

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتصيئة الساحل

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



Mémoire de Fin d'Études en vue de l'obtention du Diplôme
D'Ingénieur d'Etat en Sciences de la Mer

Option : Aquaculture

THEME :

Contribution à l'étude de la relation proies-prédateurs au
sein des écosystèmes pélagiques de la côte
Algérienne.

Réalisé Par :

ZERIG AHMED ABDSELEM

Soutenu devant la commission d'examen formée de :

M.SEFIANE. O

Mme. KORD. A

Mme. KAIDI. N

Mme. MOKRANE. Z

M. LOURGUIOUL. H

Mme. MAOUEL.D

Maître de conférences (ENSSMAL)

Attachée de recherche (CNRDPA)

Maître de conférences (ENSSMAL)

Maître de recherche (CNRDPA)

Maître de conférences (ENSSMAL)

Maître de conférences (ENSSMAL)

Président

Examinatrice

Examinatrice

Promotrice

Co-Promoteur

Invitée

Promotion 2018 – 2019

Table of Contents

| | |
|--|----|
| Introduction | 3 |
| Chapitre I. Généralités | 5 |
| I.1 Définition du plancton | 5 |
| I.1.1 Subdivisions du plancton : | 7 |
| I.1.2 Caractéristiques générales du plancton | 7 |
| I.2 Le phytoplancton | 7 |
| I.2.1 Diversité spécifique | 8 |
| I.2.2. Classification : | 9 |
| I.2.3. Organisation phytoplanctoniques | 10 |
| I.2.4. Distribution et répartition du phytoplancton : | 11 |
| I.2.5. Facteurs contrôlant le développement du phytoplancton : | 12 |
| I.2.6. Rôle du phytoplancton | 13 |
| • I.2.7. Toxicité et sécurité sanitaire | 13 |
| I.3. Le phytoplancton et l'écologie trophique dans un écosystème pélagique | 14 |
| 13.1 Critères pour définir l'écologie trophique | 14 |
| 1.3.2 La composition spécifique du régime alimentaire de <i>S. pilchardus</i> et d' <i>E. encrasicolus</i> | 15 |
| Chapitre II : Méthode et Matériels | 17 |
| Partie I : Prélèvements et échantillonnage | 17 |
| II.1. La campagne « HYDROBIO-Printemps 2019 » | 17 |
| II.2. Localisation des stations de prélèvements | 17 |
| II.3. Méthode de prélèvement de l'eau | 19 |
| II.4. Méthodes de conservation et fixation des échantillons d'eau | 19 |
| II.5. Mesures in situ | 20 |
| Partie II : Etude biologique et traitement des données | 20 |
| II. 1. Etude biologique du peuplement phytoplanctonique | 20 |
| II.2. Traitement des données | 23 |
| II.2.1. Comptage des cellules phytoplanctonique | 23 |
| II.2.2. L'Abondance relative | 23 |
| II.2.3. La Fréquence relative | 23 |
| II.3. Etude de la diversité des communautés phytoplanctoniques | 23 |
| II.3.1. Richesse spécifique | 23 |
| II.3.2. Indice de Shannon-Wiener (H') | 24 |
| II.3.3. L'indice d'équitabilité (E) | 24 |

| | |
|---|----|
| II.4. Analyse de la composition alimentaire | 25 |
| II.4.1. Matériel biologique et traitements | 25 |
| II.4.2. Exploitation des données | 25 |
| II.4.3. Indice de similarité | 26 |
| Chapitre III : Résultats & Discussion | 27 |
| III.1. Etude qualitative du phytoplancton dans l'eau | 27 |
| III.1.1. Composition taxonomique : | 27 |
| III.1.2. Fréquence relative (Fr %) | 28 |
| III.2. Etude quantitative du phytoplancton dans l'eau | 33 |
| III.2.1. Abondance relative en fonction des stations : | 33 |
| III.2.2. Indice de la diversité spécifique du phytoplancton dans l'eau : | 34 |
| III.2.2.1 Evolution de l'Indice de Shannon «H' », Indice de Simpson et Indice d'Equitabilité «E» selon les stations : | 34 |
| III.2.2.2. Evolution de l'indice de Shannon «H' » et Indice d'Equitabilité «E» en fonction des radiales: | 35 |
| III.2.3. Composition phytoplanctonique dans les estomacs (sardine) | 36 |
| III.2.4 Indice de la diversité spécifique dans le contenu stomacale de la sardine : | 37 |
| III.2.4.1. Evolution de l'Indice de Shannon «H'» et Indice d'équitabilité «E»le contenu stomacale de la sardine : | 37 |
| III.2.5. Relation entre la composition phytoplanctonique de l'eau et le régime alimentaire de la sardine (<i>S. pilchardus</i>) | 38 |
| III.2.5.1. Comparaison avec l'indice de similarité Horn-Morisita (Imh) | 38 |
| IV. Discussion & conclusion | 39 |
| Bibliographical references | 42 |

Liste des tableaux

| | |
|--|-----------|
| Tableau 1:Facteurs contrôlant la croissance du phytoplancton | 12 |
| Tableau 2:Les différentes informations (nom de la station, profondeur, coordonnées géographiques.. etc.) des radiales concernées..... | 18 |
| Tableau 3:Variations de la Fréquence relative (Fr %) des classes phytoplanctonque en fonction des stations | 28 |
| Tableau 4: Evolution de l'Indice de Shannon «H'», Indice de Simpson et Indice d'Equitabilité «E» selon les stations :..... | 34 |
| Tableau 5: Composition phytoplanctonique identifiée dans l'alimentation de S. pilchardus. | 36 |
| Tableau 6: Indice de similarité Horn-Morisita entre les individus de <i>Sardina pilchardus</i> $Imh > 0.6$ | 38 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1: Schéma de Classification simplifiée des organismes phytoplanctoniques (d'après Margullis & Schwartz, 1998, et Van den Hoek et al., 1995). | 9 |
| Figure 2 : Photographies montrant la morphologie externe de <i>S. pilchardus</i> (photo Adel kacimi). | 16 |
| Figure 3 : Image montrant le tube digestif (photo Adel kacimi). | 16 |
| Figure 4 : Un schéma synthétisant la stratégie d'échantillonnage adoptée selon les deux gradients verticale et horizontale lors de la campagne HYDROBIO 2019. | 18 |
| Figure 5 : La carte de la localisation exacte des différentes stations et radiales dans le site d'étude de la région ouest (Tlemcen-Ain t'émouchent et Oran). | 19 |
| Figure 6 : Quelques images des matériels requis au laboratoire pour le traitement des Échantillons. | 22 |
| Figure 7 : Diagramme des proportions spécifique des différents groupes phytoplanctonique observés dans l'eau. | 27 |
| Figure 8 : Graphe représentant les fréquences relatives (%) des Diatomées pour tous les échantillons. | 29 |
| Figure 9 : Graphe représentant les fréquences relatives (%) des Dinoflagellés pour tous les échantillons. | 30 |
| Figure 10 : Espèces de Diatomées observés au microscope inversé (grossissement x40). | 31 |
| Figure 11 : Espèces de Dinoflagellés observés au microscope inversé (grossissement x40). | 32 |
| Figure 12 : Graphe représentant l'abondance relative (%) en fonction des différentes stations. | 33 |
| Figure 13 : Evolution de l'indice de Shannon (H') et de l'indice indice d'Equitabilité (E) selon les stations. | 34 |
| Figure 14: Evolution de l'indice de Shannon « H' » et Indice d'équitabilité «E» selon les radiales. | 35 |
| Figure 15: Composition phytoplanctonique dans le bol alimentaire de la Sardine. | 36 |
| Figure 16 : Evolution de l'indice de Shannon (H'), de l'indice d'équilibre (E), dans le contenu stomacale de la sardine. | 37 |

Remerciement

Nos remerciements avant tout à Allah tout puissant, pour nous avoir donné le courage pour terminer le travail hamdouallah.

Je tiens à cette occasion à exprimer ma profonde reconnaissance à ma promotrice Mme Mokrane Zakia qui m'a guidé tout le long de mon stage de fin d'étude, qui m'a toujours encouragé et qui n'a ménagé aucun effort pour mettre à ma disposition tous les éléments nécessaires à la réalisation de ce travail.

Mr Soufian Omar, qui a l'amabilité de présider notre jury, puisse-t-il trouver ici notre profonde gratitude.

Mme Kord Afaf, chercheur permanent au CNRDPA, de m'avoir fait l'honneur d'examiner ce mémoire, et d'apporter ses critiques tant constructives.

Mme Kaidi Nawel, Maître de conférences à l'ENSSMAL a qui nous fait l'immense honneur d'évaluer notre travail par sa participation à notre jury, qu'elle en soit remerciée.

Nous expirons également notre gratitude à mon Co-promoteur Mr M. Lourguioui Hichem et à Mme Maouel Djamilia Maître de conférences pour avoir accepté mon invitation et m'avoir honorée avec votre présence.

Je remercie Mr M. Boudjenah Mustapha qui n'a ménagé aucun effort pour guider de mon stage.

Je remercie toute l'administration de ENSSMAL pour leur soutien continu et leur aide ainsi de m'avoir donné la chance de finir cette étude.

Un grand merci à l'administration du CNRDPA d'avoir accepté d'effectuer mon travail au centre et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste.

Dédicaces

Mes dédicaces vont à :

Mon père et ma mère

Mon grand-père et mes grandes mères et ma famille

Mon frère Ayoub

Mes sœurs (Chaima, Safa, NourElyakine)

Et aussi Saliha, Yasmine, Sara, Lina, Salsabil

Mes amis (Abd El Latif, Mohamad, Mounir, SeifEdineBrahmia,, Yassar, Zakaria, Ayoub, Ahmed(Mimo), Skandare, Adel Kacimi)

Mes collègues

Introduction

Le fonctionnement et la diversité des écosystèmes marins sont très interdépendants, la réaction des écosystèmes se fait à différents niveaux écologiques, et font l'objet de plusieurs études. Mais l'un des éléments le plus vulnérable reste le phytoplancton, qui est le compartiment à la base de la chaîne alimentaire aquatique et par conséquent une composante clé des réseaux trophiques.

Les populations phytoplanctoniques et leurs compositions évoluent sous l'effet, des structures physiques, chimiques et biologiques des milieux. Cette variation est à toutes les échelles de temps et d'espace, de quelques minutes à quelques millions d'années, du millimètre au millier de kilomètres (Haury *et al.*, 1978). L'étude de leurs distributions quantitatives et qualitatives est nécessaire à l'établissement des modèles de fonctionnement des écosystèmes afin de gérer les ressources halieutiques.

Ainsi, l'organisation des écosystèmes est régie par les flux d'énergies qui existent entre les compartiments biologiques. Ces relations alimentaires sont des réseaux d'interactions qui forment les assises de la structure et du fonctionnement des écosystèmes.

L'étude de la composition quantitative et qualitative du phytoplancton est utilisée pour caractériser certaines régions et certaines masses d'eau, pour pouvoir par la suite comprendre leur rôle dans l'écologie trophique au sein d'un écosystème pélagique. (Hecq *et al.*, 2007)

C'est dans cet esprit que l'étude de ce compartiment (tant sur la diversité, la distribution), se propose d'identifier les composantes majeures liées à la circulation des flux de la matière entre les différentes composantes de la pyramide trophique du sommet (peuplements ichtyologiques) vers la base (peuplements phytoplanctoniques). Les peuplements de phytoplancton dans la colonne d'eau et celles qui sont dans l'estomac de l'espèce de clupéidé (*Sardina pilchardus*) ont été choisis comme modèles au sein de la région ouest de la côte algérienne.

Ce travail de mémoire a pour but de faire suite aux différents travaux précédemment effectués au niveau du centre national de recherche et de développement de la pêche et de

Introduction

l'aquaculture (CNRDPA), tout en essayant de répondre aux problématiques scientifiques propres.

A partir de cette approche, on contribuera à répondre à deux questions :

- Quelles sont les espèces qui composent la biodiversité des peuplements phytoplanctoniques et leurs répartitions quantitatives au sein de la colonne d'eau épipelagique ?
- Que représentent ces espèces (proies) au sein du bol alimentaire des prédateurs clupéidés (*S. pilchardus*) et est-ce qu'elles sont soumises à une sélection préférentielle ?

Chapitre I. Généralités

La découverte du plancton est relativement récente et est directement liée aux avancées technologiques et notamment l'invention du microscope par HOOK en 1665. Même si l'on supposait l'existence des organismes microscopiques flottants à la surface depuis le 18^{ème} siècle, les dessins restent fantaisistes et les premières descriptions scientifiques datent du 19^{ème} siècle avec Hensen, Nitzsch, Grunow et Peragallo, ces derniers proposent la première classification du phytoplancton. Cependant, la diversité planctonique est très importante et variable à la fois dans le temps et l'espace. De ce fait, des nouvelles espèces sont découvertes régulièrement.

I.1 Définition du plancton

Le plancton

Etymologie : Le mot « plancton » vient du grec *planktos* qui signifie errant.

Définition : Il désigne l'ensemble des végétaux et animaux aquatiques, microscopiques ou de petite taille qui dérivent au gré des courants, se déplaçant en mouvements limités dans la masse d'eau, car ils sont incapables de contre le courant, On distingue évidemment une fraction animale « le zooplancton » et une fraction végétale « le phytoplancton ». (Mollo & Noury, 2013).

Le zooplancton

Etymologie : Du grec zoo ; être vivant animal.

Définition : Le zooplancton est un ensemble d'organismes animaux incapable de lutter contre les courants d'eau. Les groupes dominants dans les écosystèmes aquatiques sont les rotifères, les cladocères et les copépodes (Bougie, 1974). Le zooplancton tient une place clé dans les réseaux trophiques des écosystèmes marins, puisqu'il fait le lien entre les producteurs primaires et les consommateurs secondaires. (Ristori S, 2002 in Amri S, 2008).

Le phytoplancton

Etymologie : Du grec python ; pourplante, planktos errant.

Définition : le phytoplancton représente la partie végétale du plancton regroupant principalement les organismes chlorophylliens (Alevivin, 2005), il est constitué d'un

ensemble hétérogène de micro-algue unicellulaire pouvant être solitaires ou groupées en colonies (Stickney et al, 2000) flottant librement (Prescott et al.,1995).

Du point de vue taille, le phytoplancton appartient à la fois au picoplancton (0.6-2 μ m) ainsi qu'au nanoplacton (2-20 μ m) et au microplancton (20-200 μ m), et plus rarement au méso plancton (0.2-20mm) (Uitz, 2006).

Phylogénie de phytoplancton

Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytologique essentiellement par la présence d'un noyau dans la cellule (eucaryote) qui sont les cyanobactérie ou une cellule dépourvue d'un noyau cellulaire (procaryote) qui regroupe tous les autres groupes phytoplanctoniques (Prescott et al.,2003). Actuellement, la phylogénie est en pleine évolution, grâce notamment aux avancées en biologie moléculaire (Rodriguez et al, 2006).

Diversité éco physiologique et spécifique des micro-algues

Diversité écophysiole

Les conséquences éco physiologique associées à la richesse spécifique des populations phytoplanctoniques sont nombreuses. Les différentes espèces ne réagissent pas de la même manière aux facteurs du milieu, en particulier la turbulence (Gailhard, 2003).

Leurs taux de croissance, ainsi que leur dépendance vis-à-vis des nutriments, sont également variables. En outre, afin de faire face aux variations environnementales, les espèces phytoplanctoniques ont développé des stratégies adaptatives, telles que :

- Les différents mécanismes favorisant leur mobilité, et leur migration vers des zones riches en nutriments, en lumière (phototaxies, migration verticale, nage, agrégation).
- La nutrition mixtrophe ;
- La compétition interspécifique par production de substances allélochimique ;

Les mécanismes de défense contre la prédation (allélopathie) (Grogg, 2012).

