa signalisation a été faite dans l'ouest algérien, au Golfe d'Arzew - Salamandre et Stidia - (Bouiadjra *et al.*, 2010), et à Béni Saf (Seridi & Kabrane, 2010).

La situation actuelle de la distribution de *Caulerpa racemosa* en Algérie n'est que partielle car l'expansion de l'algue sur l'ensemble du littoral algérien n'est pas connue ; donc une cartographie nationale de *Caulerpa racemosa* s'impose pour pouvoir observer l'évolution ou la régression de cette espèce sur les fonds algériens.

La station A se distingue de l'autre station B par la présence de cette algue invasive *Caulerpa racemosa*, où s'est installé sur les substrats meubles échantillonnés lors des premiers 06 mois de notre période d'étude, de juillet jusqu'à décembre 2010, alors qu'elle disparaît au cours de la durée comprise entre janvier et juin 2011, cette disparition à partir de mois de janvier est dû à des conditions environnementales défavorables (la diminution de la température et l'effet d'un hydrodynamisme intense).

Les mesures mensuelles de la biomasse de cette algue ont montrées des variations au cours de la période d'étude (Figure n°43), on a remarqué que les valeurs de biomasse tendent à s'accroître à partir de mois de juillet avec 1.37 g/m² jusqu'à le mois de septembre (été) avec 2.95 g/m², ce qui correspond à la valeur maximale, où on a enregistré la dominance quantitative de cette algue auparavant avec 84%. Dès le mois d'octobre, les valeurs de biomasse baissent jusqu'à le mois de décembre avec 0.05 g/m².

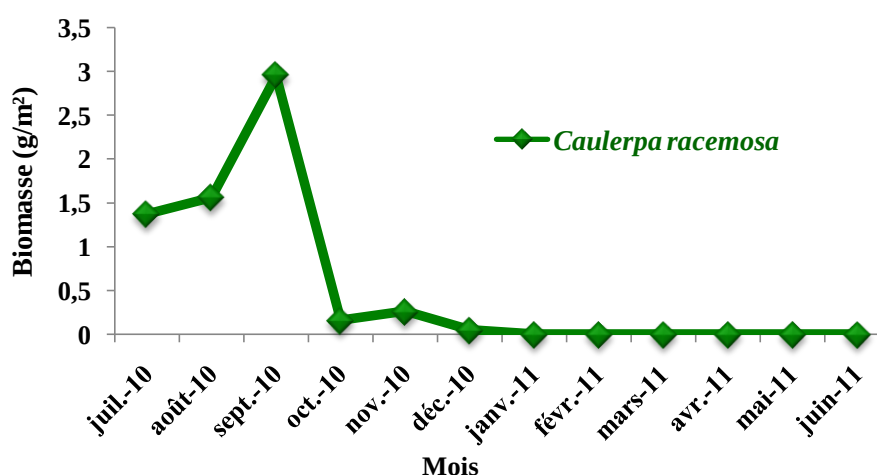


Figure n°43 : Evolution mensuelle de la biomasse de l'algue invasive *Caulerpa racemosa* entre juillet 2010 et juin 2011

D'après ces résultats, on a constaté que l'expansion de *Caulerpa racemosa* semble correspondre aux températures saisonnières élevées, d'où son développement végétatif ainsi que sa nette dominance ont atteint pendant l'été les valeurs les plus élevées.

Ce cycle est corrélé à la température de l'eau, qui varie dans la zone d'étude de 25 °C en août-septembre, à 13 °C en janvier, cependant, une barrière thermique a été établie pour l'expansion de cette espèce.

Sa régression complète à partir de la période hivernale est corrélée à la diminution de la température de l'eau de mer, mais aussi à des conditions hydrodynamiques violentes qui provoquent le déchirement de *C. racemosa* (**Ruitton et al., 2005**) ; comme notre site d'étude est largement exposé aux vents et à la houle d'ouest à nord ouest, d'où un hydrodynamisme important.

Selon **Incera et al. (2009)**, la turbulence des eaux intervient dans le processus d'établissement de l'algue invasive *C. racemosa*, de sorte que le régime hydrodynamique intense, souvent constaté en saison hivernale (hiver et automne compris), contribue à la destruction des frondes extensives de celle-ci, ce qui réduit son recouvrement.

L'un des problèmes potentiels pour les macrophytes aquatiques qui s'accroissent sur des substrats meubles est le mouvement des sédiments et des dépôts qui provoque l'enterrement et le déracinement (**Infantes et al., 2011**).

Il a été démontré que le succès de l'invasion de *Caulerpa racemosa* est en partie lié au type et à la structure du peuplement algal sur lequel l'algue invasive tente de prendre place ; c'est ainsi que la Corallinaceae *Corallina elongata* constitue un socle idéal pour la fixation des fragments et des stolons de *C. racemosa* (**Ceccherelli et al., 2002**). Cela expliquerait la présence et le maintien de *C. racemosa* au niveau des substrats meubles de la station A en saison automnale (octobre, novembre et décembre 2010).

Beaucoup de travaux tels que (**Piazzini & Cinelli, 1999, Ruitton et al., 2005, Capiomont et al., 2005**) ont rapporté que *C. racemosa* montrait un maximum de croissance durant les saisons chaudes, et une chute rapide de son développement en saison froide.

Cette algue invasive a été déjà signalée dans notre zone d'étude « la plage ouest de Sidi Fredj » :

- En **2006**, Lamouti a constaté lors de son travail de cartographie des herbiers de *Posidonia oceanica* de la plage de Thalassothérapie, la présence de *C. racemosa* qui couvre 1.43% de la zone.
- En **2010**, Boutarène & Ghanem ont montré à partir de la cartographie de *C. racemosa*, que cette espèce est apparue sur divers sites de la partie sous marine de la zone, où elle colonise une moyenne de 5,09 % de l'ensemble des relevés effectués.

D'après Lamouti (2006)



D'après Boutarène & Ghanem (2010)



Figure n°44 : Evolution de la répartition de *Caulerpa racemosa* entre 2006 et 2010 au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj (**Boutarène & Ghanem, 2010**)

La comparaison des résultats obtenus de la répartition de *C. racemosa* entre 2006 et 2010 indique une expansion et une prolifération importante de celle-ci dans la plage ouest de Sidi Fredj depuis 2006 (Figure n°44).

Cette expansion peut être expliquée par ses stratégies très efficaces en matière de reproduction, à la fois sexuée et asexuée (multiplication végétative).

En outre, les mécanismes de dispersion de *C. racemosa* (comme zygotes, des fragments ou des propagules), par la navigation (l'eau de ballast, appareils de mouillage), la pêche (dragage, la pêche au chalut, filets de fond et des pièges) et / ou les courants peuvent jouer un rôle majeur dans la propagation de l'espèce (**Klein & Verlaque, 2008**).

Plusieurs études menées sur l'impact de cette algue sur les assemblages de macrophytes indiquent une diminution du nombre total d'espèces et la couverture totale des macrophytes (**Piazzi et al., 2001 ; Piazzi & Cinelli, 2003 ; Balata et al., 2004**).

D'après **Argyrou et al. (1999)**, l'expansion de *Caulerpa racemosa* a imposé des changements sur les communautés de la macrofaune.

La comparaison des résultats obtenus des études réalisées par (**Piazzini et al., 2001 ; Piazzini & Cinelli , 2003 ; Balata et al., 2004**) et la présente étude concernant la variation de nombre d'espèces (Macrophytes benthiques) entre les zones envahies par l'algues invasive *C racemosa* et les zones non envahies montre que le nombre d'espèces recensées dans la présente étude est très faible par rapport aux autres études soit au niveau des zones envahies ou à celles non envahies, et en plus la présence de *C racemosa* n'a posé aucun effet particulier sur la composition des assemblages macrophytobenthiques, ce n'est pas le cas pour les résultats des autres études déjà mentionnées (Tableau n°12).

Tableau n°12 : Les résultats obtenus par les différentes études de la variation de nombre d'espèces (T) de macrophytobenthos entre les zones envahies par l'algue invasive *C. racemosa* et les zones non envahies

	Région (période d'étude)	Substrat	Zones non envahies (T)	Zones envahies (T)
Piazzini et al., 2001	Côte de Toscane (Italie) (août 1998 - octobre 1999)	Substrat rocheux	35 - 39	20 - 32
		Matte morte de <i>P. oceanica</i>	28 - 27	15 - 29
Piazzini & Cinelli, 2003	Sud du port de Livourne -Toscane (Italie) (mars - novembre 1999)	Substrat rocheux	36 - 37	19 - 25
		Matte morte de <i>P. oceanica</i>	31- 35	12 - 27
Balata et al., 2004	Côte de Toscane (Italie) (octobre 1999 - octobre 2001)	Substrat rocheux	24 - 39	23 - 38
Présente étude	Plage ouest de Sidi Fredj - Alger (Algérie) (juillet 2010 – juin 2011)	Substrat meubles hétérogènes (Station A)	1 - 8 (janvier - juin 2011)	2 - 11 (juillet - décembre 2010)
		Substrat meubles hétérogènes (Station B)	1 – 3	-----

2.3.1.5 Comparaison entre les deux stations

Après l'étude de peuplement de la macroflore benthique de chacune des deux stations, on aborde ici une comparaison des deux peuplements ce qui nous permet d'évaluer leur variabilité au cours de la période d'étude entre les deux stations.

En effet, une analyse statistique (test t) a été utilisée afin de comparer le nombre d'espèce de chaque groupe systématique (les phanérogames marines et les macroalgues), ainsi que leur biomasse totale (Tableau n°13).

Tableau n°13 : Valeurs moyennes et (écarts-types) des descripteurs biologiques utilisées pour déterminer les différences entre le peuplement des macrophytes benthiques des stations A et B (T : nombre d'espèces, Bt : biomasse totale)

* Un résultat significatif est obtenu lorsque $P < 0.05$.

T : test t de Student, S : différence significative, NS : différence non significative

Descripteur biologique	Station A	Station B	Valeur de P^*	T
Nombre d'échantillon	12	12		
T _{phanérogames}	1,08 (0,66)	1,75 (0,45)	0,009	S
T _{macroalgues}	3,33 (2,77)	0,33 (0,65)	0,001	S
Bt _{phanérogames}	1,72 (1,49)	6,45 (4,56)	0,003	S
Bt _{macroalgues}	7,96 (9,74)	0,02 (0,04)	0,010	S

La comparaison statistique de la composition en nombre et en biomasse de chacune des embranchements a mis en évidence des différences significatives entre la station A et B.

A partir des résultats montrés dans le tableau ci-dessus, il ressort que les structures qualitative et quantitative de peuplement des macrophytes représentent une certaine disparité entre les deux stations.

Les deux herbiers *Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii* sont plus fréquentes dans les substrats meubles de la station B, avec des biomasses totales plus importantes par rapports à celles obtenues dans la station A. La biomasse totale des phanérogames marines dans les substrats meubles de la station B varie de 0.51 à 15.97 g/m², tandis que celles de la station A présentent des valeurs moins importantes, varient de 0 à 4.08 g/m².

Au cours de la période d'étude, la station A renferme un total de 16 espèces de macroalgues, dont 04 sont Chlorophytes, 04 Phéophytes et 08 Rhodophytes, tandis que la station B renferme seulement 04 espèces, regroupant 03 Rhodophytes et 01 Phéophyte ;

Cela signifie que les substrats meubles de la station B sont pauvres au terme d'espèces de macroalgues alors que dans la station A on recensé un nombre plus élevé mai ce nombre reste faible par rapport aux résultats d'autres études (tableau n°10).

Leurs biomasses atteignent un maximum de 28,96 g/m² dans la station A, alors que dans la station B ne représentent que des valeurs très faibles ne dépassent pas 0.13 g/m².

2.3.2 Analyse de la macrofaune benthique

2.3.2.1 Inventaire faunistique globale

L'analyse des 24 relevés effectués le long de la période d'étude au niveau des deux stations A et B dans la plage ouest de Sidi-Fredj nous a permis de dresser un inventaire de 122 espèces macrozoobenthiques appartenant à 83 familles, 35 ordres, et distribués entre 9 classes et 6 phylums (Annexe n°10 et 11).

Ces phylums sont représentés par les Annélides (Polychètes), les Arthropodes (Crustacés), les Mollusques (Bivalves, Gastéropodes, Polyplacophores), les Echinodermes et le groupe divers (Cnidaires et Sipunculiens).

La distribution du nombre d'espèces, de familles, d'ordres et de classes au sein de chaque groupe taxonomique est mise en évidence dans le tableau n°14.

Tableau n°14 : Distribution du nombre d'espèces, de familles, d'ordres et de classes par groupe taxonomique

Groupe taxonomique	Classes	Ordres	Familles	Espèces
Polychètes	1	8	15	21
Crustacés	2	6	16	20
Mollusques	3	17	48	76
Echinodermes	1	1	1	1
Divers (Cnidaires, Sipunculiens)	2	3	3	4
Nombre total	9	35	83	122

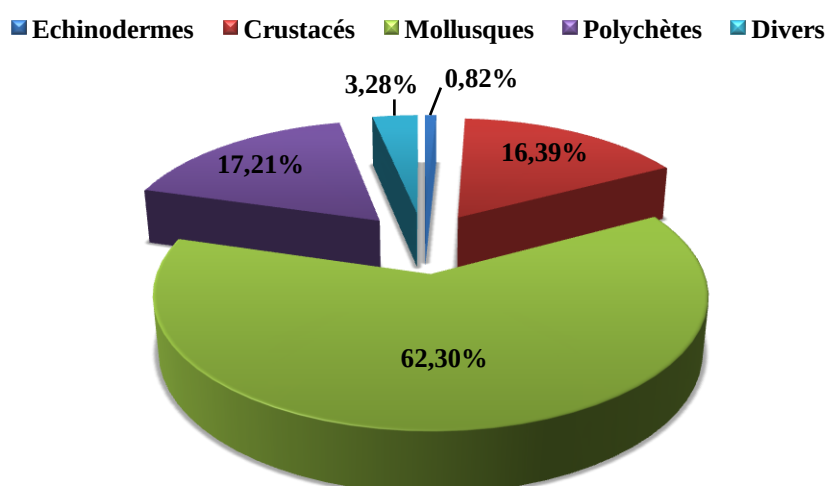


Figure n°45 : Contribution relative (%) des différents groupes taxonomiques

Le nombre d'espèces et la contribution relative (en pourcentage) de chaque groupe taxonomique (**Figure n°45**) ont montré que les Mollusques sont le groupe le plus diversifié et le plus représenté avec 62.30%, les Polychètes vient en deuxième position avec 17,21%, suivis par les Crustacés avec 16.39%, les deux groupes zoologiques que l'on regroupe sous l'appellation « Divers » (Cnidaires et Sipunculiens) ne contribuent que modérément avec 3.28%, et en dernier le groupe des Echinodermes contribue avec seulement 0.82%.

2.3.2.2 Etude structurale et temporelle de la macrofaune benthique

Les peuplements de la macrofaune benthique des substrats meubles des deux stations A et B de la plage ouest de Sidi Fredj ont fait l'objet d'une étude qualitative et quantitative de la composition faunistique.

2.3.2.2.1 Caractéristiques générales du peuplement de la station A

2.3.2.2.1.1 Richesse spécifique

Au total, 104 espèces de macroinvertébrée ont été inventoriées lors des 12 prélèvements effectués dans la station A durant la période d'étude allant de juillet 2010 jusqu'à juin 2011. La composition zoologique de cette diversité est présentée comme suit :

Tableau n°15 : Distribution du nombre d'espèces par groupe taxonomique pour le peuplement de la station A.

Groupe zoologique	Nombre d'espèces	Pourcentage (%)
Mollusques	70	67,31%
Crustacés	15	14,42%
Polychètes	15	14,42%
Cnidaires	2	1,92%
Echinodermes	1	0,96%
Sipunculiens	1	0,96%

D'après ces résultats, on a remarqué que la distribution de ces espèces entre les différents groupes zoologiques s'avère très inéquitable (Figure n° 46, Annexe n°12).

Les Mollusques sont le groupe zoologique principal, ayant la diversité maximale, plus que la moitié des espèces recensées, soit 67,31%. Les deux groupes Crustacés et Polychètes sont par leurs nombre d'espèces classés en seconde position. Les autres groupes sont très peu diversifiés, les Cnidaires sont représentés par 2 espèces, tandis qu'une seule espèce est recensé pour chacun des groupes des Echinodermes et Sipunculiens, ces trois derniers groupes ne constituent que 3,84 % de la diversité totale du peuplement.

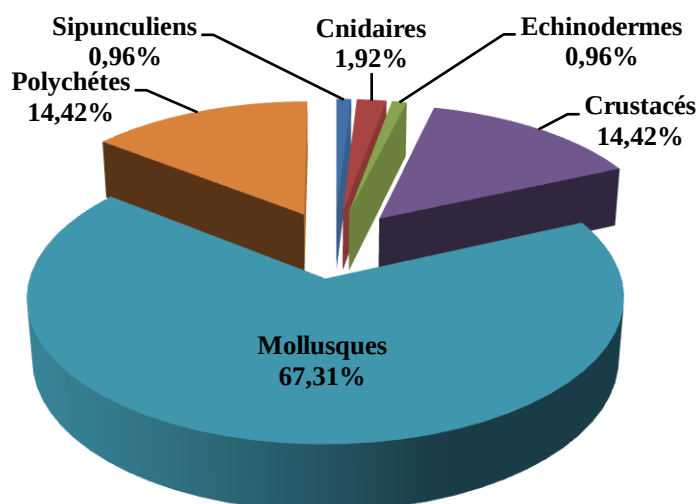


Figure n°46 : Contribution relative (%) des différents groupes zoologiques dans la station A

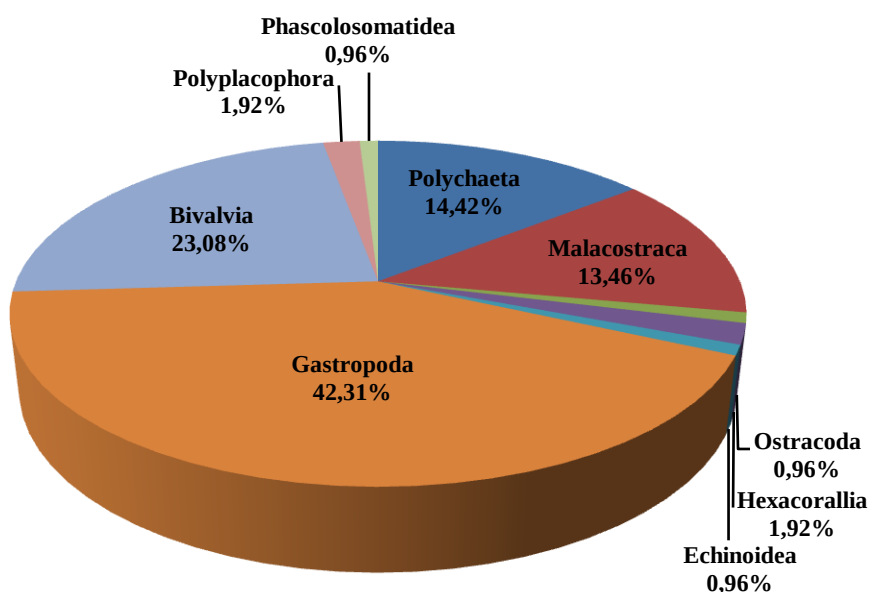


Figure n°47 : Contribution relative (%) de principales classes de différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station A

Les Mollusques sont l'embranchement le plus représenté au niveau du nombre de classes qui sont trois (les Gastéropodes, les Bivalves et les Polyplacophores) et du nombre d'espèces 70.

L'analyse de ce groupe fait apparaître la prépondérance des Gastéropodes avec 44 espèces, soit 62,86% ou 42.31% de la diversité totale, ces espèces repartis entre 27 familles dont les Trochidae et les Rissoidae sont les plus diversifiées avec respectivement 7 et 5 espèces.

Les Bivalves avec 24 espèces viennent en deuxième position, soit 34,29% des Mollusques et 23,08% du nombre total d'espèces. Les Bivalves comprennent 14 familles dont la plus

représentée est celle des Veneridae avec 6 espèces. Il est à noter que ces deux principales classes réunissent 55.74 % du nombre total des espèces.

La troisième classe des Polyplacophores est la moins diversifiée avec seulement 02 espèces appartenant à deux familles les Callochitonidae et Chitonidae, soit 2.86% des Mollusques et 1,92% de la diversité totale.

Cette analyse de la diversité des Mollusques met en évidence l'importance des Gastéropodes au sein de la structure qualitative du peuplement (Figure n°47 et 48).

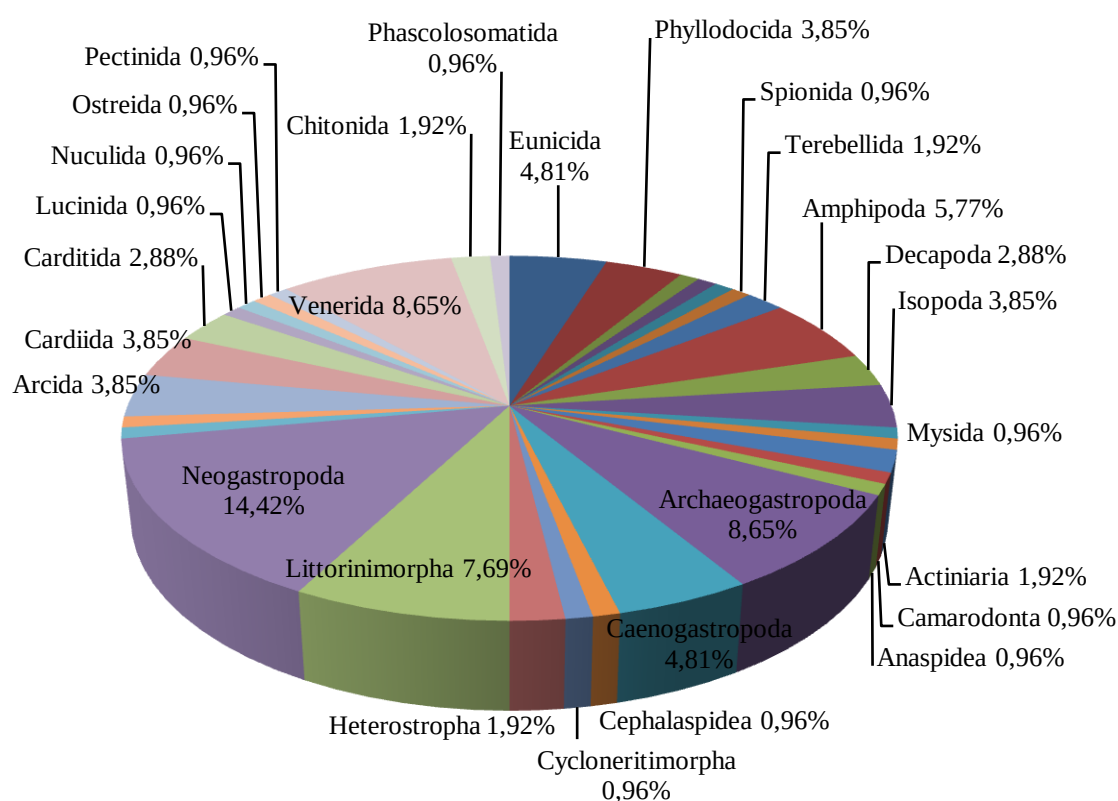


Figure n°48 : Contribution relative (%) des ordres correspondants aux différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station A

Les Crustacés sont représentés par 15 espèces réparties entre 2 classes, 5 ordres, 13 familles.

