

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 وتهيئة الساحل
École 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
En Sciences de la Mer

Spécialité : Environnement

**Inventaire des espèces introduites par les eaux de ballast et
les coques des navires dans le port de Bejaia et un essai de
compréhension de l'origine des espèces classées introduites
au niveau de l'île Plane (Oran)**

Réalisé par BENSLIMANE Samira et KHIR Khadidja

LOUANCHI Ferial	Professeur	ENSSMAL	Présidente
LOURGUIOUI Hichem	MAA	ENSSMAL	Examineur
BOUDJELLAL-KAIDI Nawal	MAA	ENSSMAL	Examinatrice
GRIMES Samir	Professeur	ENSSMAL	Promoteur
REZAL Abdelkrim	Directeur	MTPT	Co-promoteur
GASMI Meriem	Ingénieur	ENSSMAL	Invitée

Année universitaire : 2018-2019

Remerciements

Le présent travail n'aurait pas pu voir le jour sans la contribution précieuse de nombreuses personnes. Qu'elles trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Il nous est particulièrement agréable d'exprimer notre reconnaissance à notre promoteur le Professeur Samir GRIMES qui nous a fait confiance et nous a ouvert les portes en nous proposant un sujet aussi intéressant, ainsi que pour l'intérêt incessant qu'il a porté au suivi de ce travail, en dépit de ses occupations et malgré les difficultés rencontrées pour l'accès aux navires et l'identification, il a toujours su nous encourager, qu'il trouve dans ces mots l'expression indéniable de notre estime et notre respect.

Nous tenons également à remercier très chaleureusement les membres de Jury qui nous ont fait l'honneur de juger ce travail:

Madame LOUANCHI qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Madame KAIDI et Monsieur LOURGUIOUI d'avoir accepté d'examiner et juger ce modeste travail.

Nous tenons également à présenter nos plus vifs remerciements à Madame GASMI Myriam qui nous a beaucoup aidé dans l'identification des espèces.

Nous devons une reconnaissance toute particulière à Monsieur BENMMHIDI (directeur général du port de Bejaia), et à Monsieur HADJAL Ryad (directeur de la capitainerie du port de Bejaia), ainsi qu'au personnel du port de Bejaia.

Ainsi à Monsieur JUN AGUILOS (membre du personnel de bord du navire "OHIO") et à Monsieur RABOUHI Yacine (S.T.H Bejaia), qui nous ont aidé lors de notre sortie sur Bejaia et l'échantillonnage.

Nous tenons à remercier Madame BACHARI et à Monsieur BOUJELLAL qui ont mis à notre disposition tout le matériel nécessaire pour compléter nos travaux.

C'est avec un profond respect qu'on adresse nos remerciements à notre Co-promoteur Monsieur REZAL Abdelkrim directeur des ports et de la marine marchande.

Nous tenons à adresser nos vifs remerciements à Monsieur BOUDA Abderrahmane qui nous a aidé dans notre travail.

Si ce travail a pu voir le jour, c'est grâce au soutien de nombreuses personnes qu'on tient à remercier vivement. S'il se trouve qu'on oublie de citer certaines d'entre elles, on souhaite qu'elles ne nous en tiennent pas rigueur, les remerciements qui s'en suivent leurs sont également adressés.

Tous nos remerciements à ceux dont les contacts et les discussions nous ont éclairées, ceux qui n'ont pas hésité à nous apporter une aide précieuse pour la concrétisation de ce travail.

Sommaire

I.	Introduction	1
II.	Généralités et contexte.....	4
II.1	Définition des termes suivants	5
II.2	Vecteur d'introduction.....	5
II.2.1.1	Le transport maritime en Algérie	6
II.2.1.2	Les eaux de ballast	6
II.2.1.3	La pratique du ballastage et du déballastage	8
II.2.1.4	La pollution due au déballastage.....	8
II.2.1.5	Les types de ballast	10
II.2.1.6	Nettoyage des ballasts	11
II.2.2	Implication des transports maritimes via les eaux de Ballast dans l'introduction des espèces invasives.....	11
II.2.2.1	Les premiers travaux sur le ballast et le transfert d'espèces dans le monde.....	11
II.2.2.2	La présence d'organismes indésirables.....	12
II.2.2.3	Les espèces introduites en Méditerranée	13
II.2.2.4	Les introductions d'espèces non indigènes aquatiques en Algérie	14
II.2.2.5	Introduction des dinoflagellés et des diatomées via le transport maritime ...	17
II.2.2.6	Règlementation et normes applicables à la gestion des eaux de ballast.....	20
II.3	La côte algérienne	21
II.3.1	Circulation océanique.....	21
III.	Matériel et méthode	24
III.1	Zone d'étude	25
III.1.1	Port de Bejaia.....	25
III.1.2	Ile plane	27
III.1.2.1	Présentation de l'île	27
III.2	Echantillonnage des eaux de ballast au port de Bejaia.....	28
III.3	Identification des micro-organismes au laboratoire	29
III.4	Recherche sur les espèces de L'île Plane en rapport avec les eaux de ballasts	32
III.5	Identification des espèces	32
IV.	Résultats et discussions	34
IV.1	Phytoplancton.....	37
IV.1.1	Les espèces trouvées dans les eaux de ballast	37
IV.1.1.1	Les dinoflagellés	37
IV.1.1.2	Les diatomées.....	40
IV.1.2	Succès de survie des micro-organismes déchargés	43
IV.1.1	Les Dinoflagellés et le genre <i>Alexandrium</i>	47
IV.1.1.1	Les Dinoflagellés	47
IV.2	Vecteurs de transferts probables des espèces identifiées à l'île Plane	49
IV.3	Trafic maritime.....	52
IV.4	Le système d'observation et de suivi des eaux de ballasts	53
V.	Conclusion.....	58
VI.	Références Bibliographiques.....	61

Liste des figures

Figure 1. Coupe transversale d'un navire montrant les citernes à ballast et le cycle des eaux de ballast (source : GloBallast, 2000).	7
Figure 2. Section de bateau montrant le cycle de l'eau circulant dans les ballasts (source : GloBallast Programme).	9
Figure 3. Différents types de ballasts de structure en coupe d'une coque d'après (A.Q.I.S, 1993).	10
Figure 4. Le schéma montre les différentes étapes que doivent franchir les espèces envahissantes. Les propagules doivent passer la transition entre les étapes à travers différents filtres. Pour atteindre chaque étape, les espèces dépendent de deux grands facteurs: les facteurs physico-chimiques et la résistance biologique, lesquels peuvent agir d'une façon positive ou négative (modifié de Colautti et <i>al.</i> , 2006; Occhipinti, 2007).	19
Figure 5. Circulation de surface de la mer Méditerranée, redessinée par Ayala et <i>al.</i> , (2017) à partir de Millot et Taupier-Letage (2005).	22
Figure 6. Situation géographique de la zone d'étude (port de Bejaia).	25
Figure 7. Localisation géographique de l'île Plane.	27
Figure 8. Le navire OHIO est un navire pétrolier venu de France.	28
Figure 9. Les étapes de l'échantillonnage sur le navire des eaux de ballast et de la fixation des échantillons, le personnel nous aide à prélever les eaux de ballast qui sont au fond, préparation du matériel, fixation des échantillons par le lugol, la dérive de la couleur des échantillons après l'ajout du lugol vers le brun clair.	29
Figure 10. Microscope inversé utilisé et illustration de la préparation pour l'analyse en chambre de sédimentation (Ifremer, 2015).	30
Figure 11. L'échantillon dans la cuve de sédimentation, après une sédimentation de 24h, extraction de l'excès de l'échantillon, échantillon final utilisé, cuve sous le microscope inversé pour observer et identifier les espèces.	31
Figure 12. Pourcentage du type d'espèces rencontrées dans les eaux de ballasts du navire "OHIO NASSAU" provenant de France.	35
Figure 13. Etapes de survie d'une espèce marine allochtone via les ballasts des navires (Hallegraeff, 1998).	45

Liste des Tableaux

Tableau 1: les espèces introduites en Algérie (Grimes et <i>al.</i> , 2018).....	14
Tableau 2: Eléments descriptifs du site d'étude.....	32
Tableau 3: Type et nombre d'espèces trouvées dans les échantillons du port de Bejaia.	36
Tableau 4: Les espèces introduites trouvées sur île Plane	49
Tableau 5 : Protocole de surveillance du phytoplancton des eaux de ballast.	56
Tableau 5 : Protocole de surveillance du phytoplancton des eaux de ballast (suite).	56

Abréviations

HABs : Harmful Algal Blooms

EEE : Espèce Exotique Envahissante

OMI : Organisation Maritime Internationale

PSP : Paralytic Shellfish Poisoning

MAW : Modified Atlantic Water

DSP : Diarrheic Shellfish Poison

UFC : Unité Formant Colonie

ONU : Organisation des Nations Unies

REMPEC : Centre régional Méditerranéen pour l'intervention d'urgence contre la pollution marine accidentelle

CIESM : Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée

MEPC : Comité de la protection du milieu marin

A.Q.I.S : Australian Quarantine and Inspection Service

IPM : Intoxications Paralysantes des Mollusques

I. Introduction

I. Introduction

Les mers et les autres étendues d'eau ont depuis longtemps facilité les connections entre les populations humaines, servant de route pour le déplacement des peuples ainsi que des marchandises, et aujourd'hui, plus de 90% de tous ces échanges dans le monde sont transportés par voie maritime (OMI, 2008), ce transport présente les plus importants risques dans le transfert d'espèces non indigènes dans les écosystèmes aquatiques marins et d'eaux douces (Ruiz et *al.*, 1997).

Depuis que l'homme utilise des bateaux pour voyager le long des côtes et à travers les océans, ce transfert impliquait des espèces mélangées avec le sable ou collées aux roches qui servaient de lest (Carlton, 2003). De nos jours, ces organismes voyagent dans l'eau et les sédiments des réservoirs de ballast que les navires utilisent afin d'assurer leur stabilité (Gauthier et Steel, 1996).

D'autre part, l'ouverture du canal de Suez en 1869, celui de Panama en 1914 et de la voie maritime du Saint-Laurent en 1959, ainsi que l'augmentation de la vitesse des cargos modernes ont réduit considérablement la durée des voyages (Gauthier et Steel, 1996). De grandes quantités d'eau contenant des organismes vivants sont rapidement et continuellement transportées et déchargées dans tous les coins du monde. Ce transfert d'organismes vivants en moins de temps contribue considérablement à l'établissement potentiel d'espèces non indigènes dans les écosystèmes aquatiques (Cheniti, 2018).

Il n'existe pas de relation entre le nombre d'espèces introduites et la gravité du problème. En effet, une seule espèce peut causer des dommages importants et souvent irréversibles à l'environnement (Bourgeois *al.*, 2001). D'après Van den Bergh et *al.*, (2002), les « HABs » « Harmful Algal Blooms, HAB », une espèce phytoplanctonique capable de produire des blooms nuisibles, sont générés par les micro algues introduites par les eaux de ballast. Les espèces impliquées dans les phénomènes HABs, représentent seulement 5% du phytoplancton et 75% de dinoflagellés (Smayda, 1997). Ils peuvent être extrêmement toxiques conduisant à des dégâts importants pour l'aquaculture et la faune marine (Hallegraeff et *al.*, 1995). Ils peuvent être également à l'origine des intoxications humaines. En effet, chaque année les HABs causent plus de 60 000 cas d'intoxications à l'échelle mondiale (Dale, 2001). Dans le même contexte, les différentes études menées sur les eaux de ballast ont montré que les navires facilitent le transfert d'organismes aquatiques à travers les frontières naturelles (Gollasch et *al.*, 2002).

Le trafic maritime est considéré comme vecteur principal dans l'introduction et la dispersion des espèces, notamment avec le changement dans l'industrie du trafic maritime qui a créé un nouveau vecteur de propagation relativement récent. Le passage de ballast solide à l'utilisation d'eau comme ballast pendant les années 1950 a entraîné avec lui le transport de larges volumes d'eaux transportées par la flotte mondiale de navigation. On a estimé que 7000 espèces sont transportées dans les ballasts chaque jour de par le monde et que 10 milliards de

tonnes d'eau de ballast sont transférés globalement chaque année. Cela signifie que nous sommes aujourd'hui capables de déplacer plus d'organismes autour du monde en un mois que ce qui était jadis transporté en un siècle. On estime en conséquence que le transfert des eaux de ballast associé aux grands navires est aujourd'hui le principal vecteur de dispersion des espèces invasives, et que les principales routes de propagation pour les espèces invasives sont donc les routes maritimes (Marshall et *al.*, 2002).

Le but de ce travail, est d'examiner l'influence et les conséquences du type de voyage océanique et méditerranéen des navires visitant les ports d'Algérie, notamment à travers l'introduction des espèces via les eaux de ballasts. A partir d'un port qui connaît une dynamique très importante au cours de ces dernières années avec un flux et des échanges le plaçant parmi les deux premiers ports du pays et donc constituant un site d'étude (vecteur) pertinent pour la thématique abordée dans ce travail.

A cet effet, un premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique concernant les travaux qui ont été faits sur les eaux de ballasts et les transports qui engendrent l'entrée des espèces exotiques, traite les techniques d'échantillonnage portant sur les espèces microscopiques dans les eaux de ballast, le deuxième chapitre sera abordé afin de développer les techniques d'échantillonnage portant sur les espèces microscopiques dans les eaux de ballast, le troisième chapitre porte sur l'identification des différents taxons phytoplanctoniques, l'analyse et la discussion des principaux résultats obtenus.

En conclusion, une réflexion générale est menée sur les résultats obtenus et des recommandations sont formulées pour la problématique traitée dans ce travail.

II. Généralités et contexte

II. Généralités et contexte

II.1 Définition des termes suivants

Les espèces introduites : Non indigène libérées intentionnellement ou accidentellement dans un territoire ou une partie du territoire où elle était jusqu'alors absente. Une espèce allochtone introduite, reste au titre d'introduite, tant qu'elle ne parvient pas à se maintenir dans son nouvel écosystème, du fait d'une reproduction insuffisante (Williamson et Fitter, 1996).

Exotiques : (Alien species or exotic species, syn. allochtone, souvent syn. espèce introduite, non Indigène) Espèce (individu ou population) introduite volontairement ou accidentellement en dehors de son aire de répartition naturelle (Daisie, et *al.*, 2009). Cela comprend toutes les parties, gamètes, graines, œufs ou propagule d'espèces qui pourraient survivre et se reproduire (Genovesi et Shine, 2004).

Invasives : Espèce naturalisée d'un territoire qui, par sa prolifération dans un milieu naturel ou semi naturel, y produit des changements significatifs de comportement, de structure ou de fonctionnement des écosystèmes (Muller, 2004).

Crypto-génique : (Cryptogenic species), ce terme on l'utilise pour qualifier une espèce introduite dont l'origine est inconnue. Espèce dont l'aire d'origine n'est pas connue avec certitude (Pyšek et *al.*, 2009).

Occasionnelle : ce sont des espèces qui n'ont été enregistrées qu'une fois (pas plus de deux fois pour les poissons) et sont présumées être non établies dans la région (Zonetos, 2010).

Espèce exotique envahissante = EEE : (anglais : invasive alien species, syn. espèce invasive) : Espèce introduite par l'Homme et proliférant dans leur nouveau milieu. Elle peut nuire à la diversité biologique, la santé humaine l'économie et l'esthétique (Daisie, 2009). La terminologie qui est portée aux EEE est souvent liée à l'impact de ces espèces dans leur nouveau milieu du fait de leur prolifération (Beisel, 2013).

II.2 Vecteur d'introduction

Il existe des voies d'introduction naturelle telles que le détroit de Gibraltar permettant l'arrivée d'espèces d'origine Atlantique Nord et Sud. Le canal de Suez notamment, constitue une voie d'introduction des espèces non-indigènes, tout en permettant la communication des eaux de la mer Rouge et de l'océan Indien avec les eaux de la Méditerranée. La troisième voie est celle des détroits du Bosphore et des Dardanelles Les détroits du Bosphore (reliant la mer Noire à la mer de Marmara) et des Dardanelles (reliant la mer de Marmara à la mer Méditerranée) constituent également des voies d'accès qui restent relativement limitées. Les voies d'introduction anthropiques reviennent principalement au trafic maritime. En effet, les espèces non-indigènes sont transportées par l'intermédiaire des eaux de ballast lors du

pompage de l'eau (organismes en suspension) ou fixées sur les coques des bateaux (fouling). L'aquaculture peut être vectrice d'espèces introduites soit intentionnellement (nouvelles filières conchylicoles), soit accidentellement (Fertouna, 2014).

II.2.1 Le transport maritime en Algérie

Le Maghreb central (Maroc, Algérie, Tunisie) possède une façade maritime de 3000 km en bordure de la mer Méditerranée et de l'océan Atlantique (Mohamed-Chérif et Ducruet, 2011). La façade de l'Algérie est 1280 km de longueur, sa position de carrefour entre deux mers et deux continents en fait un acteur stratégique de l'interface Nord/Sud que constitue la mer Méditerranée. Après l'indépendance, l'acheminement du commerce international de l'Algérie dépend de la voie maritime, ce mode de transport à pris une place importante dans le développement économique du pays ce qui apparaît dans la structure du commerce international, composante de l'exportation des hydrocarbures, source essentielle de devises et des importations de divers produits, la moyenne d'importation de l'Algérie est de 23% du trafic total passant par ses ports (130 millions de tonnes) (Benkhanouche, 2016).

Le trafic maritime en Algérie se caractérise par un déséquilibre entre les importations et les exportations. Les exportations se composent essentiellement d'hydrocarbures (95%) et les engrais principalement le phosphate et l'ammoniac, tandis que les importations concernent les équipements, les produits manufacturés et les produits alimentaires. La proximité des côtes algériennes de la principale route maritime de navires citernes en mer méditerranée (20 milles marins) par laquelle transitent environ 10000 navires/an et 150 Millions de tonnes de pétrole, fait de l'Algérie un fournisseur privilégié des pays européens. Le gaz transite principalement des ports d'Arzew, Skikda et de Bejaia. La connexion des routes maritimes aux hubs méditerranéens permet aussi d'étoffer le réseau maritime puisque les fréquences des dessertes sont augmentées et relient ces routes maritimes régionales aux routes mondiales via les hubs. Ces derniers assurent une meilleure accessibilité aux marchés mondiaux, notamment asiatiques (second avant-pays des ports algériens) (Mohamed-Chérif et Ducruet, 2012). L'accroissement des échanges avec l'Asie augmente le risque d'introduction des espèces exotiques.

II.2.2 Les eaux de ballast

Les navires sont spécifiquement conçus et construits pour se déplacer de la façon la plus sûre tout en transportant une cargaison. Mais quand le navire voyage soit sans marchandise, soit partiellement chargé, il doit prendre du lest supplémentaire à bord pour manœuvrer efficacement et pour rester suffisamment immergé. Dans le passé des matériaux solides ont été utilisés pour les ballasts, tels que le sable, la terre et les pierres, et qui ont constitué un vecteur pour l'introduction de nombreuses espèces, à la fois terrestres (des graines transportées dans la terre par exemple) et aquatiques (p.ex. des crustacés ou des micro-organismes vivant sur des ballasts solides humides) (Cheniti, 2018).

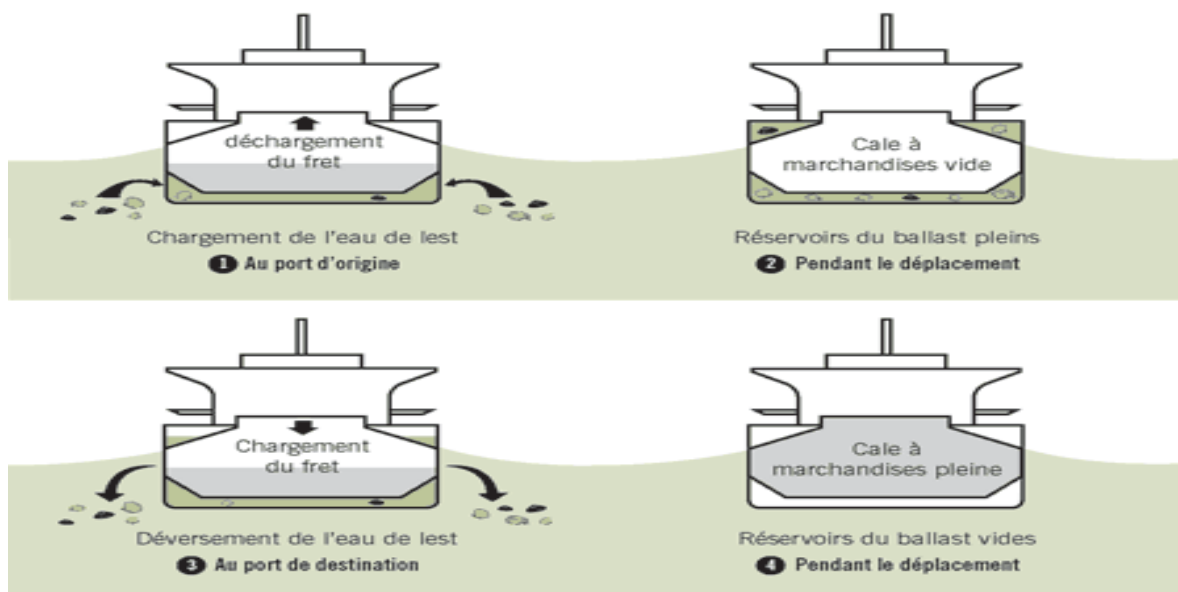


Figure 1. Coupe transversale d'un navire montrant les citernes à ballast et le cycle des eaux de ballast (source : GloBallast, 2000).

Au milieu du 19^{ème} siècle, l'eau a été introduite comme ballast, et depuis les années 50, elle a complètement remplacé les ballasts solides utilisés sur les navires qui transportent de lourdes charges. Les systèmes d'eaux de ballast font à présent partie intégrante de la conception des bateaux, et ils contribuent à la stabilité et à l'équilibre ainsi qu'à l'intégrité de la structure de la coque. Au déchargement, les eaux sont pompées dans des citernes conçues spécialement et distribuées au travers des coques, puis sont expulsées à nouveau à l'arrivée dans le port où la cargaison doit être chargée (Fertouna, 2016).

Les eaux transportées contiennent inévitablement un grand nombre d'organismes de différentes espèces à différents stades de développement (les œufs, les larves, les spores animales et de champignons). Cela constitue donc un vecteur potentiellement significatif de dispersion d'EEE. Comme les eaux de ballast sont généralement pompées dans ou près des ports, où la productivité est souvent haute due à des conditions hydrogéologiques favorables et où il y a un risque élevé de présence d'EEE, le risque de propagation est exacerbé (Cheniti, 2018).