I.1.1 Subdivisions du plancton :

La définition du plancton est extrêmement large ; son étude approfondie nécessite de le classer en catégories plus limitées, suivant différents critères tels qu'ils sont définis par Bougis (1974) :

- **Selon le mode de nutrition :**

Plancton végétal êtres autotrophes >Phytoplancton

Êtres hétérotrophes >Zooplancton

- **Selon la position dans la colonne d'eau :**

Couches superficielles : Epiplancton

Couches intermédiaire : Mésoplancton

Couches profondes : Bathyplancton

- **Selon la position par rapport à la côte :**

Près des côtes : Plancton néritique

Au large : Plancton océanique

- **Selon le cycle biologique :**

Organismes planctoniques durant toute leur vie : Holoplancton

Une partie de leur vie parmi le plancton : Méroplancton

- **Selon la taille :**

Taille inférieure à 5 microns : Ultraplancton

Taille comprise entre 5 et 50 μm : Nanoplancton

Taille comprise entre 50 μm et 1 mm : Microplancton

Taille comprise entre 1 et 5 mm : Mésoplancton

Taille supérieure à 5 mm : Macroplancton

I.1.2 Caractéristiques générales du plancton

- Les animaux planctoniques sont peu colorés, la majorité étant transparents ; la pigmentation se trouvant limitée à quelques organes particuliers : yeux, nageoires, appendices etc.
- Des espèces planctoniques vivant en surface sont souvent d'un bleu intense (Pontella, Véléle), par contre celles qui habitent les profondeurs sont fréquemment d'une teinte foncée rouge ou brune.
- Les organismes planctoniques sont de taille réduite ; une grande fraction est microscopique, tels que les microalgues et les protistes dont la taille est de l'ordre du micromètre. La grande majorité des animaux planctoniques sont de l'ordre du mm ou du cm.
- Les algues planctoniques sont adaptées à la vie pélagique et doivent se maintenir en flottaison pour ne pas tomber au fond ; leur vitesse de chute doit pratiquement être nulle. (Smayda, 1970).

I.2 Le phytoplancton

Le phytoplancton (du grec *phyton* ou plante *et planktos* ou errant) est constitué par l'ensemble du plancton végétal, c'est-à-dire des microorganismes photosynthétiques qui sont libres, passifs et en suspension dans la colonne d'eau. Il s'agit de cellules, colonies ou filaments qui ne peuvent nager et dont les mouvements dépendent de ceux de

l'environnement aquatique et/ou qui sont motiles (flagellés ou ciliés) mais dont les déplacements sont restreints.

La principale source d'acquisition de l'énergie s'effectue par phototrophe chez ces organismes, à partir de la lumière (photosynthèse = processus d'absorption des sels minéraux et du carbone sous forme de CO₂ et de rejet d'oxygène sous l'effet de la lumière). Les organismes qui se procurent l'énergie nécessaire à leur croissance et à leur reproduction en combinant les modes de nutrition autotrophe et phagotrophe sont qualifiés de « mixotrophes » (Stickney et al. 2000). De manière générale, leur taille varie de quelques microns (<20 µm) à quelque centaine de microns (200 µm). Leurs formes peuvent être extrêmement variées, la diversité morphologique étant souvent liée à une adaptation à la mobilité (flottaison et mouvements verticaux) (Zeitzschel, 1978 in Thèse de Gailhard Isabelle, 2003).

I.2.1 Diversité spécifique

Les critères de la classification

Selon les algues vraies ou la cyanobactérie, les clés permettant la distinction du phytoplancton peuvent être résumées comme suit :

Cas des algues vraies

Selon la systématique des algues les critères de classification proposés par (Bourelly, 1995) sont :

- La nature chimique des chlorophylles, des autres pigments et des autres réserves.
- La cytologie du noyau étudie l'appareil flagellaire.
- Les critères cytologiques.
- Le mode de reproduction et la complexité structurelle.
- Le caractère morphologique.

Cas des Cyanobactérie :

Dans la systématique des cyanobactéries. Les critères morphologiques représentent les clés de la classification, dont ceux proposés par (Bourelly ; 1985) sont :

- La structure de la micro algue « cellulaire ou filamenteuse ».
- La forme de la colonie ou du trichome.
- La taille de la cellule.
- La gaine gélatineuse « couleur et aspect ».
- La présence ou non de structures cellulaires.

I.2.2. Classification :

Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytotologique essentiellement par la présence (eucaryotes) ou non (procaryotes) d'un noyau cellulaire (ADN confiné dans une enveloppe nucléaire) (Prescott *et al.* 2003). Actuellement, la phylogénie est en pleine évolution, grâce notamment aux avancées technologiques en biologie moléculaire (Iglesias-Rodriguez *et al.* 2006 ; Not *et al.* 2007 ; Saezet *et al.* 2008).

La classification des organismes phytoplanctoniques est dérivée de celle de Margullis & Schwartz (1998) et présentée dans le Schéma suivant :

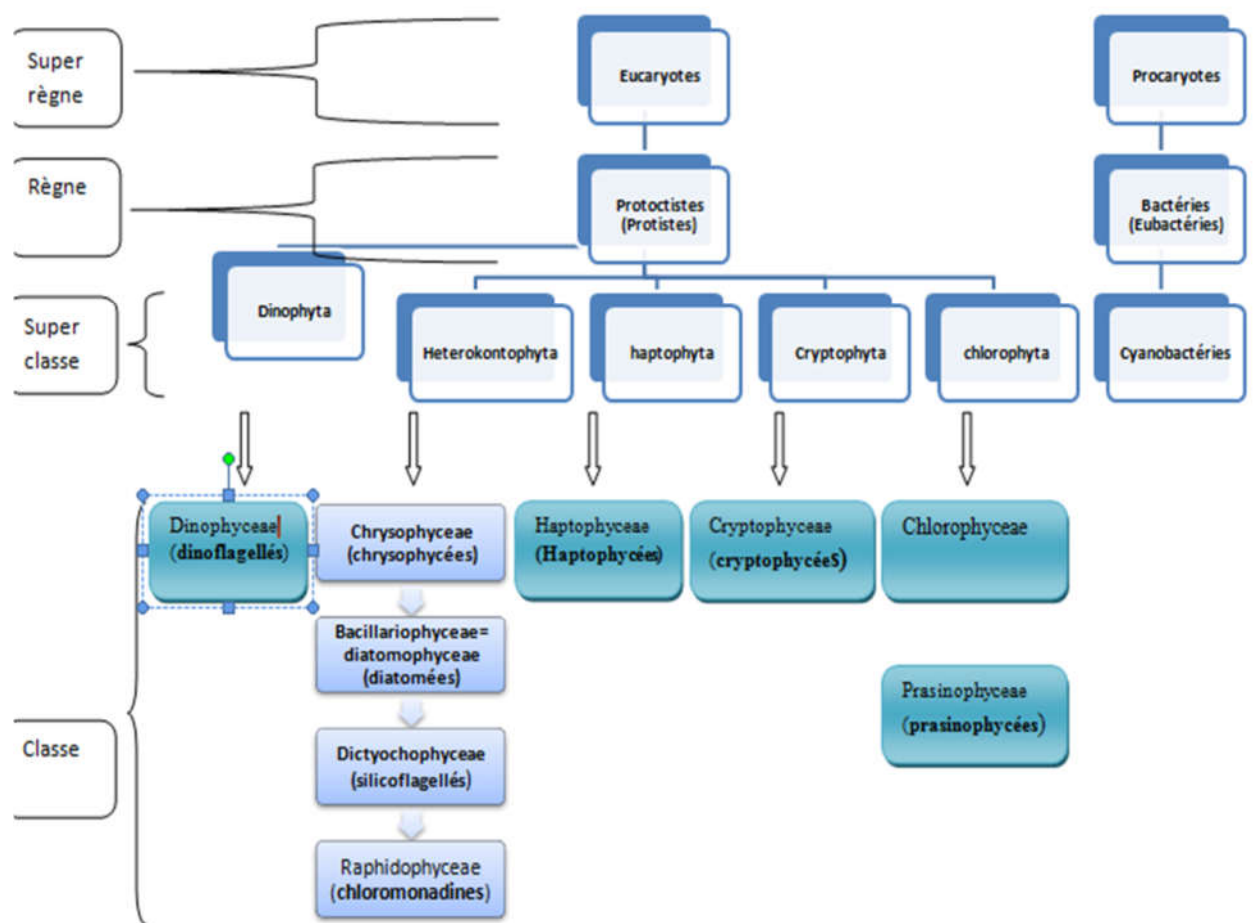


Figure 1: Schéma de Classification simplifiée des organismes phytoplanctoniques (d'après Margullis & Schwartz, 1998, et Van den Hoek et al., 1995).

I.2.3. Organisation phytoplanctoniques

Le phytoplancton comprend des milliers d'espèces qui se répartissent en plusieurs groupes :

- **Les Cyanobactéries** : Organismes procaryotes, regroupant plus de 110 genres et environ 1000 espèces dulçaquicoles (Bourrelly, 1985a).
- **Les Chlorophycées** : Forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en 4 sous-classes : « Celles-ci comportant environ 500genre, représentant plus de 15000 espèces (John, 1994 in Boudjenah, 2012).
- **Les Xanthophycées** : Regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles (Ettl, 1978 in Boudjenah, 2012), elles vivent à l'état unicellulaire coloniale.
- **Les Chrysophycées** : Ce sont des algues unicellulaires ou coloniales (rarement filamenteuses), dont certaines vivent dans une enveloppe protectrice appelée lorique (Wetzel et al, 2001 in Grogg, 2012) la plupart de ces cellules obtiennent leur énergie par mixotrophie.
- **Les Diatomées(Bacillariophycées)** : Engloberaient plus de 100 000 espèces et on estime que près de 15 000 ont été identifiées. C'est l'un des groupes les plus important du phytoplancton, leur caractéristique principale est la présence d'une paroi siliceuse appelle fruste (Germain, 1981 in Boudjenah, 2012).
- **Les Cryptophytes (Dinophycées)** : Sont unicellulaires, mobiles par la présence de deux flagelles (un plus long que l'autre) et dépourvues de paroi cellulaire (Kugrens et Clay, 2003 in Boudjenah, 2012).
- **Les Dinoflagellés** : Regroupent environ 300 espèces et sont déluge flagellées nucléaires dont la plupartsont mobiles (Bourrelle, 1985 in Boudjnah, 2012).
- **Les Coccolithophoridés** : Ces Algues possèdent une membrane cellulaire couverte des petits éléments calcaire appelés coccolites, dont la forme est propre à chaque espèce.
Leur taille varie de 1 à 30 μm (Pierre Mollo et Maurice, 1991).

- **Les Euglènes** : Sont réparties en 13 genres et plus de 2000 espèces. Ils sont presque tous unicellulaires, sans paroi cellulaire, possèdent un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire (Carty et al. 2003 in Boudjenah, 2012).

I.2.4. Distribution et répartition du phytoplancton :

En Méditerranée, la succession saisonnière phytoplanctonique s'articule en trois stades (Margalef, 1958) :

Stade 1 : La fin de l'hiver, la colonne d'eau se mélange sur le fait du refroidissement de l'eau de surface qui devient alors plus dense que celle du fond, permettant la remise à disposition des nutriments dans la couche de surface. Un développement phytoplanctonique important a lieu, avec un pic principal de densité en février et des pics secondaires en novembre-décembre et mars-avril. Les espèces de petite taille (rapport surface/volume ~ 1) capables de se multiplier rapidement (stratégie r) sont favorisées. Les Bacillariophycées prédominent ce stade. Les espèces présentes appartiennent aux genres *Chaetoceros*, *Thalassiothrix*, *Thalassionema* et *Asterionella*. La diversité est globalement faible.

Stade 2 : Il est caractérisé par la présence de Bacillariophycées de tailles plus importantes (rapport surface/volume $\sim 0,5$) et l'apparition en proportions non négligeables de Dinophycées. Les taux de croissance ainsi que les densités de populations sont plus faibles qu'au stade 1. Dans le schéma global méditerranéen, les genres *Rhizolenia*, *Guinardia* et *Bacteriastrum* représentent la communauté de Bacillariophycées. Les Dinophycées s'illustrent à travers les genres *Prorocentrum*, *Phalacroma*, *Dinophysis*, *Peridinium* et *Ceratium*. La diversité atteint généralement son maximum à ce stade.

Stade 3 : La masse d'eau devient pauvre en nutriments. Les Dinoflagellés augmentent, favorisés par leur taux de croissance faible (stratégie K) et leur capacité à se diriger dans la masse d'eau grâce à leurs flagelles. De plus, certaines Dinophycées sont capables d'hétérotrophie, ce qui leur permet de survivre lorsque les nutriments deviennent vraiment insuffisants. Ce troisième stade a notamment lieu à l'été, lors de la stratification de la masse d'eau. Les genres *Ceratium*, *Peridinium*, *Dinophysis*, *Gymnodinium*, *Gonyaulax* et *Prorocentrum* sont prépondérants lors de ce troisième

stade. La diversité est inférieure à celle du stade 2 mais reste néanmoins supérieure à celle du stade 1. Même si globalement cette évolution saisonnière se retrouve dans l'ensemble de la Méditerranée, à savoir une floraison printanière et une floraison automnale, des nuances apparaissent selon les sites d'étude.

I.2.5. Facteurs contrôlant le développement du phytoplancton :

D'après Findley et Klingh (1994), les populations phytoplanctoniques varient avec les saisons et dépendent de facteurs à la fois physique et chimiques. Les concentrations des nutriments et leurs proportions stœchiométriques constituent des indicateurs fondamentaux de prolifération phytoplanctoniques.

Le développement du phytoplancton est sous l'effet de différents facteurs biologiques et physico chimiques (tableau 1). En effet, pour son développement, le phytoplancton a besoin de nutriments et d'énergie lumineuse. Pour cette raison, il faut avoir un apport de nutriments dans la zone euphotique par le biais de brassage liés à la turbulence des eaux. Généralement, la production de la matière organique est saisonnière suite à la variation des apports d'éléments nutritifs. La production primaire atteint son maximum durant la période de grande durée d'éclairement (printemps et été) avec présence des facteurs permettant le brassage des colonnes d'eau : vent, apport terrigène (Sornia, 1991).

Tableau 1: Les facteurs contrôlant la croissance du phytoplancton

| Les facteurs favorisant la prolifération du phytoplancton | |
|--|---|
| Facteurs abiotiques | Facteurs biotiques |
| <ul style="list-style-type: none">• Température• Salinité• Sels nutritifs• Intensité lumineuse• Turbidité• Hydrodynamisme | <ul style="list-style-type: none">• Interaction intra et interspécifiques (compétitions, inhibition)• Interaction bactériennes (Hormone de croissance, Vitamine, Médiateurs)• Prédation (poisson et filtreurs planctophage)• germination des kystes (endémiques, transportés). |

I.2.6. Rôle du phytoplancton

- L'importance du phytoplancton dans les milieux aquatiques est due à :
- Sa capacité de synthétiser des hydrates de carbone et de l'oxygène, à partir des éléments minéraux dissous dans l'eau et de l'énergie lumineuse (Stumm et Morgan, 1996). Lors de la photosynthèse, le phytoplancton est capable de fixer en milieu marin entre 20.109 et 55.109 tonnes de carbone (Mann et Lazier, 1966).
- Être à la base de la chaîne trophique pélagique, il est responsable d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques (Reynolds, 1998). De ce fait il conditionne la production de poissons, de moules, d'huîtres, de crevettes et d'autres produits (Hansen *et al.* 2001).
- Leur propriété d'absorber le CO₂ pour rejeter l'oxygène en présence de lumière les met à la pointe de l'actualité en ce qui concerne leur rôle éventuel sur une diminution de l'effet de serre.
- Ils représentent la base principale de la chaîne alimentaire en mer.
- Parmi les milliers d'espèces décrites dans les eaux marines mondiales, moins d'une centaine peuvent être toxiques pour les autres espèces marines ou pour les consommateurs de produits marins contaminés.
- A partir de cultures de phytoplancton, de nombreuses applications sont possibles, aussi bien en aquaculture, pour la nourriture des espèces cultivées, (larves et/ou adultes de mollusques, crustacés, poissons) qu'en biotechnologie comme la cosmétologie, la recherche de biocarburant, (Ifremer).