Au sein du groupe des Crustacés, l'ordre des Amphipodes domine avec 6 espèces soit 40% ou 5,77% sur l'ensemble des espèces recensées.

Les Isopodes et les Décapodes avec respectivement 4 et 3 espèces sont les autres ordres principaux des Crustacés, soit respectivement 26,67% et 20%, ces derniers réunissent 6,73% du nombre total des espèces. Les deux ordres Mysidacés et Ostracodes sont faiblement

représentés, soit une seule espèce recensée pour chacun, ces deux ordres constituent 13,33% des Crustacés et 1,63% de l'ensemble de peuplement.

Les Polychètes récoltées dans la station A sont représentés par 15 espèces distribuées entre 7 ordres et 11 familles.

L'analyse du groupe des Polychètes révèle que 9 espèces, soit 60% appartiennent à deux ordres des Eunicida et des Phyllodocida (Polychètes errantes), se sont les plus diversifiés avec respectivement 4 et 5 espèces, et fournissent 8,65% de la diversité totale. Les autres ordres (Polychètes sédentaires) (regroupant les familles Capitellidae, Opheliidae, Orbiniidae, Spionidae et Cirratulidae) ne renferment que 6 espèces, soit 40% des Polychètes et réunissent 5,76% du nombre total des espèces.

Les trois groupes Echinodermes, Cnidaire et Sipunculien sont considérés comme « minoritaires » vu leur faible contribution à la richesse spécifique de peuplement puisque ces trois groupes représentent 4 espèces au total. L'ordre des Actiniaria avec 2 espèces représentent 1,92%, l'ordre des Camarodonta et l'ordre des Phascolosomatida avec 1 seule espèce chacun et fournissent 1,92% de la diversité totale.

2.3.2.2.1.2 Fréquence des espèces

La classification des 104 espèces récoltées dans la station A en fonction de leur présence ou leur absence (Annexe n° 13) aux 12 relevés effectués pendant la période d'étude a permis de distinguer :

- **Les espèces constantes ($F > 50\%$)** au nombre de **12**, soit **11,53%** du nombre total d'espèces :

Au sein de cette catégorie, il apparaît nettement la prépondérance des Mollusques avec 11 espèces dont 10 sont des Gastéropodes *Bittium reticulatum*, *Cerithium vulgatum*, *Gibbula varia*, *Rissoa guerinii*, *Turbona cimex*, *Chauvetia brunnea*, *Rissoa montagui*, *Cerithiopsis tubercularis*, *Jujubinus striatus*, *Tricolia pullus*.

Alors qu'on dénombre un Mollusque Bivalve *Nucula nucleus* et une espèce Echinoderme *Paracentrotus lividus*, en notant l'absence d'autres groupes principaux comme les Polychètes et les Crustacés.

- **Les espèces communes ($25 \leq F \leq 50\%$)** au nombre de **30**, soit **28,84%** du nombre total d'espèces :

Les Mollusques rassemblent une grande partie des espèces communes avec 24 espèces dont 18 sont des Gastéropodes *Pisania maculosa*, *Columbella rustica*, *Conus mediterraneus*,

Vexillum tricolor, *Gibberula miliaria*, *Littorina neritoides*, *Bela nebula*, *Ocinebrina aciculata*, *Nassarius reticulatum*, *Smaragdia viridis*, *Odostomia conoidea*, *Turbonilla lactea*, *Ringicula auriculata*, *Rissoa auriscalpium*, *Biforina perversa*, *Jujubinus exasperatus*, *Jujubinus montagui*, *Rissoina bruguieri*.

Suivis par les Bivalves qui sont au nombre de 6 *Astarte sulcata*, *Cardita calyculata*, *Cardita trapezia*, *Chama gryphoides*, *Glycymeris glycymeris*, *Striarca lactea*.

Les Polychètes avec 3 espèces *Nereis rava*, *Nainereis laevigata*, *Notomastus latericeus* constituent le deuxième groupe de cette catégorie.

Les Crustacés sont représentés par 02 espèces Amphipodes *Amphithoe riedli*, *Hyale crassipes*. *Condylactis aurantiaca* est l'unique espèce commune des Cnidaire.

- **Les espèces rares (F < 25%)** au nombre de **62**, soit **59,61%** du nombre total d'espèces :

Les Mollusques avec 35 espèces sont le groupe zoologique prépondérant de cette catégorie, où on distingue 17 espèces Bivalves *Arca noae*, *Barbatia barbata*, *Acanthocardia aculeata*, *Cardium papillosum*, *Cerastoderma glaucum*, *Neopycnodonte cochlear*, *Loripes lucinalis*, *Macra corralina*, *Spisula subtruncata*, *Chlamys varia*, *Azorinus chamasolen*, *Circomphalus casinus*, *Irus irus*, *Mercenaria mercenaria*, *Timoclea ovata*, *Venerupis aureus*, *Venus verrucosa*, 16 espèces Gastéropodes *Aplysia fasciata*, *Mitrella scripta*, *Epitonium clathrus*, *Diodora greaca*, *Mitra nigra*, *Pusia ebenus*, *Mitrolumna olivoidea*, *Thais haemastoma*, *Nassarius corniculum*, *Euspira pulchella*, *Homalogyra atomus*, *Patella caerulea*, *Trivia monacha*, *Gibbula racketti*, *Gibbula rarilineata*, *Monodonta mutabilis*, et 2 espèces Polyplacophores *Callochiton septemvalvis*, *Chiton olivaceus*.

Suivis par les Crustacés qui réunissent 13 espèces rares, dont 4 sont des Amphipodes *Gammaropsis dentata*, *Gammaropsis sophiae*, *Aroui setosus*, *Stenothoe antennulariae*, 4 des Isopodes *Cyathura carinata*, *Idotea neglecta*, *Zenobia prismatica*, *Cymodoce truncata*, 3 des Décapodes *Acanthonyx lunulatus*, *Pagurus bernhardus*, *Pirimela denticulata*, le Mysidacé *Acanthomysis longicornis*, et l'ostracode *Vargula mediterranea*.

Les Polychètes sont représentés par 12 espèces rares *Harmothoe imbricata*, *Arabella iricolor*, *Eunice vittata*, *Staurocephalus rudolphii*, *Lumbriconereis latreilli*, *Lumbriconereis impatiens*, *Eteone siphonodonta*, *Syllis vivipara*, *Audouinia filigera*, *Chaetozone setosa*, *Tachytrypa jeffreysii*, *Scolecopsis bonnieri*.

Le Sipunculien *Phascolosoma granulatum* et le Cnidaire *Actinia equina* appartiennent à cette catégorie des espèces rares.

De cette étude de la fréquence des espèces, il est à remarquer, d'une part, la dominance du groupe des Mollusques notamment les Gastéropodes et les Bivalves dans toutes les catégories de fréquence. Et d'autre part, la structure qualitative de peuplement de la station A se caractérise par la présence des espèces fréquentes (espèces constantes et communes) en représentant 40,38% de la diversité totale alors que les espèces moins fréquentes (espèces rares) représentent 59.61%, cela révèle l'importance de cette dernière catégorie où un peu plus de la moitié des espèces du peuplement sont des espèces rares par rapport aux 12 relevés réalisés (de juillet 2010 à juin 2011) , celles qui sont en général peu importantes sur le plan quantitatif.

2.3.2.2.1.3 Densité et Dominance

La densité totale du peuplement de la station A, lors des 12 relevés effectués est de 1388 ind./m². Ces individus récoltés se distribuent de façon très inégale entre les différents groupes faunistiques (Figure n°49, Annexe n°12) et de la manière suivante :

Tableau n°16 : Distribution de l'abondance, la densité et la dominance par groupe taxonomique pour le peuplement de la station A.

Groupe zoologique	Abondance	Densité (ind./m ²)	Dominance (%)
Mollusques	1255	1255	90,42%
Crustacés	63	63	4,54%
Polychètes	47	47	3,39%
Cnidaires	9	9	0,65%
Echinodermes	13	13	0,94%
Sipunculiens	1	1	0,07%

Plus de 90% des effectifs du peuplement sont des Mollusques, de ce fait, ils forment sur le plan numérique le groupe principal.

Les Crustacés et les Polychètes sont les autres principaux groupes zoologiques du peuplement, classés respectivement deuxième et troisième groupes, ces deux groupes ont une dominance cumulée de 7,93%, alors ils ne jouent qu'un rôle secondaire au sein de la structure quantitative du peuplement. Les autres groupes des Echinodermes, Cnidaires, Sipunculiens ont une abondance très réduite et ne regroupent que 1.66% de l'effectif total du peuplement.

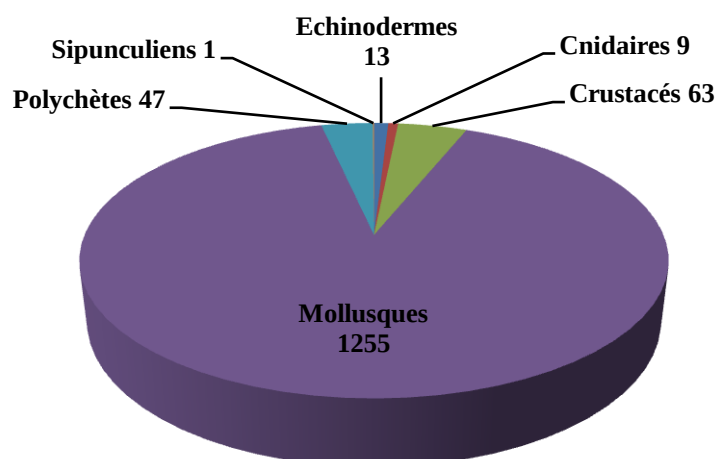


Figure n°49 : Densité (ind./m²) des différents groupes zoologiques de peuplement de la station A

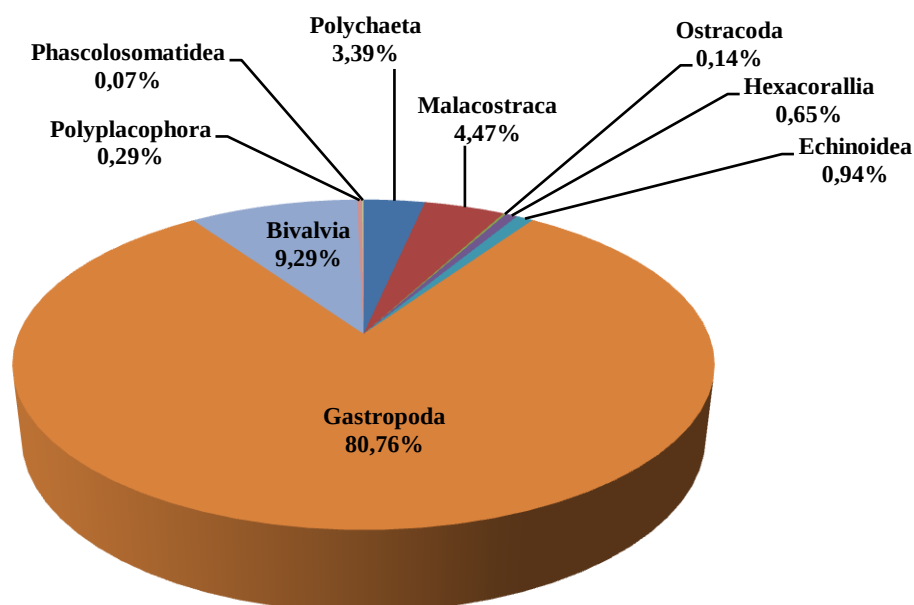


Figure n°50 : Dominance (%) des principales classes des différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station A

La composante numérique principale du groupe des Mollusques sont les Gastéropodes avec une densité de 1121 ind./m² correspondant à une dominance de 80,76% de l'effectif total, cette densité ou cette dominance permet aux Gastéropodes d'être le principal groupe faunistique du peuplement.

Suivi par les Bivalves qui contribuent à la densité des Mollusques par 10.29 %, soit 129 ind./m², et à l'échelle du peuplement, les Bivalves représentent 9.29 % de l'effectif total, donc par ces valeurs les Bivalves forment le second groupe faunistique du peuplement.

Tandis que les Polyplacophores renferment seulement 0.32 % de la densité des Mollusques et 0.28% de l'effectif total, soit 4 ind./m².

Sur la totalité des individus de Crustacés récoltés, 45,31 % sont des Amphipodes, soit 29 ind./m². Les Amphipodes représentent 2,08% de la densité totale, faisant d'eux le troisième groupe dominant du peuplement après celui des Gastéropodes et les Bivalves. Les Décapodes et les Isopodes viennent en deuxième et troisième position, renferment respectivement 29,69% et 20,31% de la densité des Crustacés, soit 19 et 13 ind./m², ces deux ordres regroupent 2,3% de l'effectif total du peuplement. Les autres Crustacés (Mysidacés, Ostracodes) sont numériquement très faible, constituent une dominance de 4.76%, et représentent 0,21 % de l'effectif total soit une densité de 3 ind./m² (Figure n°50 et 51).

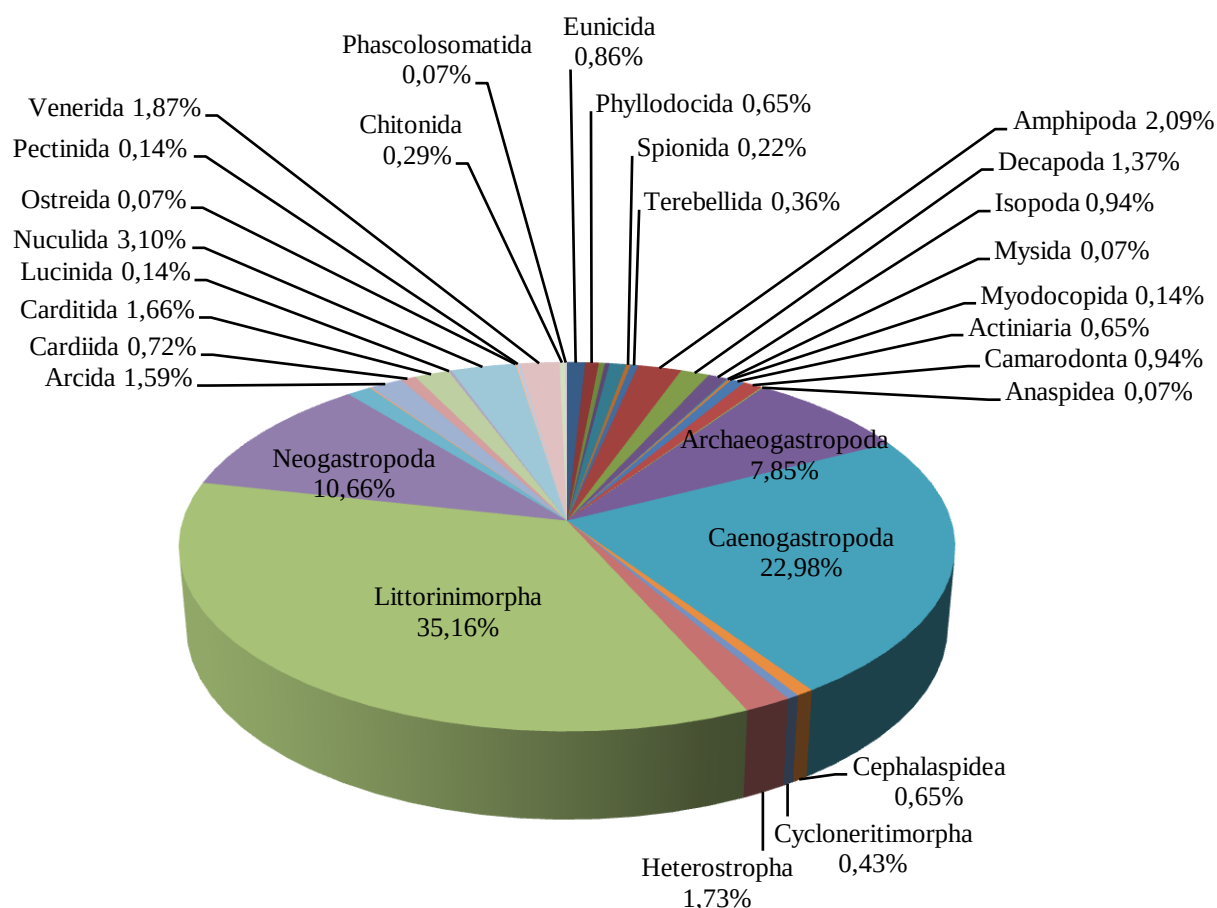


Figure n°51 : Dominance (%) des ordres correspondants aux différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station A

Concernant les Polychètes, les Eunicida sont les plus nombreux avec une densité de 12 ind./m², et une dominance de 25,53%. Les deux ordres Eunicida et Phyllodocida (Polychètes errantes) rassemblent 44,68% des Polychètes, soit 21 ind./m²,

et représentent 1,51% de l'effectif total du peuplement. Tandis que les autres ordres (Polychètes sédentaires) (regroupant les familles Capitellidae, Opheliidae, Orbiniidae, Spionidae et Cirratulidae) constituent à l'échelle des Polychètes 53,18%, soit 26 ind./m², et contribuent faiblement à la densité totale avec seulement 1,88%.

L'analyse numérique de peuplement de la station A révèle que les Mollusques notamment les Gastéropodes sont le groupe zoologique principale formant l'essentiel de sa structure quantitative, les Bivalves viennent en deuxième degré. Cela apparait au sein du cortège des espèces principales, qui sont caractérisées par des fortes abondances, et appartiennent dans leur totalité aux groupe des Mollusques.

Parmi ces 15 espèces distinguées, on dénombre 14 Mollusques Gastéropodes auxquels s'ajoute un Mollusque Bivalve (Tableau n°17).

Tableau n°17 : Densité et Dominance des principales espèces et des autres espèces de peuplement de la station A.

Espèces principales	Densité (ind./m ²)	Dominance (%)
<i>Rissoa montagui</i>	240	17,29
<i>Cerithium vulgatum</i>	157	11,31
<i>Turbona cimex</i>	154	11,10
<i>Cerithiopsis tubercularis</i>	83	5,98
<i>Bittium reticulatum</i>	67	4,83
<i>Rissoa guerinii</i>	59	4,25
<i>Nucula nucleus</i>	43	3,10
<i>Chauvetia brunnea</i>	39	2,81
<i>Gibbula varia</i>	38	2,74
<i>Jujubinus striatus</i>	32	2,31
<i>Gibberula miliaria</i>	21	1,51
<i>Nassarius reticulatum</i>	17	1,22
<i>Tricolia pullus</i>	16	1,15
<i>Ocenebrina aciculata</i>	15	1,08
<i>Odostomia conoidea</i>	15	1,08
Total	996	71,76
Total d'autres espèces	392	28,24

Ces espèces principales constituent 71,76% de la densité totale du peuplement, soit 996 ind./m², le reste des espèces du peuplement (dont la dominance est inférieure à 1%), c'est-à-dire 89 espèces rassemblent 28,24% de l'effectif total.

Rissoa montagui s'accaparent à elle seule 17,29% de l'effectif total, soit 240 ind./m², de ce fait, elle est considérée comme une espèce leader du peuplement (Figure n°52).

Cerithium vulgatum et *Turbona cimex* sont respectivement la seconde et la troisième espèce du peuplement, avec des densités très proches, respectivement 157 et 154 ind./m², renforçant ainsi la prépondérance des Mollusques, soit une dominance cumulée atteint la valeur 22,41%.

Cerithiopsis tubercularis, *Bittium reticulatum*, *Rissoa guerinii* sont classés par ordre d'importance en quatrième, cinquième et sixième place, leur dominance cumulée est 15,06%.

Les Bivalves grâce à l'espèce *Nucula nucleus* figurent en septième place dans le cortège des espèces principales avec une dominance de 3.10%.

Les autres espèces principales du peuplement *Chauvetia brunnea*, *Gibbula varia*, *Jujubinus striatus*, *Gibberula miliaria*, *Nassarius reticulatum*, *Tricolia pullus*, *Ocinebrina aciculata*, *Odostomia conoidea* ont des densités moins élevées, soit pour ces huit espèces une dominance cumulée de 13.09%.

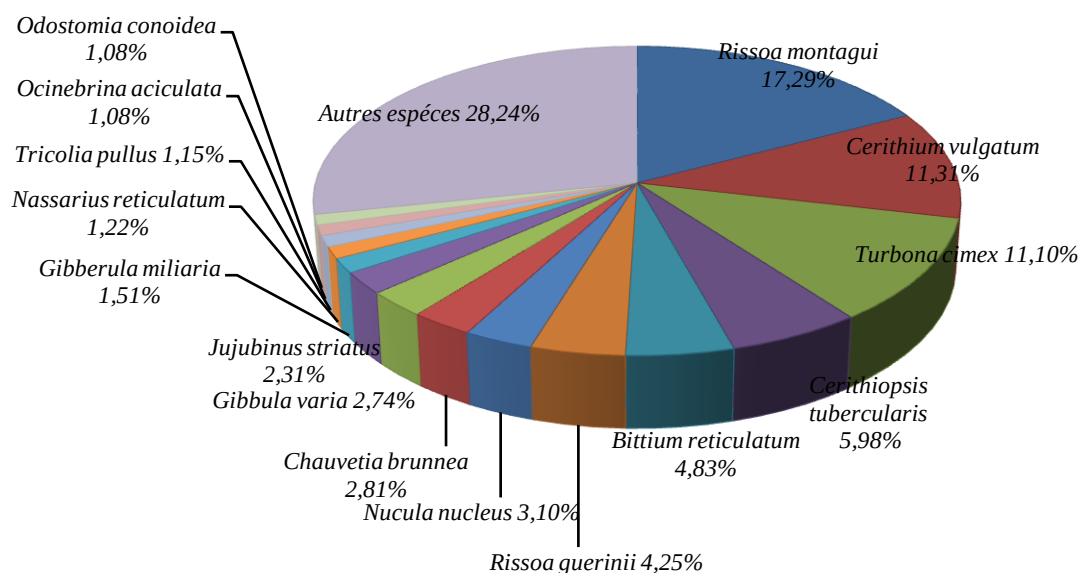


Figure n°52: Dominance (%) des principales espèces et des autres espèces du peuplement de la station A

2.3.2.2.2 Evolution temporelle du peuplement de la station A

2.3.2.2.2.1 Richesse spécifique

Une variabilité mensuelle de nombre d'espèces est observée dans la station A (Figure n°53, Annexe n°14), le nombre d'espèces diminue de façon appréciable de juillet à décembre (2010) : de 48 à 5 espèces. En janvier 2011, ce nombre s'accroît à nouveau, puis diminue légèrement en février, à partir de là jusqu'à avril (2011) ce nombre augmente progressivement de 27 à 43 espèces, puis diminue entre mai et juin 2011.