Il est certain que beaucoup d'organismes qui entrent dans les citernes d'eaux de ballast meurent –par exemple, les organismes peuvent subir des dommages physiques, et les espèces photosynthétiques peuvent ne pas survivre à l'absence de lumière. Cependant, il est également sûr que beaucoup d'organismes survivent et peuvent s'établir et se reproduire au moment de leur décharge, si les conditions environnementales sont favorables. les différentes études

menées sur les eaux de ballast ont montré que les navires facilitent le transfert d'organismes aquatiques à travers les frontières naturelles (Gollasch et *al.*, 2002).

II.2.2.1 La pratique du ballastage et du déballastage

En général, les petits vraquiers pompent de l'eau dans des ports peu profonds qui sont généralement chargés en sédiments. Par contre les gros vraquiers s'alimentent dans des ports plus profonds (Rigby et *al.*, 1991). Le ballastage en haute mer est possible, toutefois, un minimum de 20% d'eau du port est nécessaire pour manœuvrer. L'inconvénient majeur du ballastage en haute mer revient à la durée de l'opération qui peut aller de 2 à 3 jours pour les grands vraquiers quand les conditions météorologiques sont favorables. Les caboteurs ne le peuvent pas, les étapes étant trop courtes. Il faut dix-huit heures pour vider (ou remplir) les 12 500 t de ballast d'un transport de bois. Afin de gagner du temps, la plupart des navires commencent à déballaster avant l'arrivée au port de chargement (en général dans les zones côtières abritées) (Ifremer).

II.2.2.2 La pollution due au déballastage

Comme le montre la figure suivante (Fig.2), Le bassin des eaux de ballasts, ont des capacités à eau de mer employées pour équilibrer le navire. Selon les besoins pour l'équilibre du navire, ces bassins sont remplis ou vidés d'eau de mer. L'OMI (Organisation Maritime Internationale) définit le ballast comme « toute matière solide ou liquide placée à bord d'un navire pour augmenter son tirant d'eau, modifier son assiette, réguler sa stabilité ou maintenir les contraintes dans des limites acceptables. L'eau est utilisée comme ballast depuis les années 1880 ». Ces eaux de ballast peuvent contenir des (micro-) organismes aquatiques à tous stades de vie. Parce que les vidanges des bassins n'ont généralement pas lieu au même endroit que leur remplissage, ces (micro-) organismes sont disséminés dans des zones où ils étaient inexistantes auparavant. Même si moins de 3% des espèces rejetées parviennent à s'établir dans ces nouvelles régions, il en suffit d'une seule pour perturber toute la biodiversité d'un écosystème (Boyer, 2008).

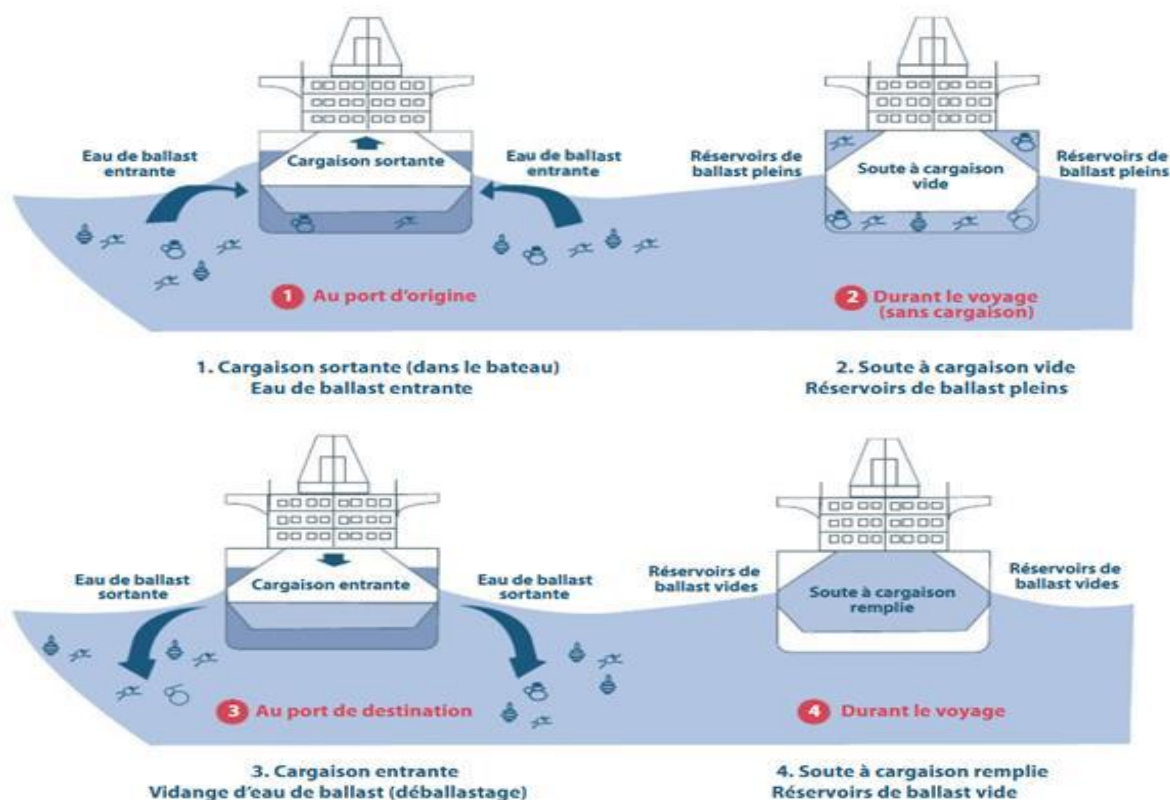


Figure 2. Section de bateau montrant le cycle de l'eau circulant dans les ballasts (source : Programme GloBallast, 2000).

Au plan mondial, des états comme l'Australie et le Canada, très touchés par ce type de pollution, ont réalisé de nombreuses études sur ce sujet et ont, par ce biais, incité l'OMI à réagir. C'est pourquoi l'OMI a lancé un programme d'action visant d'une part à prévenir l'introduction d'espèces exogènes et d'autre part à gérer les eaux de ballast. Le 13 février 2004, l'OMI a adopté une convention internationale relative au contrôle et à la gestion des eaux et sédiments de ballast des navires. Cette convention prévoit l'utilisation d'installations de réception portuaire pour les sédiments, la promotion de la recherche et des études et inspections permettant une certification du navire, et l'Algérie n'a pas encore ratifiée cette convention.

Cependant en Algérie, plusieurs infractions liées à la pollution maritime, dans les eaux territoriales, ont été relevées durant ces dernières années le long de la façade marine algérienne. Il s'agit de déballastage des navires notamment. Pour arrêter de pareilles catastrophes, il existe actuellement au niveau de chaque port pétrolier du pays des stations de déballastage permettant aux tankers d'effectuer des opérations de traitement de leurs cuves, même si l'état algérien est très stricte avec les lois qui obligent les ports à respecter l'environnement marin, cependant et malheureusement toutes les stations de déballastages sont non opérationnelles.

II.2.2.3 Les types de ballast

Ils varient en fonction de la taille et de l'emplacement suivant les types de navires de transport : vraquiers, porte-conteneurs, navires-citernes, minéraliers, chimiquiers. A cet effet, différentes catégories peuvent être citées (A.Q.I.S, 1993), (Figure.3) :

- Extrémités (poupe et proue) : ces zones sont très renforcées car elles sont soumises à de gros efforts.
- Latéraux et centraux : de un à trois mètres de large, ils hébergent très souvent des éléments de structure importants (renforts longitudinaux).
- Latéraux supérieurs : souvent de section trapézoïdale, ils participent à la rigidité de la coque et à sa liaison avec les ponts.
- Latéraux: souvent étroits et très profonds caractéristiques des porte-conteneurs.
- De fond : double fond. Ce sont les plus répandus. Ils sont souvent remplis par simple gravité (économie de pompage). C'est le cas des grands et petits vraquiers (La double coque est obligatoire pour les nouvelles constructions navales).
- Côtés de tunnel : ils sont difficilement accessibles et contiennent souvent les tuyauteries de pompage.
- Zones de cale spécialement aménagées pour accueillir des liquides (soutes). Elles peuvent servir de ballasts occasionnels. Elles sont également utilisées par exemple par les petits vraquiers, au détriment des ballasts supérieurs, quand la cargaison est de faible gravité (transport du bois).

Tous ces volumes sont construits autour des éléments de structure de la coque : cloison de renfort, poutrelles longitudinales. Ils sont donc riches en recoins et surfaces horizontales qui favorisent la décantation des eaux de ballast. Ces structures sont difficiles d'accès, par conséquent leur nettoyage et entretien contre la corrosion reste limité voir irréalisable sauf sur cale sèche.

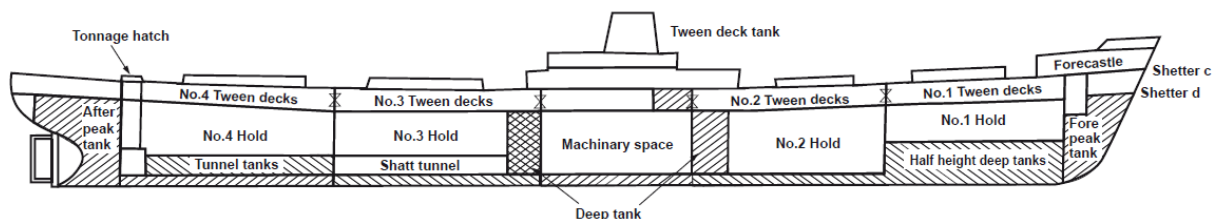


Figure 3. Différents types de ballasts de structure en coupe d'une coque d'après (A.Q.I.S, 1993).

II.2.2.4 Nettoyage des ballasts

Il est nécessaire pour deux raisons :

- Le sédiment accumulé diminue la charge utile : on trouve entre 5 et 10 cm d'épaisseur de sédiment, dans les ballasts de fond principalement, ce qui correspond à plusieurs centaines de tonnes inutilement transportées. Cependant, ces ballasts de fond les plus employés, sont les plus difficiles à nettoyer. La plupart du temps, les ouvertures de drainage ne dépassent pas 50 mm de diamètre. Le seul nettoyage convenable est celui effectué en cale sèche où l'on perce des trous dans la coque pour aider à l'évacuation. Les moins bien lotis sont les petits cargos dans lesquels les ballasts sont limités, peu accessibles. En plus, les équipages de plus en plus réduits sont peu disponibles pour ce travail.

- Il faut lutter contre la corrosion, car laisser la corrosion se poursuivre sur des éléments structurels peut affecter la sécurité du navire. Par contre, ce qui est possible à l'air libre (coque, superstructures) devient difficile, pénible, incommode dans des volumes confinés, sans lumière, avec des surfaces développées considérables et des recoins multiples. Le danger d'asphyxie à pénétrer et travailler dans ces espaces non aérés est à prendre en compte. En conclusion, le nettoyage se fait rarement car il est cher, improductif et incommode. (Fertouna, 2016)

II.3 Implication des transports maritimes via les eaux de Ballast dans l'introduction des espèces invasives

II.3.1 Les premiers travaux sur le ballast et le transfert d'espèces dans le monde

Les recherches menées dans différentes parties du monde (Carlton, 1985; Williams et *al.*, 1988; Macdonald et Davidson, 1997; Gollasch et *al.*, 2000) ont montré que les navires facilitent le transfert d'organismes aquatiques d'un milieu à un autre en particulier les organismes indésirables présents dans l'eau et le sédiment de ballast, ainsi qu'attachés sur les coques des navires (Gollasch, 2002). Il a également été confirmé que les agents pathogènes humains sont transférés avec les eaux de ballast des navires (Ruiz et *al.*, 2000).

La première étude biologique qui révèle que les navires sont les vecteurs d'introduction d'espèces non indigènes a été publiée dans les années 1900 où Ostenfeld (1909) a signalé la présence de l'espèce phytoplanctonique d'Asie *Odontella (Biddulphia) sinensis* qui était à l'origine d'une prolifération anarchique en mer du Nord en (1903). La première étude sur la stratégie d'échantillonnage des eaux de ballast a été effectuée 70 ans plus tard par Medcof (1975), suivie par plusieurs autres (Carlton, 1985; Hallegraeff et Bolch, 1991; David et Perkovic, 2004). En Méditerranée l'organisme de coordination est représenté par le Centre Régional d'Intervention d'Urgence contre la Pollution Marine pour la Méditerranée (REMPEC).

II.3.2 La présence d'organismes indésirables

La survie des espèces dans les ballasts dépend de nombreux facteurs. Toutes les espèces ne survivent pas aux conditions rencontrées pendant le transit, en particulier l'absence de lumière, les variations de température et l'oxygène qui peuvent être extrêmes, le manque de nourriture, etc. Selon les voyages et selon les espèces, chacun de ces paramètres peut devenir un facteur limitant (Gollasch et *al.*, 1995).

Les chances de survie sont considérablement accrues chez les espèces qui ont un cycle de vie incluant soit des œufs, soit des formes de repos (kystes ou spores), soit des stades larvaires ne se nourrissant pas, soit des stades capables de s'adapter à une diminution de la nourriture (larves possédant de grandes réserves) ou prêts à retarder le moment de la métamorphose. Par contre, s'ils arrivent à produire des kystes de repos, ils peuvent survivre (Cheniti, 2018). Lorsqu'une espèce arrive et s'installe avec succès, elle supprime souvent une autre espèce. Plusieurs bouleversements peuvent être attendus.

Sécrétion de phycotoxines dans le cas de certains dinoflagellés. Ces toxines sont dangereuses pour la santé publique et préjudiciable au commerce des coquillages

- Compétition pour la nourriture.
- Diminution de stocks de poissons.
- Effets néfastes pour les utilisateurs du littoral.

Aujourd'hui, il est établi que les introductions des espèces sont directement liées au transport maritime, par l'encrassement biologique des coques des bateaux et de l'eau de ballast (Sylvester et Mac Isaac, 2010). Comme nous allons le voir, plusieurs cas d'introduction d'organismes non-indigènes ont abouti à de véritables catastrophes écologiques à travers le monde (Wyatt et Jenkinson, 1997).

Quelques exemples des espèces dans le monde :

- *Caulerpa cylindracea* dans la Méditerranée

Originnaire du sud-ouest de l'Australie et observée pour la première fois en 1990 devant le port de Tripoli en Libye (Nizamuddin, 1991), s'est rapidement étendue en Méditerranée. La présence de cette algue envahissante a été enregistrée devant les côtes de 13 pays méditerranéens (Albanie, Algérie, Chypre, Croatie, Espagne, France, Grèce, Italie, Libye, Malte, Monténégro, Tunisie et Turquie) (Verlaque et *al.*, 2000, 2003 et 2005; Durand et *al.*, 2002, Piazzini et *al.*, 2005; Ould-Ahmed et Meinesz, 2007; Klein, 2007; Klein et Verlaque, 2008).

- Les dinoflagellés toxiques en Australie

Ce sont les australiens qui ont prouvé les premiers le phénomène de transfert de dinoflagellés toxiques par les eaux de ballast (Ifremer). Les dinoflagellés *toxiques* *Gymnodinium catenatum* et *Alexandrium catenella*, originaires du Sud-Est de l'Asie, se sont installés dans des zones de forte production aquacole et ont depuis lors, entraîné de très nombreuses fermetures de zone suivies de pertes économiques importantes pour les entreprises aquacoles.

- La moule zébrée dans les Grands Lacs américains

Les Grands Lacs sont soumis à un trafic maritime intense et ils reçoivent les eaux de ballast d'environ 1 000 navires dans l'année. *Dreissena polymorpha*, accidentellement introduite par les eaux de ballast dans cette région, a proliféré et causé des dégâts très importants dans de nombreuses canalisations et dans des stations de pompage.

- La ctérophore *Mnemiopsis* en Mer Noire

Mnemiopsis leidyi a été transportée vraisemblablement dans les eaux de ballast des vraquiers faisant la navette entre l'Amérique du Nord et la mer Noire (et la mer d'Azov). Elle a provoqué l'effondrement des stocks de harengs et de sprats par consommation intense du zooplancton. L'abondance de zooplancton aurait diminué 3 à 5 fois depuis l'invasion et les prises de poissons sont passées de 600 000 tonnes à 100 000 tonnes aujourd'hui. Cette méduse s'était aussi installée en Méditerranée.

- L'algue brune *Undaria* en Nouvelle Zélande et en Tasmanie

Undaria pinnatifida s'est installée dans le port de Wellington en Nouvelle Zélande discrètement et n'a été découverte que lorsqu'elle a été bien établie. Bien que de grande taille et très visible, elle s'est largement répandue pendant environ cinq ans. Cette algue a également fortement perturbé des pêcheries d'ormeaux en Tasmanie.

II.3.2.1 Les espèces introduites en Méditerranée

Environ 925 espèces non-indigènes ont été dénombrées à ce jour en Méditerranée. Ces espèces sont représentées au niveau de 13 embranchements. Les mollusques constituent l'embranchement le plus important (216 espèces), suivi des poissons (127 espèces), des végétaux (124 espèces) et des crustacés (106 espèces). Une étude plus récente parle d'un total de 955 espèces exotiques connues en Méditerranée, la grande majorité d'entre elles ayant été introduites dans l'Est de la Méditerranée (718), et moins dans le bassin Ouest (328). Pour la Méditerranée centrale, on recense 267 et moins au niveau de l'Adriatique (171). Toutefois, les espèces phytoplanctoniques restent peu étudiées (Zenetos et al., 2011). Cependant, dans le sud-ouest de la Méditerranée, des études sur les HABs sont relativement rares, bien qu'il

existe des preuves qu'ils augmentent en amplitude et en fréquence (Illoul et *al.*, 2008; Frehi, 2007; Daoudi et *al.*, 2013; Sahraoui et *al.*, 2009).

Des proliférations toxiques ont été observées au Maroc dans les écosystèmes côtiers, où des empoisonnements humains ont été signalé (Daoudi et *al.*, 2013). Sur les côtes algériennes aussi, les floraisons de dinoflagellés nocifs ont été étudiées dans la baie d'Annaba, où les blooms de *Karenia mikimotoi* ont été signalée plusieurs fois (Gomez et Claustre, 2001; Illoul et *al.*, 2008, Frehi, 2007). En outre, d'autres espèces nuisibles, y compris *Coolia monotis*, *Alexandrium catenella*, *A. tamarense* et *Pseudo-nitzschia sp.* ont été récemment observées dans les eaux côtières tunisiennes (Sahraoui, 2009; Armi et *al.*, 2011), mais malheureusement peu d'informations sont disponibles sur les voies d'introductions de ces espèces.

Cette augmentation du nombre de signalisations a été attribuée principalement à l'intensification de l'effort de la recherche (Zenetos et Polychronidis, 2010). Dans le même contexte Coll et *al.*, (2010) décrivent la Méditerranée en tant que point chaud en ce qui concerne la biodiversité marine. En effet, cet écosystème héberge environ 17.000 espèces marines, dont plus de 600 (3,3%) sont introduites ou exotiques.

II.3.2.2 Les introductions d'espèces non indigènes aquatiques en Algérie

En Algérie, compte tenu de sa position stratégique dans la mer Méditerranée, la navigation a toujours été un moyen de transport important en raison des nombreuses connexions avec le monde. Le canal de Suez et le détroit de Gibraltar sont les deux voies de connexion de la mer méditerranée avec les autres mers. De nombreuses espèces exotiques ont été signalées en Algérie le long des 1280 km de côtes, les derniers rapports sur les espèces introduites relève l'introduction de onze espèces de macrophytes, par exemple : *Caulerpa cylindrea* (Ould-Ahmed et Meinesz, 2007), *Oculina patagonica* (Sartoretto, 2008; Harmelin et *al.*, 2008) et *Pinctada radiata* (Antit, 2011; Gofas et *al.*, 2011).

Grimes et *al.*, (2018) ont dressé un inventaire détaillé des espèces introduites dans le bassin algérien depuis 1834 jusqu'au 2018. Cependant cette liste ne s'intéresse qu'aux espèces faunistiques et floristiques benthiques et aux poissons. On peut donc considérer qu'à ce jour, il n'existe pas un inventaire national des espèces phytoplantoniques introduites en Algérie.

Tableau 1 : les espèces introduites en Algérie (Grimes et *al.*, 2018) : les espèces introduites en Algérie (Grimes et *al.*, 2018) (Espèces marines étrangères introduites en Algérie avec les coordonnées géographiques, origine, localisation, année et auteur du premier signalement de

1834 jusqu'à Décembre 2017 (Abbreviations : YFRA : Year of first record in Algeria, IP : Indo Pacific; P : Pacific; I : Indian Ocean; RS : RedSea; At : Atlantic; Tr : Tropical; Circ: Circumtropical; Est : Established; Ques : Questionable; Cas : Casual; Inv : Invasive; E : East; W : West; N : North; S : South et NIA : Non identified Area).