• I.2.7. Toxicité et sécurité sanitaire

- Certaines espèces phytoplanctoniques produisent des phycotoxines, qui sont accumulées par les organismes phytoplancton phages « les mollusques bivalves, gastéropodes, crustacés, ainsi que certains poissons ». Ces organismes jouent le rôle de vecteurs sains. Ils ne sont pas affectés par ces toxines, mais sont toxiques pour les consommateurs secondaires dont l'Homme (Gailhard, 2003).
- Les différents types d'intoxications associées à des efflorescences algales toxinogènes sont les suivants :
- Intoxications amnésiantes par les fruits de mer (ASP). Causée par la prolifération des Diatomées Pénales du genre *Pseudo-nitzschia*
- Intoxications paralysantes par les fruits de mer (PSP). Intoxication causée par des Dinoflagellés du genre *Alexandrium*.

- Intoxications neurologiques par les fruits de mer (NSP). Intoxication associée à l'espèce de Dinoflagellés *Karenia brevis*.
- Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer (DSP). Les toxines responsables sont produites par des Dinoflagellés appartenant, principalement, aux genres *Dinophysis* et *Procentrum*.
- Toxines cyanobactériennes. Les principales espèces responsables des blooms cyanobactériens sont : *Trichodesmium thiebautii*, *T. erythraeum* et *Oscillatoria sp.*

I.3. Le phytoplancton et l'écologie trophique dans un écosystème pélagique

En méditerranée, la production phytoplanctonique est un paramètre contrôlant le réseau trophique. Dans ce contexte *S. pilchardus* et *E. encrasicolus*, et plus généralement les petits poissons pélagiques, représentent le plus bas niveau trophique d'organismes du necton et jouent un rôle crucial dans les écosystèmes marins (Bakun, 2006 ; Fréon et al., 2005). Ils constituent le seul lien trophique entre le plancton et les organismes piscivores dans les zones d'upwelling et en zone côtière (poissons « fourrages »). Ils caractérisent les écosystèmes dits « en taille de guêpe » (Bakun (2006) ; Palomera et al. (2007)). Dans ces écosystèmes, le fonctionnement n'est pas strictement régulé par un contrôle de type « bottom-up » ou « top-down ». En effet, les petits poissons pélagiques composent le compartiment de régulation du fonctionnement et donc de la structure de l'écosystème. Ce compartiment est soumis, directement ou indirectement, aux variations environnementales, climatiques et trophiques des autres compartiments qui lui sont associés (la répartition du phytoplancton).

13.1 Critères pour définir l'écologie trophique

L'écologie trophique d'une espèce peut être décrite à travers différentes dimensions caractérisant de façon conjointe ou non les proies et les prédateurs considérés :

L'importance du type de régime alimentaire des organismes (ex. carnivore, omnivore, détritivore) qui module la structure et le fonctionnement des réseaux trophiques (Ballantyne IV, 2004 ; Namba et al. 2008 ; Vandermeer, 2006).

a) Une dimension trophique

- ✓ La composition taxinomique du bol alimentaire ;
- ✓ Les critères de sélection des proies (ex : taille, abondance) ;
- ✓ Le taux d'ingestion ou la biomasse ingérée (ex : le taux de filtration chez les poissons)

✓ Plancton phages).

b) Une dimension temporelle

- ✓ Les changements ontogéniques de l'alimentation pour le prédateur ;
- ✓ Les cycles, journalier saisonnier ou annuel, pour les proies.

c) Une dimension spatiale

- ✓ Les zones géographiques privilégiées pour l'alimentation ;
- ✓ Les profondeurs préférentielles d'alimentation dans le milieu marin.

d) Une dimension comportementale et morphologique

- ✓ Les comportements de prédation (ex : recherche de proies, stratégie de chasse) ;
- ✓ Les relations allométriques (ex : la taille de l'ouverture buccale).

1.3.2 La composition spécifique du régime alimentaire de *S. pilchardus* et d'*E. encrasicolus*

La composition spécifique du régime alimentaire de *S. pilchardus* et d'*E. encrasicolus* permet d'affirmer que ces deux espèces sont des planctophages opportunistes. Des diatomées, des dinoflagellés ou encore des « cellules phytoplanctoniques » peuvent être considérées comme des composantes de l'alimentation de *S. pilchardus* et d'*E. encrasicolus* (Bormeet *al.* 2013 ; Costalago *et al.* 2011 ; Jemaa *et al.* 2015). À titre d'exemples, des corrélations positives entre le régime alimentaire de *S. pilchardus* et des données satellitaires évaluant la présence de chlorophylle a ont été montrées dans les eaux portugaises (Garrido *et al.*, 2008a). Toutefois ces corrélations correspondent davantage à la caractérisation de la productivité du système. Cette étude démontre la relation temporelle entre cette productivité et la contribution du phytoplancton au régime alimentaire des *Pilchards*.

La présence de phytoplancton, dans le régime alimentaire de *S. pilchards*, est plus souvent rapportée que pour *E. encrasicolus*. Cependant, la majorité des études s'accordent pour ne jamais débattre du fait que *S. pilchards* et *E. encrasicolus* sont majoritairement zooplancton phages. C'est d'ailleurs, le mésozooplancton qui contribue à la croissance de ces organismes (Bodeet *al.*, 2003 ; Bodeet *al.*, 2004).



Figure 2 : Photographies montrant la morphologie externe de *S. pilchardus* (photo Adelkacimi).



Figure 3 : Image montrant le tube digestif (photo Adelkacimi)

Chapitre II : Matériels et méthodes

Le but de ce chapitre est de citer les différents processus de prélèvements sur terrain, pendant la campagne de prélèvement « HYDROBIO-Printemps 2019 » réalisée par le CNRDPA. ainsi il explique les nombreuses étapes de traitements des données récoltées ; afin d'aboutir à des résultats ; qui peuvent nous aider à mieux explorer la diversité du peuplement phytoplanctonique dans un site donné ; en relation avec la composition alimentaire de quelques espèces pélagique au sein du même écosystème.

Partie I : Prélèvements et échantillonnage

Quelques échantillons traités durant ce travail sont prélevés pendant la Campagne de prélèvement « HYDROBIO-Printemps 2019 » réalisée par le CNRDPA.

II.1. La campagne « HYDROBIO-Printemps 2019 »

La campagne « HYDROBIO-Printemps 2019 » a été réalisée dans le cadre des projets de recherche de la division écosystèmes aquatiques du CNRDPA, l'un de ses objectifs principaux, est de comprendre le fonctionnement de l'écosystème et les relations entre ses différents compartiments, notamment les interactions milieux - ressources selon un objectif principal de gestion intégrée et durable de ces milieux aquatiques.

Elle s'est déroulée du 31 Mars au 02 Mai 2019, tout au long du littoral algérien entre 20 et 300 mètres de profondeur (plateau et talus continental), du cap Segleb (frontières algéro-tunisiennes) à oued Kiss (frontières algéro-marocaines), par le bateau scientifique du CNRDPA « GRINE Belkacem ».

Dans le cadre de ce travail, cinq radiales (R1, R2, R3, R4 et R5) et 10 stations de prélèvement de la région Ouest ont été choisies à être explorées durant notre période de stage au niveau du CNRDPA. Comme nous avons traité la composition alimentaire de quelques individus appartenant à une espèce de petits pélagique qu'est la Sardine (*Sardina pilchardus*) qui a été capturée par un trait de chalut dans le même site d'étude, lors de cette campagne.

II.2. Localisation des stations de prélèvements

Les cinq radiales sont perpendiculaires à la wilaya de Tlemcen et Ain t'émouchent situé à la région ouest, c'est une zone à vocation pêche et activités halieutiques.

Les prélèvements choisis dans le cadre de ce mémoire sont positionnés spatialement selon la stratégie suivante :

- Pour chaque radiale, deux stations choisies selon le gradient côte-large : une proche du littoral (à moins de 20 m de profondeur), une autre plus loin (à plus de 20 m de profondeur).
- Pour chaque station un prélèvement vertical a été réalisé (Gradient verticale).

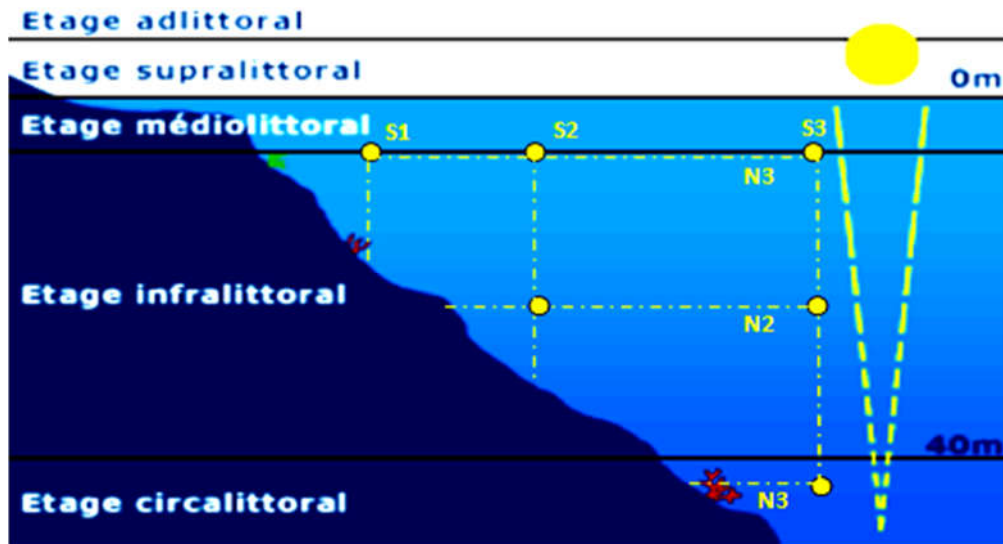


Figure 4: Un schéma synthétisant la stratégie d'échantillonnage adoptée selon les deux gradients verticale et horizontale lors de la campagne HYDROBIO 2019.

Tableau 2: Les différentes informations (nom de la station, profondeur, coordonnées géographiques.. etc.) des radiales concernées.

| Station | Date | Coordonnées (dm) | | Prof(m) | Paramètres | Zone |
|---------|------------|------------------|------------|---------|------------|-----------------|
| | | Latitude | Longitude | | | |
| R1A1 | 02/04/2019 | 35°04,861N | 01°57,198W | 20,4 | OUI | Tlemcen |
| R1A2 | 02/04/2019 | 35°06,955N | 01°57,219W | 50,9 | OUI | Tlemcen |
| R2A1 | 02/04/2019 | 35°13,378N | 01°37,476W | 23 | OUI | Tlemcen |
| R2A2 | 02/04/2019 | 35°14,081N | 01°37,389W | 54 | OUI | Tlemcen |
| R3A2 | 02/04/2019 | 35°22,398N | 01°18,307W | 50 | OUI | Ain t'émouchent |
| R3A1 | 02/04/2019 | 35°21,501N | 01°18,370W | 21 | OUI | Ain t'émouchent |
| R4A1 | 03/04/2019 | 35°35,138N | 01°09,274W | 15 | OUI | Ain t'émouchent |
| R4A2 | 03/04/2019 | 35°35,643N | 01°09,370W | 49,5 | OUI | Ain t'émouchent |
| R5S1 | 03/04/2019 | 35°38,514N | 01°04,178W | 19,6 | OUI | Oran |
| R5S2 | 03/04/2019 | 35°39,648N | 01°04,223W | 52,6 | OUI | Oran |

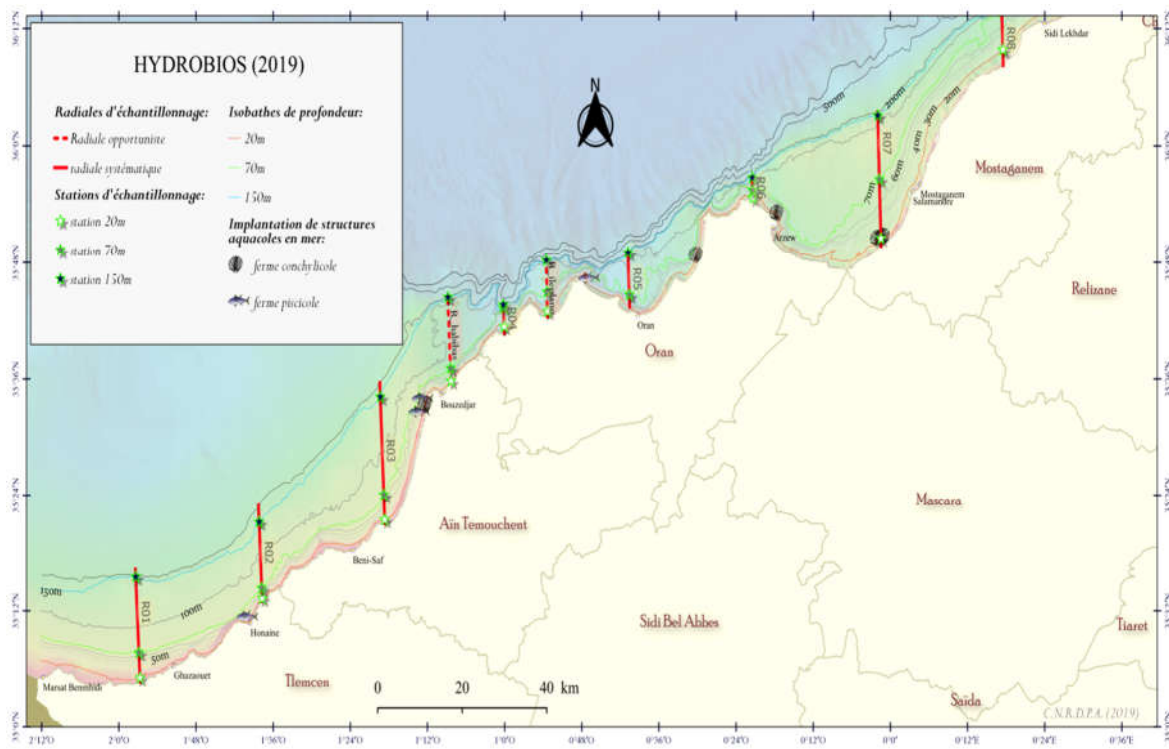


Figure 5 : La carte de la localisation exacte des différentes stations et radiales dans le site d'étude de la région ouest (Tlemcen-Ain t'émouchent et Oran).

II.3. Méthode de prélèvement de l'eau

L'eau de mer a été prélevée à la même profondeur s pour chaque station ; un échantillonnage qualitatif en utiliser un filet Nitex à mailles de 30 µm et 20 µm, ou un filet à phytoplancton similaire, équipé à son bout d'un robinet en permettant l'ouverture et la fermeture.

L'eau recueillie à chacune des profondeurs est conservé dans des flacons en plastique d'un 50 millilitre de contenance.

Le conditionnement et la conservation des sous échantillons a été procédé selon des standards internationaux et ce pour chaque paramètre. Un flacon d'eau de mer additionnée par un volume de Lugol, destinée à l'étude du peuplement phytoplanctonique, l'autre est destiné directement pour l'analyse des sels nutritifs.

II.4. Méthodes de conservation et fixation des échantillons d'eau

A. La fixation des échantillons destinés à l'étude du peuplement phytoplanctonique

Le phytoplancton a été fixé directement sur le terrain après prélèvement, par ajout d'une quantité de Lugol (10%) suffisante pour faire virer la couleur de l'échantillon au jaune paille ou couleur

Cognac, à raison d'environ 8 gouttes par un demi-litre d'échantillon. Cette fixation présente plusieurs avantages :

- Les Flagellés conservent en majorité leurs flagelles.
- Les cellules phytoplanctoniques prennent une coloration brune claire ce qui facilite l'observation microscopique. (Rossi, 2008)
- Le Lugol permet une bonne sédimentation du phytoplancton. (Dadi, 2002)

Les échantillons sont gardés par la suite dans une glacière et en obscurité afin d'éviter la détérioration du phytoplancton. (Dadi, 2002)

B. Conservation des échantillons destinés à l'analyse des sels nutritifs :

Selon (Lampert, 2001), les échantillons destinés à l'analyse des sels nutritifs doivent être congelés immédiatement à -20°C si l'analyse est programmée pour une date ultérieure. Ainsi les échantillons sont gardés au niveau du laboratoire physico-chimie du CNRDPA jusqu'au délai de leur analyse.