C'est en juillet (été) que la diversité est à sa valeur maximale (48 espèces), tandis qu'en décembre (hiver) elle est minimale avec seulement 5 espèces.

Globalement, la diversité des Mollusques est la plus élevée quelle que soit la période de prélèvement, suivie de celle des Polychètes, excepté en juillet, novembre (2010), avril et juin (2011) où les Crustacés viennent en seconde position, et pendant les autres mois les Crustacés sont relégués à la troisième place.

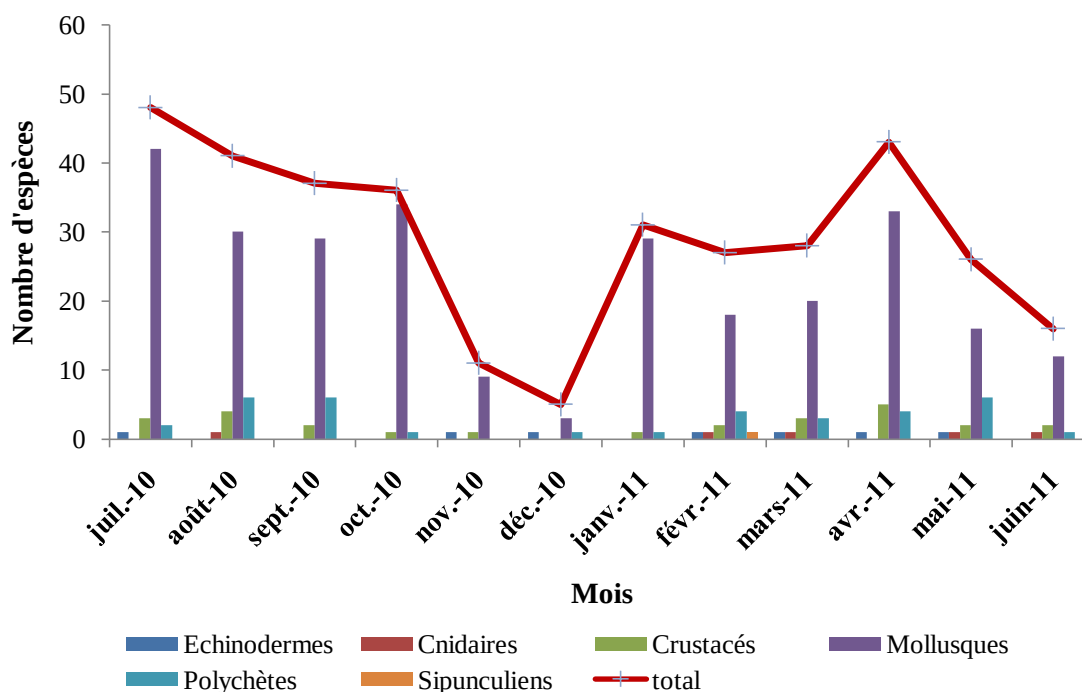


Figure n°53 : Evolution mensuelle de nombre total d'espèces, des Mollusques, des Crustacés, des Polychètes, des Echinodermes, des Cnidaïres et des Sipunculien à la station A.

Les Mollusques ont une richesse spécifique qui évolue dans le temps de manière similaire à celle de la diversité totale de peuplement, Leur nombre d'espèces fluctue entre un minimum de 3 espèces en décembre (hiver) et un maximum de 42 espèces en juillet (été).

En effet, cette similitude révèle que ce groupe zoologique est celui ayant une forte contribution à la diversité du peuplement et aussi responsable des fluctuations globales de la diversité du peuplement.

La diversité des Polychètes est maximale avec 6 espèces en août, septembre 2010 (été) et en avril 2011 (printemps), alors qu'en novembre 2010 aucune espèce n'est rencontrée et ils sont présentés par 1 seule espèce en octobre, décembre 2010 et janvier 2011 (hiver). Les fortes valeurs de diversité du groupe des Crustacés sont notées en avril 2011 (5 espèces), en décembre ce groupe est absent, et ils sont représentés par 1 espèce en octobre, novembre 2010 (automne) et en janvier 2011 (hiver).

Les Echinodermes sont absents dans le milieu d'août à octobre (2010), en janvier et juin (2011), le reste du temps, ils sont représentés par une espèce, les Cnidaires sont représentés par 1 espèce en août 2010, février, mars, mai et juin 2011 alors qu'ils sont absents du milieu durant les autres mois. Les Sipunculiens apparaissent dans le milieu qu'en février 2011.

Les Cnidaires, les Echinodermes et les Sipunculiens, par leur diversité très faible (limité par 1 espèce) au cours du temps, ont un rôle négligeable dans la structure qualitative du peuplement.

Ainsi la diversité du peuplement de la station A au cours du temps est en grande partie due aux Mollusques et à un degré moindre aux Polychètes et Crustacés.

2.3.2.2.2 Densité et Dominance

Au cours de la période d'étude, la densité totale est affectée par de fortes fluctuations, les valeurs enregistrées sont comprises entre 6 ind./m² (décembre 2010) et 208 ind./m² (avril 2011). L'évolution de la densité mensuellement (Figure n°54, Annexe 14) est une alternance entre des augmentations et des diminutions des effectifs.

Cette évolution est présentée par quatre pics principaux ; un pic estival en juillet 2010 (205 ind./m²), un pic automnal en octobre 2010 (196 ind./m²), un pic hivernal en janvier (150 ind./m²) et un pic printanier en avril 2011 où la densité atteint sa valeur maximale (208 ind./m²), entre mai et juin 2011 la densité décroît progressivement ; les valeurs minimales sont notées à la fin d'automne où la chute la plus importante avec 23 ind./m² en novembre et seulement 6 ind./m² en décembre 2010.

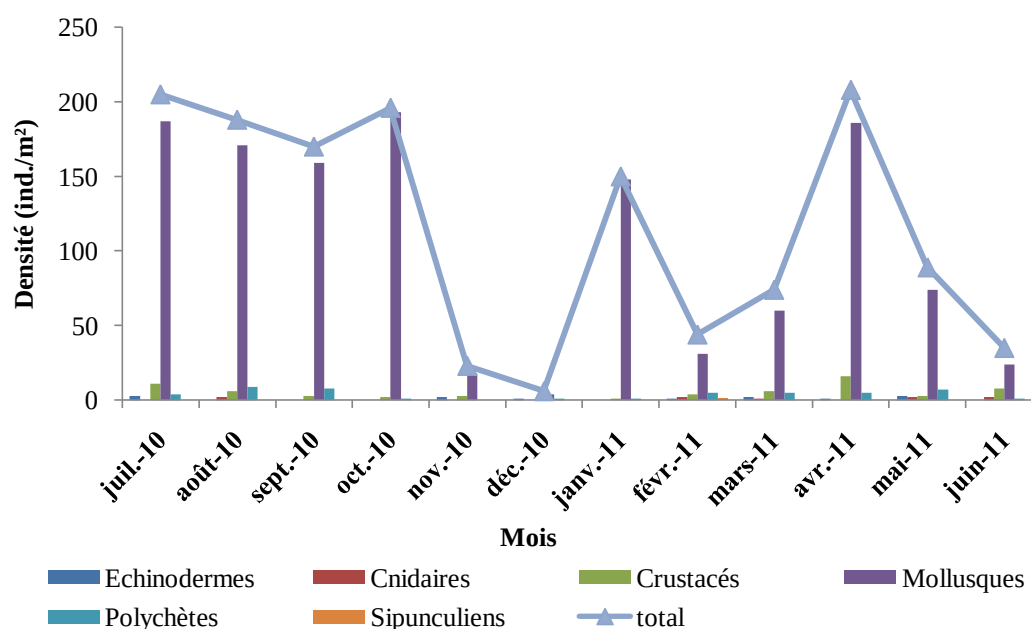


Figure n°54 : Evolution mensuelle de la densité totale et des différents groupes zoologiques de peuplement de la station A

Les Mollusques sont le groupe dont les contributions à la densité totale sont prépondérantes. Leur densité fluctue au cours du temps entre 4 ind./m² (décembre 2010) et 193 ind./m² (octobre 2010). Durant les 12 mois, La dominance de ce groupe au sein de peuplement est forte, toujours supérieure à 60% (Figure n°55).

Par leur densité, les Crustacés constituent le second groupe zoologique au cours du temps, excepté au mois de décembre 2010 où on note leur absence, et en août, septembre 2010, février et mai 2011, ils cèdent la deuxième place aux Polychète.

Les Crustacés sont représentés modérément en effectifs à la station, de 1 ind./m² (janvier 2011) à 16 ind./m² (avril 2011), leur dominance varie de 0.67% (janvier 2011) à 22.90 % (juin 2011).

Le groupe des Polychètes est absent en novembre 2010, le reste des mois leur densités sont faibles, se varient de 1 ind./m² (octobre et décembre 2011) à 9 ind./m² (août 2010), leur dominance varie de 0.51% (octobre 2010) à 16.7% (janvier 2011).

Les Crustacés et les Polychètes connaissent leur développement maximal à la station A au printemps et en été ; l'automne et l'hiver en particulier semblent être des saisons peu favorables à ces groupes zoologiques.

Les Echinodermes sont soit absents (août à octobre 2010, janvier, juin 2011) soit présents avec des effectifs très réduits (1 à 3 ind./m²), l'effectif maximal est noté en juillet 2010 et en mai 2011, leur dominance varie de 0.48% (avril 2011) à 16.7% (décembre 2010).

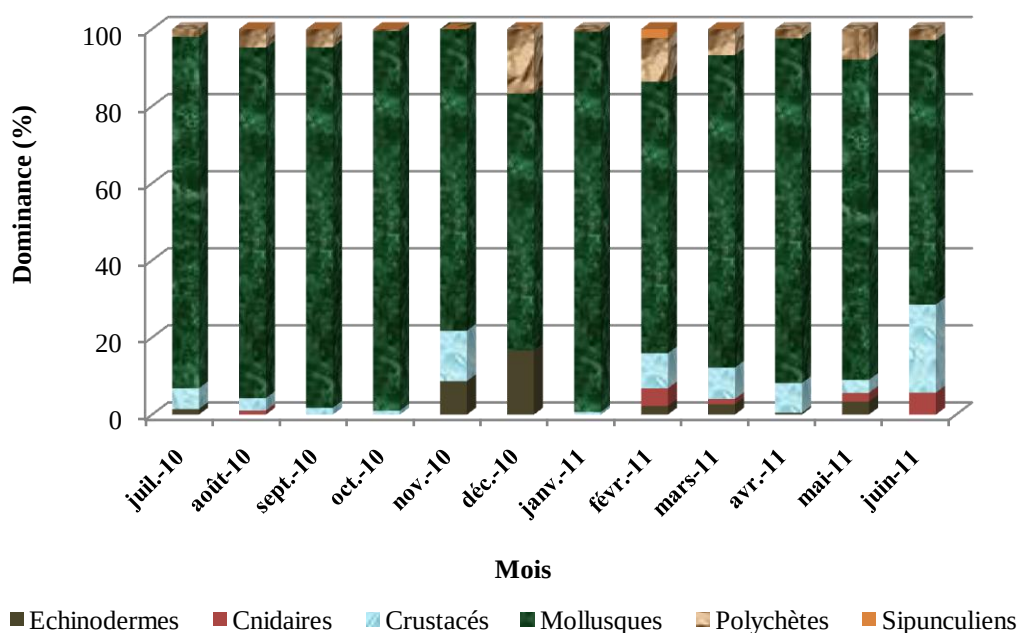


Figure n°55 : Evolution mensuelle de la dominance des différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station A

Les Cnidaires sont généralement absents, leur présence (août 2010, février, mars, mai et juin 2011) se traduit par des densités très limitées entre 1 et 2 ind./m², soit des dominances variant de 1.1% (août 2010) à 5.71% (juin 2011).

Les Sipunculiens sont présents à la station seulement en mois de février 2011, avec 1 ind./m² correspondant à une dominance 2,27%.

Sur le plan numérique, les Mollusques sont le groupe zoologique dominant du peuplement de la station A quelle que soit la période, donc les fluctuations numériques dans le temps de ce groupe sont à l'origine de celles de la densité totale du peuplement, tandis que les Crustacés et les Polychètes jouent un rôle secondaire et dominant modérément, les Cnidaires, les Echinodermes et les Sipunculiens ont un rôle négligeable dans la structure quantitative du peuplement.

2.3.2.2.3 Indices de diversité de Shannon et d'Équitabilité

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon (H') obtenues dans la station A, au cours de la période d'étude sont comprises entre 0,68 (décembre 2010) et 1,43 (juillet 2010), alors que celles de l'équitabilité (E) entre 0,70 (mai 2011) et 0,97 (décembre 2010) (Annexe n°15).

L'évolution des indices de diversité (Figure n°56) ne subissent que de faibles fluctuations d'un mois à l'autre à l'exception des mois de novembre et de décembre (2010), où on a noté des écarts maximaux de (H') entre novembre et décembre (0,3) et entre décembre et janvier (0,4), ce qui est dû à la chute du nombre d'espèces en décembre (5 espèces), puis à son augmentation en janvier jusqu'à 31 espèces. De même, on a noté des écarts maximaux de (E) entre octobre et novembre et entre décembre et janvier (0.2), ces écarts sont dus à l'absence des espèces à fortes dominances en novembre et décembre.

De juillet à octobre (2010) et de février à mai (2011), les fluctuations des deux indices sont similaires, ils diminuent au cours de ces mois à cause de la baisse de la richesse spécifique et à la distribution inégale des abondances des espèces au sein des peuplements.

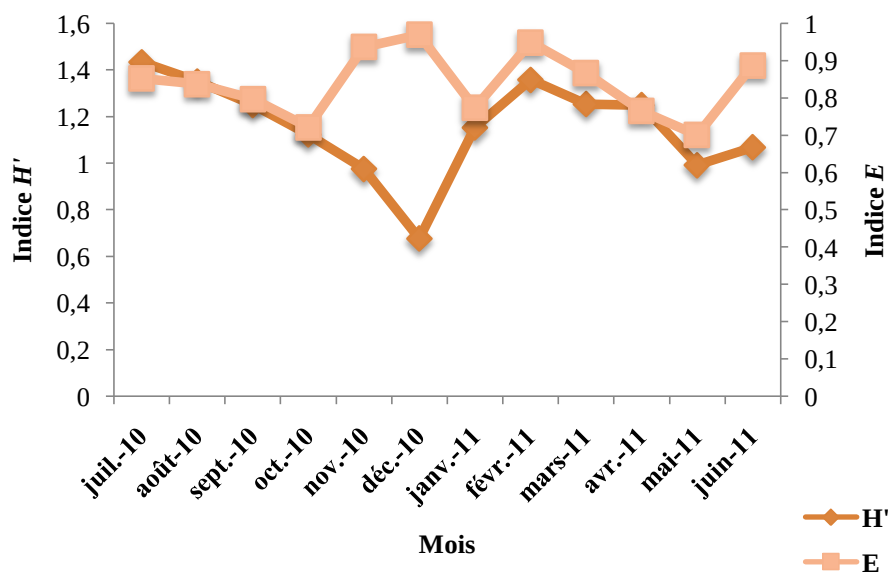


Figure n°56 : Evolution temporelle des indices de diversité de Shannon H' et de l'équitabilité E dans la station A.

Les valeurs élevées de l'indice de Shannon notées en (juillet 2010) sont dues à une augmentation importante du nombre d'espèces (S) et à la présence des espèces à dominance modérée (février 2011), tandis que les valeurs les plus faibles résultent de la diminution du nombre d'espèces (novembre et décembre 2010 avec respectivement 11 et 5 espèces).

Les valeurs maximales de l'indice d'Équitabilité en novembre, décembre 2010, février 2011 correspondent aux peuplements où les espèces ont des abondances presque identiques.

Tandis que les valeurs minimales enregistrées sont étroitement liées à la présence d'une ou deux espèces à forte dominance dans le peuplement telles que *Rissoa montagui* (28,06%) et *Turbona cimex* (22,95%) en octobre 2010, en janvier les même 02 espèces avec respectivement (28%) et (16,66), en mai 2011 c'est *Cerithium vulgatum* avec (47,19%).

En terme de cette analyse, il paraît clairement que les valeurs de l'indice de Shannon sont relativement peu élevées (valeur moyenne : 1,15) alors que les valeurs de l'indice d'équitabilité sont considérables (valeur moyenne : 0,83).

Cela signifie que le peuplement des substrats meubles de la station A est peu diversifié mais généralement représente un certain équilibre sur le plan structural selon **Daget (1979)**, sauf aux mois d'octobre 2010, janvier, avril et mai 2011 où les valeurs de l'équitabilité sont inférieures à 0,8, ce qui signifie que le peuplement représente un léger déséquilibre.

2.3.2.2.3 Caractéristiques générales du peuplement de la station B

2.3.2.2.3.1 Richesse spécifique

Un total de 87 espèces a été recensé pour le peuplement de la station B lors des 12 prélèvements effectués durant la période d'étude allant de juillet 2010 jusqu'à juin 2011.

La distribution des espèces entre les divers groupes zoologiques est la suivante :

Tableau n°18 : Distribution du nombre d'espèces par groupe taxonomique pour le peuplement de la station B.

Groupe zoologique	Nombre d'espèces	Pourcentage (%)
Mollusques	56	64,37%
Polychètes	15	17,24%
Crustacés	11	12,64%
Cnidaires	2	2,30%
Sipunculien	2	2,30%
Echinodermes	1	1,15%

Ces espèces recensées se répartissent très inégalement entre les divers groupes (Figure n°57, Annexe n°12).

Les Mollusques sont le groupe zoologique le plus diversifié, plus que la moitié des espèces recensées, soit 64,37% ; les Polychètes et les Crustacés sont les autres principaux groupes,

classés respectivement second et troisième, ces deux groupes constituent plus du quart des espèces du peuplement soit 29,89%.

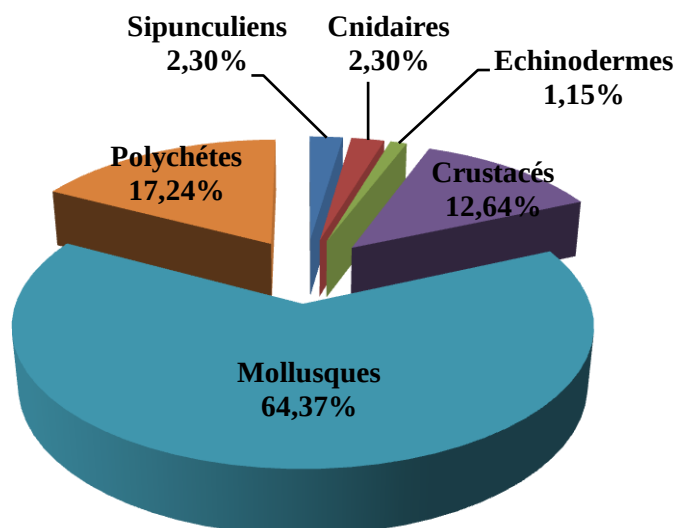


Figure n°57 : Contribution relative (%) des différents groupes zoologiques dans la station B

Les groupes des Cnidaires et Sipunculiens sont représentés chacun par 2 espèces, tandis qu'une seule espèce est recensée pour le groupe des Echinodermes ; ces trois derniers groupes zoologiques ne contribuent que modérément à la structure qualitative du peuplement : 5.75 % des espèces récoltées se rattachent à ces groupes.

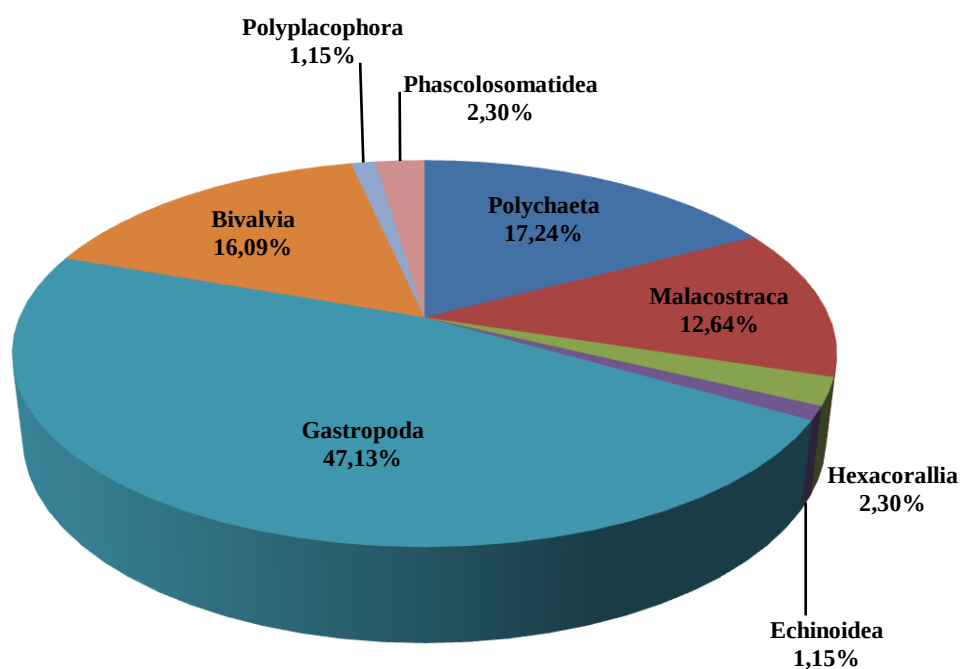


Figure n°58 : Contribution relative (%) de principales classes de différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station B

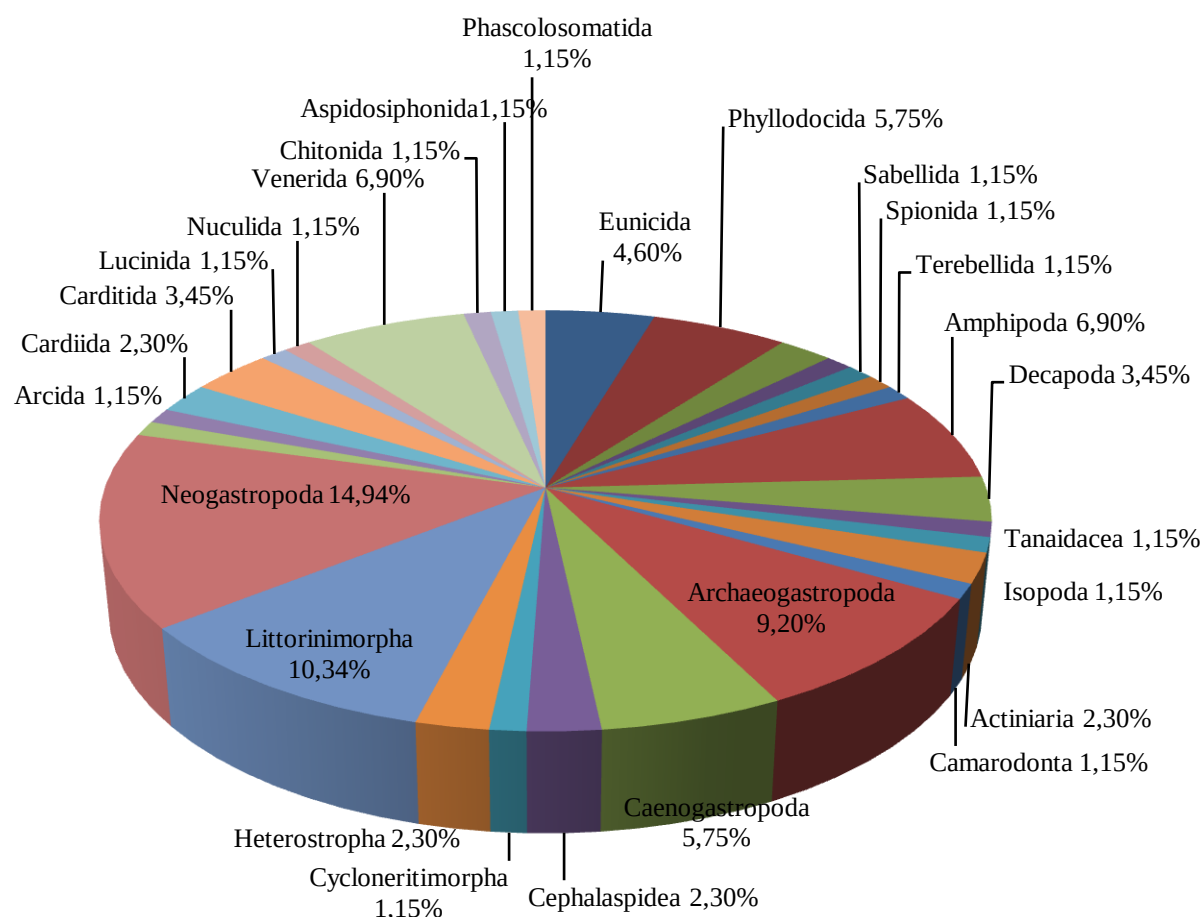


Figure n°59: Contribution relative (%) des différents ordres correspondants aux différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station B

Le groupe des Mollusques se caractérise par une forte présence d'espèces de Gastéropodes, on recense 41 espèces distribuées entre 27 familles dont les plus diversifiées sont les Trochidae (6 espèces) et les Rissoidea (5 espèces).