<i>Mercenaria mercenaria</i> (Linnaeus, 1758)	Mollusca	1994	35.723847°; -1.130315°*	W. At	Habibas islands	Grimes & Kaidi, 1995	Est
<i>Pinctada imbricata radiata</i> (Leach, 1814)	Mollusca	2010	36.917050°; 8.439353°	IP/RS	El Kala	Refes, 2012	Cas
<i>Bursatella leachii</i> Blainville, 1817	Mollusca	2008	36.762500°; 2.838889°	Circ	Sidi Fredj	Lamouti & Bachari in Eleftheriou et al., 2011	?
<i>Lumbrineris perkinsi</i> Carrera-Parra, 2001	Polychaeta	<1990	?		Gulf of Skikda	Bakalem, 2008 as <i>Lumbrineris inflata</i> Moore, 1911	Que
<i>Ficopomatus enigmaticus</i> (Fauvel, 1923)	Polychaeta	1997	36.898060°; 6.928808°*	?	Gulf of Skikda		Cas
<i>Metasychis gotoi</i> (Izuka, 1902)	Polychaeta	1997	35.748383°; -0.613843°*	IP	Gulf of Oran	Grimes, 2010	?
<i>Notomastus aberans</i> Day, 1957	Polychaeta	1997	35.748383°; -0.613843°*	I/RS	Gulf of Oran		Cas
<i>Pista unibranchia</i> Day, 1963	Polychaeta	1984	36.773393°; 3.114887°		Bay of Algiers	Bakalem, 2008	Cas
<i>Alpheus inopinatus</i> Holthuis & Gottlieb, 1958	Crustacea	1999	35.111861°; -1.870631°*	I/RS	Gulf of Ghazaouet	Grimes et al., 2016	?
<i>Alpheus rapacida</i> de Man, 1908	Crustacea	1997	35.748383°; -0.613843°*	I-WP	Gulf of Oran	Grimes et al., 2016	Cas
<i>Eocuma sarsii</i> (Kossmann), 1880	Crustacea	???	35.103788°; -1.863989°		Arzew harbour	Grimes, 2010	Cas
<i>Glabropilumnus laevis</i> (Dana, 1852)	Crustacea	1999	35.111861°; -1.870631°*	I	Gulf of Ghazaouet	Grimes et al., 2016	?
<i>Megabalanus tintinnabulum</i> (Linnaeus, 1758)	Crustacea	1996	36.890771°; 7.939502°		Bay of Annaba	Grimes, 2010	Que
<i>Percnon gibbesi</i> (H. Milne Edwards, 1853)	Crustacea	2010	37.0252°; 6.5574°	W. At	Collo Skikda	Bouzaza in Katsanevakis et al., 2011	Est

<i>Penaeus japonicus</i> Spence Bate, 1888	Crustacea	2004	?		Chlef	Massuti <i>et al.</i> , 2004	Est
<i>Amathia verticillata</i> (delle Chiaje, 1822)	Bryozoa	2016	35.317740°; -1.476316°	IP	Rachgoun island	Ramos <i>et al.</i> , in PNUE/ PAM-CAR/ASP, 2016	Est
<i>Clytia linearis</i> (Thomeley, 1900)	Cnidaria	1955	36.662914°; 2.689890°*		Bou Ismail Bay	Picard, 1955	Cas
<i>Eucheilota paradoxica</i> Mayer, 1900	Cnidaria	2013			Sidi Fredj	Kherchouche-Ait Ouadou, 2014	Cas
<i>Acropoma japonicum</i> Günther, 1859	Fish	2011	36.946597°; 7.770472° 36.933864°; 7.763475°	IP	Gulf of Annaba	Hannachi, 2015 Hannachi <i>et al.</i> , 2015	Cas
<i>Atherinomorus forskali</i> (Rüppell, 1838)	Fish	2004	36.662914°; 2.689890°*		Bou Ismail Bay	Massuti <i>et al.</i> , 2004	Cas
<i>Etrumeus golanii</i> DiBattista, Randall & Bowen, 2012	Fish	2017	36.6222°; 2.2325°		Cherchell	Kassar & Hemdia, 2017 in Stamouli <i>et al.</i> , 2017	Cas
<i>Fistularia commersonii</i> Rüppell, 1838	Fish	2008	36.898060°; 6.928808°*	IP	Gulf of Skikda	Kara & Oudjane 2009	Est
<i>Hemiramphus far</i> (Forsskål, 1775)	Fish	2010	37.030909°; 6.594829°	IP	Collo	Kara <i>et al.</i> , 2012	?
<i>Lagocephalus sceleratus</i> (Gmelin, 1789)	Fish	2012	NIA	IP	Algeria	Refes & Semahi, 2014	Est
<i>Pomadasys stridens</i> (Forsskål, 1775)	Fish		?		Algeria	Chalabi, 1999	Cas
<i>Siganus luridus</i> (Rüppell, 1829)	Fish		?		Algeria	Chalabi, 1999	Cas

Species	Group	YFRA	Coordinates	Origin	Locality	Authors	Success
<i>Antithamnion amphigeneum</i> A.J.K.Millar	Macrophyta	1989	36.773393°; 3.114887°*	SW. P	Algiers	Verlaque & Seridi, 1991 as <i>A. algeriensis</i>	Cas
<i>Asparagopsis armata</i> Harvey	Macrophyta	1923		SW. P	NIA	Sauvageau, 1925	Inv
<i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan de Saint-Léon	Macrophyta	1939	36.786117°; 3.219557°*	At-IP	Bordj El Bahri	Feldmann & Feldmann, 1939	Inv
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> Hariot	Macrophyta	1967	6.921962°; 3.938339°*	IP	Dellys	Boudouresque, 1969 as <i>Tralliella intricata</i>	Est
<i>Caulerpa cylindracea</i> Sonder	Macrophyta	2005	36.800424°; 3.311251°* 36.760541°; 3.179762°*	IP	Surcouf Bordj El Kiffan	Ould Ahmed & Meinez 2007 as <i>C. racemosa</i> var. <i>cylindracea</i>	Inv
<i>Codium fragile</i> (Suringar) Hariot	Macrophyta	1990	36.800424°; 3.311251°* 36.782542°; 3.437326°*	NW. P	Surcouf - Boudouaou	Seridi, 1990	Est
<i>Colaconema codicola</i> (Borgesen) H. Stegenga, J.J. Bolton and R.J. Anderson	Macrophyta	1990	36.773393°; 3.114887°*	NE. At	Algiers	Seridi, 1990	Cas
<i>Colpomenia peregrina</i> Sauvageau	Macrophyta	1967	36.823811°; 3.246890°*	IP	El Marsa	Boudouresque & Boudouresque, 1969	Cas
<i>Griffithsia corallinoides</i> (Linnaeus) Trevisan	Macrophyta	1834	36.890771°; 7.939502°*	At/P	Annaba	Steinheil, 1834 as <i>Ceramium corallium</i>	Est
<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützting	Macrophyta	1990	36.608505°; 2.451653°*	Pantr	Tipasa	Seridi, 1990 as <i>H. cervicornis</i>	Cas
<i>Lophocladia lallemandii</i> (Montagne) F. Schmit	Macrophyta	1938	36.823811°; 3.246890°*	IP	El Marsa	Feldmann & Feldmann, 1938	Cas
<i>Melanothamnus harveyi</i> (Bailey) Diaz-Tapia & Maggs	Macrophyta	1990	36.773393°; 3.114887°*	NW. P	Algiers	Seridi, 1990 as <i>Polysiphonia mottei</i>	Cas
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i> (K. Okamura) Y. Yamada ex S. Kawabata	Macrophyta	2003	36.760541°; 3.179762°*		Bordj El Kiffan	Seridi, 2007 as <i>ex Grateloupia</i>	Cas

II.3.2.3 Introduction des dinoflagellés et des diatomées via le transport maritime

Plusieurs études ont mis en évidence l'effet du transport maritime dans le transfert de diatomées et dinoflagellés, dont plusieurs espèces sont considérées comme nuisibles ou encore toxiques (Doblin et Dobbs, 2006). De plus, des études dans plusieurs régions du monde ont montré les conséquences économiques négatives de ces introductions d'espèces non indigènes, notamment pour l'Australie (Hallegraeff et Bolch, 1992), la Nouvelle-Zélande (Hay et *al.*, 1997), l'Angleterre (Hamer et *al.*, 2001) et les États-Unis (Kelly, 1993). Ces espèces toxiques peuvent affecter l'industrie maricole à cause de leurs diverses toxines, dont la saxitoxine, induisant des intoxications paralysantes par les mollusques *paralytic shellfish poisoning*, PSP, ou intoxications paralysantes des mollusques, IPM) ou d'autres toxines induisant divers problèmes de santé. Ces toxines provoquent des troubles nerveux, respiratoires et intestinaux graves chez les humains et peuvent entraîner la mort (dans 15% des cas) (Hallegraeff, 1986).

Des dinoflagellés viables sous formes végétatives et/ou de kystes de résistance, ont un potentiel d'établissement dans les eaux s'ils proviennent d'environnements tempérés et ils constituent ainsi un groupe à risque qui mérite une attention particulière dans le contexte des invasions aquatiques via les réservoirs de ballast. La grande résistance des formes enkystées de dinoflagellés leur confère un grand potentiel de survie même sous les conditions particulières des réservoirs de ballast (obscurité, diminution d'oxygène, etc).

En Algérie, il y a une connaissance très limitée de la pression d'invasion des cellules végétatives et des kystes de diatomées et dinoflagellés ; particulièrement, combien de ces espèces arrivent via les eaux ou les sédiments de ballast des navires; quelles sont les routes qui comportent le plus grand risque d'introduction, s'il y a une relation entre la durée de ces voyages et la viabilité des cellules et combien de ces espèces sont nuisibles ou toxiques pour les écosystèmes aquatiques.

II.3.2.4 La pression de propagule

La pression de propagule ou pression d'invasion est une composante de la mesure du nombre d'individus d'une espèce déchargée dans une région, où cette espèce est considérée comme non indigène. La pression de propagule inclut les estimations du nombre d'individus dans chaque événement de décharge (*propagule size*) et le nombre d'événements de décharge (*propagule number*). Une augmentation du nombre d'individus déchargés ou du nombre d'événements de décharge fait en sorte que la pression de propagule augmente aussi (Lockwood et *al.*, 2005). La pression de propagule peut être définie aussi comme la quantité, la qualité et la fréquence d'introduction d'organismes envahissants. La pression de propagule joue un rôle important dans la détermination du succès de l'établissement des espèces non indigènes (Carlton et *al.*, 1997; Lockwood et *al.*, 2005), bien que ce facteur ne soit pas

toujours pris en considération dans les études sur les invasions biologiques. Cette pression relie aussi le nombre d'individus relâchés et la fréquence des événements de relâche, avec le succès et les patrons d'établissement des espèces (Kolar et Lodge, 2002). Plus les quantités d'espèces introduites sont élevées et constantes, plus les chances de survie de ces espèces non indigènes augmentent, tandis que les espèces introduites en petit nombre avec peu d'évènements de relâche seront plus susceptibles de mourir (Lockwood et *al.*, 2005). La pression de propagule peut être expliquée par trois composantes :

1. La pression de propagule potentielle, représentée par la quantité d'eau de ballast déchargée.
 2. La pression de propagule actuelle qui représente le nombre d'organismes contenus dans les réservoirs lors de l'arrivée des navires.
 3. La pression de propagule effective qui détermine le nombre d'organismes potentiellement vivants déchargés par un vecteur (eau ou sédiments de ballast) (Lo et *al.*, 2011). Cependant, le succès dans l'établissement des espèces non indigènes va dépendre aussi des caractéristiques d'invisibilité des espèces qui prolifèrent dans les habitats originaux (Lodge, 1993; Davies, 2005) et/ou des caractéristiques des habitats susceptibles de subir la prolifération des espèces non indigènes (Occhipinti-Ambrogi, 2007). Dans les écosystèmes aquatiques d'eaux douces et marines, le processus par lequel une espèce est considérée comme envahissante compte plusieurs étapes et filtres (Kolar et Lodge, 2002; Lockwood, 2005; Occhipinti-Ambrogi, 2007) qui sont énumérés et décrits dans les lignes suivantes :
- Étape 0 - Envahisseur potentiel : Correspond à la population source.
 - Étape 1 - La Prise : Commence avec les espèces établies dans la région d'origine ou la région source. Les propagules sont prises par les navires et transportées vers un nouvel environnement (NE).
 - Étape 2 - L'arrivée : Cette étape est atteinte quand les individus sont déchargés avec l'eau ou les sédiments des navires.
 - Filtre Survie : la survie des organismes dans leur nouveau milieu dépend de leurs interactions avec les communautés locales et de l'adaptation au nouvel environnement. Seuls les organismes les plus résistants pourront se rendre à l'étape suivante.
 - Étape 3 - L'établissement : elle est considérée uniquement pour les espèces qui ont été déchargées, qui ont survécu et qui se sont reproduites dans le nouvel environnement.
 - Étape 4a - La dispersion : Correspond à l'accroissement de la population.
 - Étape 4b - La dominance : Les espèces envahissantes deviennent dominantes par rapport aux espèces indigènes.

L'établissement est régi par deux filtres différents : un filtre qui relie la survie et la reproduction dans le nouvel environnement et un filtre qui détermine la dispersion locale.

Le premier filtre (survie) est principalement lié à la pression de propagule. Ce filtre détermine, parmi toutes les espèces qui arrivent, lesquelles pourront s'établir, se disperser ou dominer. Le deuxième filtre, dit environnemental, agit en régulant le passage des espèces de l'étape 3 (établissement) à l'étape 4a (dispersion) et de l'étape 4b (dominance) à l'étape 5 (prédominance).

Les propagules doivent passer la transition entre les étapes à travers différents filtres. Pour atteindre chaque étape, les espèces dépendent de deux grands facteurs : les facteurs physico-chimiques et la résistance biologique, lesquels peuvent agir d'une façon positive ou négative (modifié de Colautti et *al.*, 2006; Occhipinti-Ambrogi, 2007).

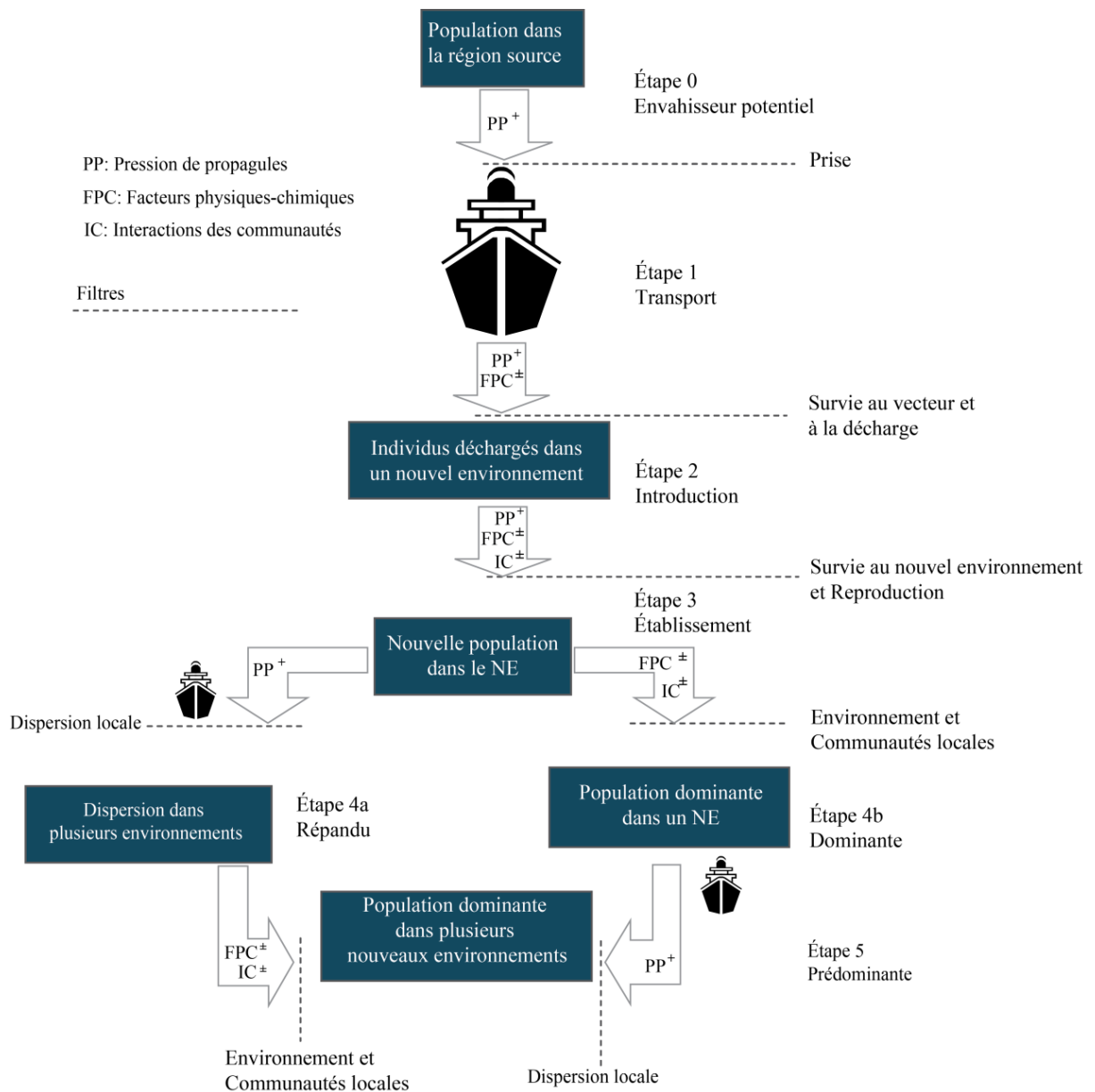


Figure 4. Le schéma montre les différentes étapes que doivent franchir les espèces envahissantes. Les propagules doivent passer la transition entre les étapes à travers différents filtres. Pour atteindre chaque étape, les espèces dépendent de deux grands facteurs: les facteurs physico-chimiques et la résistance biologique, lesquels peuvent agir d'une façon positive ou négative (modifié de Colautti et *al.*, 2006; Occhipinti, 2007).

II.4 Règlements et normes applicables à la gestion des eaux de ballast

La Convention de l'OMI sur la gestion des eaux de ballast, vise à empêcher la propagation d'organismes aquatiques nuisibles d'une région à une autre, en établissant des normes et procédures pour le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires. En vertu de la Convention, tous les navires effectuant des voyages internationaux sont tenus de gérer leurs eaux de ballast et sédiments en fonction de certaines règles, conformément à un plan de gestion des eaux de ballast qui leur est propre. Tous les navires doivent également avoir à bord un registre des eaux de ballast et un certificat international de gestion des eaux de ballast. Les normes de gestion des eaux de ballast prendront effet progressivement au cours d'une période donnée. À titre de solution temporaire, les navires devraient renouveler les eaux de ballast en haute mer. Toutefois, la plupart des navires devront à terme avoir un système de traitement des eaux de ballast installé à bord. Il existe une norme de renouvellement des eaux de ballast et une norme de qualité des eaux de ballast. Le renouvellement des eaux de ballast permet de satisfaire à la norme de qualité des eaux de ballast :

- Norme de renouvellement des eaux de ballast

Les navires qui procèdent au renouvellement des eaux de ballast doivent obtenir un renouvellement volumétrique effectif d'au moins 95 % des eaux de ballast. Dans le cas des navires qui procèdent au renouvellement des eaux de ballast par pompage, le renouvellement par pompage de trois fois le volume de chaque citerne à ballast doit être considéré comme satisfaisant à la norme décrite. Le pompage de moins de trois fois le volume peut être accepté à condition que le navire puisse prouver qu'un renouvellement volumétrique de 95 % est obtenu.

- Norme de qualité des eaux de ballast

Les navires qui procèdent à la gestion des eaux de ballast doivent rejeter moins de 10 organismes viables par mètre cube d'une taille minimale égale ou supérieure à 50 microns et moins de 10 organismes viables par millilitre d'une taille minimale inférieure à 50 microns et supérieure à 10 microns ; en outre, le rejet des agents microbiens indicateurs ne doit pas dépasser les concentrations spécifiées.

À titre de norme pour la santé humaine, les agents microbiens indicateurs comprennent, notamment, les agents suivants :

- a. *Vibrio cholera et oxinogène* (O1 et O139), moins de 1 unité formant colonie (UFC) par 100 millilitres ou moins de 1 UFC pour 1 gramme (masse humide) d'échantillons de zooplancton.
- b. *Escherichia coli*, moins de 250 UFC par 100 millilitres.
- c. Entérocoque intestinal, moins de 100 UFC par 100 millilitres.

Les systèmes de gestion des eaux de ballast doivent être approuvés par l'Administration conformément aux directives de l'OMI. Ils comprennent les systèmes qui utilisent des produits chimiques ou biocides, ou des organismes ou mécanismes biologiques, ou qui modifient les caractéristiques chimiques ou physiques de l'eau de ballast (OMI, 2017).

II.5 La côte algérienne

La côte algérienne s'étend de Marsat Ben M'Hidi à l'ouest au Cap Roux à l'Est sur un linéaire côtier de 1622 Km, elle se présente comme une succession de baies plus au moins ouvertes séparées par des régions très escarpées. Les hautes falaises qui bordent en générale cette côte sont soumises à des érosions marines éoliennes. La côte algérienne peut être subdivisée en 3 grands secteurs (Grimes et *al.*, 2004) :

- Secteur Est : s'étend des confins de la frontière avec la Tunisie à l'Est jusqu'au méridien de la ville de Bejaia à l'Ouest incluant le golfe de Bejaia, le golfe de Jijel, le golfe de Skikda, le golfe de Annaba.
- Secteur centre : s'étale entre la ville de Bejaia à l'Est et la pointe rouge à l'Ouest incluant la baie de Bou Ismail, la baie d'Alger.
- Secteur ouest : va de la Pointe Rouge à l'Est jusqu'à la frontière algéro-marocaine à l'Ouest incluant le Golfe de Ghazaouet, la baie d'Oran, le Golfe d'Arzew.

II.5.1 Circulation océanique

Le bassin algérien fait partie du bassin occidental de la mer Méditerranée, et la circulation des masses d'eau en Méditerranée est contrôlée par la bathymétrie. On a différentes sources de masses d'eaux circulant dans le bassin algérien. Les MAW (Modified Atlantic Water), qui suivent un parcours cyclonique dans le bassin occidental. Elle pénètre via le détroit de Gibraltar, et traverse la mer d'Alboran en longeant la côte Marocaine puis pénètre dans le bassin algérien formant le courant côtier algérien (Millot et *al.*, 1997). Elle suit la côte Algérienne jusqu'au détroit de Sicile où elle se sépare en deux branches (Sammari et *al.*, 1999).

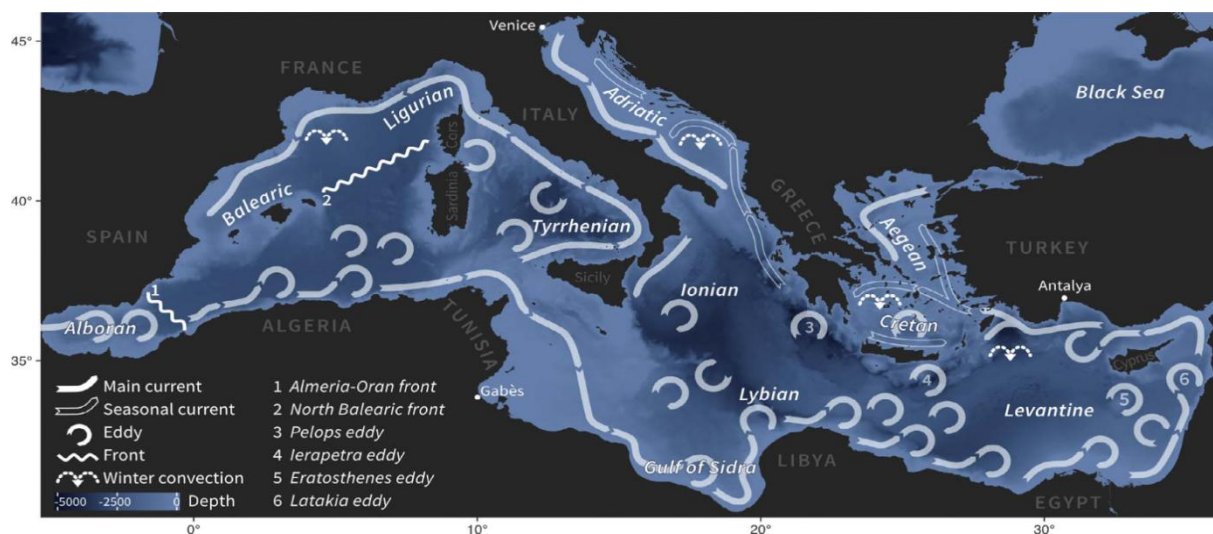


Figure 5. Circulation de surface de la mer Méditerranée, In par Ayala et *al.*, (2017) à partir de Millot et Taupier-Letage (2005).