II.5. Mesures in situ

Les paramètres physico-chimiques ; la salinité, la température, le pH, l'oxygène dissous ainsi que la conductivité ont été relevés *in situ* à chaque profondeur pour toutes les stations, et cela à l'aide d'un multi-paramètre professionnel du type « Hanna HI 9829 ».

Partie II : Etude biologique et traitement des données

II. 1. Etude biologique du peuplement phytoplanctonique

A. La méthode d'UTERMÖHL

Le dénombrement des cellules micro-algales durant ce travail a été effectué sur des échantillons de 100 ml, à l'aide d'un microscope inversé (OPTIKA) conformément à la méthode d'UTERMÖHL (1958).

Cette méthode présente l'avantage d'une estimation qualitative du phytoplancton, elle permet le dénombrement du phytoplancton, ainsi que l'observation de chaque cellule. (Dadi, 2002)

B. Facteur de dilution des échantillons

L'échantillon en question doit être homogénéisé et agité avant de procéder à la sédimentation.

L'homogénéisation est une étape cruciale de l'analyse, afin de rendre toute cellule phytoplanctonique déposée sur le fond, ou colmatée aux parois en suspension. (Illoul, 1991)

Celle-ci est effectuée par une trentaine (30) de retournements doux de l'échantillon avec la main. (Masson, 2015)

Dans le cadre de ce travail, les chambres de sédimentation (cuve d'UTERMÖHL) n'ont pas été utilisées, ceci est lié à la charge des échantillons en cellules phytoplanctoniques nécessitant ainsi une dilution.

La première opération à réaliser au début d'une observation est une observation rapide ou "survol" de la cuve au plus faible grossissement, afin d'évaluer le mode global de distribution des particules. On peut ainsi avoir une idée de la charge générale en particules de l'échantillon (matières en suspension + plancton) et de la possibilité d'en réaliser "la lecture" au microscope :

Cependant, si la charge particulaire est trop élevée, la fiabilité de l'identification et du dénombrement des espèces phytoplanctoniques sera compromise : on pourra alors procéder à une éventuelle dilution de l'échantillon, ou à une filtration de l'échantillon avec une maille de filtration choisie en fonction de la taille des particules observées.

Si une dilution ou une concentration est opérée elle devra être précisée pour en tenir compte lors des calculs préalables au rendu du résultat de comptage (standard NF EN 15204).

C. Observation, dénombrement et identification des espèces :

L'observation des cuves a été réalisé avec un microscope inversé de type OPTIKA et avec un objectif, X20, X40, X60.

Le dénombrement des taxons consiste à enregistrer les espèces observées et le nombre d'unité (cellule) de chaque espèce dans le champ de vision.

Un balayage de la cuve entière, ou un « survol » est nécessaire avant de commencer le dénombrement, afin d'analyser la contenance de l'échantillon en phytoplancton, de ne pas négliger les cellules rares, ainsi que d'évaluer la distribution globale des particules.

Deux méthodes de comptage ont été utilisées, le comptage de la moitié ($\frac{1}{2}$) de la chambre pour les espèces en abondance, et le comptage de la cuve entière qui est jugé obligatoire pour les

taxons en faible quantité, ou pour les individus de grande taille dont la distribution peut ne pas être aléatoire dans la chambre. (Masson, 2015)

Les espèces comptées ont été prises en photo, et schématisées dans une fiche accompagnée de quelques informations relatives à l'échantillon source. (Nom de la station, date, lieu. etc.)

L'identification des espèces a été faite à un niveau taxonomique supérieur seulement (Famille) pour les cas difficilement identifiables, et jusqu'à un niveau inférieur (genre et espèce) pour les cas les plus claires, et cela à l'aide de plusieurs ouvrages dont :

Phytoplankton Identification Catalogue 2001, Guide pratique à l'usage des analystes du phytoplankton 1969 (Ifremer), Catalogue illustré des images ZooPhytoImage utilisé dans le cadre du REPHY 2015 (Ifremer).

Le reste des ouvrages et de sites web figurent dans la bibliographie.

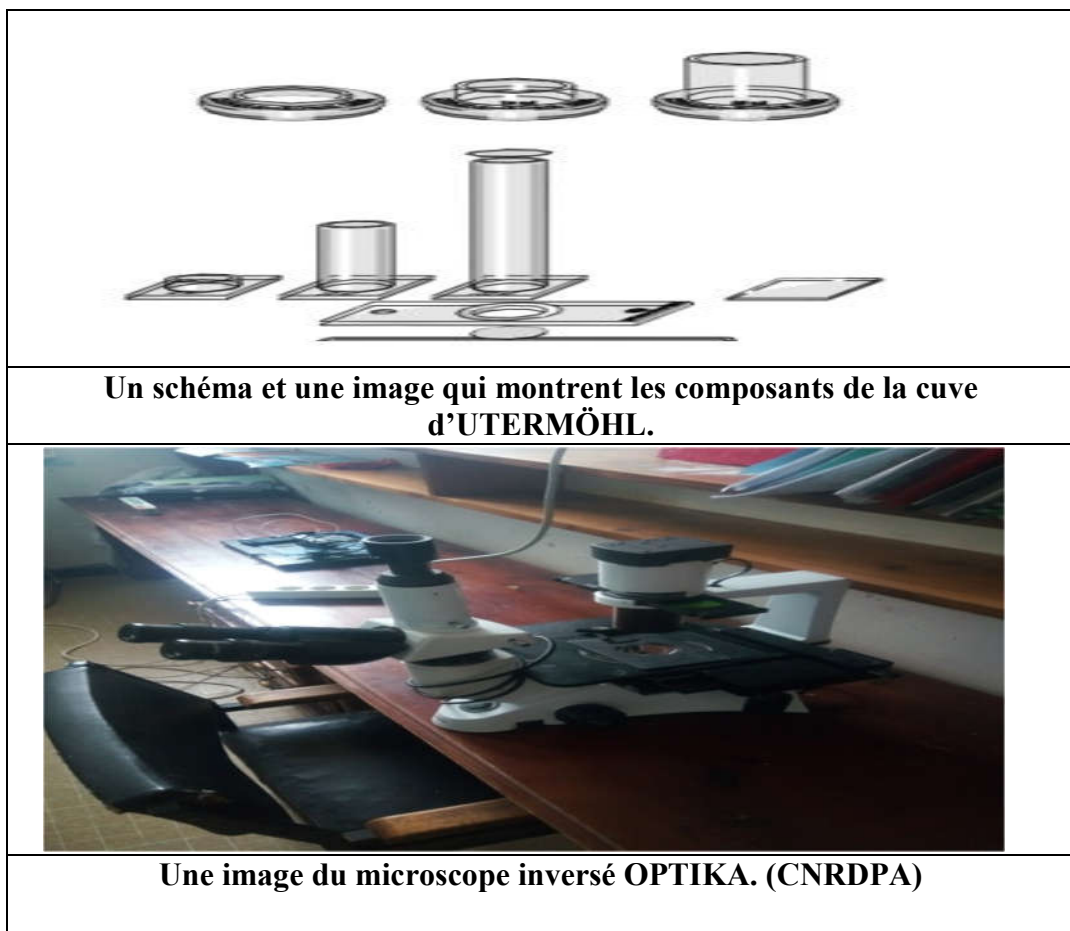


Figure 6 : Quelques images des matériels requis au laboratoire pour le traitement des Échantillons.

II.2. Traitement des données

II.2.1. Comptage des cellules phytoplanctonique

Le calcul de ces paramètres quantitatifs permet de mieux comprendre la structure et l'état du peuplement phytoplanctonique dans les zones ou les échantillons sont effectués.

II.2.2. L'Abondance relative

Ce paramètre permet de comprendre l'importance d'une espèce dans sa communauté, elle est calculée par la formule ci-dessous :

$$A = \frac{n}{N} * 100$$

- Le résultat est exprimé en pourcentage (%)
- A : Abondance relative.
- n : nombre de cellules comptées de l'espèce x.
- N : nombre totale de cellules (dans tous l'échantillon).

II.2.3. La Fréquence relative

D'après (Bellan, 1964), la fréquence relative d'une espèce est le nombre de fois dont cette dernière est présente dans les échantillons, sur le nombre total des échantillons. La formule de calcul correspondante est la suivante :

$$F = \frac{\text{Nombre d'échantillons dont l'espèce est présente}}{\text{nombre total des échantillons}} * 100$$

- Le résultat est exprimé en pourcentage (%),
- F : Fréquence relative (%).

II.3. Etude de la diversité des communautés phytoplanctoniques

II.3.1. Richesse spécifique

La Richesse spécifique « S » prend en compte le nombre total d'individus d'une même espèce que l'on peut rencontrer dans un écosystème donné.

Ce paramètre permet de distinguer les variations spatio-temporelles d'une espèce donnée, il permet également de déterminer la structure d'une population dans un écosystème afin de comprendre son comportement et sa sensibilité envers différents paramètres.

Cependant, ce paramètre présente un inconvénient ; sa valeur est dépendante de la taille et le lieu de l'échantillon. (Le nombre d'espèces dépend de la taille de l'échantillon, et de son lieu : échantillon de surface ou non, luminosité, salinité. etc.) (Nefraoui & Tabi, 2015)

Les estimations de la richesse spécifique sont généralement obtenues par des analyses statistiques, vu la difficulté d'obtenir des données complètes de la zone étudiée.

II.3.2. Indice de Shannon-Wiener (H')

L'indice de Shannon et Weaver permet de caractériser la diversité d'un peuplement. Un milieu favorable à l'installation de nombreuses espèces correspond à un indice de diversité élevé. C'est l'indice de diversité le plus utilisé pour mesurer et évaluer la diversité spécifique.

Il est représenté par un nombre réel positif très souvent compris entre 0 et 5 (0 et $\log S$), mais qui n'a pas de limite maximum en théorie. (Macron et al, 2010)

Il permet de déterminer l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu donné, et donc de suivre son évolution.

L'indice de Shannon indique que le nombre d'espèces dans une communauté est en fonction de la stabilité du milieu ; plus l'indice est grand plus le milieu serait stable et réciproquement. Il est calculé selon la formule suivante :

$$H' = -\sum P_i \ln(P_i) \text{ avec } P_i = \frac{n_i}{N}$$

- Le résultat est exprimé en bits.
- P_i : abondance spécifique
- N : effectif total du peuplement phytoplanctonique considéré.
- n_i : nombre d'individu de l'espèce i .

II.3.3. L'indice d'équitabilité (E)

D'après (Macron, 2016) « La régularité de la distribution des espèces (Equitabilité) est un élément important de la diversité. Une espèce représentée abondamment ou par un seul individu n'apporte pas la même contribution à l'écosystème ».

L'Equitabilité varie entre « 0 » et « 1 » :

- Elle tend vers « 0 » quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce.
- Elle tend vers « 1 » lorsque toutes les espèces ont une même abondance.

- Une Equitabilité de « **0.8** » est généralement considérée comme l'indice de peuplement équilibré. (Daget, 1976)

L'intermédiaire de l'Equitabilité est calculé par la formule suivante :

$$E = \frac{H'}{H_{max}} \text{ avec } H_{max} = \ln(S)$$

- Le résultat n'a pas d'unité.
- S : richesse spécifique.
- H' : l'indice de Shannon.

II.4. Analyse de la composition alimentaire

II.4.1. Matériel biologique et traitements

L'acquisition du matériel biologique repose sur les estomacs des individus échantillonnés lors de la campagne HYDROBIO 2019 (Notre étude porte sur le régime alimentaire des adultes exclusivement). Au total nous avons examiné 8 estomacs fixés dans le formol à 10 %, ce qui permet de durcir les tissus de la paroi stomacale et les proies, facilitant ainsi l'identification de ces dernières (Sorbe, 1972). L'examen est réalisé à l'aide d'une loupe binoculaire et du microscope binoculaire sous différent grossissement. Comme le signale Quiniou (1978 et 1986), le dénombrement des proies ingérées est réalisé selon les principaux critères suivants : Lorsque dans un contenu stomacal il est impossible de distinguer des cellules de la même espèce ou d'espèces différentes, l'ensemble est considéré comme une proie unique. En effet, dans l'analyse globale des contenus stomacaux nous avons adopté que l'analyse qualitative, elle permet d'établir l'inventaire des proies observées. Elles sont réparties en diverses catégories suivant leur groupe systématique (Anato, 1984). En fonction de leur état de digestion, les proies sont identifiées à des niveaux taxonomiques différents. Les proies sont identifiées jusqu'au groupe à l'aide de clés de détermination (Rose, 1933 ; Trégouboff et Rose, 1957).

II.4.2. Exploitation des données

Nous avons utilisé l'indice de diversité spécifique Shannon (H') et l'indice calculés également pour explorer la diversité phytoplanctonique dans le site d'étude, la diversité des proies planctonique dans le régime des poissons issus des différentes zones échantillonnées. Cela permettra par la suite de comparer les données. Les observations des variations des paramètres environnementaux, notamment en ce qui concerne la température et la salinité ont été obtenus grâce aux données de la campagne HYDROBIO 2019 que nous avons traitées.

II.4.3. Indice de similarité

Le regroupement progressif des classes de taille selon les similitudes des contenus stomacaux est réalisé par une méthode de classification. Différents indices de similarité et méthodes de regroupement existent. Leur choix dépend des objectifs visés et de la qualité des données disponibles. Dans ce travail, l'indice de similarité de Horn-Morisita (I_{mh}) a été utilisé :

$$I_{mh} = 2 * \sum(P_{ij} * P_{ik}) / \sum(P_{ij}^2 + \sum P_{ik}^2)$$

Avec ***I_{mh}*** l'indice Horn-Morisita, P_{ij} et P_{ik} le pourcentage numérique de la proie i Respectivement des individus.

Cet indice été proposé par Morisita (1959) puis modifié par Horn (1966). Il ne s'applique qu'aux abondances relatives (Krebs, 1998). Il varie de 0 (pas de similarité) à 1 (similarité parfaite) et le seuil de similarité est arbitrairement fixé à $I_{mh} = 0,6$ par Horn (1966) et Zaret & Rand (1971). Cet indice a été utilisé par plusieurs auteurs pour l'étude de l'ontogénie trophique (Graham *et al.*, 2007) mais également pour évaluer la compétition entre prédateurs (Potier *et al.*, 2007). Ces analyses ont été exécutées selon la procédure ADE sous le logiciel R (*version 3.2.3* ; <http://pbil.univ-lyon1.fr/ADE-4/>).

Chapitre III : Résultats & Discussion

Ce chapitre regroupe les différents résultats obtenus durant ce travail, ainsi que des arguments et des hypothèses qui les expliquent.

III.1. Etude qualitative du phytoplancton dans l'eau

Dans cette étape, nous avons étudié l'inventaire des espèces phytoplanctoniques élaboré, par l'analyse des échantillons en adoptant nos observations à la méthode d'Utermöhl à l'aide des dilutions. Elle consiste à identifier et énumérer directement la flore planctonique.

Il faut noter que les échantillons traités durant ce travail sont prélevés le mois d'Avril, ce qui correspond à la saison printanière ; cette période est caractérisée par un développement maximal du peuplement phytoplanctonique. Les différents individus trouvés sont identifiés jusqu'au genre et jusqu'à l'espèce quand cela est possible.

III.1.1. Composition taxonomique :

Les résultats concernant la flore phytoplanctonique des stations de la région ouest (Figure 5), obtenus à la fin de ce travail sont de 53 espèces au total, répertoriés en 3 groupes majeurs : les Diatomées, les Dinoflagellés et tout autre individu n'appartenant pas aux deux classes précédentes sont répertoriés dans le groupe Divers.

Sur le plan spécifique, les proportions des groupes trouvés sont de : 51,94% pour les Diatomées, 33,96 % pour les Dinoflagellés, et 15,09 % pour Divers.