Les Gastéropodes représentent 73,21% de la diversité des Mollusques, et 47,13% de la diversité totale, faisant des Gastéropodes le groupe principal du peuplement.

Les Bivalves sont par leur diversité (14 espèces repartis entre 10 familles, la plus diversifiée est celle des Veneridae avec 4 espèces) le second groupe dominant des Mollusques et de la diversité totale soit respectivement 25% et 16,09%.

Les Polyplacophores sont représentés par une seule espèce appartenant à la famille des Chitonidae.

Cette analyse de la diversité des Mollusques met en évidence l'importance des Gastéropodes au sein de la structure qualitative du peuplement suivi par les Bivalves (Figure n°58 et n°59).

Les Polychètes récoltées dans la station B sont représentés par 15 espèces distribuées entre 7 ordres et 12 familles. L'analyse de ce groupe révèle que 9 espèces, soit 60% appartiennent à deux ordres des Eunicida et des Phyllodocida (Polychètes errantes), se sont les plus diversifiés avec respectivement 4 et 5 espèces, et fournissent 10,34% de la diversité totale.

Les autres ordres (Polychètes sédentaires) (regroupant les familles des Orbiniidae, Cirratulidae, Sabellidae, Spionidae, Capitellidae et les Maldanidae avec 1 espèce pour chacune) ne renferment que 6 espèces, soit 40% des Polychètes et réunissent 6,90% du nombre total des espèces.

Les Crustacés sont représentés par 11 espèces réparties entre 4 ordres et 9 familles. L'analyse détaillée de ce groupe fait ressortir la prépondérance des Amphipodes avec 6 espèces soit 54,54 % des Crustacés ou 6,90 % du total des espèces. Les Décapodes, avec 3 espèces forment le deuxième groupe des crustacés soit 27,27%, et 3,45% du nombre total d'espèces.

Les autres Crustacés (Isopodes et Tanaidacés) avec une seule espèce pour chacun sont moins représentés dans le peuplement; ils contribuent modestement à la richesse spécifique du peuplement (2,30 %).

Comme pour la station A, les trois groupes Echinodermes, Cnidaire et Sipunculien contribuent faiblement à la diversité totale du peuplement de la station B. les Echinodermes sont représentés par une seule espèce (ordre des Camarodonta, soit 1,15%), les Cnidaire avec 02 espèces (ordre des Actiniaria, soit 2,30%), les Sipunculien avec 02 espèces appartenant à 02 ordres des Aspidosiphonida et Phascolosomatida, soit 2,30%.

2.3.2.2.3.2 Fréquences des espèces

La classification des 87 espèces récoltées dans la station B en fonction de leur présence ou leur absence (Annexe n°16) aux 12 relevés effectués pendant la période d'étude a permis de distinguer :

- **Les espèces constantes ($F > 50\%$)** au nombre de **10**, soit **11,49%** du nombre total d'espèces :

Au sein de cette catégorie, il apparait nettement la prépondérance des Mollusques avec 9 espèces dont 8 sont des Gastéropodes *Cerithiopsis tubercularis*, *Cerithium vulgatum*, *Columbella rustica*, *Gibberula miliaria*, *Nassarius reticulatum*, *Rissoa montagui*, *Turbona cimex*, *Gibbula varia* et une espèce Bivalve *Nucula nucleus* ; suivis des Crustacés qui sont représentés par l'unique espèce Décapode *Pagurus bernhardus*.

- **Les espèces communes ($25 \leq F \leq 50\%$)** au nombre de **17**, soit **19,54%** du nombre total d'espèces :

Les Mollusques rassemblent une grande partie des espèces communes avec 14 espèces distribuées entre 7 espèces Gastéropodes *Chauvetia brunnea*, *Bittium reticulatum*, *Mitrella scripta*, *Ocinebrina aciculata*, *Tricolia pullus*, *Rissoa guerinii*, *Jujubinus striatus*, et 7 espèces Bivalves *Cardium papillosum*, *Cardita calyculata*, *Cardita trapezia*, *Chama gryphoides*, *Loripes lucinalis*, *Macra corralina*, *Striarca lactea*.

Suivis par les Polychètes qui constituent le deuxième groupe de cette catégorie avec 2 espèces *Arabella iricolor*, *Nainereis laevigata*. *Actinia equina* est l'unique espèce commune des Cnidaires ; en notant l'absence d'autres groupes principaux comme les Crustacés.

- **Les espèces rares ($F < 25\%$)** au nombre de **60**, soit **68,96%** du nombre total d'espèces :

Les Mollusques avec 33 espèces sont le groupe zoologique prépondérant de cette catégorie, où on distingue 26 espèces Gastéropodes *Pisania maculosa*, *Bulla striata*, *Conus mediterraneus*, *Vexillum tricolor*, *Epitonium clathrus*, *Haliotis tuberculata*, *Littorina neritoides*, *Bela nebula*, *Melanella polita*, *Mitra nigra*, *Mitrolumna olivoidea*, *Bolinus brandaris*, *Euspira pulchella*, *Smaragdia viridis*, *Ovula spelta*, *Patella caerulea*, *Odostomia conoidea*, *Turbonilla lactea*, *Ringicula auriculata*, *Rissoa auriscalpium*, *Rissoina bruguieri*, *Biforina perversa*, *Jujubinus exasperatus*, *Jujubinus montagui*, *Gibbula racketti*, *Monodonta mutabilis*, 6 espèces Bivalves *Astarte sulcata*, *Donax semistriatus*, *Mercenaria mercenaria*, *Timoclea ovata*, *Venerupis aureus*, *Venus verrucosa* et 1 espèce Polyplacophores *Chiton olivaceus*.

Suivis par les Polychètes qui réunissent 13 espèces rares *Harmothoe imbricata*, *Harmothoe spinifera*, *Eunice vittata*, *Leocrates claparedii*, *Lumbriconereis latreilli*, *Lumbriconereis impatiens*, *Phyllodoce laminosa*, *Syllis nigricirris*, *Notomastus latericeus*, *Chaetozone setosa*, *Clymene lumbricoides*, *Dasychone bombyx*, *Scolelepis bonnierii*.

Les Crustacés sont représentés par 10 espèces rares, dont 6 sont des Amphipodes *Amphithoe riedli*, *Cymadusa filosa*, *Amphilochoides serratipes*, *Stenothoe antennulariae*, *Stenothoe tergestina*, *Hyale crassipes* ; les deux Décapodes *Pachygrapsus marmoratus*, *Pirimela denticulata* ; l'Isopode *Idotea neglecta* et le Tanaidaceae *Apseudes talpa*.

Les Sipunculiens sont représentés par 02 espèces rares *Aspidosiphon muelleri*, *Phascolosoma granulatum*. L'Echinoderme *Paracentrotus lividus* et le Cnidaire *Condylactis aurantiaca* appartiennent à cette catégorie des espèces rares.

L'analyse de ces catégories de fréquence au sein de peuplement de la station B fait ressortir d'une part, l'importance des Mollusques particulièrement les Gastéropodes suivis par les Bivalves, dont les espèces sont les plus fréquemment récoltées.

Et d'autre part, l'importance du cortège des espèces rares qui représentent 68,96% c'est-à-dire plus de la moitié des espèces du peuplement sont des espèces rares, tandis que les espèces fréquentes (espèces constantes et communes), celles qui sont importantes sur le plan quantitatif ne représentent que 31,03% de la diversité totale du peuplement.

2.3.2.2.3.3 Densité et Dominance

Pour le peuplement de la station B, la densité totale lors des 12 relevés effectués a été évaluée à 816 ind./m², Les différents groupes zoologiques contribuent de manière très inégale à cette densité comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°19 : Distribution de l'abondance, la densité et la dominance par groupe taxonomique pour le peuplement de la station B

Groupe zoologique	Abondance	Densité (ind./m ²)	Dominance (%)
Mollusques	701	701	85,91%
Crustacés	52	52	6,37%
Polychètes	48	48	5,88%
Cnidaires	7	7	0,86%
Sipunculiens	7	7	0,86%
Echinodermes	1	1	0,12%

Les Mollusques sont largement dominants et forment l'essentiel de la structure quantitative de peuplement, un peu plus des trois quart des individus récoltés (85,91%) (Figure n°60, Annexe n°12).

Les Crustacés et les Polychètes viennent en seconde position, numériquement sont moins importants, rassemblent une densité de 100 ind./m², soit une dominance cumulée de 12,25% .

Les Sipunculiens et les Cnidaires ont une abondance très réduite, soit 7 ind/m² pour chacun, ils partagent seulement 1,72 % de l'effectif total du peuplement, les Echinodermes sont un groupe zoologique négligeable, soit 0,12%.

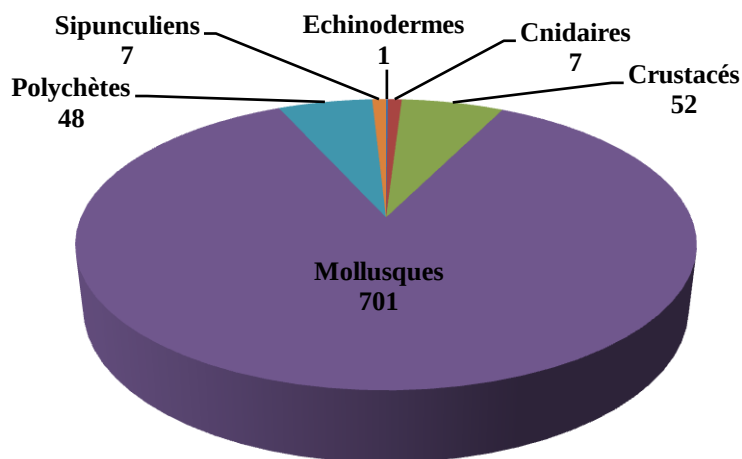


Figure n°60 : Densité (ind./m²) des différents groupes zoologiques de peuplement de la station B

La composante numérique principale du groupe des Mollusques sont les Gastéropodes avec une densité de 580 ind./m² correspondant à une dominance de 82,73%, soit 71,08% de l'effectif total. Cette densité et cette dominance permettent aux Gastéropodes d'être le principal groupe faunistique du peuplement.

Suivi par les Bivalves qui contribuent à la densité des Mollusques par 16,97 %, soit 199 ind./m², et à l'échelle du peuplement, les Bivalves représentent 14,58 % de l'effectif total, donc par ces valeurs les bivalves forment le second groupe faunistique du peuplement. Tandis que les Polyplacophores renferment seulement 0,28 % de la densité des Mollusques et 0,25% de l'effectif total, soit 2 ind./m².

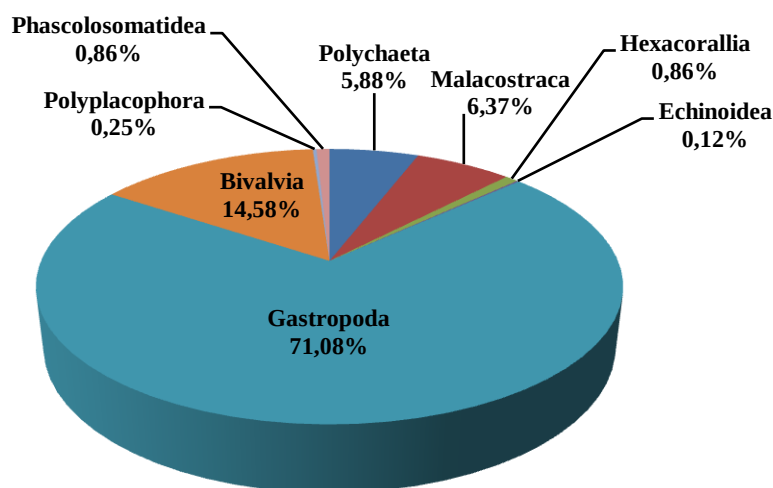


Figure n°61 : Dominance (%) des principales classes des différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station B

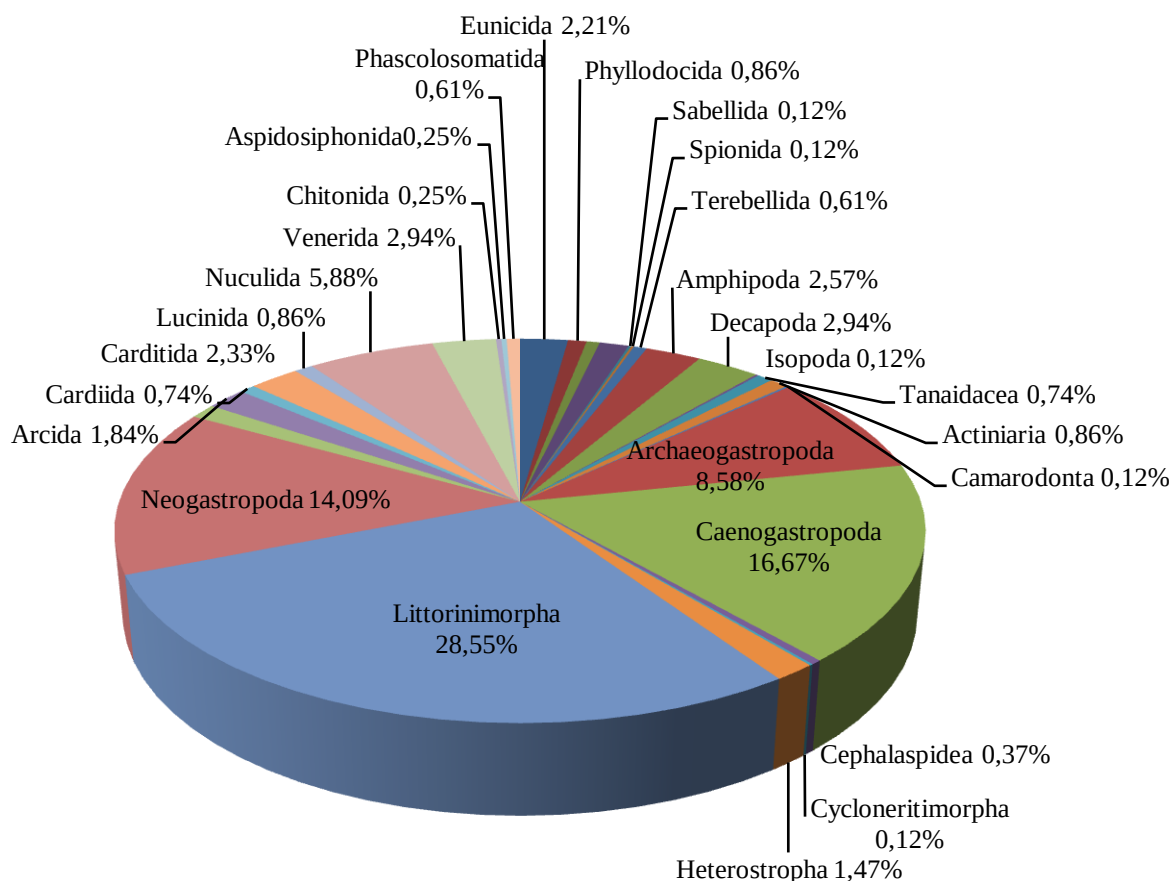


Figure n°62 : Dominance (%) des ordres correspondants aux différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station B

Sur la totalité des individus de Crustacés récoltés, 46,15 % sont des Décapodes, soit 24 ind./m². Ces Décapodes représentent 2,94 % de la densité totale, faisant d'eux le troisième groupe dominant du peuplement après celui des Gastéropodes et des Bivalves.

Les Amphipodes viennent en deuxième position, renfermant 40,38% de la densité des Crustacés, soit 21 ind./m², cet ordre représente 2,57% de l'effectif total du peuplement.

Les autres Crustacés (Isopodes, Tanaidacés) sont numériquement très faible, constituent une dominance cumulée de 13,46%, et représentent 0,86 % de l'effectif total, soit une densité de 7 ind./m² (Figure n°61 et 62).

Concernant les Polychètes, les Eunicida sont les plus nombreux avec une densité de 18 ind./m², et une dominance de 37,5% . Les deux ordres Eunicida et Phyllodocida (Polychètes errantes) représentent 52,08% des Polychètes, soit 25 ind./m² et rassemblent 3,06% de l'effectif total du peuplement.

Tandis que les autres ordres (Polychètes sédentaires) (regroupant les familles des Orbiniidae, Cirratulidae, Spionidae, Sabellidae, Capitellidae, Maldanidae) constituent à l'échelle des Polychètes 47,92%, soit 23 ind./m², et contribuent faiblement à la densité totale avec seulement 2,82%.

L'analyse de la composition zoologique sur le plan numérique de la station B a permis de mettre en évidence la prépondérance des Mollusques Gastéropodes auxquels s'associent les Bivalves, et en troisième degré les Crustacés plus particulièrement les Décapodes.

Cette prépondérance de ces groupes se retrouve à travers la composition du cortège des espèces principales du peuplement ; sur les 15 espèces principales répertoriées, on dénombre 12 Gastéropodes, 2 Bivalves et 1 seul Crustacé Décapode (Tableau n°20).

Tableau n°20 : Densité et Dominance des principales espèces et des autres espèces de peuplement de la station B

Espèces principales	Densité (ind./m²)	Dominance (%)
<i>Rissoa montagui</i>	133	16,30
<i>Turbona cimex</i>	66	8,09
<i>Cerithiopsis tubercularis</i>	52	6,37
<i>Nucula nucleus</i>	48	5,88
<i>Cerithium vulgatum</i>	41	5,02
<i>Bittium reticulatum</i>	36	4,41
<i>Gibbula varia</i>	29	3,55
<i>Chauvetia brunnea</i>	23	2,82
<i>Jujubinus striatus</i>	20	2,45
<i>Nassarius reticulatus</i>	19	2,33
<i>Columbella rustica</i>	18	2,21
<i>Pagurus bernhardus</i>	17	2,08
<i>Striarca lactea</i>	15	1,84
<i>Ocenebrina aciculata</i>	14	1,72
<i>Rissoa guerinii</i>	13	1,59
Total	544	66,67
Total d'autres espèces	272	33,33

Ces espèces principales représentent plus de la moitié des effectifs, précisément 66,67 % de la densité totale du peuplement, correspondant à une densité de 544 ind./m² ; les 72 autres espèces (dont la dominance est inférieure à 1%) constituent 33,33 % de la diversité totale mais regroupent seulement 33,33 % de la densité totale.

La forte présence des Gastéropodes au sein du groupe des espèces principales (12 espèces), ainsi que leur densité et dominance élevées, mettent parfaitement en évidence le rôle essentiel des Gastéropodes au sein de la structure quantitative du peuplement ; *Rissoa montagui* est l'espèce leader du peuplement, avec une densité 133 ind./m², soit 16,30% de l'effectif total.

Turbona cimex et *Cerithiopsis tubercularis* par leur densité 66 et 52 ind./m² occupent respectivement la seconde et la troisième place au sein du cortège des espèces principales, soit une dominance cumulée 14,46% (Figure n°63).

Les trois premières espèces du peuplement s'accaparent 30,76 % c'est-à-dire plus du quart de l'effectif total. Tandis que, les autres Gastéropodes espèces principales *Cerithium vulgatum*, *Bittium reticulatum*, *Gibbula varia*, *Chauvetia brunnea*, *Jujubinus striatus*, *Nassarius reticulatum*, *Columbella rustica*, *Ocenebrina aciculata*, *Rissoa guerinii* ont des dominances moins élevées, soit pour ces neuf espèces une dominance cumulée de 26,10%.

Les Bivalves grâce à *Nucula nucleus* et *Striarca lactea* figurent dans le cortège des espèces principales, avec une dominance cumulée de 7,72% ; cependant *Nucula nucleus* par son abondance élevée et dominance appréciable 5,88% fait d'elle la quatrième espèce principale.

Pagurus bernhardus est l'unique Crustacé espèce principale avec une dominance de 2,08%, ce qui permet à ce groupe d'avoir une représentativité modeste au sein du cortège des espèces principales.