Le bassin algérien est la zone la plus dynamique en ce qui concerne les méso-échelles dans toute la mer Méditerranée (Millot, 1999; Nieblas et *al.*, 2014), avec des tourbillons méso-échelle intenses interagissant avec le courant algérien instable, connu pour ses méandres (Millot, 1999; d'Ovidio et *al.*, 2009).

La partie occidentale est en effet une région de frontières dispersées mais, de manière assez surprenante, la mer de l'est de l'Algérie se distingue comme une région de consensus. Cela peut être lié aux grands tourbillons algériens (dont le diamètre peut atteindre 200 km) qui se forment dans cette zone et ont une longue durée de vie allant de plusieurs mois à plusieurs années (Millot et *al.*, 1990; Puillat et *al.*, 2002). Une partie est alors déviée vers le sud et s'écoule à l'est de Minorque puis au sud des îles Baléares alors que l'autre partie forme le courant Catalan qui longe les côtes catalanes (Garcia et *al.*, 1994; Pinot et *al.*, 1995; Millot, 1999). Une part de ce courant Catalan traverse le canal d'Ibiza et le reste remonte le long des îles pour couler dans le bassin algérien (Pinot et Ganachaud, 1999). La circulation cyclonique de la MAW est bouclée à l'entrée du bassin algérien.

La circulation de MAW (l'eau atlantique modifiée qui est une eau atlantique de surface qui a franchi le détroit de Gibraltar et s'est mélangée aux eaux superficielles lors de leur progression vers l'Est et elles ont été modifiées sous l'effet de leur mélange avec les eaux méditerranéennes et elles ont formé la MAW) entre le détroit de Gibraltar et le détroit de Sicile, présente des caractéristiques différentes selon que l'on se trouve au larges des côtes marocaines, algériennes ou tunisiennes. A la sortie de la mer d'Alboron, la circulation est, pratiquement en permanence, dirigée des côtes espagnoles ($\approx 2^\circ\text{O}$) vers les côtes algériennes ($\approx 1^\circ\text{O}$), cette circulation ensuite prend la forme d'une veine de courant qui coule vers l'Est le long de la cote et devient généralement instable a partir de 1-2 $^\circ\text{E}$ (Millot, 1985). Les

turbulences engendrent des tourbillons côtiers (50-100 Km de diamètre) cycloniques et anticycloniques.

Les tourbillons cycloniques deviennent superficiels et tendent à disparaître au fur et à mesure qu'ils se dirigent vers l'Est. Quant aux tourbillons anticycloniques nommés tourbillons algériens, leur diamètre varie de 50 à 250 km et durent plusieurs semaines voire près de trois ans (Puillat et *al.*, 2002) et deviennent associés à des upwellings. Ils ne sont donc pas induits par le vent et sont suffisamment importants pour provoquer une intense productivité marine (Arnone et La Violette, 1986). Ainsi, ces structures turbulentes provoquent un important brassage des eaux de surface méditerranéennes et atlantiques ayant pour conséquence un enrichissement de la zone côtière (Seridji, 1989). En outre, le bassin algérien est caractérisé par la présence, entre 1° et 4° Est, d'une zone particulière résultant de l'affrontement de deux masses d'eau créant un front, l'une côtière d'origine atlantique, la seconde située plus au large, méditerranéenne (Haffersas, 1996).

III. Matériel et méthode

III. Méthodologie

III.1 Zone d'étude

III.1.1 Port de Bejaia

Le port de Bejaia est situé à une latitude Nord $36^{\circ}45'24''$ et à une longitude Est $05^{\circ}05'50''$. Il jouit d'une situation géographique privilégiée. Bien protégé naturellement, sa rade est l'une des plus sûres de la rive Sud de la Méditerranée, son positionnement au cœur de la Méditerranée occidentale et au centre de la cote algérienne lui confère d'importants atouts sur le plan économique et une place privilégiée sur les routes maritimes où il a su capter un important trafic. Le port de Bejaia dispose d'installations spécialisées en transport d'hydrocarbures, de céréales, de conteneurs, de marchandises diverses et de voyageurs.

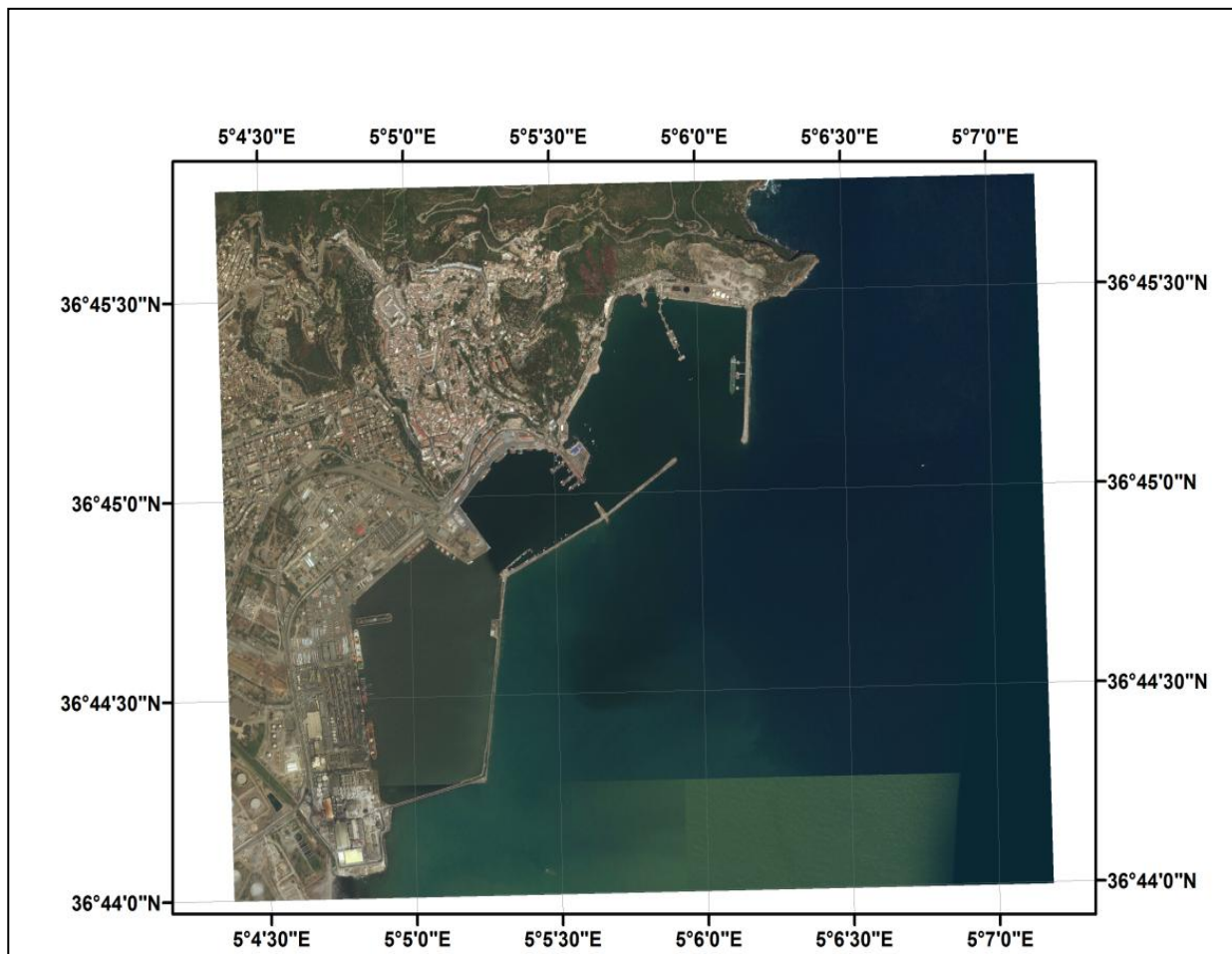


Figure 6. Situation géographique de la zone d'étude (port de Bejaia).

Infrastructure

- Accès du port: le port de Bejaia est accessible par un chenal extérieur de 320m et draguée a 13,50m.
- Les navires de marchandises générales accèdent aux bassins du vieux port et de l'arrière port par le biais de deux passes, respectivement la passe Abdelkader, large de 110m et draguée à 12m et la passe de la Casbah (entre le vieux port et l'arrière port), large de 125m et draguée à 12m.
- Bassin du port: le port est composé de trois bassins :
- Bassin de l'Avant Port: sa superficie est de 75 hectares et ses profondeurs varient entre 10,5m et 13,5m. Disposant d'installations spécialisées, l'avant port est destiné a traiter les navires pétroliers.
- Bassin du Vieux Port: sa superficie est de 26 hectares et ses profondeurs de quai varient entre 6 et 8m.
- Bassin de l'Arrière Port: sa superficie est de 55 hectares et ses profondeurs varient entre 10,5m et 12m.

Données physiques

- Vents dominants de Nord-est à Est, en été et d'Ouest à Nord Ouest en hiver.
- Marrées inexistantes, mais des différences de niveau peuvent atteindre 50cm.

Infrastructures portuaires

Le port s'étale sur une superficie totale de 79 hectares. Sa surface d'entreposage s'étale sur 422000 m² dont 17500 m² couverts. Il dispose plus de 3000 ml de quai, répartis entre 16 postes à quai pour navires de marchandises générales, 03 postes à quai pour navires pétroliers, un poste RO-RO et 01 poste gazier (Entreprise portuaire de Bejaia).

Le port de Bejaia, il traite annuellement plus de 5 millions de tonnes de marchandises générales, un chiffre qui ne fait qu'augmenter chaque année, ce qui fait de Bejaia le deuxième port d'Algérie avec plus de 23 % de part de marché.

- Il possède une situation géographique privilégiée et des atouts nautiques remarquables.
- C'est un port polyvalent avec des infrastructures de stockage et de traitement adéquats pour chaque type de produit.
- Un excellent rendement de manutention et un bon rapport qualité/ prix.
- De bonnes liaisons routières et ferroviaires.
- Un port connu pour sa sécurité.
- Un port certifié aux normes ISO 9001 et ISO 14001.

III.1.2 Ile plane

III.1.2.1 Présentation de l'île

Appelée par les grecs Planès Nèsos, est aussi appelée Paloma ou encore Dzira Ouatia. Elle est située dans l'oranaise au à l'ouest du bassin algérien, pas loin de la mer d'Alboran, au large de la baie des Andalouses à environ 2.4 nautiques miles entre le Cap Falcon et le Cap Lindless. L'île Plane est située sur le territoire de la commune d'Oran dont elle dépend administrativement. L'île Plane est d'origine volcanique est formée d'une partie principale et quelques rochers aux alentours, d'une superficie de 3.64 hectares. Elle fait partie du complexe insulaire de l'ouest algérien, composé de l'île Paloma, les îles Habibas ainsi que l'île de Rachgoun et de quelques îlots. Ce complexe constitue les plus importantes îles de l'Algérie.



Figure 7. Localisation géographique de l'île Plane.

L'espace marin aux alentours de l'île Plane est sous l'influence du courant atlantique, notamment la veine qui coule vers l'Est le long de la côte africaine dénommée "courant algérien", qui alimente la zone en eaux froides et riches en nutriments. Les fonds marins limitrophes, se caractérisent par une côte rocheuse aux reliefs accidentés (écueils, platiers, falaises, grottes, affleurements rocheux) entourés par du détritique côtière à partir de 40m suivit de fonds meubles. De nombreux bancs et hauts fonds, plateaux et vallées sous-marines caractérisent le plateau continental de l'île, favorisant ainsi l'implantation de biocénoses

remarquables et variées, d'où leur contribution au premier plan à la biodiversité marine de cette zone de l'Oranais. Les alentours de l'île Plane des habitats bien conservés qui présentent un intérêt pour la biodiversité et des ressources marines vivantes et constituent un important réservoir halieutique pour la région. Cette zone est également le siège de diverses activités, dont la pêche, le trafic maritime et les activités nautiques et subaquatiques.

III.2 Echantillonnage des eaux de ballast au port de Bejaia

L'échantillonnage à bord des navires nécessite différentes autorisations des autorités du port, la Capitainerie, la douane pour accéder aux quais. Pour le prélèvement des eaux de ballast, le droit d'accès est accordé par le capitaine du navire, ainsi le nom du navire dont a prélevé nos échantillons est "OHIO NASSAU" qui est un navire pétrolier provenant de la France.

A l'arrivée du navire au port, le prélèvement est effectué à l'intérieur des ballasts, avec un matériel déjà conditionné, puis on a rempli nos bouteilles d'1L et de 500ml avec les eaux de ballast, et on les a fixé immédiatement avec du lugol, 1 à 2ml pour 100ml d'échantillon jusqu'à l'obtention d'une couleur brune claire. Pour une conservation de longue durée les échantillons sont transférés dans des flacons en verre transparent afin de pouvoir contrôler la décoloration due à l'oxydation du lugol.

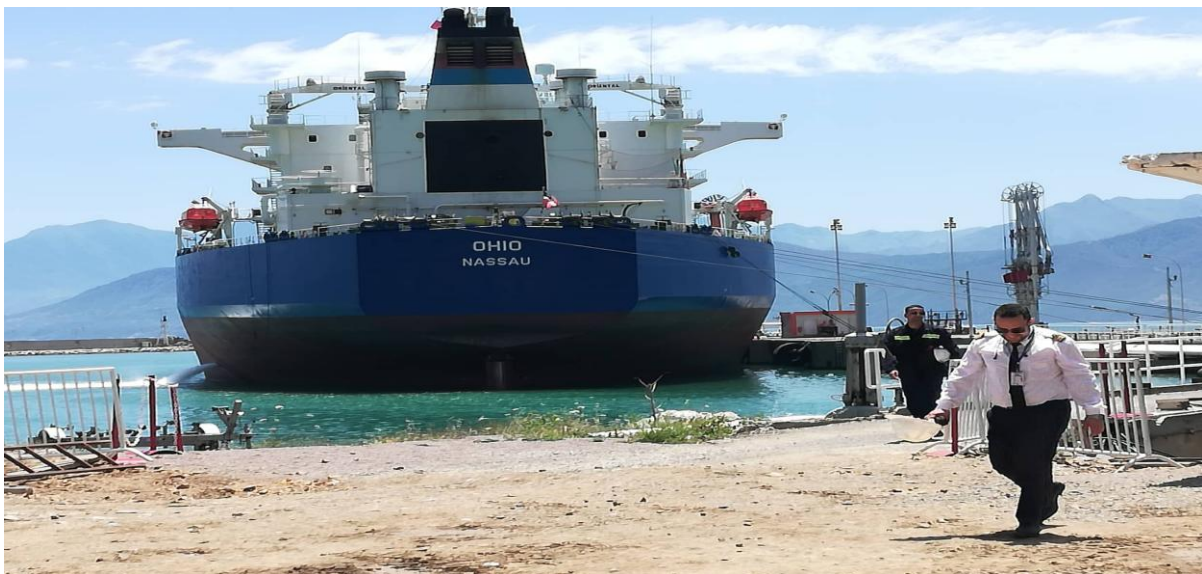


Figure 8. Le navire OHIO est un navire pétrolier venu de France (24 Mai 2019).

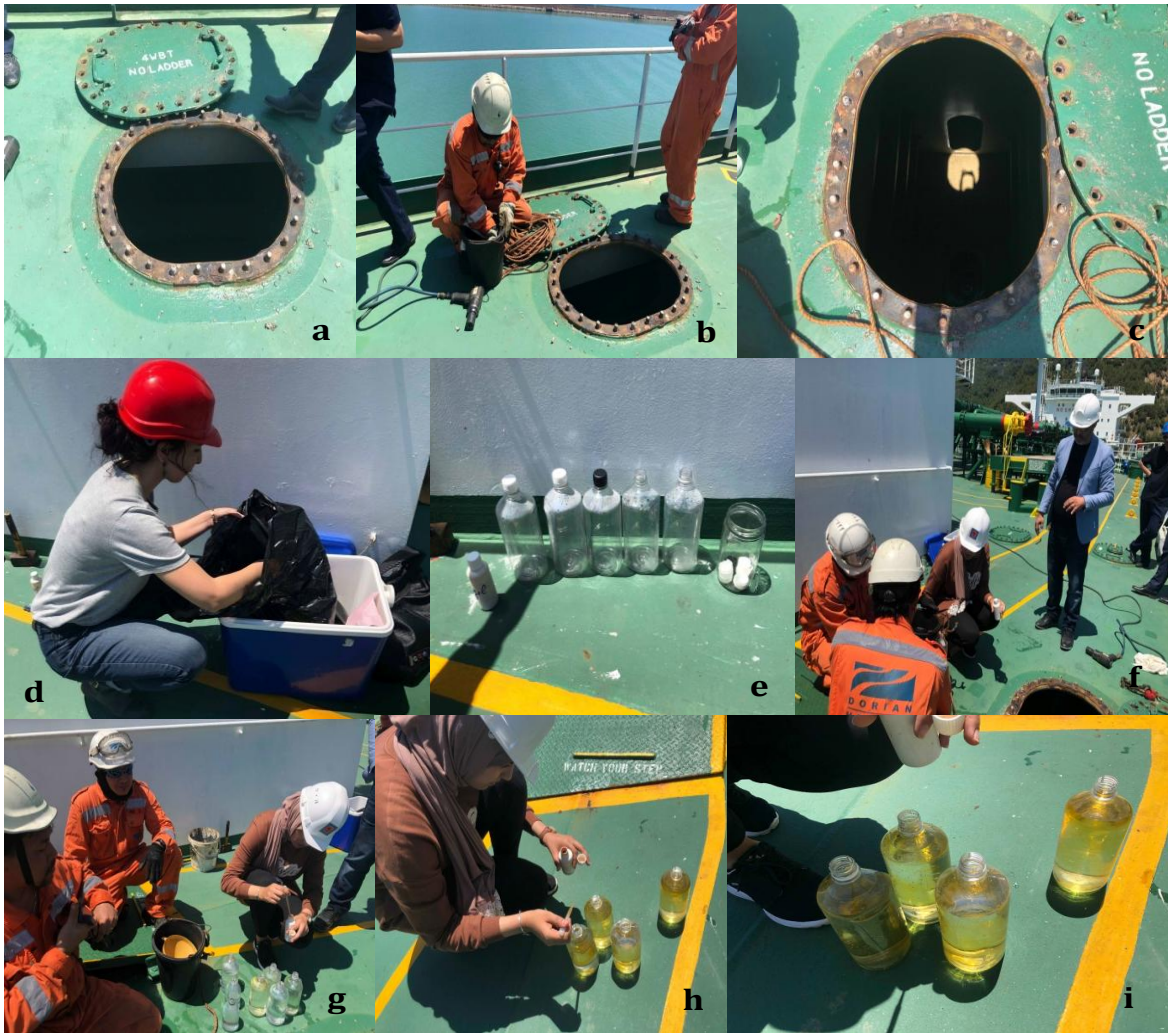


Figure 9. Les étapes de l'échantillonnage sur le navire des eaux de ballast et de la fixation des échantillons, le personnel nous aide à prélever les eaux de ballast qui sont au fond, préparation du matériel, fixation des échantillons par le lugol, la dérive de la couleur des échantillons après l'ajout du lugol vers le brun clair.

III.3 Identification des micro-organismes au laboratoire

Les identifications et les descriptions des espèces phytoplanctoniques, reposent sur les observations des caractères morphologiques généraux des cellules, L'identification des taxons et des espèces est assurée par des ouvrages spécialisés et à l'aide des spécialistes dans ce domaine.

Chaque échantillon a été mis dans des cuves de sédimentation et les opérations d'identification ont été réalisées au niveau de la station marine de Sidi Fredj (Annexe de l'ENSSMAL) au sein de l'équipe de recherche « Interaction Milieu-Biodiversité Marine » IMBM, en utilisant un microscope inversé « OPTIKA » et qu'une base de données WORD a été créée afin de saisir les données au fur et à mesure de l'analyse microscopique, et permettant de suivre l'évolution dans les compositions phytoplanctoniques.

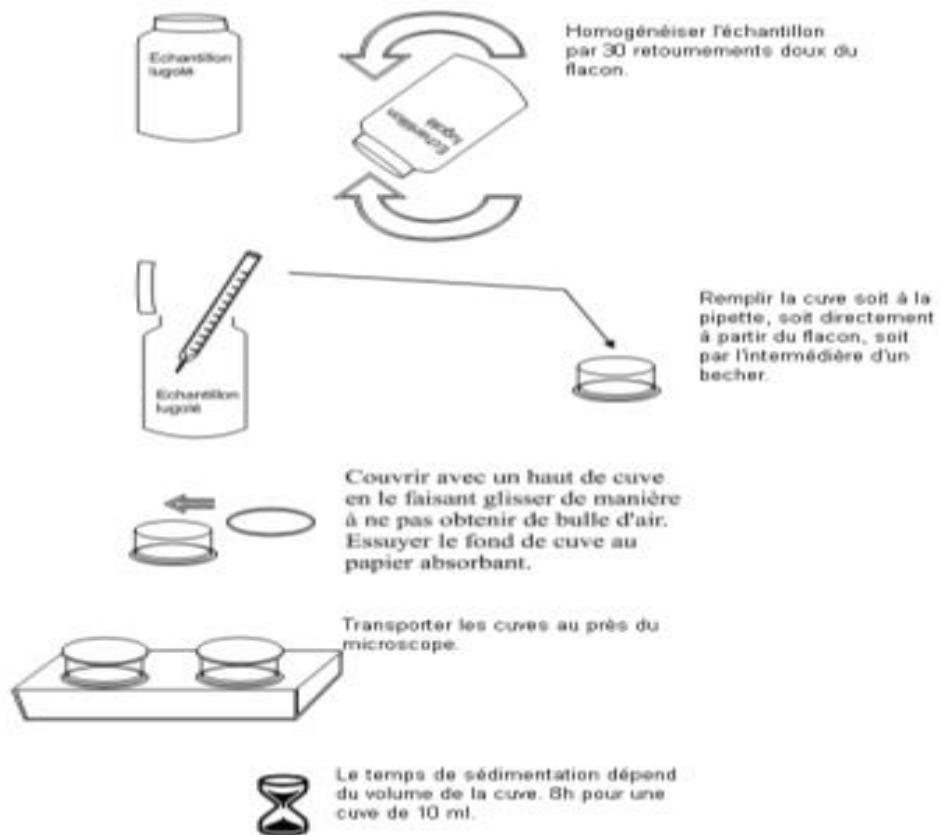
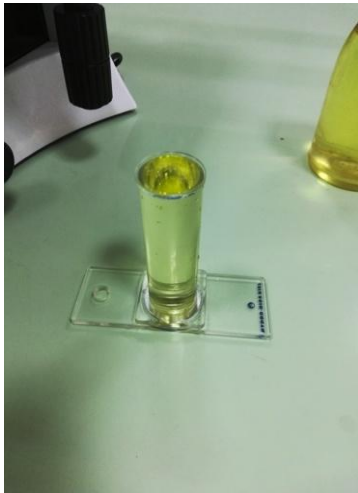


Figure 10. Microscope inversé utilisé et illustration de la préparation pour l'analyse en chambre de sédimentation (Ifremer, 2015).