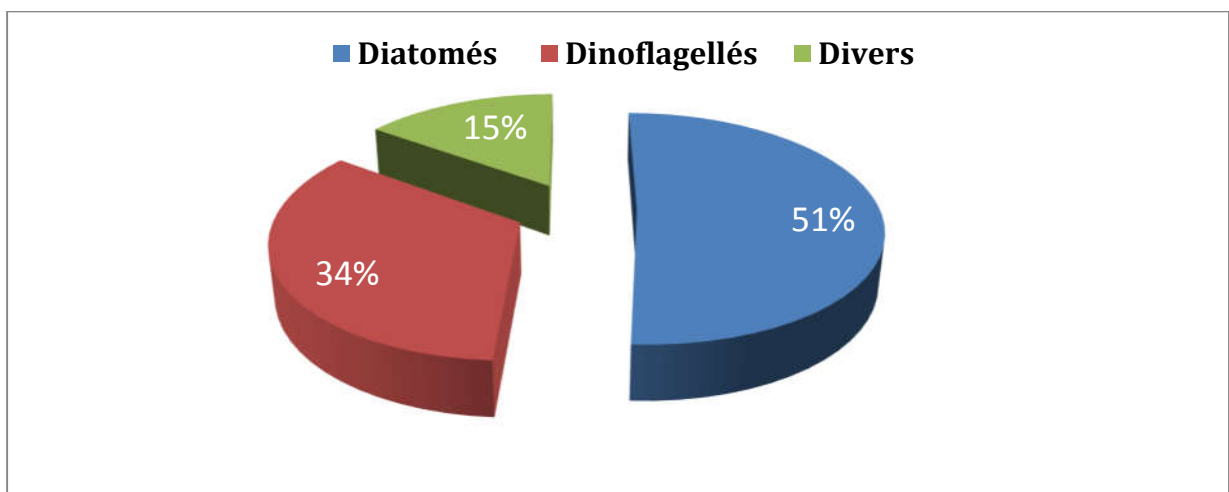


Figure 7: Diagramme des proportions spécifique des différents groupes phytoplanctonique observés dans l'eau.

- a) **Les Diatomées** : C'est la classe la plus présente et la plus diversifiée avec une totalité de 27 espèces appartenant à 15 Ordres différents. Les espèces les plus dominantes sont *Navicula sp* et *Coscinodiscus, Rhizosolenia* et *Dytilumsp.*

b) Les Dinoflagellés

Cette classe est présente avec 18 espèces, appartenant à 8 différents Ordres. Les principaux genres rencontrés régulièrement sont *Noctulicasp*, *Ceratiumsp*, *Protoperidiniumsp*, *Prorocentrumsp* et *Dinophysis sp*.

c) Autres groupes phytoplanctonique « Divers »

D'un point de vue qualitatif, cette classe se compose essentiellement de deux genres *Nephroselmis*, *Dictyochasp* et *Euglenasp* et d'autres espèces de *Cyanophycées*.

III.1.2. Fréquence relative (Fr %)

Ce paramètre permet de synthétiser la fréquence des Diatomées, des Dinoflagellés, et des autres groupes taxonomiques dans la zone considérée. Les Diatomées et les Dinoflagellés sont des classes constantes (Fr=100%), en effet, elles sont présentes dans toutes les stations de prélèvement. Cependant, seuls les résultats d'une étude quantitative bien détaillée des différentes espèces de ces deux classes peuvent nous renseigner sur la nature du peuplement phytoplanctonique dans chaque station. En effet, toutes les stations sont marquées par une des genres de dinoflagellés constant (Fr > 50%) comparés aux diatomées qui marquent des fréquences relatives oscillant entre 17 et 47%. En revanche les stations R3A, R4B, R5A et R5B enregistrent les valeurs de fréquence les plus importantes des autres espèces classées dans « Divers » pour cette région.

Tableau 3: Variations de la Fréquence relative (Fr %) des classes phytoplancton que en fonction des stations

| Stations | Fr Diatomées | Fr Dinoflagellés | Fr Divers |
|------------------|--------------|------------------|--------------|
| R1B | 30,00 | 60,00 | 10,00 |
| R1A | 38,33 | 51,67 | 10,00 |
| R2A | 17,95 | 71,79 | 10,26 |
| R2B | 30,00 | 60,00 | 10,00 |
| R3A | 23,81 | 61,90 | 14,29 |
| R3B | 33,33 | 55,56 | 11,11 |
| R4A | 47,06 | 41,18 | 11,76 |
| R4B | 27,27 | 54,55 | 18,18 |
| R5A | 42,86 | 42,86 | 14,29 |
| R5B | 33,33 | 44,44 | 22,22 |
| Fréquence | 29,79 | 59,57 | 10,64 |

a) Fréquence relative des espèces de Diatomées

Dans toutes les zones étudiées, les espèces *Navicula sp* et *Ditylumsp* et *Coscinodiscus* marquent une fréquence relative qui dépasse 50 %, ce sont des espèces constantes.

(Fr > 50%). *Nitzschiasp* et *Licmophorasp* sont des espèces communes (25% < Fr < 50%), alors qu'environ 10 espèces dont *Melosirasp* et *Chaetocerossp* sont des espèces rares (Fr < 25%) (**Figure 8**).

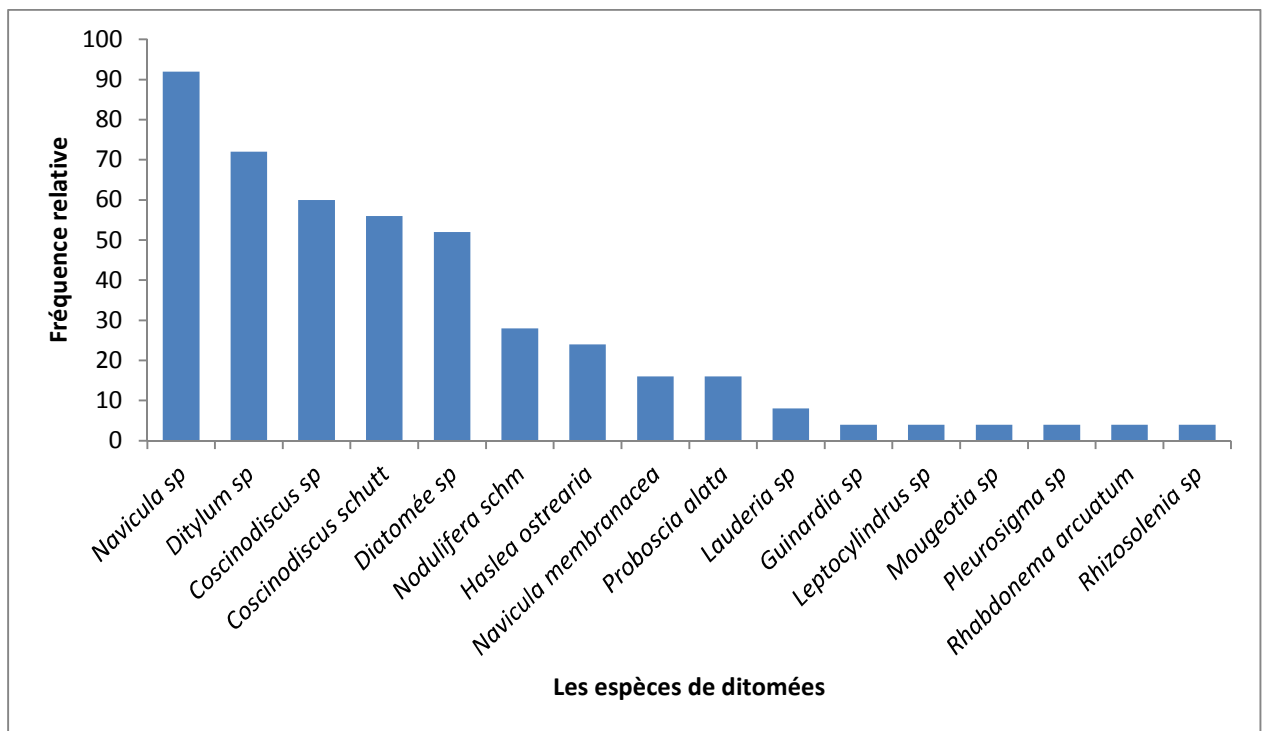


Figure 8 : Graphe représentant les fréquences relatives (%) des Diatomées pour tous les échantillons.

b) Fréquence relative des Dinoflagellés

Pour le cas des dinoflagellés les, *Protoperidiniumsp*, *Noctulicasp*, *Prorocentrumsp*, *Ceratiumfuccus*, *Dinophysis sp*, et l'espèce *Neoceratiumfusus* sont des espèces constantes (Fr > 50%). Toutes les autres espèces sont considérées comme communes (25% < Fr < 50%), comme les *Peridiniumsp* et *Protoperidiniumsp*.

Le reste des espèces de Dinoflagellés dont (*Prorocentrumsp*, *Gyrodiniumsp* et *Peridiniumsp*, sont considérées comme espèces rares (Fr < 25%) (**Figure 9**).

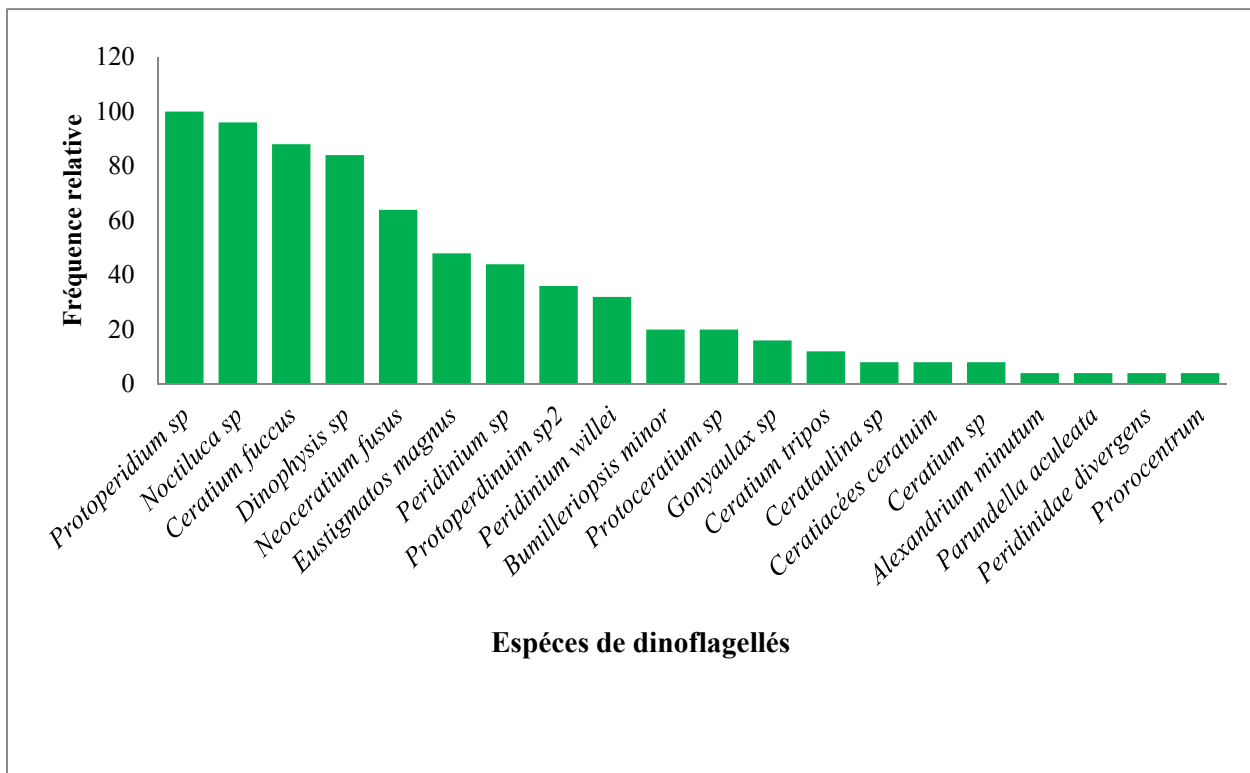


Figure 9 : Graphe représentant les fréquences relatives (%) des Dinoflagellés pour tous les échantillons.

Ci-dessous figurent des planches avec des photos de quelques espèces de Diatomées et de Dinoflagellés prises durant ce travail :

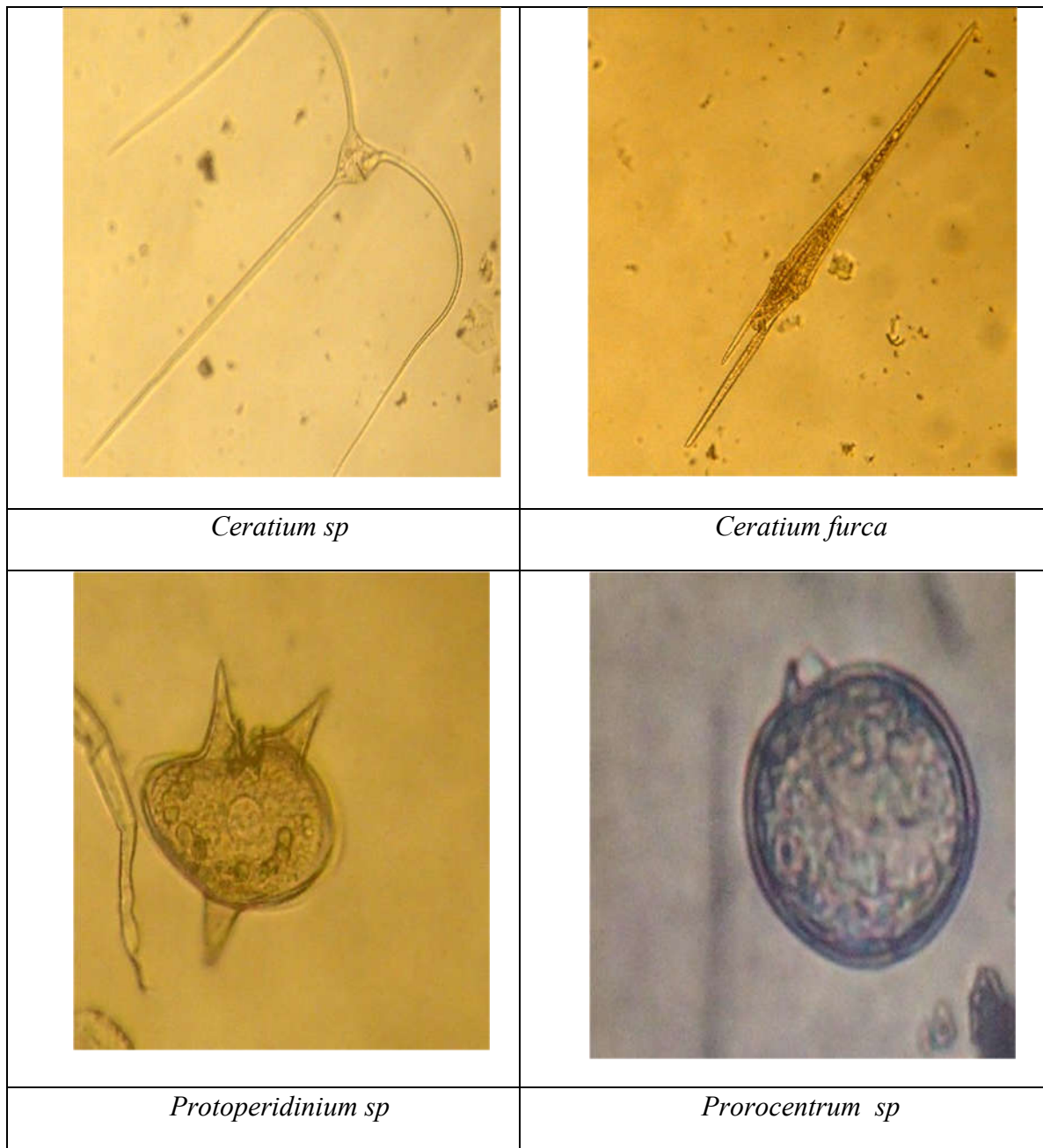


Figure 10: Espèces de Diatomées observés au microscope inversé (grossissement x40).