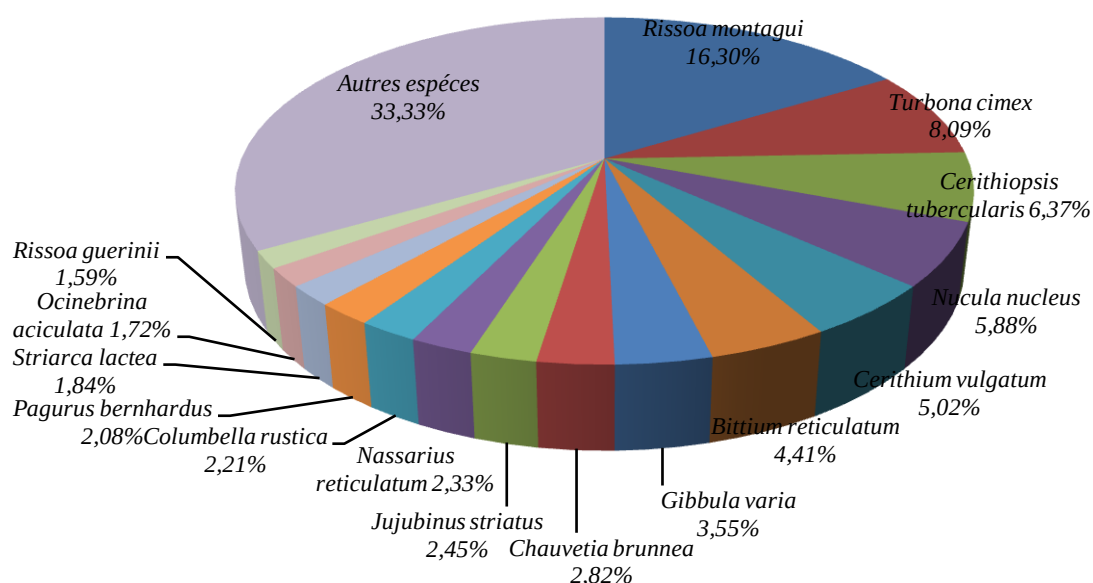


Figure n°63 : Dominance (%) des principales espèces et des autres espèces du peuplement de la station B

2.3.2.2.4 Evolution temporelle du peuplement de la station B

2.3.2.2.4.1 Richesse spécifique

Globalement la diversité à la station B fluctue selon les mois (Figure n°64, Annexe n°14), entre 12 et 47 espèces au cours de la période d'étude.

Le nombre d'espèces diminue légèrement de juillet à août (2010), de septembre à décembre (2010) ce nombre reste constant (16 espèces), puis une diminution appréciable de la diversité est notée en janvier (12 espèces), à partir de février (2011) la diversité augmente progressivement pour atteindre 47 espèces en juin (2011).

C'est en janvier 2011 (hiver) que la diversité est à sa valeur minimale tandis qu'en juin (2011) (fin du printemps) elle est maximale.

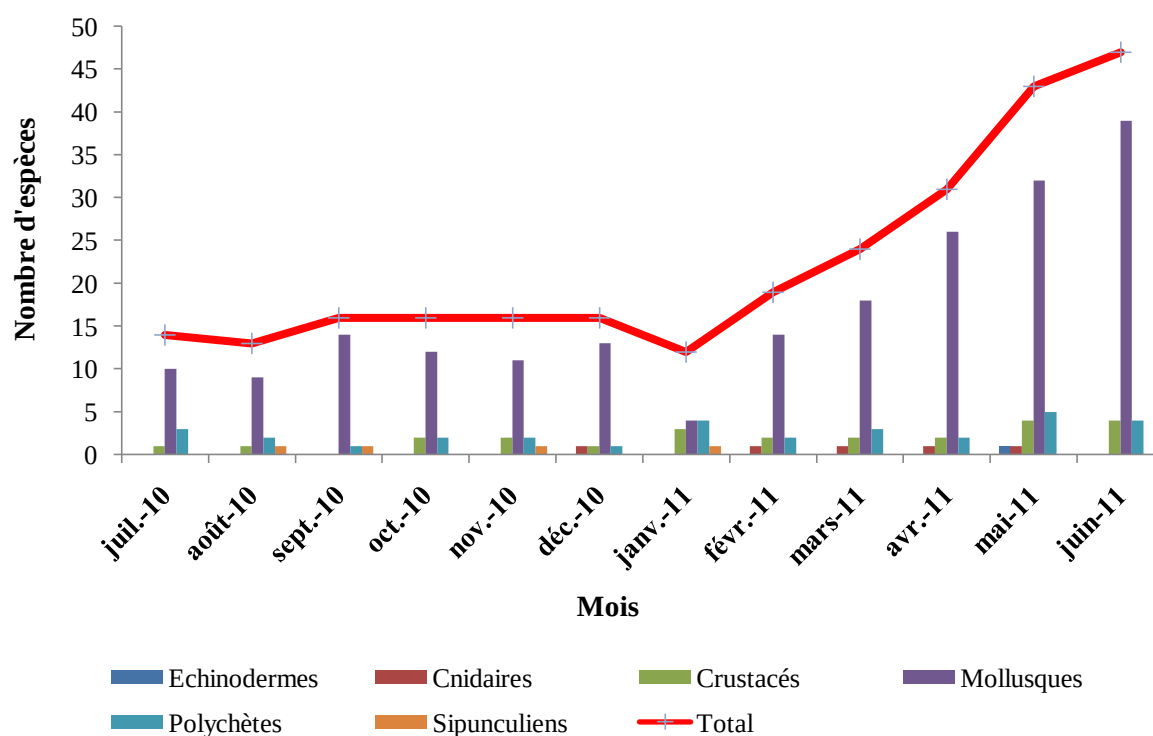


Figure n°64 : Evolution mensuelle de nombre total d'espèces, des Mollusques, des Crustacés, des Polychètes, des Echinodermes, des cnidaires et des Sipunculiens à la station B

Quelle que soit la période, les Mollusques sont en permanence le groupe le plus diversifié de la station B, suivis des Polychètes et des Crustacés qui ont une diversité à peu près proche dans le temps, et sont au cours du temps à tour de rôle le second et le troisième groupes du peuplement. Leur diversité est élevée le printemps, faible en automne.

L'évolution de la diversité des Mollusques est très irrégulière, une succession d'augmentations et de diminutions ont été observées de juillet à décembre 2010 ; en janvier 2011 (hiver) le nombre de Mollusques est minimal (4 espèces) ; à partir de février 2011 cette diversité s'accroît progressivement jusqu'à juin 2011 (fin du printemps) où on note le nombre maximal (39 espèces).

Les fluctuations du nombre d'espèces des Polychètes au cours du temps sont faibles, en général le nombre d'espèces varie d'un minimum de 1 espèce (septembre et décembre 2010) (fin d'été et fin d'automne) à un maximum de 5 espèces (mai 2011) (printemps).

La diversité des Crustacés évolue peu dans le temps, c'est en mai et juin 2011 (printemps) que les Crustacés ont un nombre d'espèces élevé (4 espèces), en septembre 2010 ils sont absents du milieu, en juillet août et décembre 2010 (été et fin d'automne) ils sont représentés par une seule espèce.

Les Cnidaires n'existent pas dans le milieu de juillet à novembre 2010, en janvier et en juin 2011 ; ils apparaissent mais avec une seule espèce dans le reste du temps. Les Sipunculiens sont absents du milieu sauf en août, septembre 2010, novembre et janvier 2011 où ils apparaissent avec 1 seule espèce. Concernant les Echinodermes, une seule espèce est récoltée en mai (2011), pendant les autres mois ils sont absents du milieu.

Au cours du temps, la structure qualitative du peuplement de la station B s'organise et s'articule essentiellement autour du groupe des Mollusques et à un degré moindre de ceux des Polychètes et des Crustacés.

Cependant, les variations de la diversité du peuplement dans le temps découlent en grande partie de celles des Mollusques ; Les Cnidaires, les Echinodermes et les Sipunculiens, par leur diversité réduite (limitée par 1 espèce) au cours du temps, ont un rôle négligeable dans la structure qualitative du peuplement.

2.3.2.2.4.2 Densité et Dominance

Au cours de la période d'étude, la densité totale à la station B fluctue entre 20 ind./m² (janvier 2011) et 289 ind./m² (juin 2011). Ces densités présentent au cours du temps des variations importantes (Figure n°65, Annexe n°14) ;

De juillet à décembre 2010 (été et automne), l'évolution de la densité est une alternance entre des augmentations et des diminutions, cette période se caractérise par des densités peu élevées avec des variations faibles au cours du temps (de 29 à 43 ind./m²).

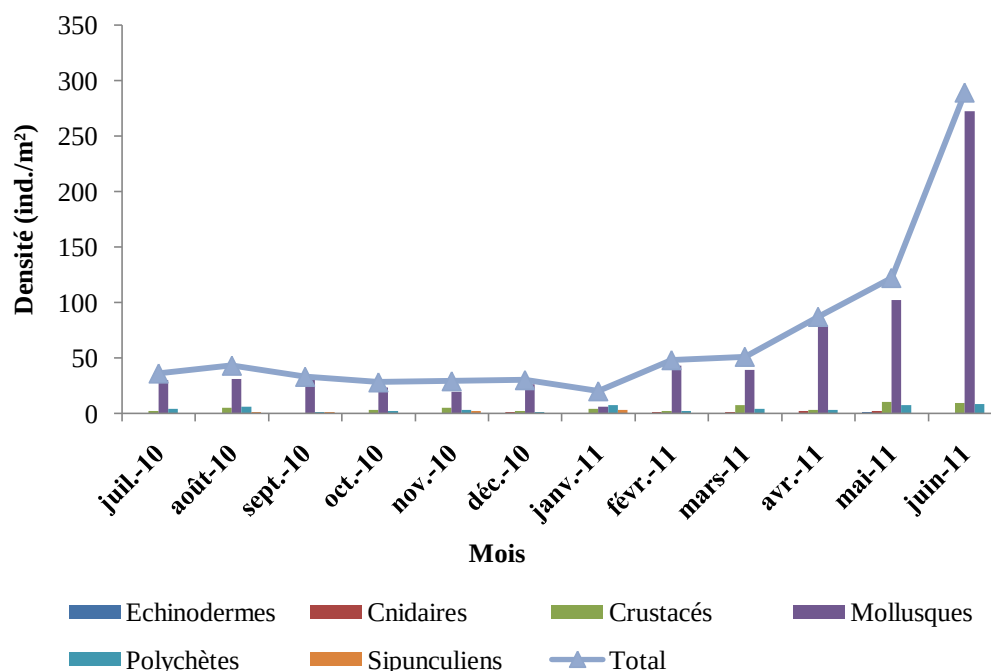


Figure n°65 : Evolution mensuelle de la densité totale et des différents groupes zoologiques de peuplement de la station B

Une chute importante de la densité est observée en janvier 2011 avec une valeur minimale de 20 ind./m² ; cette forte diminution des effectifs est suivie d'une augmentation considérable au cours de la période printanière jusqu'à atteindre la valeur maximale en juin 2011 (printemps) avec 289 ind./m².

Les fluctuations des effectifs des Mollusques dans le temps sont importantes, entre un minimum de 6 ind./m² en janvier 2011 (hiver) et un maximum de 272 ind./m² en juin 2011 (printemps).

Par leur densité au cours du temps, les Mollusques sont le groupe dominant puisqu'ils représentent plus de la moitié des effectifs du peuplement avec des dominances élevées toujours supérieures à 65% excepté en janvier 2011 où ce groupe cède la première place aux polychètes avec une dominance minimale de 30% (Figure n°66).

Les Crustacés et les Polychètes sont mal représentés en effectif à la station ; les Crustacés constituent le second groupe zoologique au cours du temps, excepté en mois de septembre 2010 où on note leur absence, en juillet, août 2010 et janvier 2011, ils cèdent la deuxième place aux Polychètes ;

C'est en mai et juin 2011 que les densités des Crustacés sont élevées avec respectivement 10 et 9 ind./m² alors que les faibles densités sont enregistrées en juillet et décembre 2010 avec 2 ind./m², leur dominance varie de 3,11% (juin 2011) à 17,11% (novembre 2010).

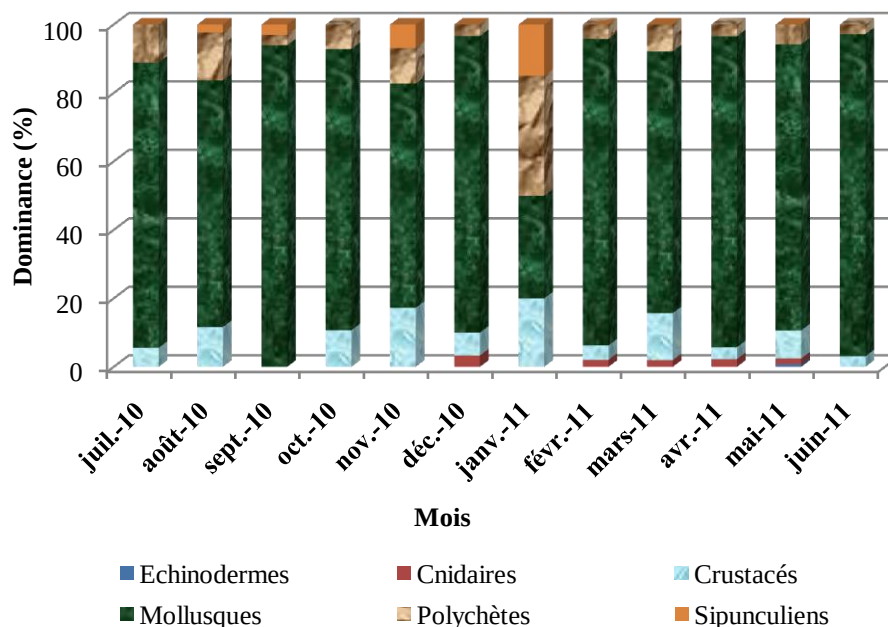


Figure n°66 : Evolution mensuelle de la dominance des différents groupes zoologiques au sein de peuplement de la station B

La densité des Polychètes fluctue entre 1 ind./m² (septembre et décembre 2010) et 8 ind./m² (juin 2011), d'autres fortes densités des Polychètes sont enregistrées en janvier et juin 2011 avec 7 ind./m²; leur dominance sont comprise entre 2,76% (juin 2011) et 35% (janvier 2011).

De juillet à novembre 2010, en janvier et en juin 2011 aucun Cnidaire n'est récolté à la station; les autres mois leur abondance est réduite : 1 et 2 ind./m² soit des dominances faibles variant de 1.63 (mai 2011) à 3.33 % (janvier 2011).

Les Sipunculiens sont soit absents soit présents avec des effectifs très réduits de 1 ind/m² (août, septembre 2010) à 3 ind./m² (janvier 2011) soit des dominances variant de 2.32 à 15%.

Les Echinodermes sont représentés à la station par la seule espèce *Paracentrotus lividus*, aucun individu de cette espèce n'est présent dans le milieu sauf en mai 2011 avec seulement 1 ind./m² soit une dominance très faible de 0,81%.

En général la représentativité numérique des Mollusques dans le milieu est la plus forte, cependant les fluctuations temporelles de la densité totale du peuplement sont essentiellement dues aux variations des effectifs des Mollusques, les Crustacés et les Polychètes par leurs densités et dominances moins importantes jouent un rôle tout à fait secondaire au sein du peuplement, tandis que les Cnidaire, les Echinodermes, les Sipunculien par leurs densités et dominances très faibles ont un rôle négligeable dans la structure quantitative du peuplement.

2.3.2.2.4.3 Indices de diversité de Shannon et d'Équitabilité

Les valeurs de l'indice de Shannon obtenues dans la station B au cours de la période d'étude sont comprises entre 0,94 (août 2010) et 1,44 (mai 2011), celles de l'indice d'équitabilité se varient entre 0,81 (juin 2011) et 0,96 (janvier 2011) (Annexe n°15).

L'évolution mensuelle de ces indices de diversité (Figure n°67) montre que leurs variations d'un mois à l'autre sont relativement peu élevées (écart maximal est de 0,15 (H'), 0,07 (E)).

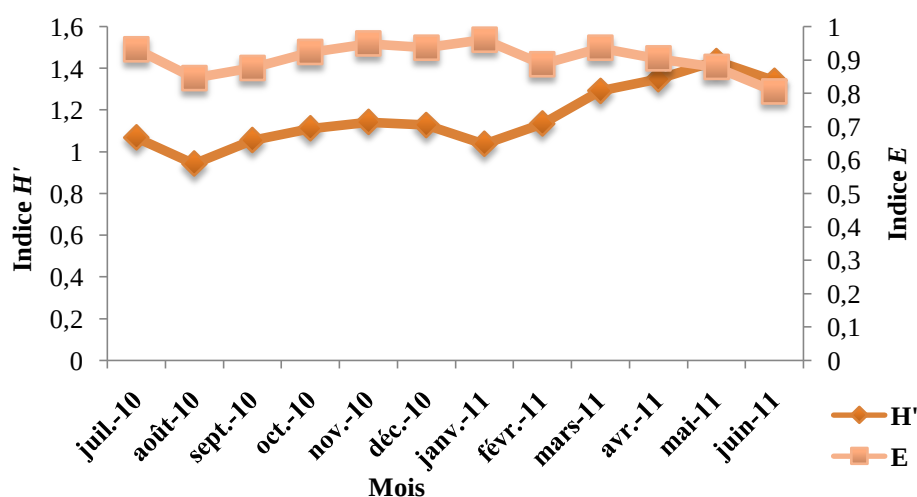


Figure n°67 : Evolution temporelle des indices de diversité de Shannon H' et de l'équitabilité E dans la station B

Les valeurs élevées de l'indice de Shannon sont enregistrées au printemps (1,35 en avril et 1,44 en mai 2011) signe d'une grande diversité du peuplement lors de cette saison (avec respectivement 31 et 43 espèces) et à l'absence d'espèces largement dominantes dans le peuplement. Tandis que les valeurs faibles de cet indice sont notées en août 2010 (été) et en janvier 2011 (hiver) avec respectivement 0,94 et 1,04, ce qui correspond aux valeurs minimales de la richesse spécifique (S) (avec respectivement 13 et 12 espèces).

Les valeurs minimales de l'indice d'équitabilité (0,81 en juin 2011 et 0,84 en août 2010) s'expliquent par la présence dans le peuplement une espèce fortement dominante telle que *Cerithium vulgatum* (32,55%) en août 2010, *Rissoa montagui* (22,14%) en juin 2010.

Cet indice est à sa valeur maximale en janvier 2011 soit 0,96 en raison de la répartition presque équitable des individus au sein des espèces du peuplement (l'absence des espèces à forte dominance au sein du peuplement).

A partir de ces résultats, on a remarqué que les valeurs de l'indice de diversité de Shannon sont relativement peu élevées (valeur moyenne : 1,17) ce qui explique que le peuplement des substrats meubles de la station B se caractérise par une faible diversité, tandis que les valeurs de l'indice d'équitabilité sont élevées (valeur moyenne : 0,9) ce qui signifie que ce peuplement a atteint un certain stade d'équilibre et il est structuré (**Daget, 1979**).

2.3.2.3 Comparaison entre les deux stations

Après l'étude de peuplement de la macrofaune benthique de chacune des deux stations, il s'avère que la composition faunistique de la station A est la plus riche qualitativement et quantitativement où on a recensé au cours de la période d'étude un total de 104 espèces, ce qui correspond à 1388 individus, alors que dans la station B on a dénombré 87 espèces regroupant 816 individus.

La richesse qualitative et quantitative de la station A en macrozoobenthos est liée à sa composition floristique, qui est riche et plus diversifiée en macrophytobenthos (18 espèces) par rapport à celle de la station B (6 espèces).

D'après **Richer de Forges (1998)**, les herbiers d'algues et de phanérogames marines jouent un rôle important dans l'écologie de la faune benthique puisque ces macrophytes contribuent à fixer et consolider les sédiments, permettant l'installation d'invertébrés sédentaires. Ainsi, les milieux à forte productivité végétale procurent abri et habitat pour plusieurs invertébrés en plus de constituer une source de nourriture pour de nombreux herbivores (consommateurs de phanérogames vivantes) et détritivores (les herbiers sont reconnus comme piège pour les détritus organiques).

De point de vue qualitatif, les peuplements macrobenthiques des deux stations sont dominés par les Mollusques (en particulier les Gastéropodes), qui représentent plus de la moitié des espèces recensées dans la station A et B, soit respectivement 67,31% et 64,37%. Suivis par les Crustacés et les Polychètes, chacun de ces groupes forme 14,42% de la diversité totale de

peuplement de la station A, mais au sein de peuplement de la station B, les Polychètes viennent en deuxième position soit 17,24%, suivis des crustacés avec 12,64% de la diversité totale.

De point de vue quantitatif, les Mollusques (en particulier les Gastéropodes) sont numériquement le groupe le plus dominant au sein des peuplements de la macrofaune des deux stations, représentant 90,42% de l'effectif total à la station A et un peu plus des trois quart des individus récoltés à la station B, soit 85,91%. Les Crustacés et les Polychètes viennent respectivement en seconde et troisième position, numériquement sont moins importants, représentent une dominance cumulée de 7,93% à la station A et de 12,25% à la station B.

Les trois groupes Echinodermes, Cnidaires et Sipunculiens sont considérés comme « minoritaires » et ont un rôle négligeable dans la structure qualitative et quantitative des peuplements macrobenthiques des stations A et B.

Les peuplements macrobenthiques des substrats meubles hétérogènes décrits dans les deux stations de la plage ouest de Sidi Fredj sont signalés dans d'autres secteurs de la côte algérienne.

Amar (1998) a signalé dans le secteur ouest du golfe d'Arzew le peuplement des Sables graveleux et des Gravieres sableux avec notamment une richesse qualitative (288 espèces) et quantitative (1491 individus) assez marquée. Cet auteur montre que sur le plan zoologique, le peuplement est largement dominé par les Polychètes, qualitativement et quantitativement, suivi par celui des Crustacés, tandis que les Mollusques apparaissent les moins représentés.

Pour les deux stations de la plage ouest de Sidi Fredj, les peuplements macrozoobenthiques en comparaison avec ceux du secteur ouest du golf d'Arzew sont sur le plan qualitatif et quantitatif moins riches.

Une comparaison statistique des deux peuplements est abordée pour évaluer leur variabilité au cours de la période d'étude (12 mois) entre les deux stations A et B. En effet, une analyse statistique (test t) a été utilisée afin de comparer la richesse spécifique, la densité, l'indice de diversité de Shannon et l'indice d'Équitabilité de chacun de peuplement benthique (Tableau n°21).

Tableau n°21 : Valeurs moyennes et (écarts-types) des descripteurs biologiques utilisées pour déterminer les différences entre le peuplement de la macrofaune benthique des stations A et B.

* Un résultat significatif est obtenu lorsque $P < 0.05$.