Le remplissage de la chambre doit se faire aussitôt après l'homogénéisation (pour éviter d'exclure du prélèvement des taxons sédimentant rapidement). Il doit se faire rapidement en une seule fois, jusqu'à l'obtention d'un léger excès d'eau provoquant un ménisque convexe à la surface de la chambre. Ce surplus d'eau est aussitôt chassé avec le glissement de la lame supérieure, tout en faisant attention à ne pas enfermer de bulle d'air dans la chambre. Il est en même temps épongé par un papier absorbant. Il faut veiller à ce que le surplus d'eau ne s'écoule pas le long de la chambre, faisant courir le risque qu'un écoulement sous la lamelle d'observation, ne la salisse, et nuise à l'observation à venir. (Ifremer, 2015). Puis on a laissé notre échantillon se sédimenter pendant 24h car on a travaillé avec des cuves de 50ml.

Après le repos de l'échantillon pendant 24h et la sédimentation des espèces, on a vidé notre cuve et on a récupéré l'échantillon final, comme le montrent les étapes illustrées dans la figure 10.

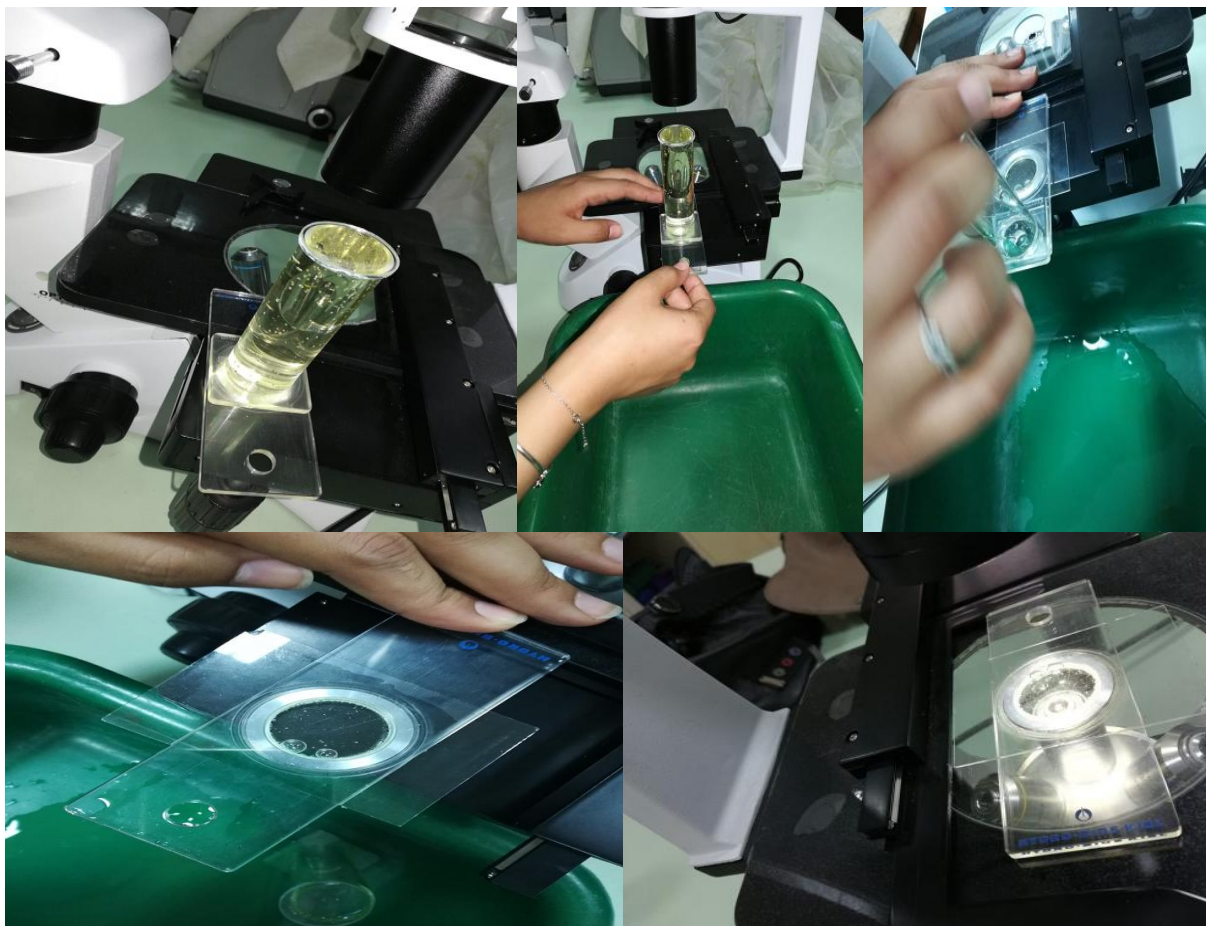


Figure 11. L'échantillon dans la cuve de sédimentation, après une sédimentation de 24h, extraction de l'excès de l'échantillon, échantillon final utilisé, cuve sous le microscope inversé pour observer et identifier les espèces.

III.4 Recherche sur les espèces de L'île Plane en rapport avec les eaux de ballasts

L'île plane est une zone vulnérable, appartenant à un secteur géographique abritant une biodiversité particulière ou remarquable, et dont les caractéristiques géographiques ou écologiques la rendent particulièrement sensible à une bio-pollution (ex : îles océaniques, lagunes, golfes...), ou une partie des espèces échantillonnées et identifiées dans cette île montre qu'elles pouvaient être introduites par les eaux de ballasts et l'encrassement des navires, due aux flux de vecteurs qui sont forts, par le déballastage des navires au large. 14 espèces introduites identifiées dans cette île ou le mode d'introduction était soit par les eaux de ballasts soit par l'encrassement des navires ou les deux.

Tableau 2 : Eléments descriptifs du site d'étude (Benhamdi, 2017).

N°	02	03	04	05	06	07	08	09
Date	13/09/2017	13/09/2017	14/09/2017	21/09/2017	23/09/2017	23/09/2017	30/09/2017	30/09/2017
Code du Site	01	01	01	01	01	01	01	01
Station	02	03	04	05	06	07	08	09
Nom du spot	Paloma	Paloma	Paloma	Paloma	MdinaDjdida	Seco Blanco Grotte	Seco Blanco	GASAA
Profondeur	28	33	37,8	35,3	49	37,5	33,4	41,1
Nombre de répliques	04	04	04	04	03	04	04	04
Type	Coralligène de paroi	Coralligène de paroi	Coralligène de paroi	Coralligène de paroi	Coralligène de paroi	Coralligène de paroi	Coralligène de paroi	Coralligène de paroi
Inclinaison	90°	90°	90	90	90	90	90	90
Orientation	Nord	NNE	Nord	Sud Est	Sud-ouest	Sud-ouest	SSE	SSE
T° surface	27	27	28	29	25	28	26	25
T° fond	18	23	19	21	16	22	18	17
Distance de la côte	7 km	7 km	7 km	10,5 km	10km	8 km	8 km	8 km
Nombre de bocal	1	2G	1G +1P	2G	1G	4G	2G	3G

III.5 Identification des espèces

L'identification des espèces a été faite grâce aux éléments suivants:

- L'aide des spécialistes du domaine (GASMI Meriem).
- Les livres spécialisés en phytoplanctons " Identification marine phytoplanctonique (Tomas)"; "Guide des diatomées".

Base de données de références utilisées :

- **Algae base** : AlgaeBase est une base de données d'informations sur les algues comprenant des organismes terrestres, marins et d'eau douce. À l'heure actuelle, les données concernant les algues marines, en particulier les algues, sont les plus complètes. Pour plus de commodité, ils ont inclus les herbes marines, même s'il s'agit de plantes à fleurs.

- **WoRMS** : Le Registre mondial des espèces marines (WoRMS) a pour objectif de fournir une liste complète et faisant autorité de noms d'organismes marins, comprenant des informations sur la synonymie. Alors que la priorité la plus élevée concerne les noms valides, d'autres noms utilisés sont inclus, de sorte que ce registre puisse servir de guide pour interpréter la littérature taxonomique. Le contenu de WoRMS est contrôlé par des experts taxonomiques et thématiques, et non par des gestionnaires de bases de données. WoRMS a un système de gestion éditorial où chaque groupe taxonomique est représenté par un expert qui a autorité sur le contenu et qui est responsable du contrôle de la qualité de l'information.
- **Phyto'pedia - The Phytoplankton Encyclopaedia Project** : Le matériel inclus dans Phyto'pedia a été compilé pour aider les étudiants. Ces matériaux incluent: guides détaillés des espèces les plus communes observées dans le phytoplancton, une clé taxonomique pour les espèces de diatomées et de dinoflagellés décrites, un guide de photo-identification avec une collection d'images de communautés présentées.

IV. Résultats et discussions

IV. Résultats

Le but de la présente étude était exploratoire, puisqu'il n'existait aucune information jusqu'à présent dans les ports algériens du centre (du moins à notre connaissance). Malgré l'échantillonnage d'un seul navire, les résultats peuvent être considérés comme très satisfaisants.

L'observation des échantillons d'eaux de ballasts a permis d'identifier 12 espèces appartenant à deux groupes taxonomiques : les dinoflagellés et les diatomées représentées d'une manière équitable, avec 50% de dinoflagellés et 50% de diatomées.

Six espèces de dinoflagellés ont été identifiées, sont *Dinophysis acuminata*, *Tiarina fusus*, *Alexandrium sp.*, *Protoperidinium sp.*, *Ceratium furca*, et *Oxytoxum sp.*

Les diatomées sont représentées par deux diatomées pennales qui sont: *pleurogisma sp.*, *Thalassionema sp.* et quatre diatomées centrales qui sont *Dactyliosolen fragilissimus*, *Leptocylindrus danicus*, *Guinardia flaccida* et *Chaetoceros sp.*

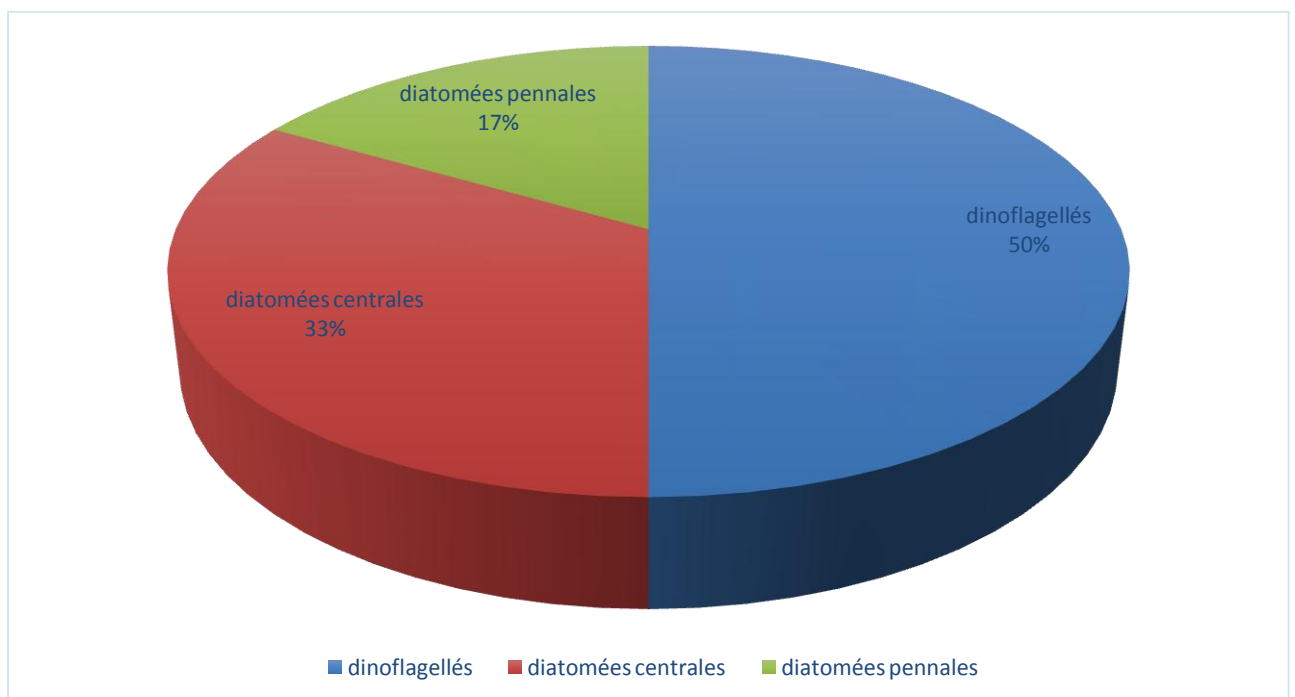


Figure 12. Pourcentage du type d'espèces rencontrées dans les eaux de ballasts du navire "OHIO NASSAU" provenant de France.

Deux espèces toxiques ont été identifiées dans les échantillons qui sont *Alexandrium sp.* et *Dinophysis acuminata*, et qui ont été déjà signalées sur les côtes algériennes par Ferhi, (2007) et Illoul, (2008).

L'espèce *Alexandrium sp.* a été signalée pour la première fois sur les côtes algériennes par Frehi dans la baie d'Annaba en (2002), et selon lui, cette espèce a été probablement introduite par les eaux de ballast (Frehi et al., 2007). *Alexandrium sp.* a été signalée aussi dans la baie d'Alger par Illoul en 2002 (Illoul et al., 2008).

L'espèce *Dinophysis acuminata* a été signalée pour la première fois sur les côtes algériennes en (2001), et elle a provoqué un bloom dans le port d'Alger en (2003) (Illoul al., 2008).

Tableau 3: Type et nombre d'espèces trouvées dans les échantillons du port de Bejaia. (DP : Diatomées pennales, DC : Diatomées centrales, DN : Dinoflagellés).

Echantillon	Répliqua	Groupe	Espèce
1	1	DP : 2, DC: 0, DN: 5	7
	2	DP : 2, DC: 1, DN: 4	7
	3	DP : 2, DC: 2, DN: 7	11
	4	DP : 2, DC: 2, DN: 5	9
	5	DP : 0, DC: 0, DN: 7	7
	6	DP : 1, DC: 3, DN: 4	8
	7	DP : 0, DC: 3, DN: 5	8
	8	DP : 2, DC: 0, DN: 6	8
	9	DP : 2, DC: 1, DN: 7	10
	10	DP : 1, DC: 1, DN: 9	11
2	1	DP : 0, DC: 2, DN: 7	9
	2	DP : 1, DC: 0, DN: 8	9
	3	DP : 2, DC: 1, DN: 7	10
	4	DP : 0, DC: 3, DN: 6	9
	5	DP : 0, DC: 3, DN: 5	8
	6	DP : 1, DC: 2, DN: 7	11
	7	DP : 2, DC: 1, DN: 5	8
	8	DP : 1, DC: 1, DN: 7	9
	9	DP : 0, DC: 1, DN: 7	8
	10	DP : 1, DC: 1, DN: 5	7
3	1	DP : 2, DC: 3, DN: 5	10
	2	DP : 1, DC: 0, DN: 6	7
	3	DP : 2, DC: 1, DN: 5	8
	4	DP : 2, DC: 0, DN: 7	9
	5	DP : 0, DC: 2, DN: 6	8
	6	DP : 1, DC: 3, DN: 6	10
	7	DP : 2, DC: 1, DN: 8	11
	8	DP : 2, DC: 3, DN: 5	10
	9	DP : 1, DC: 0, DN: 9	10
	10	DP : 0, DC: 0, DN: 8	8

Il est important de signaler que plus d'une trentaine d'espèces n'ont pas pu être identifiées ni au niveau du genre ni l'espèce, elles étaient listées comme « non identifiées » faute de documentation et de spécialistes sur le sujet. Ces échantillons ont été conservés pour une identification plus approfondie dans le cadre des futurs Masters à l'ENSSMAL.

IV.1 Phytoplancton

Composé d'algues microscopiques compris entre 0,2 et 100µm, occupe la partie superficielle de l'océan et joue le rôle de pompe biologique par la fixation de gaz carbonique lors de la photosynthèse (Grimes, 2004).

IV.1.1 Les espèces trouvées dans les eaux de ballasts

IV.1.1.1 Les dinoflagellés non toxiques



Dinoflagellés

Tiarina fusus (Bergh, 1881)

Classification :

Règne : Végétal

Phylum : Ciliophora

Classe : Prostomatea

Ordre : Prorodontida

Famille : Colepidae

Genre : *Tiarina*

Espèce : *Tiarina fusus*

Description : dinoflagellé d'un diamètre de 4-20 µm, corps en forme de fuseau avec des plaquettes à surface rectangulaire et des arêtes longitudinales ou en spirale.

Distribution : cosmopolite sauf dans les régions polaires (Hasle et Syvertsen, 1997).

Dinoflagellés



Ceratium furca observée sous un microscope inversé
Gx40

Triplos furca (Claparède et Lachmann, 1859)

- Classification :
Règne : Végétal
Phylum : Myzozoa
Classe : Dinophyceae
Ordre : Gonyaulacales
Famille : Ceratiaceae
Genre : *Ceratium*
Espèce : *Triplos furca*
- Description : dinoflagellé, Le corps de cette espèce est rectiligne d'un diamètre qui varie de 30 à 50 μm . *T. furca* a de longues épines et est une espèce "blindée" avec une thèque de plaques de cellulose épaisses. Les cellules sont presque plates, avec le côté ventral concave et le côté dorsal convexe
- Distribution : *Triplos furca* est cosmopolite dans les eaux tempérées froides aux eaux tropicales (Horner, 2002). Des blooms ont été signalées au Japon et dans les Amériques (Montagnes, 2006). Cette espèce est également présente en Méditerranée et en mer du Nord (Montagnes, 2006).

Dinoflagellés



Protoperidinium sp Observée sous un microscope
inversé à Gx40

Protoperidinium sp. (Bergh, 1881)

- Classification :
Règne : Végétal
Phylum : Myzoza
Classe : Dinophyceae
Ordre : Peridiniales
Famille : protoperidiniaceae
Genre : *protoperidinium*
Espèce : *Protoperidinium sp*
- Description : dinoflagellé, c'est une cellule qui est ronde au centre, un cône supérieur droit et deux larges cônes dans le bas, avec un diamètre de: 48 - 75 μm , elle a deux flagelles.
- Distribution : C'est une espèce cosmopolite que l'on trouve dans les eaux tempérées à tropicales (Steidinger et Tangen, 1996). Elle a été observée dans les océans Atlantique et Pacifique et en mer du Nord (Kraberg et al., 2010).

Dinoflagellés



Oxytoxum sp. (Stein, 1883)

- Classification :
 - Règne : Végétal
 - Phylum: Myzozoa
 - Classe : Dinophyceae
 - Ordre : Peridiniales
 - Famille : Oxytoxaceae
 - Genre : *Oxytoxum*
 - Espèce : *Oxytoxum sp.*
- Description : dinoflagellé, elle a deux flagelles et ne possède pas de chloroplaste, avec un diamètre de 16 - 24 μm et la couleur dépend du régime.
- Distribution : cosmopolite (Hastle et Syvertsen, 1997)

IV.1.1.1.a Les dinoflagellés toxiques

Dinoflagellés



Dinophysis acuminata (Claparède et Lachmann, 1859)

- Classification :
 - Règne : Végétal
 - Phylum : Myzozoa
 - Classe : Dinophyceae
 - Ordre : Dinophysiales
 - Famille : Dinophysiaceae
 - Genre : *Dinophysis*
 - Espèce : *Dinophysis acuminata*
- Description : dinoflagellé, forme de coquille ovale, d'un diamètre 38 - 58 μm , d'une couleur brune rougeâtre et elle a deux flagelles, contient plusieurs chloroplaste.
- Distribution : Cosmopolite dans les eaux tempérées chaudes à froides du monde entier (Steidinger et Tangen, 1997).
Dinophysis acuminata a été enregistrée dans la baie d'Annaba (Frehi et al., 2007), elle était responsable des enregistrements des toxines DSP (Diarreheic Shellfish Poison).

Dinoflagellés



Alexandrium sp (Halim, 1960)

- Classification :
 - Règne : Végétal
 - Phylum : Myzozoa
 - Classe : Dinophyceae
 - Ordre : Gonyaulacales
 - Famille : Ostreopsidaceae
 - Genre : *Alexandrium*
 - Espèce : *Alexandrium sp*
 - Description : dinoflagellé, forme des chaînes de 2,4,8 cellules qui nagent ensemble comme un serpent, les cellules individuelles sont presque rondes légèrement plus longues que larges (Olenina et Olenine, 2006), avec un diamètre de 18 - 34 μm .
 - Distribution : cosmopolite, elle forme régulièrement des blooms dans la baie d'Annaba (Frehi, 2007).
- Alexandrium sp* a été signalée dans les eaux algéroises par Illoul en 2002, elle a aussi été signalée dans la baie d'Annaba par Frehi, en 2002 ou elle a été probablement introduite par les eaux de ballasts, elle a été responsable des enregistrements des toxines PSP (Paralytic Shellfish Poisoning).

IV.1.1.2 Les diatomées

Diatomées



Dactyliosolen fragilissimus (Hasle, 1996)

- Classification :
 - Règne : Végétal
 - Phylum : Ochrophyta
 - Classe : Bacillariophyceae
 - Ordre : Rhizosoleniales
 - Famille : Rhizosoleniaceae
 - Genre : *Dactyliosolen*
 - Espèce : *Dactyliosolen fragilissimus*
- Description : diatomée centrale, de couleur brune-jaunâtre d'un diamètre de 8-70 μm , avec une épine centrale courte s'insérant dans la dépression de la cellule adjacente, contient une couche de silice.
- Distribution : cosmopolite (Kraberg et al., 2010).

Diatomées



Guinardia flaccida observé sous un microscope inversé Gx4

Rhizosolenia flaccida (H.Peragallo, 1892)

- Classification :

Règne : Végétal
Phylum : Ochrophyta
Classe : Bacillariophyceae
Ordre : Rhizosoleniales
Famille : Rhizosoleniaceae
Genre : *Guinardia*
Espèce : *Rhizosolenia flaccida*

- Description : diatomée centrale, les cellules sont cylindriques et se combinent en chaînes droites, généralement courtes. D'un diamètre 42-90 microns. Les cellules ont de nombreux chromatophores en forme d'étoile très distinctifs.
- Distribution : Régions chaudes à tempérées (Hasle et Syvertsen, 1997).

Diatomées



Leptocylindrus danicus observée sous un microscope inversé Gx40

Leptocylindrus danicus (Cleve, 1889)

- Classification :

Règne : Végétal
Phylum : Ochrophyta
Classe : Bacillariophyceae
Ordre : Leptocylindrales
Famille : Leptocylindraceae
Genre : *Leptocylindrus*
Espèce : *Leptocylindrus danicus*

- Description : diatomée centrale, Cylindrique, d'un diamètre 5 - 16 μm , elle est d'une couleur brune-jaunâtre, contient une couche de silice, elle n'a pas de Flagelles et elle contient beaucoup de Chloroplastes.
- Distribution Cosmopolite dans les eaux côtières et les eaux du plateau, (Horner, 2002). Absente ou rare dans les océans subantarctique et australe (Hasle et Syvertsen, 1997).