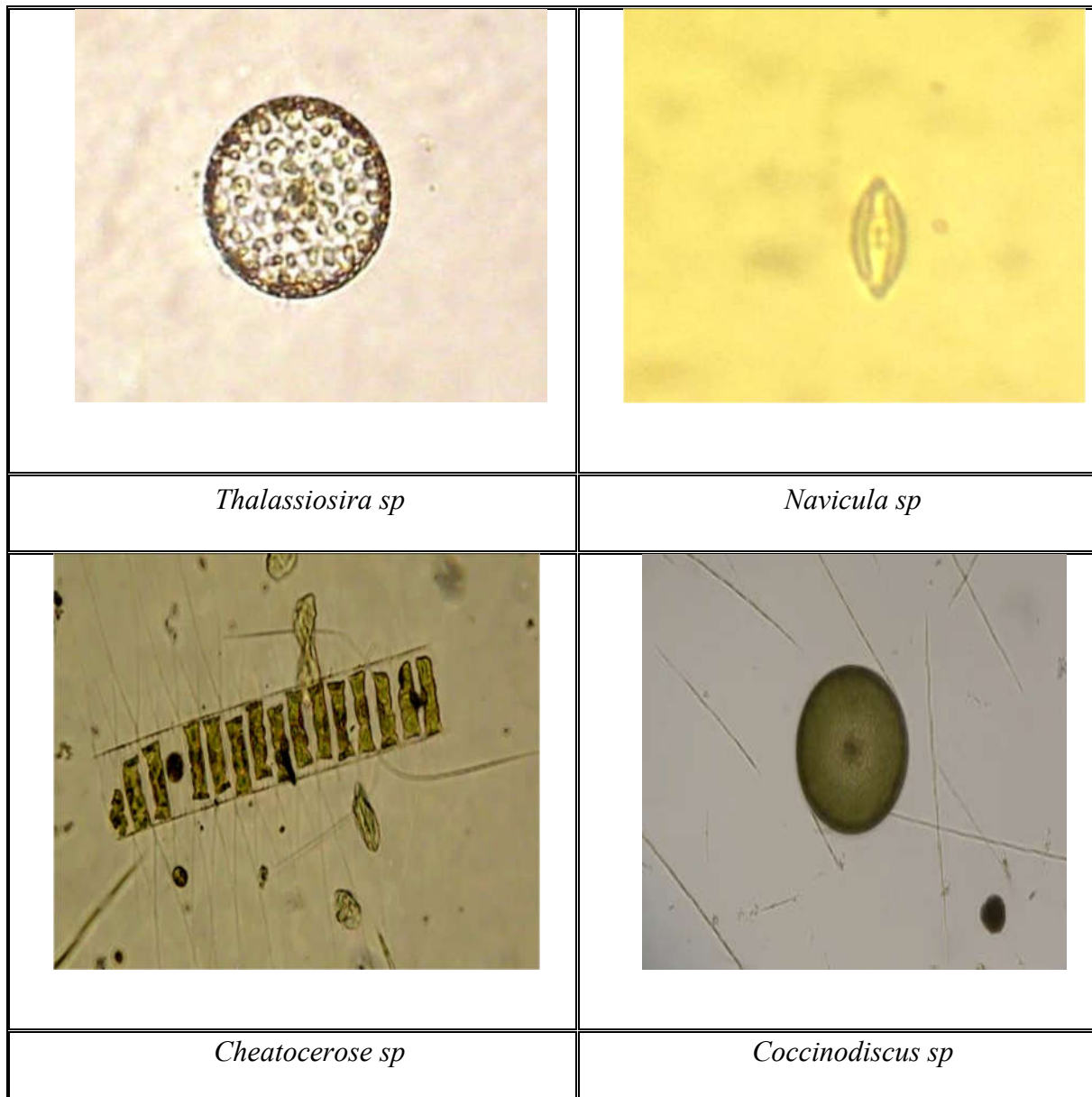


Figure 11: Espèces de Dinoflagellés observés au microscope inversé (grossissement x40).

III.2. Etude quantitative du phytoplancton dans l'eau

III.2.1. Abondance relative en fonction des stations :

Nous constatons que les Dinoflagellés sont les plus abondantes dans la plupart des stations, mais le taux d'abondance le plus élevé correspond à la station R5A (90,20%) située à Oran. La plus faible abondance de cette classe est enregistrée pour la station R3B (37%) situé à Ain t'émouchent.

Concernant les Diatomées, leur abondance maximale est liée à la station R2B (50 %)située à la wilaya de Tlemcen.

Pour les Divers, c'est la classe dans laquelle les plus faibles abondances sont notées, ils sont théoriquement plus abondants dans la station proche de la côte : R2A, de la région de Tlemcen, alors qu'ils sont totalement absents dans plusieurs stations.

Dans ce travail on a classé les espèces de zooplancton rencontrées dans nos échantillons. Ceci nous a permis d'en déduire que c'est des espèces qui sont relativement abondantes dans les stations R1A, R3B et R5B avec des taux pas négligeables (entre 10 et 20%). **(Figure 9)**

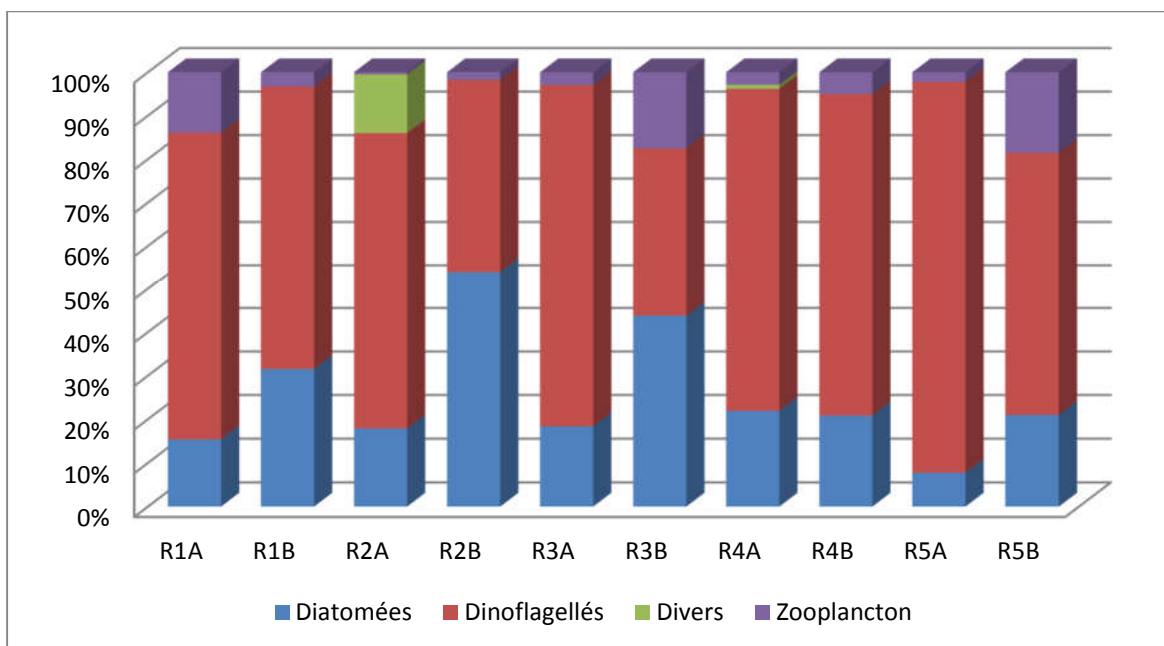


Figure 12 : Graphe représentant l'abondance relative (%) en fonction des différentes stations.

III.2.2. Indice de la diversité spécifique du phytoplancton dans l'eau :

II.2.2.1 Evolution de l'Indice de Shannon «H' », Indice de Simpson et Indice d'Equitabilité «E» selon les stations :

Tableau 4: Evolution de l'Indice de Shannon «H'», Indice de Simpson et Indice d'Equitabilité «E» selon les stations :

| | R3A | R2A | R1B | R1A | R5B | R5A | R4B | R4A | R3B | R2B |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| H' | 3,22 | 3,97 | 2,98 | 4,44 | 2,47 | 2,79 | 2,68 | 2,68 | 2,59 | 2,18 |
| E | 0,60 | 0,74 | 0,56 | 0,84 | 0,46 | 0,53 | 0,51 | 0,50 | 0,49 | 0,41 |

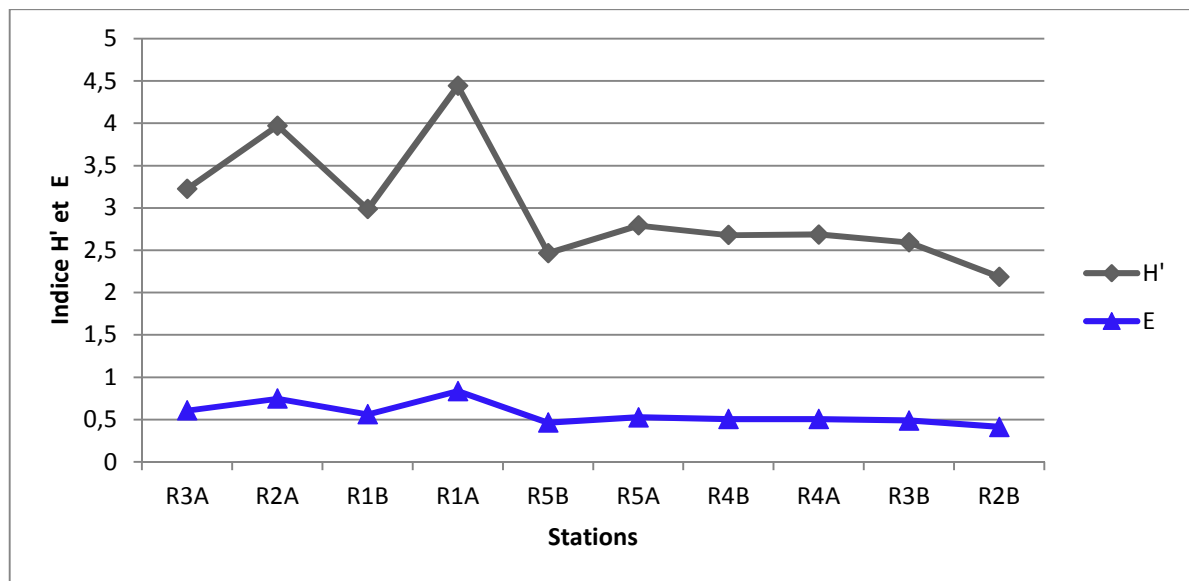


Figure 13 : Evolution de l'indice de Shannon (H') et de l'indice indice d'Equitabilité (E) selon les stations.

Les valeurs de l'indice de Shannon calculées sont comprises entre 2.188 et 4,443 bits.

Les valeurs les plus élevées enregistrées correspondent aux stations de la radiale R1A et R2A situées à Tlemcen ($H'=3.97$ et 4.44 bits). Ces stations sont relativement les plus diversifiées en espèces phytoplanctoniques, car elles présentent des valeurs de l'indice de Shannon (H') proches de la valeur optimale calculée ($H' \text{ max}= 5,30$ bits).

Pour le reste des stations (Vers Oran et Ain t'émouchent), les valeurs de l'indice de Shannon (H') sont comprises entre 2,18 et 3,22 bits, ceci implique une diversité relativement moins importante.

En examinant les valeurs de l'indice d'Equitabilité (E) pour chaque station, nous constatons qu'elles oscillent entre 0,41 et 0,83.

La valeur minimale (0,41 et 0,48) est liée aux stations R2B et R3B situées respectivement à Tlemcen et Ain T'émouchent, ce qui est expliqué par une dominance spécifique d'une espèce particulière qui est *Navicula sp.*

L'équitabilité qui relativement tend le plus vers « 1 », est liée à la station R1A (0,83), cela indique que toutes les espèces ont une abondance égale, et donc une équi-répartition du peuplement phytoplanctonique dans cette zone.

Globalement, toutes les valeurs de l'indice d'équitabilité sont loin de la valeur 0, ceci reflète un peuplement équilibré et plus au moins diversifié dans la totalité des stations.

II.2.2.2. Evolution de l'indice de Shannon «H' » et Indice d'Equitabilité «E» en fonction des radiales:

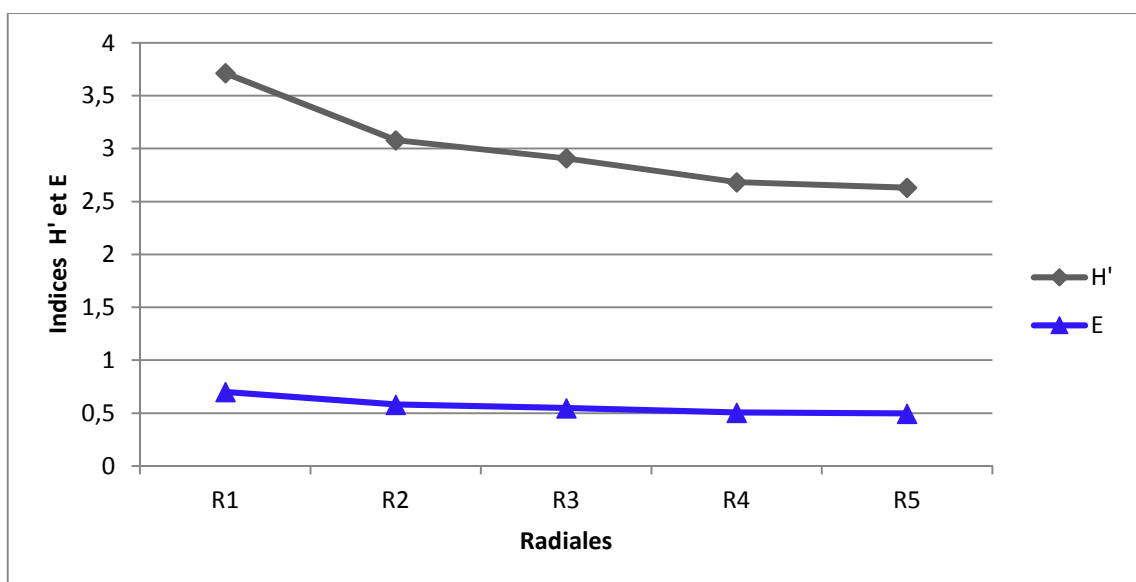


Figure 14: Evolution de l'indice de Shannon «H'» et Indice d'équitabilité «E» selon les radiales.

Le calcul de l'indice de Shannon par rapport aux différentes radiales en allant de la radiale R1 vers la cinquième radiale R5. Ceci peut se traduire par un gradient décroissant de la diversité phytoplanctonique de l'Ouest vers l'Est.

D'après la figure 10 les valeurs de l'indice d'Equitabilité varient entre 0,49 et 0,70 cela signifie une répartition équilibrée et diversifiée de la communauté phytoplanctonique tout au long de la région ouest et nous constatant les mêmes tendances avec les valeurs de l'indice de Shannon.

III.2.3. Composition phytoplanctonique dans les estomacs (sardine)

La composition spécifique du régime alimentaire de *S. pilchardus* permet d'affirmer que cette espèce est une planctonophage opportuniste. Des diatomées, des dinoflagellés ou encore des « cellules phytoplanctoniques » peuvent être considérées comme des composantes de l'alimentation de *S. pilchardus*. L'analyse des données notées sur le tableau ci-dessous montre que les diatomées du genre *Navicula* et *Coscinodiscus* sont les plus abondantes dans le bol alimentaire de la Sardine avec une abondance maximale respective de 35,03% et de ainsi des fréquences relative de 100 % et 85,71 %. Un autre genre phytoplanctonique repéré dans l'alimentation de cette espèce de petit pélagique est lié à la classe des dinoflagellés : il s'agit du *Protoperidinium* (Ab=29, 44%). Comme nous avons constaté d'autres genres planctoniques en général avec des taux < à 10 % (Dinophysis, Pyrocystis Tintinnides).