T : test t de Student, S : différence significative, NS : différence non significative

Descripteur biologique	Station A	Station B	Valeur de P^*	T
Nombre d'échantillon	12	12		
Richesse spécifique (S)	29,08 (13,14)	22,25 (11,86)	0,195	NS
Densité (d)	115,66 (78,06)	68 (75,40)	0,142	NS
Indice de Shannon (H')	1,15 (0,20)	1,17 (0,15)	0,867	NS
Indice d'équitabilité (E)	0,83 (0,08)	0,90 (0,04)	0,034	S

L'analyse de la variabilité des descripteurs biologiques (la richesse spécifique, la densité et la diversité) de peuplement de la macrofaune benthique au cours de la période d'étude n'a révélé aucune différence significative entre les deux stations A et B, seule l'équitabilité a montrée une différence significative entre les deux stations.

Cela signifie que les structures qualitative et quantitative des peuplements de ces stations au cours de la période d'étude sont proches à l'exception de l'équitabilité, les résultats montrent que la station B est plus structurée que la station A, cela est lié à la présence permanente et à la dominance des phanérogames marines au niveau des substrats de la station B en particulier l'herbier *Cymodocea nodosa*.

L'évolution de la richesse spécifique et de la densité au niveau des deux stations étudiée durant la période de juillet 2010 à juin 2011, fait apparaitre des fluctuations mensuelles de ces deux paramètres.

L'analyse de la variation mensuelle de la richesse spécifique au niveau des deux stations montre que le nombre d'espèces atteint son maximum en juillet 2010 (48 espèces) et avril 2011 (43 espèces) au niveau de la station A, en mai 2011 (43 espèces) et en juin 2011 (47 espèces) dans la station B. le nombre d'espèces chute en décembre 2010 (5 espèces) dans la station A et en janvier 2011 (12 espèces) dans la station B.

L'étude des fluctuations de la densité aux stations A et B indique une évolution mensuelle similaire à celle de la richesse spécifique. Les densités élevées atteignent des valeurs maximales en juillet 2010 (205 ind./m²) et avril 2011 (208 ind./m²) au niveau de la station A,

en mai 2011 (122 ind./m²) et juin 2011 (289 ind./m²) dans la station B. Les valeurs les plus faibles des effectifs sont obtenues en décembre 2010 (6 ind./m²) dans la station A et en janvier 2011 (20 ind./m²) dans la station B.

D'après **Bakalem (2008)**, ces fluctuations découlent des phénomènes réguliers qui affectent les espèces et leurs populations : reproduction, recrutement (étalé dans le temps avec des maxima printanier et estival), mortalité (importante à la fin de l'automne et en hiver).

De même, les valeurs de l'indice de diversité et d'équitabilité dans les deux stations ne subissent que de faibles fluctuations d'un mois à l'autre.

Les valeurs de l'indice de diversité sont comprises entre 0,68 (décembre 2010) et 1,43 (juillet 2010) au niveau de la station A, et entre 0,94 (août 2010) et 1,44 (mai 2011) dans la station B. Ces valeurs faibles de cet indice signifient que ces deux peuplements sont peu diversifiés.

Les valeurs de l'indice d'équitabilité sont comprises entre 0,70 (mai 2011) et 0,97 (décembre 2010) dans la station A, celles de la station B se varient entre 0,81 (juin 2011) et 0,96 (janvier 2011).

Daget (1979) considère qu'une équitabilité supérieure ou égale à 0,8 indique généralement un peuplement équilibré, de ce fait, les peuplements prélevés pendant toute la période d'étude (12 mois) dans la station B sont équilibrés, ce n'est pas le cas dans la station A où les peuplements prélevés aux mois d'octobre (2010), janvier, avril et mai (2011) (les valeurs de l'équitabilité sont respectivement 0,72, 0,77, 0,77 et 0,70) représentent un léger déséquilibre, ce qui est dû essentiellement à la répartition inégale des individus entre les espèces au sein de ces peuplements.

En ce qui concerne l'algue invasive *Caulerpa racemosa*, peu d'études fiables ont été menées pour quantifier son impact et sa compétition avec la faune méditerranéenne.

L'impact de cette algue sur la diversité et l'abondance des invertébrés benthiques a été examiné et comparé au cours des années 1992 et 1997, avant et après la propagation de *C. racemosa* dans les eaux côtières de Chypre par **(Argyrou et al., 1999)**, les résultats de cette étude montrent que les changements dans la communauté phytobenthique du fait de l'expansion de *C. racemosa* en 1997 ont imposés des changements sur les communautés de la macrofaune, avec des augmentations significatives de la diversité et l'abondance des Polychètes et des diminutions de la diversité et l'abondance des Gastéropodes.

Comparativement aux résultats de notre étude (Tableau n°22), la présence de *C. racemosa* dans la station A (de juillet à décembre 2010) n'a posé aucun effet sur la composition de peuplement zoobenthique, puisque sa structure et son organisation n'ont pas subi un changement particulier où les Mollusques notamment les Gastéropodes sont le groupe dominant au cours de la période d'étude et au niveau des stations A et B.

Tableau n°22 : Résultats obtenus par l'étude de **Argyrou et al., 1999** ainsi que la présente étude de la dominance (%) des principaux groupes zoologiques lors de la présence et/ou de l'absence de l'algue invasive *C. racemosa*.

	Argyrou et al.,1999		La présente étude		
	1992	1997	Juillet-décembre 2010 (Station A)	Janvier-juin 2011 (Station A)	Juillet 2010- juin 2011 (Station B)
Polychètes	11%	38%	2,92%	4%	5,88%
Gastéropodes	44%	13%	84,90%	75,33%	71,07%
Bivalves	17%	22%	7,60%	11,50%	14,59%
Crustacés	22%	16%	3,30%	6,33%	6,37%

2.3.2.4 Influence des variables environnementales sur la distribution spatio-temporelle des espèces macrobenthiques

2.3.2.4.1 Analyse en composantes principales

L'étude des changements spatiotemporels des facteurs du milieu, des espèces macrozoobenthiques, ainsi que les espèces macrophytobenthiques au cours de la période d'étude a été approchée par l'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP) en vue d'établir d'une part, une comparaison multivariable entre les deux stations A et B, et d'autre part, de mettre en évidence le lien existant entre les différentes espèces macrobenthiques et les facteurs du milieu.

La matrice des données utilisée est un tableau ternaire prenant en compte toutes les données abiotiques qui sont les facteurs du milieu mesurés auparavant (16 paramètres physico-chimiques, 10 paramètres édaphiques), et les données biotiques qui sont les 15 espèces macrophytes et 49 espèces de macrofaune (soit 90 variables), deux stations x 12 dates de mesures (soit 24 observations).

L'élément d'analyse de la macroflore dans notre cas est la biomasse (g/m^2), et concernant la macrofaune c'est l'abondance (nombre d'individus récoltés) de chaque espèce correspond à chaque prélèvement. Il est à noter que les espèces rares (dont leur fréquence est inférieure à 25%) ont été éliminées, pour avoir une représentation graphique plus claire et moins condensée.

Les taux d'inertie (ou pourcentage de variance) exprimés pour les trois premiers axes factoriels sont respectivement 22,68% pour l'axe 1 (F1), 11,27% pour l'axe 2 (F2) et 10,23% pour l'axe 3 (F3), soit 44,18% de l'inertie totale (Tableau n°23).

Tableau n°23 : Extraction des composantes principales et les valeurs propres des trois axes retenus.

	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3
Valeur propre	20,42	10,14	9,21
Variance totale (%)	22,68	11,27	10,23
% Cumulé	22,68	33,95	44,18

Les points-variables et les points- observations sont projetés sur les plans des axes (F1 et F2 : soit un total de 33,95%) et (F1 et F3 : soit un total de 32,91%), notant qu'on a pris en considération pour notre analyse que les variables ayant des contributions relatives supérieures à 1% par rapport à ces trois axes (Tableau n°24).

(L'interprétation des abréviations utilisées est rapportée dans l'annexe n°17).

Tableau n°24 : Contributions relatives (%) les plus importantes des variables aux trois axes.

Variables	F1	Variables	F2	Variables	F3
MES	1,577	T	3,625	PHE	2,357
MIP	1,422	S	2,568	NO3	2,591
CHL	1,490	NO3	1,997	NO2	2,116
CHLS	1,093	NO2	1,314	NH	2,119
CHBR	3,189	SO4	3,312	M50	3,609
PIMA	2,470	NH	3,313	GRAV	4,338
BIRE	4,104	CHLS	1,924	SABL	4,864
CETU	3,561	PHES	1,754	ZONO	1,038
MISC	1,929	DETR	1,785	ULRI	3,472
VETR	1,052	CARA	3,930	DIDI	1,015
GIMI	3,402	PAPA	4,290	COEL	2,427
LINE	2,801	HASC	3,607	JARU	2,822
BENE	2,757	ACEQ	1,253	GIAC	1,178
OCAC	2,289	AMRI	3,324	PTCA	2,652
TRPU	1,914	HYCR	1,089	AMRI	1,083
ODCO	2,492	CHBR	1,078	HYCR	5,321
TULA	2,764	PIMA	2,375	PABE	1,767
RINA	3,169	CEVU	5,605	VETR	3,204
RISA	3,012	MISC	1,037	SMVI	4,436
RIMO	3,809	NARE	2,022	TULA	1,086
RIGU	1,910	RISA	1,671	RINA	1,168
RIBR	3,252	RIMO	1,359	RIGU	1,490
TUCI	1,835	RIGU	2,668	TUCI	1,087
BIPE	3,764	TUCI	1,922	GLGL	3,397
JUEX	1,089	JUST	1,236	MACO	1,859
JUMO	2,459	CAPA	4,835	NERA	1,439
GIVA	2,576	LOLU	1,140		
CACA	1,440	MACO	2,979		
CHGR	3,369	NUNU	1,603		
STLA	2,443	NERA	2,564		
NUNU	2,721				
NOLA	2,917				

L'axe 1 (F1) (22,68% d'inertie, Figure n °68, Tableau n°23) :

Du côté positif, les variables qui contribuent fortement à la construction de l'axe 1, regroupent les paramètres physico-chimiques qui sont la matière en suspension MES, la chlorophylle-a de l'eau CHL, la matière inorganique particulaire MIP, et les 28 espèces de macrofaune *Bittium reticulatum* BIRE, *Rissoa montagui* RIMO, *Cerithiopsis tubercularis* CETU, *Gibberula miliaria* GIMI, *Biforina perversa* BIPE, *Chama gryphoides* CHGR, *Chauvetia brunnea* CHBR, *Rissoina bruguieri* RIBR, *Ringicula auriculata* RINA, *Rissoa auriscalpium* RISA, *Notomastus latericeus* NOLA, *Littorina neritoides* LINO, *Nucula nucleus* NUNU, *Bela nebula* BENE, *Turbonilla lactea* TULA, *Gibbula varia* GIVA, *Pisania maculosa* PIMA, *Odostomia conoidea* ODCO, *Striarca lactea* STLA, *Jujubinus montagui* JUMO, *Ocenebrina aciculata* OCAC, *Rissoa guerinii* RIGU, *Mitrella scripta* MISC, *Tricolia pullus* TRPU, *Turbona cimex* TUCI, *Cardita calyculata* CACA, *Jujubinus exasperatus* JUEX, *Vexillum tricolor* VETR. La contribution de ces variables est liée à la station A pendant les mois de juillet, août, septembre et à la station B aux mois de juin.

Cet axe représente un gradient de matière en suspension, de matière inorganique particulaire, de chlorophylle-a et d'abondance des espèces de macrofaune entre les deux stations.

Les valeurs des variables MES (matière en suspension), MIP (matière inorganique particulaire), CHL (chlorophylle-a dans l'eau) et l'abondance des espèces de macrofaune sont plus élevées dans la station A que celles obtenus dans la station B au cours des mois de juillet, août et septembre, de même, les valeurs de ces variables sont importantes dans la station B par rapport à la station A pendant le mois de juin.

Par conséquent, on note une corrélation positive entre les paramètres MES, MIP, CHL et le groupe d'espèces de macrofaune composé sur le plan taxonomique de 23 Mollusques Gastéropodes, 4 Mollusques Bivalves et 1 Polychète.

Du côté négatif de l'axe 1, la variable à forte contribution est la chlorophylle du sédiment CHLS, cette contribution est liée à la station B au mois de février.

L'axe 2 (F2) (11,27 % d'inertie, Figure n °67, Tableau n°17) :

Du côté positif, les variables qui contribuent fortement regroupent les paramètres physico-chimiques qui sont la température T et la salinité S, la fraction du détritus dans le sédiment DETR, les 3 macroalgues *Padina pavonica* PAPA, *Caulerpa racemosa* CARA, *Halopteris scoparia* HASC, les 7 espèces de macrofaune *Cerithium vulgatum* CEVU, *Amphithoe riedli* AMRI, *Rissoa guerinii* RIGU, *Nereis rava* NERA, *Pisania maculosa* PIMA, *Nassarius*

reticulatus NARE, *Jujubinus striatus* JUST. La contribution de ces variables est liée à la station A au mois de juillet, août et septembre et à la station B au mois de juillet et août.

En effet, les espèces de macroalgues et de macrofaune sont corrélées positivement avec la température et la salinité.

Cependant, l'axe 2 a marqué l'opposition des relevés estivaux (juillet, août) aux relevés de la période hivernale (janvier, février).

La biomasse des macroalgues (2 Phéophytes, 1 Chlorophyte) marque des valeurs élevées durant les mois d'août et septembre à la station A, correspondant à des températures et salinités maximales (été) s'opposant au mois de janvier et février (hiver) où les températures et les salinités sont minimales et les valeurs de biomasses sont nulles.

De même, les espèces de la macrofaune (composé de 5 Mollusques Gastéropodes, 1 Polychète, 1 Crustacé) représentent des abondances élevées dans la station A et B au cours des relevés effectués en juillet et août (été) par rapport aux relevés effectués au mois de janvier et février (hiver).

En outre, on note une forte association entre les espèces *Nassarius reticulatus* NARE, *Cerithium vulgatum* CEVU (2 Mollusques Gastéropodes) et la fraction du détritus végétale dans le sédiment DETR, puisque l'abondance des deux espèces s'accroît dans la station A en septembre, où des quantités importantes de détritus ont été notées.

Du côté négatif, les variables à forte contribution sont l'ammonium NH_4^+ (NH), les silicates SiO_4^- (SO4), les nitrates NO_3^- (NO3), la chlorophylle du sédiment (CHLS) et les phéopigments du sédiment (PHLS), les 6 espèces de macrofaune *Cardium papillosum* CAPA, *Mactra corralina* MACO, *Nucula nucleus* NUNU, *Actinia equina* ACEQ, *Loripes lucinalis* LOLU, *Hyale crassipes* HYCR. La contribution de ces variables est liée à la station A au mois de janvier et février et à la station B au mois de février.

Les valeurs de NH, SO4, NO3, CHLS, PHLS sont plus élevées dans la station A et B pendant le mois de février (hiver) par rapport à celles obtenus en août (été).

Par conséquent, on note une forte association entre le groupe d'espèce de macrofaune (4 Mollusques Bivalves, 1 Crustacé, 1 Cnidaire) et les paramètres CHLS (chlorophylle du sédiment) et PHLS (phéopigments du sédiment), leurs abondances augmentent en janvier et février à la station A et en février à la station B.

L'axe 3 (F3) (10,23% d'inertie, Figure n °69, Tableau n°23) :

Du côté positif, les variables qui contribuent fortement sont la fraction du gravier dans le sédiment GRAV, les phéopigments de l'eau PHE, les nitrates NO_3^- (NO_3), les nitrites NO_2^- (NO_2), l'ammonium NH_4^+ (NH), les 6 espèces macroalgues *Ulva rigida* ULRI, *Jania rubens* JARU, *Pterocladia capillacea* PTCA, *Corallina elongata* COEL, *Gigartina acicularis* GIAC, *Dictyota dichotoma* DIDI, les 11 espèces de macrofaune *Hyale crassipes* HYCR, *Smaragdia viridis* SMVI, *Glycymeris glycymeris* GLGL, *Vexillum tricolor* VETR, *Nainereis laevigata* NALA, *Nereis rava* NERA, *Rissoa guerinii* RIGU, *Ringicula auriculata* RIN, *Turbona cimex* TUCI, *Amphithoe riedli* AMRI, *Turbonilla lactea* TULA. La contribution de ces variables est liée à la station A au mois d'août, février, mars et avril.

Sur ce côté de l'axe, on note une forte association entre la fraction du gravier dans le sédiment et la biomasse des macroalgues (1 Chlorophyte, 2 Rhodophytes, 1 Phéophyte) *Ulva rigida*, *Jania rubens*, *Pterocladia capillacea* et *Dictyota dichotoma*, ces espèces représentent des biomasses élevées dans la station A aux mois d'août, mars et avril ce qui correspond aux relevés de sédiments où la fraction du gravier est importante.

De même, une autre corrélation se démarque entre les nitrates, les nitrites, l'ammonium et les macroalgues (2 Rhodophytes, 1Chlorophyte) *Corallina elongata*, *Gigartina acicularis*, *Ulva rigida*, ces espèces représentent des biomasses élevées au mois de février, où les valeurs des sels nutritifs NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ sont maximales.

Une forte association a été notée entre la fraction du gravier, les phéopigments dans l'eau et les espèces de macrofaune (6 Mollusques Gastéropodes, 1Mollusques Bivalves, 2 Polychètes, 2 Crustacés), les valeurs des deux paramètres ainsi que leurs abondances sont plus élevées dans la station A par rapport à celles obtenues dans la station B au cours des mois d'août, février et avril.

Du côté négatif, les variables à forte contribution sont la fraction du sable dans le sédiment SABL, la médiane M50, la phanérogame *Zostera noltii* ZONO, les espèces de macrofaune *Pagurus bernhardus* PABE, *Mactra corralina* MACO. La contribution de ces variables est liée à la station A au mois de mai et juin et à la station B au mois d'août, avril, mai et juin.

Une forte association a été marquée entre les deux espèces de macrofaune (1Mollusque Bivalve, 1Crustacé) et la fraction du sable, leurs abondances augmentent dans la station A et B au mois de mai et juin ce qui correspond à des relevés de sédiments où la fraction sable est la plus dominante, et les valeurs de médiane sont élevées (représentent des sables grossiers).

En outre, l'herbier *Zostera noltii* est bien corrélé à la fraction sableuse, sa biomasse est plus élevée dans la station B par rapport à la station A au mois d'août et avril, où les sédiments de la station B sont dominés par la fraction sableuse s'opposant ainsi à ceux de la station A.

Remarque : à partir de la représentation graphique des plans (F1xF2) et (F1xF3), il paraît que certains points variables projetés sont proches, ce qui n'est pas réel sur le plan spatial à trois dimensions. On a effet d'aplatissement de la projection lorsqu'on travaille sur une feuille à deux dimensions.

Au final, quatre groupes d'espèces ont été mis en évidence sur le plan des axes F1 et F2 en fonction des paramètres de matière en suspension, matière inorganique particulaire, chlorophylle de l'eau, température, salinité, le détrit, la chlorophylle et les phéopigments dans le sédiment :

- Un premier groupe d'espèce de macrofaune constitué de 23 Mollusques Gastéropodes, 4 Mollusques Bivalves et 1 Polychète, représente une forte association avec MES, MIP et CHL, ce qui permet de supposer que ces espèces comme étant des suspensivores.

Bittium reticulatum, *Rissoa montagui*, *Cerithiopsis tubercularis*, *Gibberula miliaria*, *Biforina perversa*, *Chama gryphoides*, *Chauvetia brunnea*, *Rissoina bruguieri*, *Ringicula auriculata*, *Rissoa auriscalpium*, *Notomastus latericeus*, *Littorina neritoides*, *Nucula nucleus*, *Bela nebula*, *Turbonilla lactea*, *Gibbula varia*, *Pisania maculosa*, *Odostomia conoidea*, *Striarca lactea*, *Jujubinus montagui*, *Ocinebrina aciculata*, *Rissoa guerinii*, *Mitrella scripta*, *Tricolia pullus*, *Turbona cimex*, *Cardita calyculata*, *Jujubinus exasperatus*, *Vexillum tricolor*.

- Le deuxième groupe réunit les espèces de macroalgues formées de 2 Phéophytes, et 1 Chlorophyte, et les espèces de macrofaune composées de 5 Mollusques Gastéropodes, 1 Polychète et 1 Crustacé, ce groupe rassemble les espèces à affinité avec la saison chaude où les valeurs de température et de salinité sont élevées.

Les 3 espèces macroalgues sont *Padina pavonica*, *Caulerpa racemosa*, *Halopteris scoparia*, les 7 espèces de macrofaune sont *Cerithium vulgatum*, *Amphithoe riedli*, *Rissoa guerinii*, *Nereis rava*, *Pisania maculosa*, *Nassarius reticulatus*, *Jujubinus striatus*.

- Le troisième groupe est composé de deux Mollusques Gastéropodes, ces espèces ont montrées une forte association avec la fraction du détrit, ce qui permet de les supposer comme étant des détritivores.

Les 2 espèces de macrofaune sont *Nassarius reticulatus*, *Cerithium vulgatum*.

- Un quatrième groupe d'espèces de macrofaune composé de 4 Mollusques Bivalves, 1 Crustacé, 1 Cnidaire, représente une forte association avec les deux paramètres de la chlorophylle et les phéopigments du sédiment.

Les 6 espèces de macrofaune sont *Nassarius reticulatus*, *Cerithium vulgatum*, *Cardium papillosum*, *Macra corralina*, *Nucula nucleus*, *Actinia equina*, *Loripes lucinalis*, *Hyale crassipes*.

Dans le plan des axes F1 et F3, trois groupes d'espèces ont été dégagés en fonction de la nature de substrat, les phéopigments, les nitrates, nitrites et l'ammonium dans l'eau :

- Un premier groupe réunit les espèces de macroalgues formées de 1 Chlorophyte, 2 Rhodophytes, 1 Phéophyte, et les espèces de macrofaune constituées de 6 Mollusques Gastéropodes, 1 Mollusques Bivalves, 2 Polychètes, 2 Crustacés, ce groupe rassemble les espèces à affinité avec les substrats graveleux. De plus, ces mêmes macroinvertébrés ont montrés une corrélation avec les phéopigments dans l'eau.

Les 3 espèces macroalgues sont *Ulva rigida*, *Jania rubens*, *Pterocladia capillacea* et *Dictyota dichotoma*, les 11 espèces de la macrofaune *Hyale crassipes*, *Smaragdia viridis*, *Glycymeris glycymeris*, *Vexillum tricolor*, *Nainereis laevigata*, *Nereis rava*, *Rissoa guerinii*, *Ringicula auriculata*, *Turbona cimex*, *Amphithoe riedli*, *Turbonilla lactea*.

- Un second groupe est représenté par les espèces de macroalgues constituées de 2 Rhodophytes et 1 Chlorophyte, ce groupe montre une forte association avec les fortes concentrations des sels nutritifs.