Diatomées



Chaetoceros sp. (Ehrenberg, 1844)

- Classification :

Règne : Végétal
Phylum : Ochrophyta
Classe : Bacillariophyceae
Ordre : Chaetocerotales
Famille : Chaetocerotaceae
Genre : *Chaetoceros*
Espèce : *Chaetoceros sp*

- Description : Diatomée centrale, avec une forme cylindre et d'un diamètre 2 - 85 µm. Elle a une couleur brune-jaunâtre, avec une couche de silice.
- Distribution : cosmopolite (Hasle et Syvertsen, 1997).

Diatomées



Pleurosigma sp. (W. Smith, 1852)

- Classification :

Règne : Végétal
Phylum : Ochrophyta
Classe : Bacillariophyceae
Ordre : Naviculales
Famille : Pleurosigmataceae
Genre : *Pleurosigma*
Espèce : *Pleurosigma sp*

- Description : diatomée pennale, avec une forme sigmoïde douce, elle contient 2 à 4 chloroplastes allongés, d'un diamètre 30-75µm .
- Distribution : cosmopolite, présente durant toute l'année avec une grande abondance en printemps (EOS, phytoplankton encyclopaedia project).

Diatomées

Thalassionema sp. (A. Grunow et C. Mereschkowsky, 1902)

• Classification :

Règne : Végétal

Phylum : Ochrophyta

Classe : Bacillariophyceae

Ordre : Thalassionematales

Famille : Thalassionemataceae

Genre : *Thalassionema*

Espèce : *Thalassionema sp.*



Thalassionema sp. Observée sous un microscope inversé à Gx40

- Description : diatomée pennale, Les cellules sont généralement en chaînes en forme d'étoile ou en zigzag, elles cellules sont rectangulaires vue de la ceinture, avec des extrémités de valve de forme et de largeur similaires et étroitement elliptiques en vue de valve. Les chloroplastes sont petits et nombreux (Kraberg et al., 2010). Les cellules sont de couleur jaune-brun (Guiry, 2011), avec un diamètre de 2 - 4 μm .
- Distribution : cosmopolite mais on la trouve pas dans les océans

IV.1.2 Succès de survie des micro-organismes déchargés

Hallegraeff et Bolch (1992), Gregg et Hallegraeff (2007), ont noté que le succès de survie des bactéries et des microalgues à l'intérieur des ballasts est plus important, car elles sont de très petite de taille, abondantes et capables de résister quand les conditions sont défavorables en formant des kystes ou des spores.

Certaines études montrent que le phytoplancton prélevé dans les eaux de ballast est vivant malgré le passage dans les pompes des ballasts (Masson, 2000; Courtois et al., 2000), (même si dans ce travail aucune espèce phytoplanctonique vivante n'a été trouvée dans les échantillons), il a déjà été démontré que le phytoplancton peut survivre dans l'obscurité des ballasts pendant 23 jours au maximum (Kang et al., 2010). Dans certaines circonstances, des espèces survivent et forment des populations viables et potentiellement invasives lors du déballastage. Les dinoflagellés peuvent germer et être cultivés. Les études confirment l'importance des eaux de ballast comme vecteur majeur de dissémination de microalgues toxiques (Hallegraeff et Bolch, 1992).

Alexandrium sp. qui est une espèce toxique, est présente sur les côtes algériennes (Illoul et al., 2008; Frehi et al., 2007) et méditerranéennes, elle croît relativement vite, il lui faut au minimum deux jours dans les meilleures conditions pour se diviser ou pour se désenkyster elle maintient sa présence sous forme de kystes dans les sédiments. Ces kystes peuvent être entraînés vers de nouvelles eaux et germer quand les conditions du milieu sont de nouveau favorables. Cet épisode est important puisqu'il permet à cette algue de contaminer d'autres eaux ou bien sédimente en partie dans une zone qui, par la suite, est considérée comme zone à risque. Tel est le cas de la baie de Morlaix où les apparitions fréquentes d'eaux colorées ont pu

être reliées à la concentration des kystes dans le sédiment. Le piégeage des kystes par le sédiment semble donc jouer un rôle important, rôle encore amplifié quand on sait que des kystes peuvent être présents dans les boues transportées dans les cuves de navires. (Fertouna, 2014)

Hallegraeff et Bolch (1991 et 1992), ont prélevé jusqu'à 300 millions de kystes de dinoflagellés dans les eaux de ballasts de certains navires. En outre, ces auteurs ont également démontré que l'apparition dans les eaux tasmaniennes d'un dinoflagellé toxique, au cours de ces dernières années, a correspondu au développement de l'industrie du bois sur l'île : le trafic des navires en provenance de sites vraisemblablement contaminés a contribué à la libération de kystes autour de l'Île à partir des eaux de ballasts.

D'après Gollasch (2002), 5 à 20% des espèces introduites peuvent s'adapter à leur nouvel habitat. Lorsqu'une microalgue est introduite et prolifère en l'absence de prédateurs, parasites et pathogènes naturels (OTA, 1993), son éradication totale semble impossible.

Pour (Drake, 2002; Ruiz *et al.*, 2002) et dans le même contexte, ont estimé que 56% des micro-organismes déchargés des eaux de ballast pourraient survivre dans le nouveau milieu récepteur. Les bactéries ont une gamme de tolérance de température de 30° C, ils peuvent alors résister à des variations $\pm 15^{\circ}\text{C}$ entre les températures à l'intérieur des ballasts et celle de l'eau du milieu récepteur (Finlay, 2002; Finlay et Fenchel, 2004).

Face à ce risque d'envahissement, la nécessité d'un moyen rapide, fiable de diagnostiquer la présence d'organismes pathogènes dans l'eau de ballast, et le besoin d'un moyen plus efficace de suivre l'origine de l'eau dans chaque ballast est fortement souhaitée. Il s'agit d'un problème de santé publique extrêmement important, depuis l'apparition du choléra au Mexique en (1991) et (1992) introduit dans l'eau de ballast (McCarthy et Khambaty, 1994) et l'introduction de plusieurs espèces invasives en Méditerranée.

En Algérie, on ne sait pas dans quelle mesure les microorganismes provenant d'eaux océaniques (ou côtières) par ballast représentent un risque d'invasion (et d'impact) sur le site de décharge. Ce n'est probablement pas parce qu'ils sont des envahisseurs pauvres que des études de référence détaillées font défaut. Par conséquent, il est urgent d'établir des études de terrain de base pour identifier un tel risque.

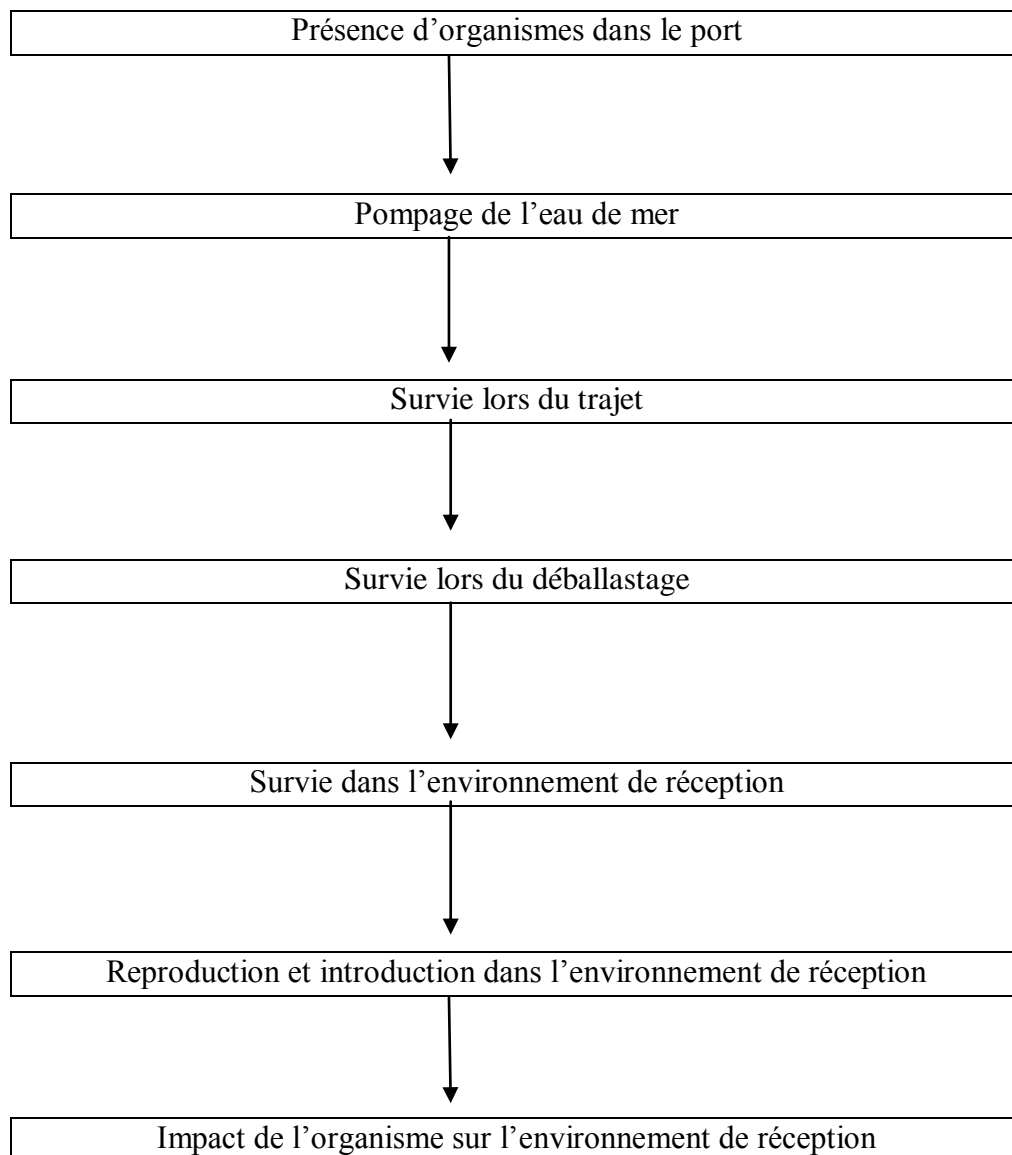


Figure 13. Etapes de survie d'une espèce marine allochtone via les ballasts des navires (Hallegraeff, 1998).

Les navires arrivant au port de Bejaia sont majoritairement d'origine méditerranéenne, et en particulier des ports domestiques (Alger, Skikda, Annaba, Djendjen et Mostaganem). Confirmant le résultat de Mohamed-Chérif et Ducruet (2012), qui ont identifié les ports euro-méditerranéens comme principaux ports partenaires à partir desquels les navires visitent le littoral algérien.

D'autre part, les navires océaniques provenant de l'océan Atlantique, de la mer du Nord et de la mer Baltique entrent dans la mer Méditerranée par le détroit de Gibraltar. Même si le contact avec la mer Baltique est faible (1,2% des arrivées), cette région est responsable de l'introduction d'organismes dans la Méditerranée (Gomoiu, 2002; Alexandrov et *al.*, 2002). En

outre, compte tenu du fait que certains navires transitent à travers le détroit avec une fréquence de plusieurs fois par année (le cas dans cette étude), cela augmente la possibilité des introductions (Flagella et *al.*, 2006).

La Physiologie des dinoflagellés leur permet de survivre pendant seulement 2 à 4 jours dans l'obscurité, ensuite ils passent à un mode trophique alternatif (mixotrophie ou phagotrophie), mort ou enkystement (Hallegraeff et Bolch, 1992). La phagotrophie est un phénomène répandu chez les espèces du genre *Alexandrium*. En effet, des bactéries et des flagellés ont été observés dans les vacuoles d'*Alexandrium* d'après Jeong et *al.*, (2004).

Dans le même contexte, Jeong et *al.*, (2010) ont révélé que le taxon *Alexandrium* est doté d'une capacité à ingérer les bactéries et les cyanobactéries hétérotrophes, les cryptophytes, certaines diatomées. Elle a une capacité très développée à sélectionner et capturer les proies et dispose d'un mucus toxique permettant d'immobiliser les proies pendant 4h, ce qui lui confère une augmentation de son taux de croissance (Blossom et *al.*, 2012).

Cependant, l'abondance d'organismes rencontrés dans les eaux de ballast dépend non seulement de la durée du voyage, mais aussi liée à la densité des régions sources, et partiellement par mortalité des espèces en raison de la longueur du voyage (Klein, 2010; MacIntosh et *al.*, 2010). Les taxons du phytoplancton trouvés dans les eaux de ballast des navires entrant dans le port de Bejaia étaient taxonomiquement assez diversifiés et sont caractérisés par la présence des espèces cosmopolites déjà signalées dans les côtes algériennes. Malgré ces limitations, ces taxons trouvés dans les eaux de ballast n'ont jamais été observés dans la région de Bejaia, sans études plus poussées et approfondies il est très difficile de conclure sur le statut de ces espèces. Cependant, ces taxons étaient identifiés d'un navire méditerranéen, cela suggère qu'ils peuvent être présents dans la zone d'étude, mais qu'ils n'ont pas été détectés par manque d'étude sur le phytoplancton à ce jour.

Selon les modèles de chargement, les différents réservoirs peuvent contenir l'eau provenant de différents ports ou des mélanges de plus d'un port (Hallegraeff, 1998). L'origine de ces taxons nocifs trouvés dans la présente étude est incertaine à cause des difficultés à identifier précisément l'origine géographique de l'eau transportée par ces navires. Ceci est amplifié par le fait que l'échange d'eau de ballast est souvent effectué dans différents ports (Aguirre-Macedo, 2008; Vidal-Martinez et *al.*, 2008) le long de la route. En plus, l'introduction d'espèces à partir d'un port donneur est un processus en plusieurs étapes ; les espèces doivent passer par des phases distinctes qui agissent comme des barrières successives avant d'atteindre avec succès le port de réception. Chaque phase que l'espèce doit passer pour atteindre la prochaine étape est associée à une probabilité indépendante d'échec.

L'eau de mer chargée dans les réservoirs de ballast d'un navire donné au port de départ ne doit pas être complètement déchargée au premier port d'escale, puisque des décharges partielles se produisent dans des ports successifs lors du réglage du ballast pour équilibrer le poids du navire pendant le chargement ou le déchargement de la cargaison (Dobler, 2002).

La présence des deux espèces toxiques *Alexandrium sp.* et *Dinophysis acuminata* méritent d'être soulignées, ce sont des espèces qui ont une répartition dans les tempérées chaudes à froides. Ces espèces semblent élargir leurs aire de distribution et elles se trouvent généralement dans les régions tempérées (Kudela, 2008; Ryan et *al.*, 2008). Le changement climatique peut faciliter l'introduction de ces espèces toxiques (Dukes et Mooney, 1999; Vitousek et *al.*, 1997), ce qui augmente le risque d'introduction d'espèces nocives dans les eaux côtières méditerranéennes et algériennes.

IV.1.1 Les Dinoflagellés et le genre *Alexandrium*

IV.1.1.1 Les Dinoflagellés

Les Dinoflagellés constituent un groupe de phytoplancton unicellulaire eucaryote, possédant des flagelles. Les espèces les plus toxiques font partie de ce groupe. (Zingone et Enevoldsen, 2000). Les conditions oligotrophes de la mer Méditerranée favorisent la prolifération des dinoflagellés qui sont des organismes typiques des eaux pauvres en nutriments (Maso et Garcés, 2006).

IV.1.1.1.a Le genre *Alexandrium*

Les espèces de Dinoflagellés du genre *Alexandrium* comptent parmi les espèces les plus étudiées sur le plan taxonomique, biogéographique, génétique, toxicologique, physiologique, écologique et la gestion des risques, plusieurs études et programmes de surveillance ont été développées afin de prévoir et gérer les efflorescences, les marées rouges et les risques potentiels pour la santé. Actuellement, ce genre comprend 31 espèces. Plusieurs d'entre elles ont été décrites avec des noms différents du genre tels que *Gonyaulax*, *Protogonyaulax*, *Gesmerium*, *Goniodoma* et *Pyrodinum* (Fertouna, 2014).

Le pourtour méditerranéen est largement concerné par l'expansion des espèces phytoplanctoniques invasives responsables d'efflorescences nuisibles (Penna et *al.*, 2005; Molnar et *al.*, 2008). Cette espèce a provoqué un bloom à Annaba en (2002) pour la première fois (Frehi et *al.*, 2007), et en 2010 ou elle a provoqué une efflorescence majeure, et elle a été signalée dans les côtes algéroises par Illoul.

L'espèce *Alexandrium sp.* produit des toxines paralysantes (PSP : Paralytic Shellfish Poison) qui provoquent chez le consommateur de coquillages contaminés une intoxication dont les effets apparaissent en moins de 30 minutes : fourmillements et picotements, engourdissement des extrémités, vertiges et, dans les cas les plus graves, paralysie des muscles respiratoires pouvant conduire à la mort (rare). Actuellement, il n'existe aucun traitement à ces troubles. Les toxines s'attaquent au système nerveux de la personne qui les consomme, mais n'ont

pratiquement aucun effet sur les coquillages. Généralement, *Alexandrium* apparaît dans les baies fermées et les estuaires.

L'espèce *Dinophysis acuminata* contient des toxines (DSP : Diarrhetic Shellfish Poison) qui s'accumulent dans la chair des coquillages (moules, palourdes, coquilles Saint-Jacques, huîtres...). Même si ces coquillages ne semblent pas perturbés par la présence de cette microalgue toxique, ils sont néanmoins impropres à la consommation, entraînant chez l'homme des troubles gastro-intestinaux. Les symptômes apparaissent 12 heures après ingestion et provoquent diarrhées, douleurs abdominales et parfois vomissements. Cette espèce devient toxique à des densités très faibles (moins d'une cellule/ml d'eau).

IV.1.1.1.b Les diatomées

Les diatomées apparaissent en grand nombre partout où il existe de l'eau de mer ou de l'eau douce. Ce sont des algues microscopiques dont la taille varie de 3 µm à 1 mm environ, constituée d'une cellule unique vivant seule ou en chaîne. Les formes variées servent par ailleurs à leur classification, pouvant être "centrique" (rondes à symétrie centrale- forme généralement flottante), ou "pennées" (longues à symétrie bilatérale- vivant généralement au fond ou à proximité du rivage) (Grimes, 2004).

IV.2 Vecteurs de transferts probables des espèces identifiées à l'île Plane

Tableau 4: Les espèces introduites trouvées sur île Plane

Espèces	Groupe	Origine	Mode d'introduction	
			Eau de ballast	Coque des navires
<i>Codium fragile</i>	Chlorophyte	Japon	Fixée sur les coque de navires pendant la guerre mondiale (Frai Bachet et <i>al.</i> , 2004/2007)	
<i>Bugulina stolonifera</i>	Bryzoaire	Indo Pacifique		Fouling (Gauthier, 1955 as <i>Bugula avicularia</i>)
<i>Amathia verticillata</i>	Bryzoaire	Indo Pacifique		Fouling (Ramos et <i>al.</i> , in PNUE/PAM-CAR/ASP, 2016)
<i>Percnon gibbesi</i>	Crustacé	Atlantique Ouest	Bouzaza in Katsanevakis et <i>al.</i> , (2011)	
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Polychète	Inconnu	Transport des larves par les eaux de ballasts, l'encrassement des coques et les ports de plaisance (Grimes, 2010)	
<i>Oculina patagonica</i>	Cnidaire	Sud-Ouest Atlantique		(Sartoretto et <i>al.</i> , 2008)
<i>Bursatella leachii</i>	Mollusque	Circumtropical	Lamouti et Bachari in Eleftheriou et <i>al.</i> , (2011)	
<i>Ulva lactuca</i>	Chlorophyte	Indo Pacifique	Steinheil (1834) (Montagne, 1846) as <i>U. fasciata</i>	
<i>Polysiphonia atlantica</i>	Rhodophyte	Nord Atlantique et Nord Pacifique	Verlaque et <i>al.</i> , (2015)	
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	Rhodophyte	Indo Pacifique	(Boudouresque, 1969) as <i>Trailiella intricata</i>	
<i>Antithamnionella elegans</i>	Rhodophyte	Japon	Shipping (Mazoyer et Feldmann, 1937)	
<i>Anotrichium furcellatum</i>	Rhodophyte	Pacifique	Durieu in Feldmann (Mazoyer et Meslin, 1939) as <i>A. furcellatum</i>	
<i>Acanthophora nayadiformis</i>	Rhodophyte	Indo Pacifique	Shipping (Mazoyer et Feldmann, 1937) (Seridi, 1990)	
<i>Caulerpa cylindracea</i>	Rhodophyte	Indo Pacifique	(Ould Ahmed et Meinesz, 2007) as <i>C. racemosa</i> var. <i>cylindracea</i>	

- ***Codium fragile*** : est considérée comme hautement invasif, originaire du Japon, elle a été introduite dans nombre de mers chaudes et froides. elle s'est d'abord répandue en Méditerranée (côtes espagnoles et françaises, Corse incluse, dans l'Adriatique et la partie européenne de la Turquie), et a probablement pénétré en Méditerranée au cours de la deuxième guerre mondiale fixée sur les coques des navires en provenance de l'Atlantique. *Codium fragile* s'est largement répandue en Méditerranée occidentale (Frai Bachet et al., 2004/2007).
- ***Bugulina stolonifera*** : c'est une espèce introduite en Méditerranée accidentellement par l'encrassement des navires, elle a été signalée dans les côtes françaises ou elle a été introduite via les coques des navires par Hondt et Cazaux en (1994).
- ***Amathia verticillata*** : c'est une espèce invasive. Elle a été observée en Polynésie française, sur les côtes californiennes, dans l'ouest Atlantique, dans les Caraïbes, aux Bermudes, en Méditerranée et proche Atlantique (lagunes littorales). En Méditerranée, elle a été signalée pour la première fois dans le golfe de Naples (Delle Chiaje, 1822) et elle est bien connue dans les pays suivants: Algérie, Égypte, France, Tunisie (Marchini, 2015; Ferrario et Minchin, 2015). son origine a été confirmée que récemment qu'elle provenait des Caraïbes (Galil et Gevili, 2014) et elle est introduite par l'encrassement des coques des navires.
- ***Percnon gibbesi*** : l'espèce a pénétré récemment en Méditerranée où elle est considérée comme introduite et envahissante (Relini et al., 2000; Galil et al., 2002; Deudero et al., 2005; Otero et al., 2013). Elle a été signalée en Tunisie (Orueta et Limam 2004; Sghaier et al., 2011 ; Otero et al., 2013) et dans le secteur du Maroc aux îles Chafarinas (Sánchez-Tocino et al., 2014). Elle s'est donc répandue très rapidement et en une décennie, elle est devenue présente dans presque toute la Méditerranée (Katsanevakis, 2011). L'introduction a pu se faire via les ballasts des bateaux ou avec des salissures sur les coques (Galil, 2006).
- ***Ficopomatus enigmaticus*** : cette espèce introduite est présente en Méditerranée. Camus et al., (2000), elle a été introduite dans de nouveaux habitats par transport des larves dans les ballasts des navires, par les salissures sur les coques des navires de commerce ou de plaisance. Comme cette espèce est tolérante aux variations de salinité, et de croissance rapide avec une forte fécondité elle colonise rapidement les milieux favorables.
- ***Oculina patagonica*** : c'est une espèce invasive qui a été introduite en Méditerranée via les coques des navires (Helmut, 1974). Elle a été signalée à Alger (Benabdi et Bachetarzi, 2015).