Tableau 5: Composition phytoplanctonique identifiée dans l'alimentation de *S. pilchardus*.

| Espèces | Nombre | Abondance (Ab) | [S+] | Fréquence relative (Fr%) |
|------------------------------|--------|----------------|-------|--------------------------|
| Navicula (Dia) | 69 | 35,03 | 7 | 100 |
| Protoperidinium(Dino) | 58 | 29,44 | 6 | 85,71 |
| Coscinodiscus (Dia) | 35 | 17,77 | 5 | 71,43 |
| Divers | 19 | 9,64 | 4 | 57,14 |
| Dinophysis(Dino) | 9 | 4,57 | 3 | 42,86 |
| Tintinnides | 6 | 3,05 | 2 | 28,57 |
| Pyrocystis (Dino) | 1 | 0,51 | 1 | 14,29 |

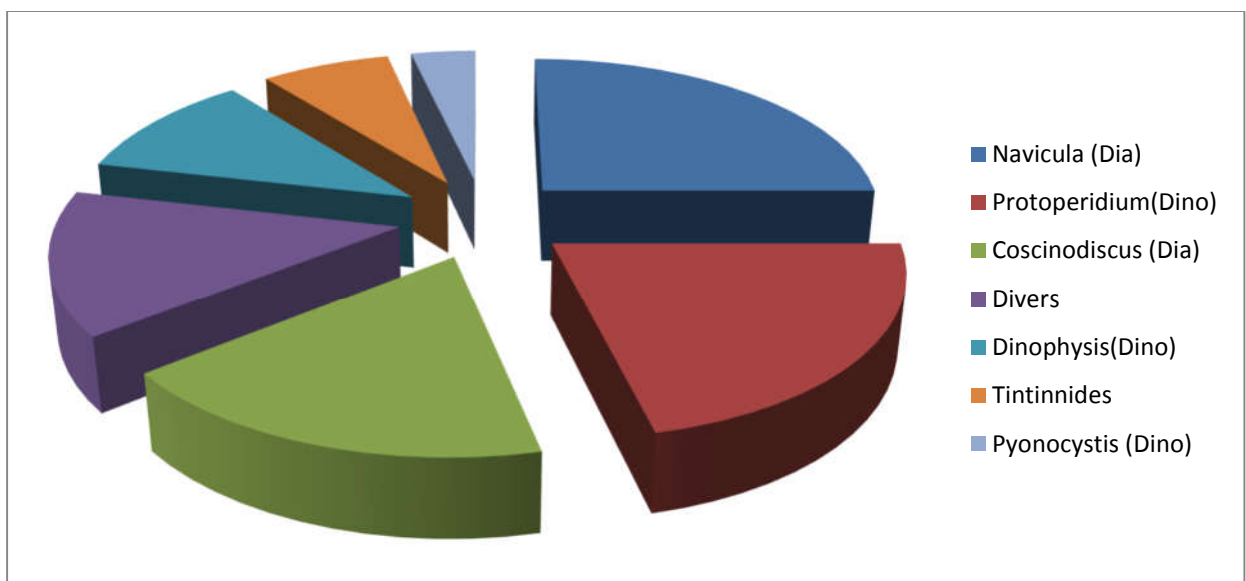


Figure 25: Composition phytoplanctonique dans le bol alimentaire de la Sardine.

III.2.4 Indice de la diversité spécifique dans le contenu stomacale de la sardine :

II.2.4.1. Evolution de l'Indice de Shannon «H'» et Indice d'équitabilité «E» le contenu stomacale de la sardine :

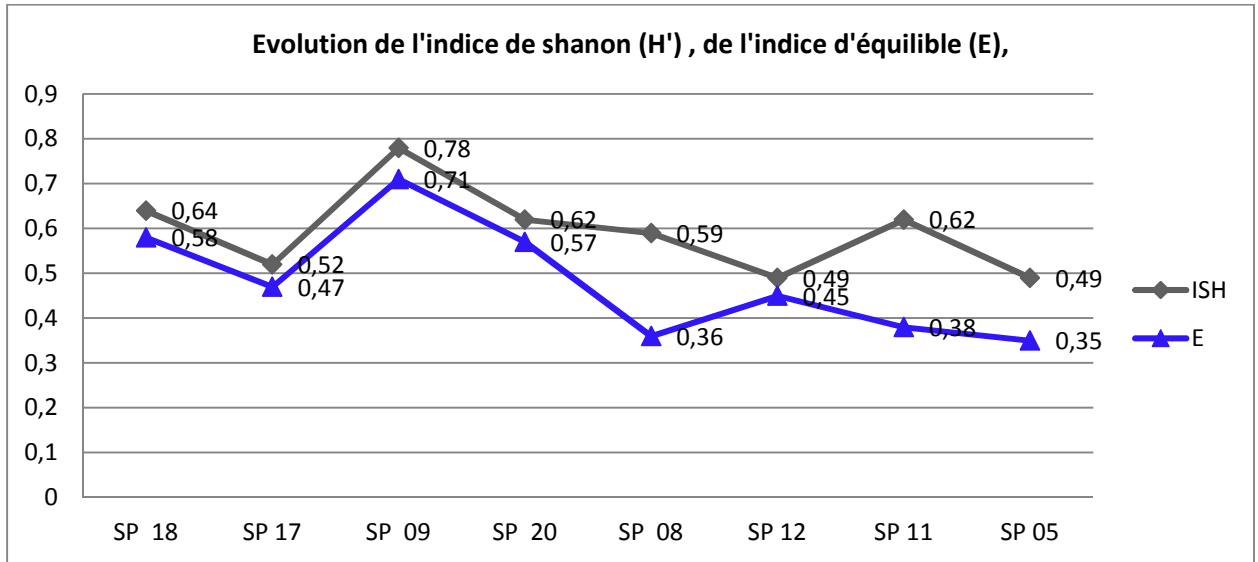


Figure 16: Evolution de l'indice de Shannon (H'), de l'indice d'équilibre (E), dans le contenu stomacal de la sardine.

Les valeurs de l'indice de Shannon calculées dans le contenu stomacal des individus de la sardine sont comprises entre 0,49 et 0,73 bits.

Les valeurs les plus élevées enregistrées correspondent aux estomacs des individus SP18 (0,64 bits), SP09 (0,78 bits). Ces individus sont capturés par le trait de pêche de la wilaya de Tlemcen, correspondant aux radiales les plus diversifiées en espèces phytoplanctoniques. Ces deux valeurs de l'indice de Shannon (H') sont les plus proches de la valeur optimale calculée ($H'_{max}=0,78\text{bits}$). En examinant les valeurs de l'indice d'Equitabilité (E) pour chaque station, nous constatons qu'elles oscillent entre 0,35 et 0,71 liée respectivement à la composition du bol alimentaire des individus SP05 et SP09.

III.2.5. Relation entre la composition phytoplanctonique de l'eau et le régime alimentaire de la sardine (*S. pilchardus*)

III.2.5.1. Comparaison avec l'indice de similarité Horn-Morisita (Imh)

a) **En fonction des classes phytoplanctoniques:** Dans le but de cerner les chevauchements ainsi simplifier cette approche numérique et de synthétiser par l'indice de Horn-Morisita, nous avons calculé et noté sur le tableau 6 la similarité de l'abondance phytoplanctonique des classes observées dans les estomacs et les stations d'eau mer. Les résultats de cette analyse montrent une similarité très significative ($Imh > 0,6$) des abondances phytoplanctoniques dans le régime alimentaire des individus de la sardine SP08, SP09 et SP11 avec les abondances phytoplanctoniques de la première radiale (valeurs proches de la limite supérieure 1).

Une seule valeur significative de l'indice de similarité Horn-Morisita ($Imh = 0,65$) est marquée entre l'individu SP18 et l'abondance phytoplanctonique de la R2. En revanche, nous enregistrons une faible similarité du comportement alimentaire entre les autres individus et la composition phytoplanctonique des différentes radiales ($Imh \leq 0,4$).

Tableau 6: Indice de similarité Horn-Morisita la composition phytoplanctonique de l'eau et le régime alimentaire de la sardine (*S. pilchardus*) $Imh > 0,6$.

| <i>Radiale/Estomacs</i> | <i>R1</i> | <i>R2</i> | <i>R4</i> | <i>R5</i> |
|-------------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|
| <i>SP05</i> | 0,11 | 0,34 | 0,07 | 0,04 |
| <i>SP08</i> | 0,57 | 0,17 | 0,07 | 0,07 |
| <i>SP09</i> | 0,67* | 0,11 | 0,33 | 0,17 |
| <i>SP11</i> | 0,85* | 0,22 | 0,47 | 0,35 |
| <i>SP12</i> | 0,58 | 0,04 | 0,24 | 0,25 |
| <i>SP17</i> | 0,07 | 0,07 | 0,28 | 0,34 |
| <i>SP18</i> | 0,13 | 0,65* | 0,02 | 0,24 |
| <i>SP20</i> | 0,60* | 0,09 | 0,06 | 0,07 |

(*) : Valeur supérieure à 0,6 considérée comme chevauchement significatif.

IV. Discussion & conclusion

L'analyse des échantillons prélevés durant ce travail, a permis de contribuer à une estimation de la composition phytoplanctonique de la région Ouest durant la période hivernale, et début de la période printanière. (Avril 2019).

Ce travail a été effectué sur une totalité d'échantillons, les résultats obtenus révèlent la présence de 53 espèces au total, répertoriés en 3 groupes majeurs : les Diatomées, les Dinoflagellés. Les résultats montrent la présence d'autres genres qui n'appartiennent pas à ces deux classes et qui sont donc répertoriés dans Divers. Sur le plan spécifique, les proportions des groupes trouvés sont de : 51,94% pour les Diatomées, 33,96 % pour les Dinoflagellés, et 15,09 % pour Divers.

Les espèces les plus présentes sont les *Naviculécés*, *Navicula sp* et *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia* et *Dytilumsp* pour les Diatomées, en ce qui concerne les Dinoflagellés, *Noctulicasp*, *Ceratiumsp*, *Protoperidiniumsp*, *Prorocentrumsp* et *Dinophysis sp*.

La distribution des espèces phytoplanctoniques signalées durant cette étude est variable, en effet, toutes les stations sont marquées par des genres de dinoflagellés constants et abondants, le taux d'abondance le plus élevé correspond à la station R5A (90,20%) située à Oran. La plus faible abondance de cette classe est enregistrée pour la station R3B (37%) situé vers Ain t'émouchent.

L'analyse de la diversité phytoplanctonique dans les échantillons d'eau révèle que les stations sont relativement les plus diversifiées en espèces phytoplanctoniques sont enregistrées dans les stations de la radiale R1A et R2A situées à Tlemcen comparées avec le reste des stations (vers Oran et Ain t'émouchent) dans lesquelles les valeurs de l'indice de Shannon (H') calculées sont relativement inférieures.

Concernant la composition spécifique du régime alimentaire de *S. pilchardus* capturé dans les mêmes stations précédentes montre une diversité relativement importante correspond aux estomacs des individus capturés par le trait de pêche de la wilaya de Tlemcen (Egalement la diversité phytoplanctonique importante dans l'eau de mer).

L'objectif de cet échantillonnage était non seulement la distribution du peuplement phytoplanctonique dans la région Ouest, il est aussi de ne pas écarter le phytoplancton comme une proie potentielle contribuant au régime alimentaire de *S. pilchardus*. Par ailleurs, depuis les travaux de thèse d'Elise Marquis, cette communauté a été étudiée à l'échelle spécifique

depuis 2003 dans le Golfe de Gascogne. En effet, d'après Jemaa et al (2015) la composition spécifique du régime alimentaire de *S. pilchardus* et d'*E. encrasicolus* permet d'affirmer que ces deux espèces sont des planctonophages opportunistes. Des diatomées, des dinoflagellés ou encore des « cellules phytoplanctoniques » peuvent être considérées comme des composantes de l'alimentation de *S. pilchardus* et d'*E. encrasicolus* (Bôme et al., 2013 ; Costalago et al., 2011). À titre d'exemples, des corrélations positives entre le régime alimentaire de *S. pilchardus* et des données satellitaires évaluant la présence de chlorophylle a ont été montrées dans les eaux portugaises (Garrido et al., 2008). Toutefois ces études démontrent la relation temporelle entre cette productivité et la contribution du phytoplancton au régime alimentaire de la Sardine.

D'après (HECQ, 2007) les diatomées abondant dans les régions riches en nutriments, en milieu côtier méditerranéen, elles se développent essentiellement au printemps, après l'enrichissement en sels nutritifs des couches de surface par le mélange hivernal. La saisonnalité de la production primaire est rythmée par les apports des panaches fluviaux. Ce phénomène favorise, à la fin de l'hiver, le développement des communautés phytoplanctoniques, principalement des diatomées (microphytoplancton) (Dupuy et al., 2011).

Sur le plan spécifique, les diatomées peuvent représenter le seul genre phytoplanctonique (à 99 %) consommé par la sardine dans les eaux productives. Grâce à son appareil de filtration, *S. pilchardus* est relativement plus efficace pour retenir l'ensemble de ces petites cellules phytoplanctoniques (Garrido et al., 2007 ; Nikolioudakis et al., 2014).

Plus récemment, trois études majeures proposant une identification de la composition du régime alimentaire de *S. pilchardus* et d'*E. encrasicolus* au printemps dans le Golfe de Gascogne ont permis d'accroître les connaissances sur la diversité des proies contribuant à leur régime alimentaire. Par ailleurs, ces trois études mettent toujours en évidence des différences de contributions de ces proies au régime alimentaire de *S. pilchardus* et *E. encrasicolus*. Il apparaît toujours que *S. pilchardus* qui consomme des proies présentant une gamme de taille relativement plus restreinte. (Bachiller & Irigoien, 2015)

En conclusion, la nature des proies potentiellement ingérées dépend de la composition et de la disponibilité des proies planctoniques présentes pour chaque site étudié. De fortes interactions entre espèces semblent être une forme de stabilité des écosystèmes (Neutel et al. 2002). Il en est ainsi des changements de stratégie alimentaire en fonction des ressources disponibles, elles-mêmes influencées par les conditions environnementales. De telles modifications,

indépendamment de celles liées aux changements ontogéniques du régime alimentaire, peuvent être considérées comme des mesures adaptatives. La plasticité du régime alimentaire est essentielle pour la survie des petits pélagique qui doivent pouvoir exploiter la ressource la plus abondante à un moment donné (Moore et al. 2004).

- Perspectives et recommandations :

La continuation logique du présent travail doit s'opérer dans plusieurs directions : Notre connaissance sur le plancton des sites propices à l'aquaculture est souvent limitée même si son abondance conditionne de nombreux déplacements trophiques d'espèces herbivores ou microphages-planctonophages attirées par cette nourriture.

Ainsi, au terme de cette étude nous pouvons faire des suggestions concernant les points suivants:

" Élaboration d'une base de données des micro-algues et de leurs prédateurs naturels dans les sites aquacoles en mettant en relief, les impacts probables sur productivité de ces sites. Il faudra étendre l'étude des interactions trophiques à toutes les espèces de poisson, cela permettra certainement de mettre plus clairement en évidence les phénomènes de compétitions. Il faudra également étendre l'étude sur les zooplanctons et les macro-invertébrés pour comprendre les interactions paramètres physico-chimiques-phytoplanctons-zooplanctons-poissons.