Les 3 espèces macroalgues sont *Corallina elongata*, *Gigartina acicularis*, *Ulva rigida*.

- Le troisième groupe rassemble la phanérogame *Zostera noltii* et les macroinvertébrés composés de 1 Mollusque Bivalve et 1 Crustacé, ce groupe est représenté par des espèces à affinité avec les substrats sableux.

Les 2 espèces de macrofaune sont *Pagurus bernhardus*, *Macra corralina*.

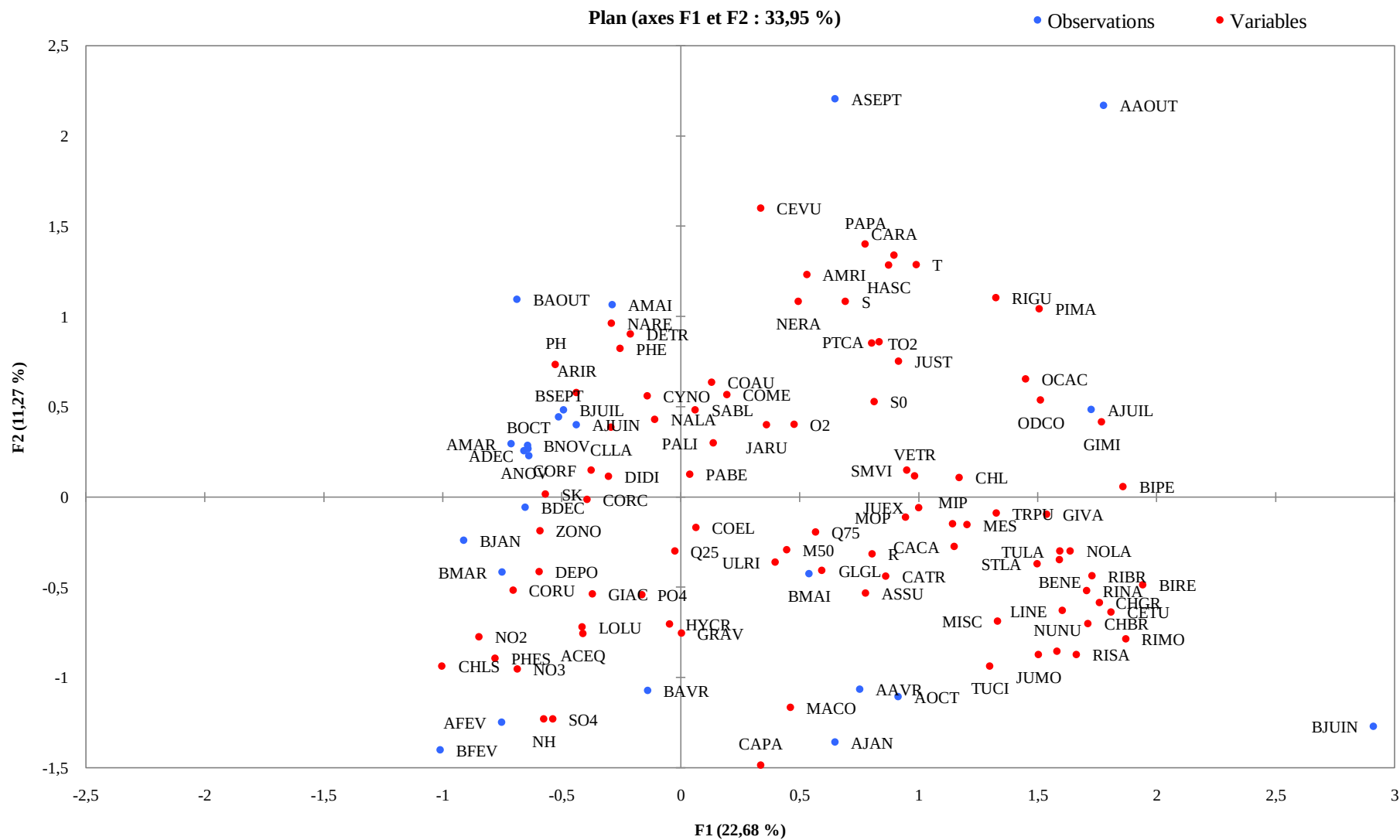


Figure n°68: Plan (F1xF2) de l'analyse en composantes principales appliquée sur la matrice composée de 90 variables et 24 observations.

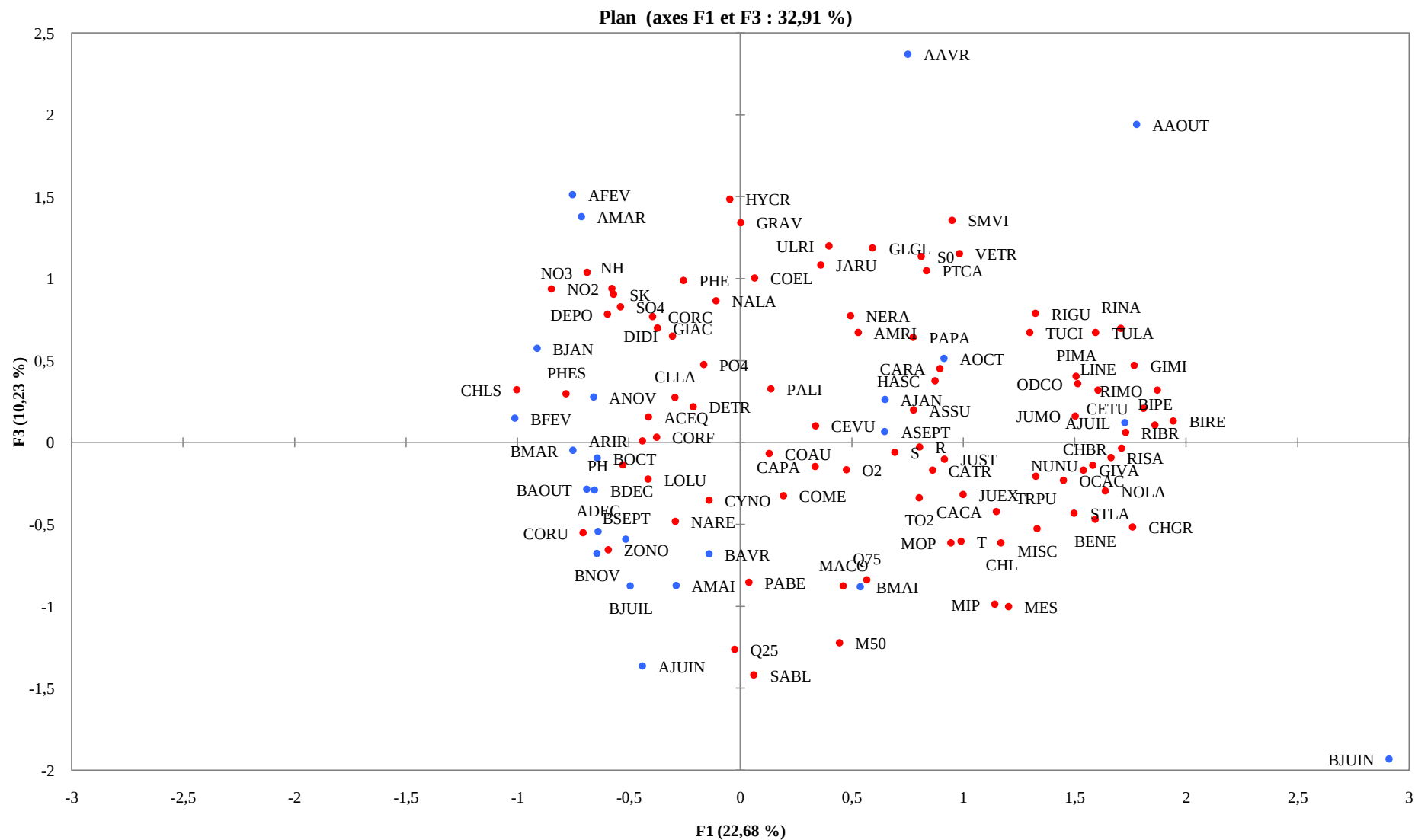


Figure n°69 : Plan (F1xF3) de l'analyse en composantes principales appliquée sur la matrice composée de 90 variables et 24 observations.

2.3.2.4.2. Classification ascendante hiérarchique

Dans ce travail, La classification ascendante hiérarchique (CHA) a été appliquée sur les 49 espèces de la macrofaune benthique correspondantes aux 24 relevés effectués dans les deux stations, les mêmes espèces sont présentées dans la matrice précédente, cette analyse permet d'obtenir des groupements distincts (Figure n°70).

Ainsi, le dendrogramme issu de cette classification a montré une séparation entre deux grands groupes du fait de la répartition inégale de l'abondance des espèces, le premier groupe GI est représentatif en majorité par les espèces de faibles abondances, alors que le deuxième groupe GII est représentatif de la plupart des espèces ayant des abondances plus élevées.

Le groupement GI peut être subdivisé en 5 sous groupes :

- Groupe 1 (Gr1)

Rassemble les espèces *Actinia equina*, *Columbella rustica*, *Cardium papillosum*, *Macra corralina* (1Cnidaire, 3Mollusques) caractéristiques de la station B, où elles sont plus fréquentes et plus abondantes.

Les effectifs les plus élevées sont enregistrés aux mois de février dans la station B où les valeurs de la chlorophylle et les phéopigments dans le sédiment sont maximales.

- Groupe 2 (Gr2)

Il est formé des espèces *Arabella iricolor* et *Nainereis laevigata* (2 Polychètes), représentant des abondances similaires, mais la première espèce est plus fréquente dans la station B.

Leurs fortes abondances sont obtenues dans la station A au mois de mars et dans la station B au mois d'août, ce qui correspond aux relevés d'eau où les valeurs des phéopigments sont élevées.

- Groupe 3 (Gr3)

Cette entité est composée des espèces *Amphithoe riedli*, *Cerithium vulgatum*, *Nassarius reticulatum* (1 Crustacé 2 Mollusques) qui sont plus abondantes dans la station A.

Leurs effectifs les plus élevés sont remarqués aux mois de la saison estivale (juillet, août) des deux stations à des valeurs de température et de salinité élevées par rapport à celle obtenues dans la période hivernale (janvier, février).

De plus, les abondances de ces 3 espèces augmentent plus au mois de septembre dans la station A où les quantités de détritus sont considérables.

- **Groupe 4 (Gr4)**

Ce groupe est Formé des espèces *Condylactis aurantiaca* et *Loripes lucinalis* (1Cnidaire, 1Mollusque), la première espèce est plus fréquente dans la station A, alors que la deuxième est plus fréquente dans la station B.

Ces espèces sont totalement absentes dans les deux stations en septembre et en juillet, ce qui correspond à des relevés de sédiments où les valeurs de la chlorophylle et les phéopigments sont minimales.

- **Groupe 5 (Gr5)**

Rassemble les espèces *Paracentrotus lividus*, *Pagurus bernhardus*, *Conus mediterraneus* (1Echinoderme, 1Crustacé, 1Mollusque), elles montrent des abondances plus élevées dans la station A.

Leurs effectifs les plus élevés sont obtenus aux mois (en juillet dans la station A et en mars dans la station B) correspondants à des relevés de sédiments dominés par la fraction du sable.

Le groupement GII peut être subdivisé en 4 sous groupes :

- **Groupe 6 (Gr6)**

Cette entité est composée des espèces *Ocenebrina aciculata*, *Jujubinus striatus*, *Tricolia pullus*, *Cardita calyculata*, *Astarte sulcata*, *Jujubinus exasperatus*, *Gibbula varia* (5 Mollusques Gastéropodes et 2 Bivalves), se sont plus abondantes dans la station A.

Leurs fortes abondances sont notées particulièrement en septembre dans la station A et en juin dans la station B, où les valeurs de la chlorophylle dans l'eau sont maximales.

- **Groupe 7 (Gr7)**

Regroupe les espèces *Littorina neritoides*, *Jujubinus montagui*, *Turbona cimex*, *Ringicula auriculata*, *Rissoa montagui*, *Turbonilla lactea*, *Rissoina bruguieri* (7Mollusques Gastéropodes) qui sont plus abondantes dans la station A.

Leurs fortes abondances sont marquées aux mois de juillet, octobre et avril dans la station A et en juin dans la station B, où les valeurs de la matière en suspension sont considérables.

- **Groupe 8 (Gr8)**

Rassemble les espèces *Chauvetia brunnea*, *Mitrella scripta*, *Notomastus latericeus*, *Rissoa auriscalpium*, *Nucula nucleus*, *Bittium reticulatum*, *Cerithiopsis tubercularis*, *Cardita trapezia*, *Chama gryphoides*, *Bela nebula*, *Striarca lactea* (6 Mollusques Gastéropodes, 4 Bivalves, 1 Polychète) qui sont plus fréquentes dans la station A, mais leurs fortes abondances sont enregistrées dans la station B spécialement en juin, ce qui correspond à des valeurs maximales de matière en suspension et de la chlorophylle dans l'eau.

- **Groupe 9 (Gr9)**

Ce groupe est composé des espèces *Biforina perversa*, *Gibberula miliaria*, *Odostomia conoidea*, *Nereis rava*, *Pisania maculosa*, *Rissoa guerinii*, *Vexillum tricolor*, *Smaragdia viridis*, *Hyale crassipes*, *Glycymeris glycymeris* (7 Mollusques Gastéropodes, 1 Bivalve, 1 Polychète, 1 Crustacé), se sont plus fréquentes et plus abondantes dans la station A.

Ces espèces sont plus abondantes aux mois d'août et avril dans la station A où les valeurs de phéopigments dans l'eau sont élevées et ces mois correspondent aussi aux relevés de sédiments dominés par la fraction du gravier.

En fait, la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les espèces macrozoobenthiques a permis de visualiser plus nettement leurs particularités en fonction de leurs distributions mensuelles dans les deux stations A et B, en montrant que leurs réarrangements n'est pas le même au fil du temps et d'espace.

En conséquence, neuf groupes ont été définis à partir de cette classification, basée sur des associations d'espèces présentant les mêmes caractéristiques écologiques en confirmant ainsi les résultats obtenus dans l'analyse précédente (ACP).

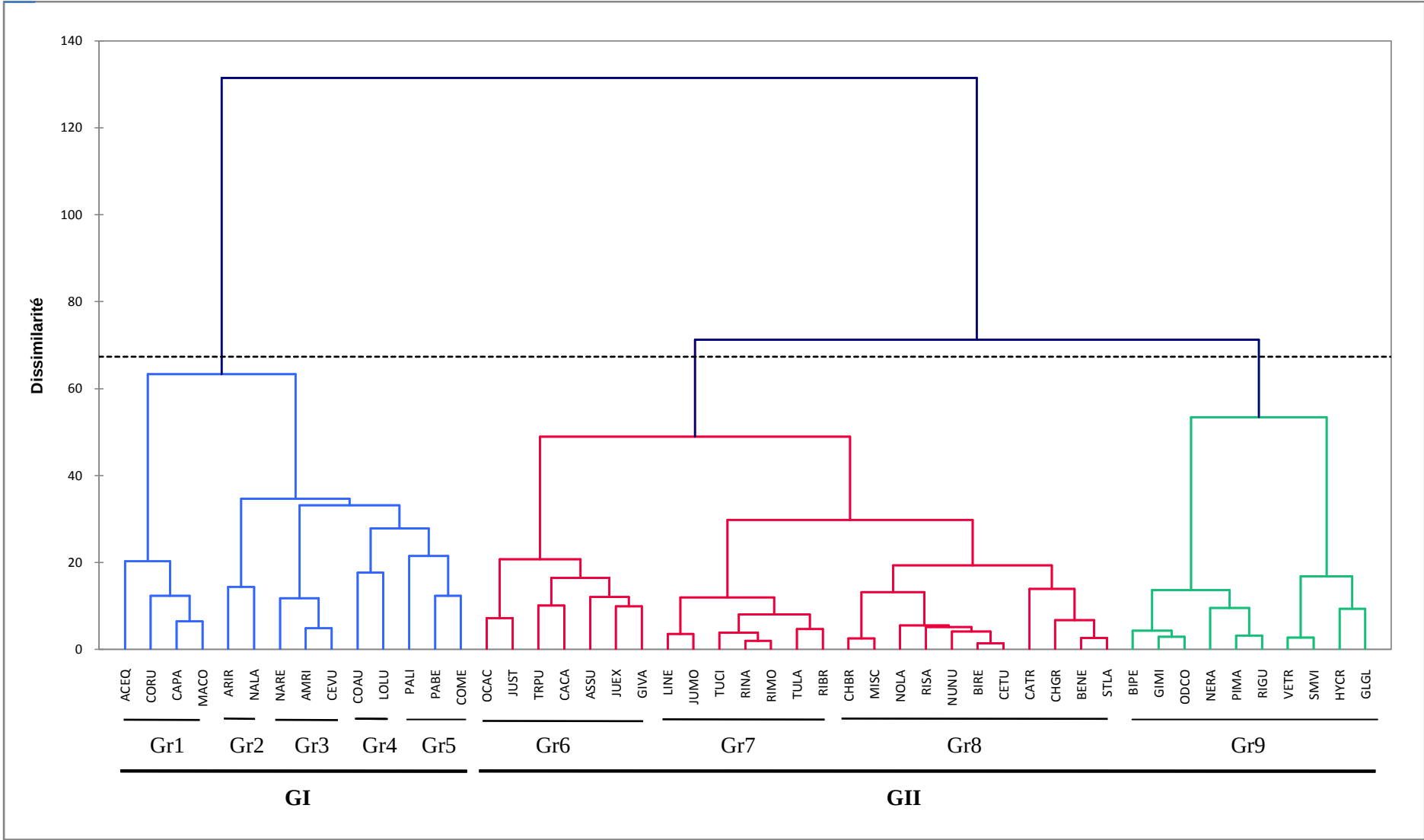


Figure n°70 : Dendrogramme obtenu par la classification ascendante hiérarchique réalisée sur les 49 espèces de la macrofaune récoltées dans les stations A et B.

Conclusion

Conclusion

Dans le cadre de cette étude, nous avons obtenu de nombreux résultats concernant les caractéristiques des eaux, des sédiments et des peuplements macrobenthiques des deux stations prospectées dans la plage ouest de Sidi Fredj au cours de la période qui s'étale de mois de juillet 2010 au mois de juin 2011.

Les paramètres physico-chimiques de température (T), salinité (S), l'oxygène dissous O_2 , le pH, la matière en suspension (MES), la matière organique particulaire (MOP), la matière inorganique particulaire (MIP), la chlorophylle-a et les phéopigments, les sels nutritifs (l'ammonium (NH_4^+), les nitrites (NO_2^-), les nitrates (NO_3^-), les orthophosphates (PO_4^{3-}) et les silicates ($Si(OH)_4$)) sont caractérisés par des fluctuations importantes au cours du temps dans les deux stations, qui est une caractéristique des petits fonds sous l'influence des plans de vagues d'ouest-nord ouest dominants en période hivernale, et des eaux de ruissellement d'un petit oued sous-terrain contaminant ainsi les eaux du site d'étude par les eaux usées.

L'analyse des sédiments récoltés a permis de connaître le type du substrat meuble hétérogène au niveau des deux stations en mode agité est :

- Un faciès Gravier sableux caractérise la plupart des sédiments recueillis à la station A, un faciès Sable graveleux a été marqué en décembre 2010, et un faciès sableux en juillet, septembre 2010, mai et juin 2011.
- Un faciès sableux caractérise la plupart des sédiments prélevés à la station B, alors qu'en octobre, novembre, décembre 2010 et mars 2011 se retrouve un faciès Gravier sableux, en juillet 2010, février et avril 2011 se rencontre un faciès Sable graveleux.

L'analyse des peuplements macrobenthiques des substrats meubles des deux stations a abouti au recensement de 141 taxons dont 19 espèces sont des macrophytes et 122 espèces sont des macroinvertébrés.

L'analyse qualitative et quantitative des macrophytes benthiques représente une certaine disparité entre les deux stations :

- La station A est représenté un nombre d'espèces de macroalgues plus élevé par rapport à la station B, mais ce nombre est relativement faible par rapport aux résultats des autres études, la station A renferme un total de 16 espèces regroupant 04 Chlorophytes, 04 Phéophytes et 08 Rhodophytes.

Leurs biomasses atteignent un maximum de 28,96 g/m² en novembre 2010, où on a noté la dominance quantitative des Rhodophytes, il s'agit de l'algue *Corallina elongata* qui constitue l'essentiel de cette biomasse totale.

- Les substrats de la station B sont colonisés par les deux phanérogames *Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii*, ces herbiers sont plus fréquents dans cette station tandis que les macroalgues sont rares.

Les biomasses totales des phanérogames marines sont plus importantes dans la station B par rapport à celles obtenues dans la station A. La biomasse maximale est enregistrée dans la station B avec 15.97 g/m² au mois d'août 2010, cette forte biomasse est constituée essentiellement de l'herbier *Cymodocea nodosa*.

La collection de la macrofaune benthique des deux stations composée de 122 espèces, est représentée par 6 phylums, 9 classes, 35 ordres et 83 familles.

La mise en évidence des facteurs environnementaux responsables de la distribution spatio-temporelle de peuplement macrobenthique a été approchée par l'utilisation d'une analyse en composantes principales (ACP), qui a fait ressortir 07 groupes :

- Un premier groupe d'espèce de macrofaune constitué de 23 Mollusques Gastéropodes, 4 Mollusques Bivalves et 1 Polychète, représente une forte association avec MES, MIP et CHL, ce qui permet de supposer que ces espèces comme étant des suspensivores.
- Le deuxième groupe réunit les espèces de macroalgues formées de 2 Phéophytes, et 1 Chlorophyte, et les espèces de macrofaune composées de 5 Mollusques Gastéropodes, 1 Polychète et 1 Crustacé, ce groupe rassemble les espèces à affinité avec la saison chaude où les valeurs de température et de salinité sont élevées.
- Le troisième groupe est composé de deux Mollusques Gastéropodes, ces espèces ont montrées une forte association avec la fraction du détritus, ce qui permet de les supposer comme étant des détritivores.
- Un quatrième groupe d'espèces de macrofaune composé de 4 Mollusques Bivalves, 1 Crustacé, 1 Cnidaire, représente une forte association avec les deux paramètres de la chlorophylle et les phéopigments du sédiment.
- Un cinquième groupe réunit les espèces de macroalgues formées de 1 Chlorophyte, 2 Rhodophytes, 1 Phéophyte, et les espèces de macrofaune constituées de 6 Mollusques Gastéropodes, 1 Mollusques Bivalves, 2 Polychètes, 2 Crustacés, ce groupe rassemble

les espèces à affinité avec les substrats graveleux. De plus, ces mêmes macroinvertébrés ont montrés une corrélation avec les phéopigments dans l'eau.