- ***Bursatella leachii*** : c'est une espèce qui est probablement lessepsienne, est présente en Méditerranée notamment orientale, cette espèce introduite par l'encrassement des navires a été plus largement signalée du bassin levantin (Liban, Turquie...) jusqu'à la péninsule italienne (Malte, Grèce, Slovénie, Sicile...), et en Algérie par Lamouti et Bachari (2011).
- ***Ulva lactuca*** : c'est une espèce introduite par les eaux de ballasts, originaire d'Indo Pacifique, elle a été signalée à Alger Steinheil (1834), Montagne (1846) as *U.fasciata* en 1834.
- ***Polysiphonia atlantica*** : d'origine Nord atlantique et nord pacifique Cette espèce a été introduite en Europe via le commerce des huîtres, mais aussi par les salissures des coques de bateau et les eaux de ballasts.
- ***Bonnemaisonia hamifera*** : espèce introduite d'origine indo pacifique, elle a été signalée sur toutes les côtes bretonnes (France), ou elle a été introduite par l'encrassement des navires.
- ***Antithamnionella elegans*** : elle a été décrite en (1882) en Méditerranée, originaire du Japon, elle a probablement été introduite par les salissures des coques de bateaux et par leurs amarres. Il est également possible qu'elle ait été introduite et/ou dispersée via le commerce des huîtres. Le fait qu'elle puisse se développer sur des déchets flottants aide sa dispersion. Une fois introduite, elle se développe relativement rapidement grâce à la multiplication végétative.
- ***Anotrichium furcellatum*** : espèce introduite originaire du Pacifique, présente en Méditerranée, ou elle a été introduite par les coques des navires dans les côtes bretonnes (France).
- ***Acanthophora nayadiformis*** : une espèce lessepsienne qui a été introduite en Méditerranée via les eaux de ballasts. Elle a été signalée pour la première fois en (1801), d'après D'après Ribera et Boudouresque (1995), complété par les données de Sartoni (1985), Athanasiadis (1996), Ballesteros et Rodriguez-Prieto (1996), Cabioch et al., (1997), Sartoni et Rossi (1998), Verlaque et Bernard (1998), Bitar et al., (2000), Lakkis et Novel-Lakkis (2000), Occhipinti Ambrogi (2000), Verlaque (2001, 2002), Boudouresque et Verlaque (2002) et Verlaque et al., (2002), Kim et al., (2003), Boudouresque et Verlaque (2010) et Boudouresque et al., (2011).
- ***Caulerpa cylindracea*** : elle a été Introduite en Méditerranée vers la fin du XXe siècle. Cette espèce fut relâchée accidentellement à l'état de spores par l'aquarium de Monaco où elle était cultivée. Repérée en 1984 en face du Musée Océanographique de Monaco, elle occupait à l'époque 1 m². En 2004, elle occupait 5 000 ha, le long des côtes de la France,

de l'Italie, de la Croatie, de l'Espagne, des Baléares et de la Tunisie jusqu'à 100 m de profondeur (première observation en Libye en 1990), elle a envahi tout le bassin méditerranéen ainsi que les îles de l'Atlantique proche (Canaries), elle a été introduite par les eaux de ballasts en Méditerranée D'après Ribera et Boudouresque (1995), complété par les données de Sartoni (1985), Athanasiadis (1996), Ballesteros et Rodriguez-Prieto (1996), Cabioch et *al.*, (1997), Sartoni et Rossi (1998), Verlaque et Bernard (1998), Bitar et *al.*, (2000), Lakkis et Novel-Lakkis (2000), Occhipinti Ambrogi (2000), Verlaque (2001, 2002), Boudouresque et Verlaque (2002) et Verlaque et *al.*, (2002), Kim et *al.*, (2003), Boudouresque et Verlaque (2010) et Boudouresque et *al.*, (2011).

IV.3 Trafic maritime

La Méditerranée est une mer semi fermée, dont le renouvellement des eaux est très lent (100ans), elle compte 30% du trafic mondial pour 1% de la surface des océans. Elle est reliée par un commerce maritime considérable avec la plupart des régions mondiales, notamment avec l'Atlantique du Nord-est qui représente la grande part (plus de 55%) des entrées à la zone Méditerranéenne. Ce chiffre est sous-estimé, car les navires se dirigeant vers la mer Noire en provenance de la mer Baltique via les voies navigables de la mer du Nord via le canal Rhin-Danube sont aussi à ne pas négliger (CIESM, 2002).

Les côtes algériennes se trouvent à proximité de la principale route maritime de navires citernes en mer Méditerranée (20 milles marins) par laquelle transitent environ 10000 navires /an et 150 Millions de tonnes de pétrole. Les grands navires porte-conteneurs suivent principalement la direction Est Ouest, en partant de l'Asie et en se dirigeant vers l'Europe du Nord, ou font du "transbordement" dans les ports équipés avec des unités plus petites. L'Algérie est un pays mono-exportateur, les hydrocarbures (surtout gaz) ont un poids écrasant dans son économie, il est considéré comme un fournisseur privilégié des pays européens, le gaz transite principalement par les ports d'Arzew et Skikda (Mohamed-Chérif et Ducruet, 2011).

Les espèces introduites des régions méditerranéennes ont une probabilité d'introduction significative due aux courtes distances et le stress environnemental relativement faible. Le passage de navires de ces régions aux ports de destination se déroule sur des routes maritimes très proches de la côte. Cette navigation côtière empêche l'espèce de passer en haute mer, leur donnant plus de chances de survivre (Bouda et *al.*, 2018).

Le volume de ballast rejeté peut être utilisé en tant que paramètre afin de connaître le taux d'espèces entrées, ceci est compatible avec certain étude antérieures (David et *al.*, 2012; Gollasch et *al.*, 2011). Le volume des eaux de ballast déversé à l'intérieur du port de Bejaia varie selon le type de navire.

Il existe une norme de renouvellement des eaux de ballast et une norme de qualité des eaux de ballast. Le renouvellement des eaux de ballast permet de satisfaire à la norme de qualité des eaux de ballast, selon les règles de la convention internationale de gestion des eaux de ballast, les navires qui procèdent au renouvellement des eaux de ballast doivent obtenir un renouvellement volumétrique effectif d'au moins 95 % des eaux de ballast. Dans le cas des navires qui procèdent au renouvellement des eaux de ballast par pompage, le renouvellement par pompage de trois fois le volume de chaque citerne à ballast doit être considéré comme satisfaisant à la norme décrite. Le pompage de moins de trois fois le volume peut être accepté à condition que le navire puisse prouver qu'un renouvellement volumétrique de 95 % est obtenu (OMI, 2017). La nécessité d'actions coordonnées pour faire face à ce problème a été exprimée aux plus hauts niveaux politiques. Cela a été accompli dans le développement sous les auspices de l'Organisation maritime internationale (OMI), dont le but ultime est de réduire la quantité d'organisme viable libéré dans un nouvel environnement.

IV.4 Le système d'observation et de suivi des eaux de ballasts

En février 2004, l'OMI a adopté la Convention internationale pour le contrôle et la gestion des eaux de ballast et des sédiments des navires. en vertu de cette convention, un plan spécifique de gestion et des pratiques complémentaires des eaux de ballasts pour chaque navire(règlement B-1) ainsi qu'un registre des opérations liées aux eaux de ballasts (moment de ballastage, traitements, accidents et moment de déballastage) (règlement B-2), ont été établis.

Règlement B-1

Chaque navire doit avoir à bord et mettre en œuvre un plan de gestion des eaux de ballast. Ce plan doit être approuvé par l'Administration chargée de la mer compte tenu des directives élaborées par l'Organisation. Le plan de gestion des eaux de ballast doit être spécifique à chaque navire et doit au moins :

- Décrire en détail les procédures de sécurité que le navire et l'équipage doivent suivre pour la gestion des eaux de ballast conformément à la présente Convention.
- Fournir une description détaillée des mesures à prendre pour mettre en œuvre les prescriptions relatives à la gestion des eaux de ballast et les pratiques complémentaires de gestion des eaux de ballast qui sont énoncées dans la présente Convention.
- Décrire en détail les procédures d'évacuation des sédiments : en mer et à terre.
- Décrire les procédures de coordination de la gestion des eaux de ballast à bord qui impliquent le rejet en mer, avec les autorités de l'état dans les eaux duquel ce rejet sera effectué.
- Désigner l'officier de bord chargé d'assurer la mise en œuvre correcte du plan.

Règlement B-2

- Chaque navire doit avoir à bord un registre des eaux de ballast qui peut être sur support électronique ou faire partie d'un autre registre ou système d'enregistrement et qui doit contenir au moins les renseignements spécifiés à l'annexe.
- Les mentions portées sur le registre des eaux de ballast doivent être conservées à bord pendant une période minimale de deux ans à compter de la dernière inscription, puis sous le contrôle de la compagnie pendant une période minimale de trois ans.
- En cas de rejet d'eaux de ballast, les circonstances et les motifs du rejet doivent être indiqués dans le registre des eaux de ballast.
- Le registre des eaux de ballast doit être conservé de manière à être aisément accessible aux fins d'inspection à tout moment raisonnable et, dans le cas d'un navire remorqué sans équipage, peut se trouver à bord du navire remorqueur.
- Chacune des opérations concernant la gestion des eaux de ballast doit être intégralement et dès que possible consignée dans le registre des eaux de ballast. Chaque mention doit être signée par l'officier responsable de l'opération en question et chaque page, lorsqu'elle est terminée, doit être signée par le capitaine.

Il faut que d'autres programmes de recherche puissent également entreprendre des expériences de culture pour évaluer le risque d'introduction des espèces invasives. En conséquence, plus d'espèces peuvent être identifiées, en particulier lorsque les expériences de culture entraînent la germination des cellules en stade de repos qui sont généralement très difficiles à identifier au niveau de l'espèce dans ses stades dormants. Les futures études peuvent également envisager l'étude de l'écophysiologie pour analyser les limites de survie des espèces dans les citernes de ballast et quand elles seront libérées dans de nouveaux environnements dans le but d'évaluer du risque d'invasion potentielle dans de nouveaux habitats.

Le nombre élevé d'organismes et de taxons présents dans l'eau de ballast et les conditions abiotiques très similaires de l'eau de ballast déchargée dans les ports algériens ont une probabilité de survie des organismes dans le nouvel environnement. Ces préoccupations soulignent le besoin de gestion de l'eau de ballast pour réduire le risque d'invasions des futures d'espèces.

Plusieurs stratégies ont été développées afin de minimiser les risques d'introduire des espèces non indigènes via les eaux de ballast:

- Minimiser l'embarquement d'organismes dans les citernes à ballast. Le fait d'éviter le pompage d'eaux de ballast dans les eaux troubles et peu profondes, par exemple celles où les hélices peuvent soulever des sédiments, et éviter d'en pomper la nuit quand beaucoup d'organismes migrent verticalement pour se nourrir réduit le nombre d'organismes qui entrent dans les citernes à ballast.

- Retirer les sédiments des ballasts. Le nettoyage de routine des citernes à ballasts et le retrait des sédiments au milieu de l'océan ou dans des infrastructures spécifiques dans les ports réduit le nombre d'organismes qui sont transportés.
- Eviter le déversement non nécessaire des eaux de ballast. Là où les manœuvres de cargo réclament le pompage et le déversement à l'intérieur d'un port, l'eau pompée dans une autre région ne devrait si possible pas être déchargée.
- Les échanges d'eaux de ballast. Les eaux de ballast peuvent être échangées entre les ports, au milieu de l'océan et dans les eaux profondes, afin de réduire le risque que les organismes transportés dans l'eau ne trouvent un environnement propice lors du déchargement.
- Le traitement des eaux de ballast. Plusieurs méthodologies qui cherchent à retirer les organismes des eaux de ballast ou à les rendre inoffensifs pendant qu'ils sont dans les citernes et dans les navires sont en développement ou à l'étude. Cela inclut le traitement mécanique (par filtre), le traitement physique (p.ex. par les ultraviolets, les ultrasons ou le traitement thermique), le traitement chimique (p.ex. par l'usage de désinfectants ou de biocides), le traitement biologique, ou la combinaison de ceux-ci.
- Le déversement dans les installations de réception. Le déversement des eaux de ballasts dans les installations de réception empêche que les organismes transportés dans les eaux de ballast ne soient déversés dans la nature.

L'analyse menée dans le cadre du présent mémoire montre qu'il n'existe aucun dispositif au niveau national pour le suivi des eaux de ballast notamment sur la compositions florofaunistiques de ces eaux et leur capacités à transférer des espèces « exogènes » au bassin algérien, même si selon le journal officiel de la république algérienne n°01 (2002), les opérations de déballastage des navires dans le port ne sont autorisées par les services habilités de l'autorité portuaire que pour des cas particuliers, après vérification par ces derniers ou par un expert désigné par l'autorité portuaire, que ces eaux de ballast sont propres au regard de la réglementation en vigueur en la matière. Dans le cas contraire, les opérations de déballastage ne peuvent être effectuées que dans les installations prévues à cet effet et avec l'autorisation de l'autorité portuaire, il faut aussi la surveillance et le contrôle des opérations de chargement et de déchargement, de lestage et de délestage, de déballastage et de dégazage.

Selon les résultat des échanges et décisions du rapport sur le séminaire national sur la convention pour la gestion des eaux de ballast organisé à Bou Ismail (Algérie) en 2013 :

- Identification d'un organe de coordination : Direction de la Marine marchande et des Ports du Ministère des Transports algérien.
- Établissement d'un formulaire de compte rendu sur les eaux de ballast dans certains ports algériens pour collecter des données utiles à l'orientation des décisions.
- Information et formation des Officiers de Contrôle de l'État du Port.
- Identification d'instituts de recherche en charge d'étudier le problème des espèces exogènes invasives et lancement d'une étude de référence.
- Prise en compte du problème et des difficultés de prélèvement d'échantillons.
- Transfert des connaissances acquises aux autres administrations concernées.
- Sensibilisation du public et des politiques au moyen d'une stratégie de communication.

IV.4.1 Proposition d'un système d'observation et de suivi

Cette partie du mémoire a pour ambition de proposer un dispositif national de suivi et de surveillance des eaux de ballast.

Tableau 5 : Protocole de surveillance du phytoplancton des eaux de ballast.

Composante	Description	Justificatif (s)
Ports à suivre	Port d'Alger, de Bejaia, d'Annaba, de Skikda et d'Oran.	Ce sont les ports les plus grands et les plus actifs en Algérie, le trafic de ces ports comprend un grand nombre de navires de grand tonnage, avec des surfaces d'encrassement biologique très importantes, représentant un risque d'introduction d'espèces exotiques dans ces régions particulières
Fréquence du suivi	Selon l'OMI, il est demandé de réaliser deux (2) séries d'échantillonnages, la première au printemps, la seconde en fin d'été. Et en Janvier sur les côtes algériennes.	En raison de la saisonnalité et du cycle de vie des différentes espèces. L'échantillonnage doit avoir lieu durant au moins deux saisons. En l'absence d'informations antérieures sur les espèces présentes.
Cibles du suivi	<p>Priorité 1: Méditerranée (Nord, Est)</p> <p>Priorité 2: Les bateaux en provenance des zone hors de la Méditerranée (exemple : Argentine, Brésil, Australie, USA, Canada, etc.</p>	Les navires méditerranéens présentent des espèces supérieures que leurs homologues océaniques, car la moyenne de séjour des eaux de ballast dans les navires océaniques est plus grande que celle des navires méditerranéens et qui va causer la mortalité des cellules en raison de la longueur du voyage. Les espèces introduites des régions méditerranéennes ont une probabilité d'introduction significative due aux courtes distances et le stress environnemental relativement faible. Le passage de navires de ces régions aux ports de destination se déroule sur des routes maritimes très proches de la côte. Cette navigation côtière empêche l'espèce de passer en haute mer, leur donnant plus de chances de survivre (Bouda <i>et al.</i> , 2018)
Nombre d'échantillons par bateau	Pour le phytoplancton il est nécessaire de filtrer entre 10 litres et 1 m ³ à 20 μ .	Plus les volumes prélevés sont élevés, meilleure est la sécurité d'estimation du volume total (Wright, 2012).
Nombre de répliquas par échantillons	Minimum 10 par flacon.	Pour identifier plus d'espèces
Moyens à mobiliser	Pompes à alimentation autonome	De préférence non vulnérantes pour les organismes à récolter.
	Lugol	Pour fixer les espèces (conservation des échantillons dans un état qui permet de le reconnaître).
	Tamis ou filets (20 μ m pour le phytoplancton et un filet de 200 μ m pour le zooplancton)	Pour concentrer le volume prélevé afin de le rendre transportable.
	Les flacons peuvent être en polyéthylène (PE), en verre ou en chlorure de polyvinyle (PVC) Convenablement étiquetés (date, heure, nom et numéro du navire, numéro ou type de citerne, agent de conservation si utilise)	De préférence utiliser les flacons en verre ou en PVC, car les flacons en PE présentent l'inconvénient d'absorption de l'iode qui peut diffuser lentement à travers la paroi du flacon, laissant l'échantillon dans un état de non-conservation.

Tableau 5 : Protocole de surveillance du phytoplancton des eaux de ballast (suite).

Composante	Description	Justificatif (s)
		Toutefois, en ce qui concerne le stockage, il est possible d'utiliser des flacons en PE lors du prélèvement puis de transférer l'échantillon dans un flacon de verre ou de PVC pour le stockage
	Les flacons, bouteilles ou bidons seront transférés le plus rapidement possible vers la ou les structures d'analyse, toujours en froid positif (4° C) et à l'obscurité.	Parce que le lugol s'oxyde au contact avec la lumière et donc son pouvoir fixateur baisse.
Les laboratoires concernés	Port d'Alger : ENSSMAL Port d'Annaba: Laboratoire de bioressource marine (université d'Annaba) Port d'Oran: Laboratoire de Biologie et pollution marines (université d'Oran) Port de Béjaia: Laboratoire de biologie, botanique, zoologie	Disposant des ressources humaines et de moyens nécessaires pour mener des analyses sur les espèces des eaux de ballast. Des collaborations scientifiques doivent être initiées entre ces entités pour améliorer le dispositif national de monitoring et l'élargir aux autres établissements universitaires. Des collaborations avec des entités scientifiques doivent également être engagées, notamment sur les aspects où il y'a un déficit en expertise au niveau national, comme l'identification des kystes, des œufs et des larves.
Espèces à rechercher en priorité	Les bactéries. Les kystes de résistance Les formes végétatives Les poissons Les crustacés Les macrophytes Les invertébrés marins	Toutes les espèces qui pourront être par la suite envahissantes et qui causeront des dégâts à l'économie côtière ou à la santé publique

V. Conclusion

V. Conclusion

Ce travail fut principalement motivé par l'augmentation du transfert d'espèces non-indigènes entre différentes régions du monde, dont la Méditerranée et la méconnaissance de l'introduction d'espèces phytoplanctoniques par les navires commerciaux qui visitent les côtes algériennes. Le présent travail constitue la deuxième contribution en Algérie sur le rôle du trafic maritime dans l'introduction d'espèces via les eaux de ballast, et le premier travail qui traite l'introduction des espèces par les eaux de ballast et l'encrassement des navires dans la région centre (port de Bejaia). Le premier travail sur ce sujet a été conduit par Cheniti en (2018) sur le port d'Annaba

Comparativement à Cheniti qui a exploré 25 navires en 2018; ce qui lui a permis d'identifier 78 espèces parmi lesquelles 11 taxons toxiques, nous avons, pour notre part, à partir des échantillons prélevés sur le navire "OHIO NASSAU" pu identifier 12 espèces. Les espèces identifiées se répartissent entre deux groupes phytoplanctoniques : sept espèces de dinoflagellés et cinq espèces de diatomées. Parmi ces espèces, deux sont classées toxiques, en l'occurrence *Alexandrium sp.* et *Dinophysis acuminata* et ont déjà été signalées dans la baie d'Alger (illoul et al., 2008) et dans la baie d'Annaba (Frehi et al., 2007) .

Plusieurs aspects n'ont pas pu être traités par cette recherche et plusieurs questions restent ouvertes. Cependant, nos résultats et nos conclusions suggèrent que la méthode de contrôle et de suivi des espèces phytoplanctoniques évoquée dans ce travail doit faire partie des prérogatives et des priorités à mettre en œuvre compte tenu des impacts potentiels de ces arrivées d'espèces sur l'écologie du bassin Algérie et sur les activités économiques maritimes, en particulier la pêche, l'aquaculture et le tourisme balnéaire.. Ce contrôle doit inclure, à long terme, les bactéries, les kystes de résistance, les formes végétatives, les poissons, les crustacés, les macrophytes et les invertébrés marins. Bien que la pression de propagule puisse diminuer avec la mise en œuvre de la convention sur la gestion de l'eau de ballast de l'OMI entrée en vigueur en septembre 2017 (OMI, 2017), en précisant clairement des normes robustes pour la gestion des eaux de ballast à bord des navires

Dans des études récentes, le processus de renouvellement de l'eau de ballast, tel que prévu par la convention de gestion d'eau de ballast, est pris en considération pour estimer la probabilité des espèces arrivées (Bailey et al., 2013). Actuellement, la réglementation algérienne n'exige pas le renouvellement d'eau de ballast en haute mer. Malheureusement, aucun contrôle de ballast ne se fait au niveau des ports et les stations de déballastage qui existent dans les ports algériens ne sont pas fonctionnelles.

Dans le cadre du présent mémoire de fin d'étude, nous avons essayé de comprendre quelles sont parmi les espèces qui ont été signalées sur l'île Plane dans la wilaya d'Oran qui auraient pu être introduites par les eaux de ballasts et l'encrassement des navires en se basant sur la bibliographie. Ceci pourrait également constituer éventuellement une preuve de déballastage des navires au large, la surveillance des navires pendant leurs traversées est essentielle, Malheureusement, actuellement il n'y a pas de règlement ou un contrôle d'échange d'eau de ballast ni dans le port de Bejaia ni dans d'autres ports algériens.