Bibliographical references

- Bakun, A. 2006.** Wasp-waist populations and marine ecosystem dynamics: Navigating the “predator pit” topographies. *Prog. Oceanography*. **68**, 271–288.
- Ballantyne IV, F. 2004.** The relative importance of herbivory and carnivory on the distribution of energy in a stochastic tri-trophic food web. *J. Theor. Biol.* **226**, 349–357.
- Bellan G., 1964.** Contribution à l'étude systématique bionomique et écologique des Annélides polychètes de la Méditerranée. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume: 371 p.
- Bode, A., Carrera, P. and Lens, S. 2003.** The pelagic food web in the upwelling ecosystem of Galicia (NW Spain) during spring: natural abundance of stable carbon and nitrogen isotopes. *Ices J. Mar. Sci.* **60**, 11–22.
- Bode, A., Alvarez-Ossorio, M. T., Carrera, P. and Lorenzo, J. 2004.** Reconstruction of trophic pathways between plankton and the North Iberian sardine (*Sardinapilchardus*) using stable isotopes. *Sci. Mar.* **68**, 165–178.
- Borme, D., Tirelli, V. and Palomera, I. 2013.** Feeding habits of European pilchard late larvae in a nursery area in the Adriatic Sea. *J. Sea Res.* **78**, 8–17.
- Bougis P., 1974.** écologies du plancton marin I. Le phytoplancton. Masson et Cie, Paris. 196p
- Bourelly P., 1985a.** Les algues d'eau douce : Initiation à la systématique. Tome I: Les algues bleues et rouges. Les Euglènes, Péridiniens et Cryptomonadines. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris...
- Colyer L, Christa L. Christopher S. KinkadePertti J. Viskari L James P. Landers, 2005.** Analysis of cyanobacterial pigments and proteins by electrophoretic and chromatographic methods. *Anal Bioanal Chem* (2005) 382: 559–569 DOI 10.1007/s00216-004-3020-4
- Costalago, D., Tecchio, S., Palomera, I., Alvarez-Calleja, I., Ospina-Alvarez, A. and Raicevich, S. 2011.** Ecological understanding for fishery management: Condition and growth of anchovy late larvae during different seasons in the northwestern Mediterranean. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **93**, 350–358.
- Dadi S. 2002.** Contribution à l'étude des populations phytoplanctoniques de la région d'Alger au cours de l'automne 1999, Mémoire d'ingénieur d'état en halieutique. I.S.M.A.L. Alg. 79p.
- DAGET, J. 1976.** Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris. 172 p. 90 F.
- Ettl H., 1978.** Xanthophyceae. Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- Fréon, P., Cury, P., Shannon, L. and Roy, C. 2005.** Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: a review. *Bull. Mar. Sci.* **76**, 385–462.

- Gailhard I., 2003.** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observe par "le réseau de surveillance de phytoplancton et de phycotoxine" (REPHY). Thèse de doctorat, Université de la méditerranée, Aix-Marseille II. Ganfet al. 1991;
- Garrido, S. and Van Der Lingen, C. D. 2015.** Chapter 4: Feeding biology and ecology. In *Biology and Ecology of Sardines and Anchovies*, pp. 122–190. Greece.
- Germain H., 1981.** Flore des diatomées : eaux douces et saumâtres. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris.
- Graham J., Haidt J., & Nosek B. 2007.-The moral foundations of liberals and conservatives. Unpublished manuscript, University of Virginia : 40 p.
- Hansen, J.E., R. Ruedy, M. Sato, M. Imhoff, W. Lawrence, D. Easterling, T. Peterson, and T. Karl, 2001:** A closer look at United States and global surface temperature change. *J. Geophys. Res.*, 106, 23947-23963, doi:10.1029/2001JD000354.
- Horn H. S., 1977.-** Measurement of 'overlap' in comparative ecological studies. *Am. Nat.*, 100 (914): 419-423 p.
- Iglesias-Rodriguez, M. D., O. M. Schofield, J. Batley, L. K. Medlin and P. K. Hayes 2006.** Intraspecific genetic diversity in the marine coccolithophorid *Emiliania huxleyi* (Prymnesiophyceae): the use of microsatellite analysis in marine phytoplankton population studies, *J. Phycol.* 42, 526–536.
- Illoul H., 1991.** Contribution à l'étude qualitative et quantitative et structurale des populations phytoplanctonique au large du Cap Cabiné (Région Algéroise). Magister Thesis, ENSSMAL, Algeria, 214.
- Jacques G, 2006.** Ecologie du plancton. TEC & DOC éd.
- Jemaa, S., Dussene, M., Cuvilier, P., Bacha, M. and Amara, R. 2015.** Comparaisons du régime alimentaire de l'anchois *Engraulis encrasicolus* et de la sardine *Sardina pilchardus* en Atlantique et en Méditerranée. *Leban. Sci. J.* 16, 7–22.
- John D.M., 1994.** Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. *Bio. Rev.*, 69: 275-291.
- Krebs CJ (1998).** Ecological methodology, 2nd end. Addison Wesley Longman, New York.
- Kugrens P., Clay B.L., 2003.** Cryptomonads. In: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press.
- Mann, KH. and J.R.N. Lazier. 1996.** Dynamics of marine ecosystems: Biological - physical interactions in the oceans. Blackwell Science, London, UK.

Margalef R., 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *In* [Ed.] A.A. Buzzati-Traverso. Perspectives in marine biology. University of California Press, Berkeley, p. 323-349.

Margulis, L. & Schwartz, K.V. 1988. *Five Kingdoms*. 2nd ed. Freeman, New York, 376 p. See Kussakin & Drozdov (1994),

Morisita M., 1959.- Measuring of the dispersion and analysis of distribution patterns". *Memoires of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E. Biology*, 2: 215-235 p.

Namba, T., Tanabe, K. and Maeda, N. 2008. Omnivory and stability of food webs. *Curr. Food-Web Theory* 5, 73–85.

Nefraoui & Tabi, 2015 : Répartition du peuplement phytoplanctonique dans la région centre algérienne, mémoire de fin d'étude. ENSSMAL

Ott, D.W. & Oldham-Ott, C.K. 2003. Eustigmatophyte, Raphidophyte, and Tribophyte Algae. *In* J.D. Wehr & R.G. Sheath (eds.), *Freshwater Algae of North America*. Academic Press, USA: 423-469.

Palomera, I., Olivar, M. P., Salat, J., Sabatés, A., Coll, M., García, A. and Morales-Nin, B. 2007. Small pelagic fish in the NW Mediterranean Sea: An ecological review. *Prog. Oceanogr.* 74, 377–396.

Peperzak L., Colijn F., Koeman R., Gieskes W.W.C., Joordens J.C.A., 2003. Phytoplankton sinking rates in the Rhine region of fresh water influence. *J. Plankton. Res.* 25: 365-383.

Pettier M., Marsac F., Chérel Y., Lucas V., Sabatié R., Maury O. & Ménard F., 2007. Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancet fish, swordfish and yellowfin tuna) in the western equatorial Indian Ocean. *Fisheries Research* 83: 60–72 p.

Prescott L.M., Harley J.P., Klein D.A., 2003. *Microbiologie*, 2ème édition. De boeck Université, Bruxelles.

Rose, M. 1933. *Faune de France - Copépodes Pélagiques*.

Rosowski, J.R., 2003. Photosynthetic Euglenoids. Dans: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.

Rossi N., 2008. Ecologie des communautés planctoniques méditerranéenne et l'étude des métaux lourds (cuivre, plomb, cadmium) dans le compartiment de deux écosystèmes. Thèse de doctorat. Université de saude 20p.

Schagerl, M., K. Donabaum & C. Pichler, 2003. Patterns of major photosynthetic pigments in freshwater algae. 2. Dinophyta, Euglenophyta, Chlorophyta. *Int. J. Limnol.* 39: 49-62.

Smayda, T.J. 1997. Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnol. Oceanogr*, 42 (5) : 1137-1153.

Sorbe, J. 1981. La macrofaune vagile de l'estuaire de la Gironde - Distribution et migration des espèces: modes de reproduction, régimes alimentaires. *Océanis*6, 579–592.

Starmach, K., 1974. Cryptophyceae-Kryptofity. Dinophyceae-Dinofity. Raphidophyceae-Rafidofity. In : Starmach, K. and Sieminska, J. (editors), Flora SlodkowodnaPolski, Tom 4. Warszawa, PanstwoweWydawnictwoNaukowe, 520 p.

Stickney H. Let al., 2000. Somite development in zebrafish Dev. Dyn., 219 (2000), pp. 287-303
Stummet Morgan, 1996

Tregoubeff G, Rose M., 1965. Manuel de planctonologie méditerranéenne. Paris, CNRS, Vol I: 587p. VolII:207p.

Van den Hoek, C., Mann, D.G. and Jahns, H.M. 1995. Algae an Introduction to Phycology. Cambridge University Press, Cambridge.

Van der Meer, F. (2006) The Effectiveness of Spectral Similarity Measures for the Analysis of Hyperspectral Imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8, 3-17.

Wetzel R.G., 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3rd Edition. Academic Press, London.

Zaret T.M. & Rand A.S., 1971. Competition in tropical stream fishes: Support for the competitive exclusion principle. *Ecology*, 52: 336-342 p

Utermohl, H. 1958. Zurvervollkommung der quantitative en phytoplankton methodik, Mitt Internat.Verein. TheorAngewLimnol, 9 (1): 1-38.

Haury, L. R., McGowan, J. A., and Wiebe, P. H. 1978. Patterns and processes in the time-space scales of plankton distributions. In *Spatial Pattern in Plankton Communities*, pp. 277–327. Ed. by J. H. Steele. Plenum, New York.

Annexe

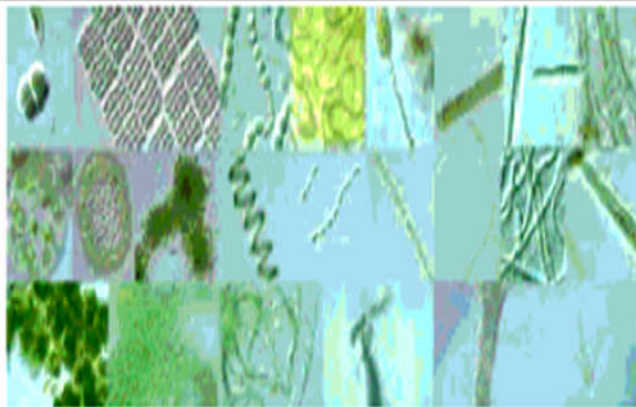
La fiche Microscope utilisée pour le comptage du phytoplancton durant l'observation

| | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| COMTAGE DU PHYTOPLANCTON | (METHODE ULTERMOHL) CNRDPA2019 |
|---------------------------------|---------------------------------------|

| | | | |
|----------------------------|--|----------------------|--|
| Campagne : | | Responsable : | |
| N° Trait /Station : | | Date : | |
| N° Cuve | | Dilution : | |
| V de sédimentation | | Remarques | |

| Nom du taxon Espèce | Code photo | Schéma | Grossisse ment | Nombre de ce compté | Observation |
|--------------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Fiche de classification des groupes phytoplanctoniques

**Les Cyanophycées ou cyanobactéries**

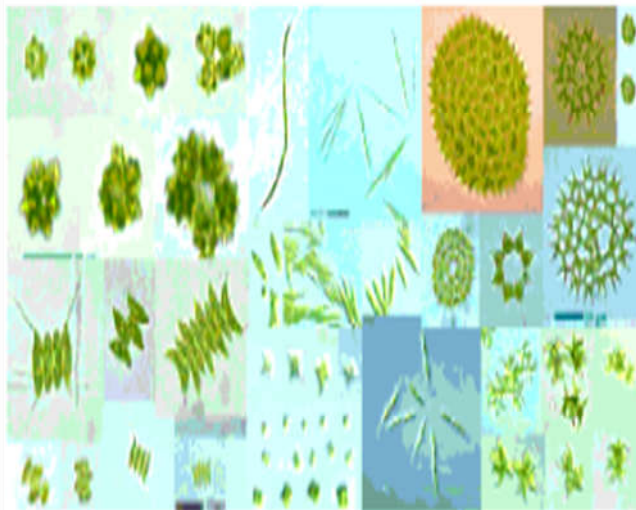
Pigments : chlorophylle *a*; phycobillines (phycocyanine, allophycocyanine, phycoerythrine)

Substances de réserve : glycogène, cyanophycine

Pari cellulaire : peptidoglycane

Morphologie : unicellulaire, coloniale, filamenteuse

Reproduction : asexuée (fission binaire, fragmentation)

**Les Chlorophycées ou algues vertes**

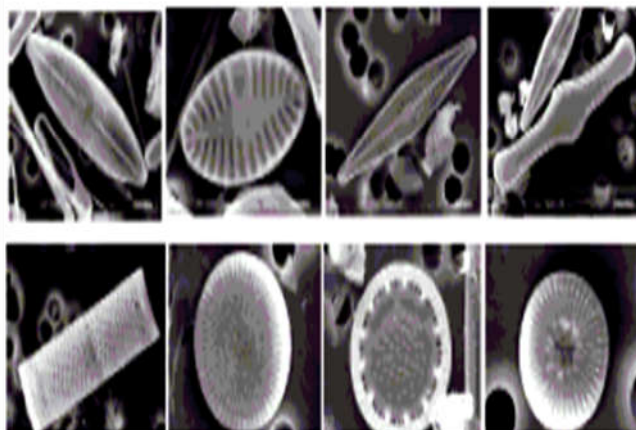
Pigments : chlorophylles : *a* et *b*; xanthophylles : lutéine, violaxanthine

Substances de réserve : amidon intraplastidial

Pari cellulaire : principalement cellulose

Morphologie : unicellulaire, coloniale, filamenteuse, cœnobiale, formes avec ou sans flagelles

Reproduction : asexuée (fission binaire) et sexuée (isogamie, anisogamie et oogamie)

**Les Bacillariophycées ou diatomées**

Pigments : chlorophylles : *a*, *c1*, *c2* et *c3*; xanthophylles : fucoxanthine, diatoxanthine, diadinoxanthine

Substances de réserve : chrysolaminarine, lipides

Pari cellulaire : siliceuse ornementée (frustule)

Morphologie : pennée (symétrie bilatérale) ou centrique (symétrie radiale)

Reproduction : asexuée (division cellulaire) et sexuée (oogamie chez les centriques, isogamie chez les pennées)

Résumé : L'objectif de cet échantillonnage était non seulement la distribution du peuplement phytoplanctonique dans la région Ouest, il est aussi de ne pas écarter le phytoplancton comme une proie potentielle contribuant au régime alimentaire de *S. pilchardus*. Les résultats obtenus révèlent la présence de 53 espèces au total, répertoriés en 3 groupes majeurs : les Diatomées, les Dinoflagellés et les Divers. Sur le plan spécifique, les proportions des groupes trouvés sont de : 51,94% pour les Diatomées, 33,96 % pour les Dinoflagellés, et 15,09 % pour Divers. La nature des proies potentiellement ingérées dépend de la composition et de la disponibilité des proies phytoplanctoniques présentes pour chaque site étudié.

Mot clé : Phytoplancton, la région Ouest, Diatomées, Dinoflagellés, proies, *S. pilchardus*.

Abstract: The objective of this sampling was not only the distribution of the phytoplankton population in the West region; it is also not to rule out phytoplankton as a potential prey contributing to the diet of *S. pilchardus*. The results obtained reveal the presence of 53 species in total, listed in 3 major groups: Diatoms, Dinoflagellates and Miscellaneous. On a specific level, the proportions of the groups found are: 51.94% for Diatoms, 33.96% for Dinoflagellates, and 15.09% for Miscellaneous. The nature of the prey potentially ingested depends on the composition and availability of the phytoplankton prey present for each site studied.

Keyword: Phytoplankton, the West region, Diatoms, Dinoflagellates, prey, *S. pilchardus*.

ملخص: الهدف من هذا أخذ العينات فقط توزيع مجموعات العوالق النباتية في المنطقة الغربية من الجزائر، وهو أيضا عدم استبعاد العوالق النباتية باعتبارها فريسة محتملة تسهم في تغذية السردين *S. Pilchardus*. تكشف النتائج التي يتم الحصول عليها عند وجود 53 نوعاً في مجموع، مدرجة في 3 مجموعات رئيسية: دياتوم، دينوفلاجيلات و متنوعة. على مستوى محدد، نسب المجموعات التي يتم العثور عليها هي: 51.94% للدياتوم، 33.96% للدينوفلاجيلات، و 15.09% للمتنوعة. تعتمد طبيعة الفريسة المحتمل تناولها على تكوين العوالق النباتية لكل موقع تمت دراسته.

الكلمة المفتاحين: العوالق النباتية، المنطقة الغربية، الدياتومات، الدينوفلاجيلات، الفريسة، *S. Pilchardus*.