- Un sixième groupe est représenté par les espèces de macroalgues constituées de 2 Rhodophytes et 1 Chlorophyte, ce groupe montre une forte association avec les sels nutritifs.
- Le septième groupe rassemble la phanérogame *Zostera noltii* et les macroinvertébrés composés de 1 Mollusque Bivalve et 1 Crustacé, ce groupe est représenté par des espèces à affinité avec les substrats sableux.

Dans cette étude, une mention particulière est accordée à l'algue invasive *Caulerpa racemosa* qui s'est installée sur les substrats meubles de la station A échantillonnés à partir des premiers 06 mois de notre période d'étude, son évolution semble correspondre aux températures saisonnières élevées, de plus, la présence de cette algue n'a posée aucun effet particulier sur la structure et l'organisation des peuplements étudiés, mais on a recensé un nombre d'espèces de macrophytes relativement très faible comparativement aux autres études (zones envahies ou zones non envahies) et on a observé une expansion importante.

En conclusion, on propose de réaliser une étude plus large sur les substrats meubles hétérogènes pour vérifier par d'autres méthodes d'investigation (photographie, bennes, suceuse...etc.) le niveau de la richesse spécifique de ces fonds en terme de structuration et d'organisation des peuplements en relation avec les impacts anthropiques actuels.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Amar Y., 1998. « *Etude des peuplements macrobenthiques du Golfe d'Arzew* ». Thèse de magister en Océanographie biologique. ISMAL (Alger), 215p.

Aminot A., Chaussepied M., 1983. « *Manuel des analyses chimiques en milieu marin* ». CNEXO (Brest), 395p.

Aminot A., Kerouel R., 2004. « *Hydrologie des écosystèmes marins 'Paramètres et analyses'* ». IFREMER (Brest), 336p.

Argyrou M., Demetropoulos A., Hadjichristophorou M., 1999. « *Expansion of the macroalga *Caulerpa racemosa* and changes in softbottom macrofaunal assemblages in Moni Bay, Cyprus* ». *Oceanologica Acta*, Vol 22 (5) : 517-528

Audibert C., Delemarre J., 2009. « *Guide des coquillages de France (Atlantique et Manche)* ». Editions BELIN (France), 223p.

Augier H., 1982. « *Inventaire et classification des biocénoses marines benthiques de la Méditerranée* ». Collection Sauvegarde de la nature n°25, Strasbourg, 74p.

Bakalem A., 2008. « *Contribution à l'étude des peuplements benthiques du plateau continental algérien* ». Thèse de Doctorat d'Etat, USTHB (Alger), 677p.

Bakalem A., Dauvin J-C., 1995. « *Inventaire des Crustacés Amphipodes (Gammaridea Caprellidae, Hyperiidea) des côtes d'Algérie : Essai de synthèse* ». *Mésogée*, 54: 49 – 62

Balata, D., Piazzzi, L., Cinelli, F., 2004. « *A comparison among assemblages in areas invaded by *Caulerpa taxifolia* and *C. racemosa* on a subtidal Mediterranean rocky bottom* ». *Marine Ecology* 25 (1), 1-13

Ballesteros E., 1992. « *Els vegetals i la zonació litoral: especies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució* ». Tesis Doct. Univ. de Barcelona, 587 p.

Barnabé G., Barnabé R., 1997. « *Ecologie et aménagement des eaux côtières* ». Ed Lavoisier Techniques et documentations (Paris), 391p.

Bauchot M L., Fischer W et Schneider M., 1987. « *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37* ». Volume 1 : Végétaux et Invertébrés. FAO (Rome) : 1:760.

- Belton G S., Prud'homme van Reine W F., Huisman J M., Draisma S G A., Gurgel C F D., 2014.** « *Resolving phenotypic plasticity and species designation in the morphologically challenging *Caulerpa racemosa*–*peltata* complex (Chlorophyta, Caulerpaceae)* ». J Phycol 50 (1): 32 - 54
- Benali K., 2010.** « *Etudes des peuplements de Cystoseires au niveau de la baie de Bou Ismail* ». Thèse de magister. USTHB (Alger), 166p.
- Boudouresque C F., 1971.** « *Méthode d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos)* ». Téthys, Fr., 3(1) : 79-104
- Bougis P., 1974.** « *Ecologie du plancton marin (Tome1)* ». Edit. Masson (Paris), 196p.
- Bouiadjra B.B., Belbachir N., Benkada M.Y., Maarouf A., Riadi H., 2010.** « *Sur la présence de l'algue marine *Caulerpa racemosa* (Forsskal) j. Agardh (Caulerpales, Chlorophyta) devant la côte mostaganémoise (Ouest Algérie)* ». Acta Bot. Malaci., 35 : 168 - 171
- Boutarène R., Ghanem N., 2010.** « *Mise en place d'un réseau de surveillance sur la partie marine de la plage Ouest de Sidi Fredj : Macroflore benthique* ». Mémoire d'ingénieur. ISMAL (Alger) : 55p.
- Cabioch L., Gentil F., 1978.** « *Etude des populations benthiques da la partie orientale de la Baie de Seine* ». Rapp. Trav. Stat. Biol. Roscoff, 78 : 1-12
- Capiomont A., Breugnot E., Den Haan M., Meinesz A., 2005.** « *Phenology of a deep-water population of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the northwestern Mediterranean sea* ». Botanica Marina (48): 80-83
- Ceccherelli G., Campo D., 2002.** « *Different effects of *Caulerpa racemosa* on two co-occurring seagrasses in the Mediterranean* ». Botanica Marina (45): 71–76
- Ceccherelli G., Piazzzi L., Balata D., 2002.** « *Spread of introduced *Caulerpa* species in macroalgal habitats* ». J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 280 : 1-11
- Chamley H., 2000.** « *Bases de sédimentologie* ». DUNOD 2^{ème} édition (Paris), 177 p.
- Chamley H., Deconinck J F., 2011.** « *Bases de sédimentologie* ». DUNOD 3^{ème} édition (Paris), 213 p.

Chevreaux E., 1909. « *Note sur les Crustacés Amphipodes d'Algérie et de Tunisie* ». Bull. Soc. Hist. Nat; Afr. Nord, 1: 1 - 135

Chevreaux E., 1910. « *Campagne de la Melita. " Les Amphipodes d'Algérie et de Tunisie* ». Mém. Soc. Zool., France, 23: 145 - 285

Daget J., 1979. « *Les modèles mathématiques en écologie* ». Edition MASSON. 2^{ème} tirage (Paris), 170p.

Dagnelie P., 1986. « *Analyse statistique à plusieurs variables* ». Editions Lavoisier. Gembloux (Belgique), 362p.

Dautzenberg PH., 1895. « *Mollusques recueillis sur la côte de Tunisie et de l'Algérie (Campagne de la Melita, 1892)* ». Mém. Soc. Zool., France, 8: 363 - 365 ; 371 - 372

Dauvin J-C., 1997. « Evolution a long terme des peuplements de sédiments fins sablo-vaseux de la Manche et de la mer du Nord ». Océanis, vol. 23 n° 1 : 113-144

Delépine R., Cabioc'h J., Floch J Y., Le Toquin A., Boudouresque C F., Meinesz A., Verlaque M., 2006. « *Guide des algues des mers d'Europe* ». Delachaux et Niestlé (Paris), 272p.

Dieuzeide R., Roland J., 1956. « *Opérations de dragages et de chalutages effectuées au large des côtes algériennes au cours des années 1954 et 1955* ». Bull. Sta. Aquic. et Pêche, Castiglione (N.S.), 8 : 11 - 27

Dieuzeide R., Roland J., 1957 ., « *Répartition bathymétrique de la faune des fonds chalutables des côtes d'Algérie* ». Bull. Sta. Aquic. et Pêche, Castiglione (N.S.), 9: 50 - 69

Fauvel P., 1923. « *Faune de France : Polychètes errantes* ». Ed. Lechevalier, P, Paris, 5,488 p.

Fauvel P., 1927. « *Faune de France : Polychètes sédentaires, Addenda aux errantes, archiannélides, myzostomaires* ». Ed. Kraus, 494 p.

Flagella M-M., Soria A., Buia M.C., 2006. « *Shipping traffic and introduction of nonindigenous organisms : Study case in two Italian harbours* ». Ocean & Coast. Manag., 49: 947- 960

Folk K., 1965. « *Petrology of sedimentary rocks* ». Edition Memphis , Texas, 139p.

- Folk R-I., Ward W-C., 1976.** « *Brazos river bar: a study in significance of grain size parameters* ». J. Sediment. Petrol., 27: 3-26
- Forest J., 1957.** « *Crustacés Décapodes recueillis au cours de la croisière du " Professeur Lacaze-Duthiers " au large des côtes d'Algérie (juin-juillet 1952)* ». Reptantia. Vie et Milieu, Suppl., 6: 117- 120
- Frontier S., Pichod-Viale D., 1991.** « *Ecosystèmes : Structures, fonctionnement, évolution* ». Masson (Paris), 375p.
- Gayral P., 1966.** « *Les algues des côtes françaises (Manche et Atlantique)* ». Editions Doin, Paris (France), 632p.
- Gerbai M., 1994.** « *Analyse spatio-temporelle des peuplements de substrat meuble de l'étang de Thau (Hérault, France)* ». Thèse Doc. Univ. Aix-Marseille (France), 240 p.
- Grimes S., 2010.** « *Peuplements benthiques des substrats meubles de la côte algérienne : Taxonomie, structure et statut écologique* ». Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Oran (Alger), 362p.
- Grimes S., Boutiba A., Bouderbala M., Boudjellal B., Boumaza S., Boutiba M., Guedioura A., Hafferssas A., Hemida F., Kaïdi N., Khelifi H., Kerzabi F., Merzoug A., Nouar A., Sellali B., Sellali-Merabtine H., Semroud R., Seridi H., Taleb M-Z., Touabria T., 2004.** « *Biodiversité marine et littorale algérienne* ». ED-DIWAN, (Alger), 362p.
- Guibout P., 1987.** « *Atlas hydrologique de la Méditerranée* ». IFREMER (Brest), 150p.
- Hermant R., 2008.** « *Réponses d'une communauté macrobenthique méditerranéenne soumise à des apports sédimentaires allochtones naturels ou anthropiques* ». Thèse de Doctorat en Océanographie, Université de la Méditerranée (Aix-Marseille II), 234p.
- Incera M., Bertocci I., Benedetti-Cecchi L., 2009.** « *Effects of mean intensity and temporal variability of disturbance on the invasion of *Caulerpa racemosa* var. *cyllindracea* (*Caulerpales*) in rock pools* ». Biol. Invasions 12: 501–514
- Infantes E., Terrados J., Orfila A., 2011.** « *Assessment of substratum effect on the distribution of two invasive *Caulerpa* (*Chlorophyta*) species* ». Estuarine, Coastal and Shelf science (91): 434 - 441

Ivanoff A., 1972. « *Introduction à l'océanographie. I. Propriétés physiques et chimiques des eaux de mer* ». Vuibert, Paris, 208 p.

Jacques G., Treguer P., 1986. « *Ecosystèmes pélagiques marin* ». Collection d'écologie 19. Ed. Masson (Paris), 243p.

Kabrane A., 2012. « *Dynamique des peuplements macrophytiques: relation macrophytes - qualité des eaux* ». Mém. Mag. Univ. Sci. Tech. H. Boumédiène (Alger), 126p.

Kilar J-A., McLachamp J., 1989. « *Effect of wave exposure on the community structure of plantdominated, fringing-reef platform : intermediate disturbance and disturbance-mediated competition* » . Mar. Ecol. Prog. Ser., Germ., 54 : 265-276

Klein J., Verlaque M., 2008. « *The Caulerpa racemosa invasion: a critical review* ». Mar. Poll. Bull., 56 : 205–225

Lamouti S., 2006. « *Essai de cartographie des herbiers a Posidonia oceanica dans la zone du PAC (Plage de la thalassothérapie Sidi Fredj)* ». Mémoire d'ingénieur, ISMAL (Alger) : 49p.

Le Danois E., 1925. « *Recherches sur les fonds chalutables des côtes de Tunisie et d'Algérie en 1924* ». Mém. Off. Sci. Techn. Pêches marit., 3, 55 p.

Legendre L. et Legendre P., 1984. « *Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques* ». 2ème Eds. Masson. Collection d'Ecologie, 12 : 259 p.

Lindner G., 2012. « *Guide des coquillages marins : plus de 1000 espèces des mers du monde* ». Delachaux et Niestlé, Paris (France) : 319 p.

Mars P., 1957. « *Liste des Mollusques Testacés marins récoltés en Algérie par le “ Professeur Lacaze- Duthiers ” (juin- juillet 1952)* ». Vie et Milieu, Suppl., 6 : 121 - 164.

Martin J., 2011. « *Les invertébrés marins du golfe de Gascogne à la Manche orientale* ». Editions Quae, Versaille Cedex (France), 299p.

Maurin C., 1962. « *Etude des fonds chalutables de la Méditerranée Occidentale (écologie et pêche)* ». Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 26 (2): 163 - 218

O.N.M., 2011. « *Bulletins des données climatologiques* ». Office National de Météorologie, Alger (Algérie).

Ould Ahmed N., 1994. « Etude des espèces phytobenthiques au voisinage de la centrale thermique de Mers El Hadjadj (Golf d'Arzew ; Ouest algérien). Mention particulière sur une espèce remarquable Chlorophyte, Caulerpale : *Caulerpa prolifera* Lamouroux ». Thèse de Magister, ISMAL (Alger), 263p.

Ould Ahmed N., Meneisz A., 2007. « First record of the invasive alga *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) on the coastes of Algeria ». *Crypt. Algal.*, 28 (3) : 305-307.

Pérès J M., Picard J., 1964. « Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer méditerranée ». Ed. Recueil des travaux de la station marine d' Endoume. Bulletin N° 31 Fasc N° 47. 137p.

Peter-Dance S., 1993. « Les coquillages : le guide visuel de plus de 500 espèces de coquillages marins à travers le monde ». Edition BORDAS, Paris (France), 256p.

Piazzì L., Ceccherelli G., Cinelli F., 2001. «Threat to macroalgal diversity: effects of the introduced green alga *Caulerpa racemosa* in the Mediterranean». *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 210: 149-159

Piazzì L., Cinelli F., 1999. « Développement et dynamique saisonnière d'un peuplement méditerranéen de l'algue tropicale *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh ». *Crypto. Algal.*, 20 (4) : 295-300

Piazzì L., Cinelli F., 2003. « Evaluation of benthic macroalgal invasion in a harbour area of the western Mediterranean Sea». *European Journal of Phycology* 38: 223-231

Picard J., 1965. « Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles de la région Marseillaise ». Recueil Travaux Station Marine Endoume, 31 (47): 1-77

Pielou E C., 1966. «The measurement of diversity in different types of biological collections». *Jour. theor. Biol.* 13: 131-144

Plante-Cuny M-R., 1974. « Evaluation par spectrophotométrie des teneurs en chlorophylle-a fonctionnelle et en phéopigments de substrats meubles marins ». Doc. Sci. Mission O.R.S.T.O.M. Nosy-Bé, n°45 : 1-76

Ponsero A., Sturbois A., 2012. « Les invertébrés des estrans meubles et rocheux ». Manuel d'étude et de gestion des oiseaux et de leurs habitats en zones côtières : 84-144.

- Refes W., 1994.** « *Contribution à la connaissance de la population de Ruditapes decussatus (Linnaeus, 1758) du lac Mellah (El Kala, Algérie) : Ecologie, reproduction, dynamique de la population et exploitation* ». Thèse de Magister en océanographie biologique, ISMAL : 197 p.
- Rémy-Perrier G., 1930.** « *La faune de la France illustrée : Bryozoaires, Brachiopodes Mollusques, Protocordés (Amphioxus, Tuniciers)* ». Fascicule n°9. Librairie Delagrave, Paris (France), 172p.
- Rémy-Perrier G., 1972.** « *La faune de la France illustrée : Arachnides et crustacés* ». Fascicule n°. Fascicule n°2. Librairie Delagrave, Paris (France), 220p.
- Ribera M A., Boudouresque C F., 1995.** « *Introduced marine plants, with special reference to macroalgae : mechanisms and impact* ». Progress in Phycological Researches 11: 187–268
- Richer De Forges B., 1998.** « *La diversité du benthos de Nouvelle Calédonie : de l'espèce à la notion de patrimoine* ». Thèse du Muséum d'Histoire Naturelle, 326p.
- Rivain V., 1983.** « *Contribution à l'étude dynamique et fonctionnelle des peuplement des sables fins du Golfe Normano-Breton* ». Thèse d'Université, Oceanogr. Biol., Univ. Paris, 166p.
- Rivière A., 1977.** « *Méthodes granulométriques : technique et interprétation* ». Paris, 170p.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J., Chaumpsaur K et Rodi L., 2005.** « *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, et eaux de mer* ». 8^{ème} édition DUNOD, Paris (France), 1383p.
- Ruffo S., 1954.** « *Anfipodi di acque interstiziali raccolti dal Dr. C. Delamare Deboutteville in Francia, Spagna e Algeria* ». Vie et Milieu, 4 (4) : 669 - 681
- Ruffo S., 1982.** « *The Amphipoda of the Mediterranean part (1): Gammaridea (Acanthonotozomatidae to Gammaridae)* ». Mémoire de l'Institut Océanographique, Monaco, n°13, 364p.
- Ruffo S., 1989.** « *The Amphipoda of the Mediterranean part (2): Gammaridea (Haustoriidae to Lysianassidae)* ». Mémoire de l'Institut Océanographique, Monaco, n°13, 364p.
- Ruffo S., 1993.** « *The Amphipoda of the Mediterranean part (3): Gammaridea (Melphidippidae to Talitridae)* ». Mémoire de l'Institut Océanographique, Monaco, n°13, 813p.

- Ruitton S., Verlaque M., Boudouresque C-F., 2005.** « *Seasonal changes of the introduced *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) at the northwest limit of its Mediterranean range* ». Aquatic Botany, 82: 55-70
- Seridi H., 2007.** « *Etude de la flore algale de l'Algérie. Etude phytosociologique des peuplements algaux photophiles de l'infralittoral superficiel de substrat dur* ». Thèse Doct. Etat, Univ. Sci. Tech. H. Boumédiène, 172 p.
- Seridi H., Kabrane A., 2010.** « *Progression de *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) sur le littoral algérien* ». Quatrième Sympo. Méd. sur la Vég. Mar., PNUE - PAM- CAR/ASP publ., Tunis, 251 p.
- Sollaud E., 1957.** « *Liste des espèces de Décapode Natantia récoltées en juin-juillet 1952 par le 'Professeur Lacaze-Duthiers' sur les côtes d'Algérie* ». Vie et Milieu, Suppl., 6 : 116.
- Soyer J., 1970.** « *Le méiobenthos du plateau continental de la côte des Albères : Copépodes harpacticoïdes* ». Thèse de doctorat ès sciences. Faculté des Sciences (Paris-France), 341 p.
- Taounza R., 2011.** « *Etude spatio-temporelle des peuplements algaux de substrat dur de la région de Sidi-Fredj : structure et dynamique* ». Mém. Mag. Univ. Sci. Tech. H. Boumédiène, 110 p.
- Terrados J., Ros J-D., 1993.** « *Limitación por nutrientes del crecimiento de *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson en sedimentos carbonatados en el Mar Menor, Murcia, SE de Espana* ». Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 11, 9 -14
- Vaissière R., Fredj G., 1963.** « *Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental l'Algérie* ». Bull. Inst. Océanogr. Monaco, 60 (1272, A - B) : 5 - 83
- Vatan A., 1967.** « *Manuel de sédimentologie* ». Editions Technip (Paris), 397p.
- Vázquez-Louis M., Sanchez-Jerez P., Bayle-Sempere J., 2009.** « *Comparison between amphipod assemblages associated with *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* and those of other Mediterranean habitats on soft substrate* ». Estuarine, Coastal and Shelf Science 84 : 161-170
- Verlaque M., Durand C., Huisman J-M., Boudouresque C-F., Le Parco Y., 2003.** « *On the identity and origin of the Mediterranean invasive *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta)* ». European Journal of Phycology (38) : 325-339

Weinkauff H-C., 1862. « *Catalogue des coquilles marines recueillies sur les côtes d'Algérie* ». J. Conchyl., Paris, X – XII.

Weinkauff H-C., 1866. « *Nouveau supplément au catalogue des coquilles marines recueillies sur les côtes d'Algérie* ». J. Conchyl., Paris, 14 : 227 - 248

Résumé

Ce travail s'intéresse à étudier dans la plage ouest de Sidi Fredj, la composition, l'organisation structurale et les variations temporelles de peuplement macrobenthique associé à l'algue invasive *Caulerpa racemosa*. Aussi, des analyses d'eau et de sédiment ont été réalisées mensuellement en accompagnement de l'analyse macrobenthique, de juillet 2010 à juin 2011 au niveau de deux stations A et B afin de corrélérer la variation des facteurs environnementaux aux évolutions benthiques.

Dans les deux stations investies, 141 espèces réparties en 19 macrophytes et 122 macroinvertébrés ont été recensées.

Aucun effet particulier de *C racemosa* n'a été posé sur les assemblages benthiques, le nombre de macrophytes est faible comparativement aux autres études, son expansion semble correspondre aux températures saisonnières élevées, d'où sa nette dominance en été.

Qualitativement, quantitativement les peuplements faunistiques sont dominés par les Mollusques particulièrement les Gastéropodes, ces peuplements sont considérés peu diversifiés selon les valeurs d'indice de Shannon, les richesses spécifiques et les densités maximales sont notées en printemps/été, les valeurs minimales sont obtenues en hiver /automne.

Sept groupes d'espèces ont été ressortis par l'utilisation d'une analyse en composantes principales en mettant en évidence les principaux facteurs environnementaux responsables de la distribution spatio-temporelle des peuplements macrobenthiques.

Mots clés :

Benthos ; Macrofaune ; *Caulerpa racemosa* ; Sidi Fredj

Abstract

This work is interested to study the composition, structural organization and temporal variations of macrobenthic populations associated with invasive alga *Caulerpa racemosa* in the western beach of Sidi Fredj. Also, water and sediment analyzes were carried out monthly in conjunction with macrobenthic analysis from July 2010 to June 2011 at two stations A and B in order to correlate the variation of environmental factors with benthic evolution.

In the two stations invested, 141 species in 19 macrophytes and 122 macroinvertebrates were recorded.

No specific effects of *C racemosa* on benthic assemblages, the number of macrophytes is low compared to other studies, its expansion seems to correspond to high seasonal temperatures, hence its clear dominance in summer.

Qualitatively, quantitatively, faunistic populations are dominated by Molluscs, particularly Gasteropods, these populations are considered to be poorly diversified according to Shannon index values, maximum specific richnesses and densities are noted in spring / summer, minimum values are obtained in winter /autumn.

Seven species groups were identified using a principal component analysis, highlighting the major environmental factors responsible for the spatio-temporal distribution of macrobenthic populations.

Keywords :

Benthos; Macrofauna; *Caulerpa racemosa*; Sidi Fredj