Quatorze espèces échantillonnées et identifiées dans l'île Plane montrent qu'elles sont introduites par les eaux de ballast et l'encrassement des navires, dus aux flux de vecteurs qui

sont forts, par le déballastage des navires au large, ce qui confirme l'hypothèse des navires océaniques et méditerranéens qui visitent les ports algériens et qui ne respectent pas les réglementations algériennes et font le déballastage au large de nos côtes. Concernant la provenance de ces espèces invasives, il est révélé qu'un lot important vient de l'Indo Pacifique par le canal de Suez.

La solution technique la plus simple, et pour l'instant la seule appliquée, est le rinçage des ballasts en haute mer, en faisant route, partant du principe que les organismes vivants aspirés sur les côtes et estuaires ne survivront pas en haute mer, milieu pauvre en nutriments et aussi en organismes. S'inspirer du cas des quais pétroliers ou il devrait être envisagé une installation des bassins de dimensions appropriés, équipés de filtres spéciaux, de systèmes de neutralisation (UV), et/ ou également de traitements chimiques pouvant ainsi contrôler la dispersion des organismes introduits ou pathogènes dans les écosystèmes côtiers.

Il convient de poursuivre les études scientifiques et techniques sur ce sujet (comportement des organismes nuisibles dans les ballasts, techniques de traitement ou de gestion de l'eau, etc), des mesures doivent être prises rapidement avant qu'un pathogène majeur ou une espèce envahissante ne cause des dégâts à l'économie côtière ou à la santé publique, pour cela on a évoqué un système de suivi et de surveillance des espèces phytoplanctoniques, l'intérêt de cette approche consiste à cibler les espèces à surveiller (telles que les dinoflagellés toxiques), en suivant les ports (Alger, Oran, Bejaia et Annaba), l'origine du navire... Des collaborations avec des entités scientifiques doivent également être engagés, notamment sur les aspects où il y'a un déficit en expertise au niveau national, comme l'identification des kystes, des œufs et des larves.

Nous recommandons que d'autres programmes de recherche puissent également entreprendre des expériences de culture pour évaluer le risque d'introduction des espèces invasives. En conséquence, plus d'espèces peuvent être identifiées. Les futures études peuvent également envisager d'analyser les limites de survie des espèces dans les citernes de ballast et quand elles seront libérées dans de nouveaux environnements dans le but d'évaluer du risque d'invasion potentielle dans de nouveaux habitats.

Le nombre élevé d'organismes présents dans l'eau de ballast déchargées et les conditions abiotiques du Port de Bejaia qui pourront être favorable pour la survie des organismes dans le nouvel environnement, soulignent le besoin d'une bonne gestion de l'eau de ballast pour réduire le risque d'invasions des futures d'espèces.

VI. Références Bibliographiques

VI. Bibliographie

- Anderson, D.M., 1998. Physiology and bloom dynamics of toxic *Alexandrium* species, with emphasis on life cycle transitions, 29-48 pp.
- Antit, M., et al., 2011 . "One hundred years after Pinctada: an update on alien Mollusca in Tunisia." *Mediterranean Marine Science* **12**(1) : 53-74.
- Armi, Z., et al., 2011. "Alexandrium catenella and Alexandrium tamarense in the North Lake of Tunis: bloom characteristics and the occurrence of paralytic shellfish toxin." *African journal of aquatic science* **36**(1) : 47-56.
- A.Q.I.S (Australian Quarantine and Inspection Service), 1993. Shipping ballast water trials on the bulk carrier M.V. "Iron Whyalla" AQIS. *Ballst Water Resherch Series*, report2, 123pp.
- Beisel, J.N., Levêque C., 2009. Les eaux douces propices aux invasions. *Dossier pour la science*, N°65 Octobre décembre.
- Blossom, E.H., Niels, D., Perjuel, H., 2012. Toxic mucus traps: A novel mechanism that mediates prey uptake in the mixotrophic dinoflagellate *Alexandrium pseudogonaulax*. *Harmful Algae* **17**: 40-54.
- Bouda, A., et al., 2016. "Design of a risk assessment methodology for the introduction of invasive species from ship ballast waters : The case of Arzew port." *Management of Environmental Quality: An International Journal* **27**(5) : 474-490.
- Bouda, A., et al., 2018. "Risk Analysis of Invasive Species Introduction in the Port of Arzew, by Calculation of Biofouling Surface on Ships' Hulls." *Environmental Modeling & Assessment* **23**(2) : 185-192.
- Bourgeois, M., et al., 2001. Évolution du trafic maritime en provenance de l'étranger dans le Saint-Laurent de 1978 à 1996 et implications pour les risques d'introduction d'espèces aquatiques non indigènes, Ministère des Pêches et des Océans.
- Carlton, J.T., 1985. Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast." *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **23** : 313-371.
- Carlton, J.T., 1996. "Biological invasions and cryptogenic species." *Ecology* **77**(6) : 1653-1655.
- Carlton, J.T., 2001. Introduced Species in US Coastal Waters: Environmental Impacts and Management priorities. Pew Oceans Commission, Arlington.

- Carlton, J.T., Geller J.B., 1993. Ecological roulette - the global transport of nonindigenous marine organisms. *Science* 261 (5117), 78-82.
- Chenti Rhadia., 2018. "implication du transport maritime dans l'introduction des espèces invasives (cas du port d'Annaba)" p 3-63.
- Chomérat, N., Sellos, D.Y., Zentz, F et Nézan, E., 2010. "Morphology and molecular phylogeny of *Prorocentrum consutum* sp. nov. (Dinophyceae), a new benthic dinoflagellate from south Brittany (northwestern France)", *Journal of Phycology* 46(1) : 183-194.
- Colautti, R.I., et al., (2006). "Propagule pressure: a null model for biological invasions." *Biological Invasions* 8(5): 1023-1037.
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Ben Rais Lasram, F., Aguzzi, J., Ballesteros, E., Bianchi, C.N., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Frogli, C., Galil, B.S., Gasol, J.M., Gertwagen, R., Gil J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., Kitsos, M-S., Koukouras, A., Lampadariou, N., Laxamana, E., de la Cuadra, C.M.L., Lotze, H. K., Martin, D., Mouillot, D., Oro, D., Raicevich, S., Rius-Barile, J., Saiz-Salinas, J.I., Vicente, C., Somot, S., Templado, J., Turon, X., Vafidis, D., Villanueva, R., Voultziadou, E., 2010. The biodiversity of the Mediterranean Sea : estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE*, 5 (8), 1-36.
- Collecting, compiling and circulating information on invasive non-indigenous species in the Mediterranean. No 85 /RAC/SPA 2010, 86 pp.
- Couté, A., 2002. "Biologie et microscopie électronique à balayage." *Mémoires de la Société Entomologique de France* 6 : 31-44.
- Daisie., 2009. European Invasive Alien Species Gateway. <http://www.europe-aliens.org>. Téléchargé le 06 avril.
- Dale B., 2001. The sedimentary record of dinoflagellate cysts: looking back into the future of phytoplankton blooms. *Scientia Marina* 65, 257-272.
- Daoudi, M., et al., 2013. "Phytoplankton distribution in the Nador lagoon (Morocco) and possible risks for harmful algal blooms." *Transitional Waters Bulletin* 6(1) : 4-19.
- David, M., et al., 2012. "A generic ballast water discharge assessment model as a decision supporting tool in ballast water management." *Decision support systems* 53(1) : 175-185.
- David, M., et al., 2007. "Results from the first ballast water sampling study in the Mediterranean Sea—the Port of Koper study." *Marine Pollution Bulletin* 54(1) : 53-65.

- David, M., Gollasch S., Cabrini M., Perkovic M., Bosnjak D., Virgilio D., 2007. Results from the first ballast water sampling study in the Mediterranean Sea –the Port of Koper study. *Marine Pollution Bulletin* 54, 53–65.
- David, M., Gollasch, S., 2012. Review of treatment processes and systems for ballast water management. Summary report, prepared for FP7-Project Vectors of Change in Oceans and Seas Marine Life, Impact on Economic Sectors (VECTORS). Project Number 266445. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK. 59 pp.
- David, M., Perkovic, M., 2004. Ballast Water Sampling as a Critical Component of Biological Invasions Risk Management, *Marine Pollution Bulletin* 49, 313–318.
- Dinoflagellate blooms of *Gymnodinium catenatum* in southern Tasmanian waters. *J. Plankton Res.* 7, 1163–76.
- Doblin, M.A. and Dobbs, F.C., 2006. "Setting a size-exclusion limit to remove toxic dinoflagellate cysts from ships' ballast water." *Marine Pollution Bulletin* 52(3) : 259-263.
- Drake, L.A., et al., 2002. "Microbial ecology of ballast water during a transoceanic voyage and the effects of open-ocean exchange." *Marine Ecology Progress Series* 233: 13-20.
- Dukes, J.S. and Mooney, H.A., 1999. "Does global change increase the success of biological invaders?" *Trends in Ecology & Evolution* 14(4) : 135-139.
- Fertouna Mouna, 2014. Distribution spatiale des kystes de résistance des Dinoflagellés au niveau du sédiment superficiel de la lagune de Bizerte: cas de l'espèce invasive *Alexandrium pacificum* p 2-30.
- Finlay, B.J., Fenchel, T., 2004. "Cosmopolitan metapopulations of free-living microbial eukaryotes." *Protist* 155(2) : 237-244.
- Finlay, J., 2002. "global dispersal of free-living microbial eukaryote species." *science* 296(5570) : 1061-1063.
- Flagella, M.M., et al., 2006. "Shipping traffic and introduction of non-indigenous organisms: study case in two Italian harbours." *Ocean & coastal management* 49(12) : 947-960.
- Fouche, D., Masson, D., Evaluation du risque d'introduction d'espèces indésirables par l'intermédiaire des eaux de ballast des navires (ifremer) p 4-16.
- Fréhi, H., 1995. Etude de la structure et du fonctionnement du système phytoplanctonique dans un écosystème marin côtier. Eutrophisation de la baie d'Annaba, Thèse de Magister, Université Badji-Mokhtar, Algérie.

- Frehi, H., et *al.*, (2007). "Dinoflagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d'Annaba (Algérie)." *Comptes Rendus Biologies* **330**(8): 615-628.
- Garcés, E., Bravo, I., Vila, M., Figueroa, R.I., Maso, M., Sampedro, N., 2004. Relationship between vegetative cells and cyst production during *Alexandrium minutum* bloom in Arenys de Mar harbor (NW Mediterranean). *Journal of Plankton Research* **26**(6), 637–645.
- Gauthier, D., and D.A., Steel (1996). "A synopsis of the situation regarding the introduction of nonindigenous species by ship-transported ballast water in Canada and selected countries."
- Giangrande, A., Kata, T., Ballesteros, E., Ramos-Espla, A., Mastrototaro, F., Oca A.O., Global spread of microorganisms by ships. *Nature* **408**(6808), 49–50.
- Gollasch, S., et *al.*, 2011. "Pilot risk assessments of alien species transfer on intra-Baltic ship voyages." Helsinki Commission–Baltic Marine Environment Protection Commission, HELCOM Project(11.36) : 98.
- Gollasch, S., Lenz, J., Dammer, M., Andres, H.-G., 2000. Survival of tropical ballast water organisms during a cruise from the Indian Ocean to the North Sea. *Journal of Plankton Research* **22**, 923–937.
- Gollasch, S., Macdonald, E., Belson, S., Botnen, H., Christensen, J., Hamer, J., Houvenaghel, G., Jelmert, A., Lucas, I., Masson, D., McCollin, T., Olenin, S., Persson, A., Wallentinus, I., Wetsteyn, B., Wittling, T., 2002. Life in Ballast Tanks. Invasive Aquatic Species of Europe: *Distribution, Impacts and Management*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 217–231.
- Gomez, F. and H. Claustre., 2001. "Spreading of *Gymnodinium catenatum* Graham in the western Mediterranean Sea." *Harmful Algae News* **22** : 1-3.
- Gomoiu, M.T., et *al.*, 2002. The Black Sea—a recipient, donor and transit area for alien species. Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management, Springer : 341-350.
- Grimes, S., Benabdi, M., Babali, N., Refes, W., Boudjellal-Kaidi, N., 2018. ‘Biodiversity changes along the Algerian coast (Southwestern Mediterranean basin) from 1834 to 2017. First assessment of introduced species’.
- Guide pour l'évaluation des risques d'introduction d'espèces non indigènes par les eaux de ballast p 7 et 76.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M., 2019. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 19 September 2019.

- Hadjadji Imene ‘‘Caractérisation de la diversité écophysiolgique d'*Alexandrium catenella/tamarensis* au Nord (France) et au Sud Ouest (Algérie) de la Méditerranée’’ p 16-30.
- Halim. *Alexandrium* (Dinoflagelles) dans la baie de Tunis (Tunisie). *Oceanologica Acta* 24, 17-Alexandrium tamarensis (Dinophyceae). *Toxicon* 20, 1539–1544.
- Hallegraeff G. M., McCausland M.J., et Brown R.K., 1995. Early warning of toxic dinoflagellate blooms of *Gymnodinium catenatum* in southern Tasmanian waters. *J. Plankton Res.* 7,1163–76.
- Hallegraeff, G.M., (1986). "Taxonomy and morphology of the marine plankton diatoms *Thalassionema* and *Thalassiothrix*." *Diatom Research* 1(1) : 57-80.
- Hallegraeff, G.M., 1998. "Transport of toxic dinoflagellates via ships' ballast water: bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies." *Marine Ecology Progress Series* : 297-309.
- Hallegraeff, G.M., and C. Bolch., 1992. "Transport of diatom and dinoflagellate resting spores in ships' ballast water: implications for plankton biogeography and aquaculture." *Journal of plankton research* 14(8) : 1067-1084.
- Hallegraeff, G.M., et al., 1997. "Temperature tolerances of toxic dinoflagellate cysts: application to the treatment of ships' ballast water." *Aquatic Ecology* 31(1) : 47-52.
- Hamer, J., et al., 2001. "Harmful dinoflagellate resting cysts in ships' ballast tank sediments: potential for introduction into English and Welsh waters." *Phycologia* 40(3): 246-255.
- Hay, C., 1997. "Cawthron's ballast water research programme final report 1996-1997." *Cawthron Report* 417 : 1-144.
- Illoul, H., 2014. Les dinoflagellés des côtes algériennes. In : Doctoral Dissertation, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger (181 p).
- Illoul, H., et al., 2008. "Potentially harmful microalgae in coastal waters of the Algiers area (Southern Mediterranean Sea)" p 16.
- Invasions Risk Management, *Marine Pollution Bulletin* 49, 313–318.
- Jeong, H.J., Yoo, Y.D., Kim, J.S., Kim, T.H., Kim, J.H., Kang, N.S., Yih, W.H., 2004. Mixotrophy in the phototrophic harmful alga *Cochlodinium polykrikoides* (dinophyceae): prey species, the effects of prey concentration, and grazing impact. *J. Eukaryot. Microbiol.* 51, 563–569.

- Jeong, H.J., Yoo, Y.D., Kim, J.S., Seong, K.A., Kang, N.S., Kim, T.H., 2010. Growth, feeding and ecological roles of the mixotrophic and heterotrophic dinoflagellates in marine planktonic food webs. *Ocean Sci. J.* 45, 65–91.
- Kelly, J.M., 1993. "Ballast water and sediments as mechanisms for unwanted species introductions into Washington State." *Journal of Shellfish Research* **12**: 405-410.
- Klein, G., et al., 2010. "Diatom survivorship in ballast water during trans-Pacific crossings". *Biological Invasions* **12**(5) : 1031-1044.
- Kolar, C.S., and D.M., Lodge 2002. "Ecological predictions and risk assessment for alien fishes in North America." *Science* **298**(5596): 1233-1236.
- Kudela, R. M., et al., 2008. "Linking the physiology and ecology of *Cochlodinium* to better understand harmful algal bloom events: a comparative approach." *Harmful Algae* **7**(3) : 278-292.
- Lockwood, J.L., et al., 2005. "The role of propagule pressure in explaining species invasions." *Trends in Ecology & Evolution* **20**(5): 223-228.
- Marshall, P., Christie, C., Dobbs, K., Green, A., Haynes, D., Brodie, J., Michalek-Wagner, K., Smith, A., Storrie, J., Turak, E., 2002. Grounded ship leaves TBTbased antifoulant on the Great Barrier Reef: an overview of the environmental response. *Spill Science and Technology Bulletin* **7**, 215–221.
- Masson, D., Courtois, O., Masson N., Guesdon, S., 2000. Etude des eaux de ballast de navires faisant escale dans les ports français (ifemer) p 5-19.
- Masson, D., Courtois, O., Masson, N., Guesdon, S., Rocher, G., 2000. Ballast water research in France current status communication, ICES Annual Science Conference, Bruges, 27-30 sept 2000, p 196.
- Matej, D., Gollasch, S., 2008. EU shipping in the dawn of managing the ballast water issue, *Marine Pollution Bulletin* **56**, 1966-1972.
- McCarthy, S.A., and F.M., Khambaty (1994). "International dissemination of epidemic *Vibrio cholerae* by cargo ship ballast and other nonpotable waters". *Applied and environmental microbiology* **60**(7) : 2597-2601.
- Medcof, J.C., 1975. Living marine animals in a ship's ballast water. *Proc. Nat. Shellfish Ass.* **65**, 54–55.
- Mills, A., et al., 1993. "Water purification by semiconductor photocatalysis". *Chemical Society Reviews* **22**(6) : 417-425.

- Mixotrophy in the phototrophic harmful alga *Cochlodinium polykrikoides* (dinophycean): prey species, the effects of prey concentration, and grazing impact. *J. Eukaryot. Microbiol.* 51, 563–569.
- Mohamed-Chérif, F. Z., 2007. "Les ports algériens à l'heure du désengagement de l'Etat." *La Revue Maritime, IFREMER* **480** : 1-5.
- Mohamed-Chérif, F., Ducruet, C., 2012. "Du global au local: les nouveaux gérants des terminaux portuaires algériens." *L'Espace Politique* **16**(1): <http://espacepolitique.revues.org/index2294.html>.
- Mohamed-Chérif, F.Z., and Ducruet, C., 2011. "Les ports et la façade maritime du Maghreb, entre intégration régionale et mondiale." *Mappemonde* **101**(1).
- Muller, S., 2004. *Plantes invasives en France*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 168p.
- Nauke, M., 1995. Provisions for the control and management of ballast water to minimize the transfer of harmful aquatic organisms and pathogens. ICES Annual Science Conference, Aalborg. of UNESCO, pp 465–469.
- Observation et dénombrement du phytoplancton marin par microscopie optique photonique - Spécifications techniques et méthodologiques appliquées au REPHY (Ifremer, 2015) p 10.
- Occhipinti-Ambrogi, A. (2007). "Global change and marine communities: alien species and climate change." *Marine Pollution Bulletin* **55**(7-9): 342-352.
- Ould-Ahmed, N., A., Meinesz (2007). "First record of the invasive alga *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) on the coast of Algeria." *Cryptogamie. Algologie* **28**(3): 303-305.
- Peragallo, H. "Diatom /Gentjs *Pseudo-Nitzschia* In Bizerte Lagoon (Tunisia, Sw Mediterranean)". *Diatom Research*, 24 (1), 175-190.
- Rapport n° 318 (2007-2008) de M.André BOYER, fait au nom de la commission des affaires étrangères, déposé le 7 mai 2008 "projet de loi autorisant l'adhésion à la convention internationale pour le contrôle et la gestion des eaux de ballasts et sédiment des navires".
- Ruiz, G.M., et al., 1997. "Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences." *American Zoologist* **37**(6) : 621-632.

- Ruiz, G.M., et *al.*, 2000. "Invasion of coastal marine communities in North America: apparent patterns, processes, and biases." *Annual Review of Ecology and Systematics* **31**(1) : 481-531.
- Sahraoui, I., et *al.*, (2009). "Blooms of the diatom genus pseudo-nitzschia *H. peragallo* in Bizerte lagoon (Tunisia, SW Mediterranean)." *Diatom Research* **24**(1) : 175-190.
- Sartoretto, S., et *al.*, (2008). "The alien coral *Oculina patagonica* De Angelis, 1908 (Cnidaria, Scleractinia) in Algeria and Tunisia." *Aquatic Invasions* **3**(2) : 173-180.
- Smayda T.J., 1997. Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnology and Oceanography* **42**, 1137–1153.
- Sylvester, F., MacIsaac H.J., 2010. "Is vessel hull fouling an invasion threat to the Great Lakes?" *Diversity and Distributions* **16**(1) : 132-143.
- Turki, S., Dhib, A., Fertouna-Bellakhala, M., Frossard, V., Baltia, N., Kharrat, R., Aleya, L., 2014. Harmful algal blooms (HABs) associated with phycotoxins in shellfish: What can be learned from five years of monitoring in Bizerte Lagoon (Southern Mediterranean Sea) *Ecol. Eng.*, **67**, 39–47.
- Van den Bergh J.C.J.M., Nunes A.L.D., Dotinga H.M., Kooistra W.H.C.M., Vrieling W.F., Peperzak L., 2002. Exotic harmful algae in marine ecosystems: an integrated biological–economic–legal analysis of impacts and policies. *Mar. Policy* **26**, 59–74.
- Vitousek, P.M., et *al.*, (1997). "Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences." *Ecological applications* **7**(3): 737-750.
- Williams, R.J., Griffiths, F.B., Vanderwal, E.J., Kelly, J., 1988. Cargo vessel ballast water as a vector for the transport of non-indigenous marine species. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **26**, 409– 420.
- Wyatt, T., Jenkinson, I.R. (1997). "Notes on *Alexandrium* population dynamics." *Journal of plankton research* **19**(5) : 551-575.
- Zenetos et *al.*, 2005. Annotated list of alien marine species in the Mediterranean with emphasis on worst invasive species. *Mediterr. Mar. Sci.* **6** (2), 63-118.

Les sites électroniques :

- <http://dx.doi.org/10.12681/mms.186>
- [http://ciesm.org/online/archives/abstracts/pdf/41/CIESM Congress 2016 Kiel article 04 26.pdf](http://ciesm.org/online/archives/abstracts/pdf/41/CIESM_Congress_2016_Kiel_article_04_26.pdf)
- <http://www.seos-project.eu/modules/marinepollution/marinepollution-c04-p05.fr.html>
- http://www.officierdeport.com/wa_files/capitescale.pdf
- <http://www.seos-project.eu/modules/marinepollution/marinepollution-c04-p05.fr.html>
- <https://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/oceans/2-exemples-phenomenes-physiques/tsm-courants-marins-surface/2-2-circulation-oceanique-mediterranee.html>
- https://www.senat.fr/rap/107-318/107-318_mono.html?fbclid=IwAR06wHU69UaOEnwjSemxb0SHw-zf3AdrDTZXztD-UZRTKOCaDc78xTQvLDk
- www.algaebase.org
- www.WoRMS.org
- www.eoas.ubc.ca
- <https://doris.ffessm.fr/Especies>
- <https://inpn.mnhn.fr>
- <http://mamias.org>
- <http://dx.doi.org/10.12681/mms.49>
- <https://doris.ffessm.fr/>

Résumé

Le trafic maritime en Algérie se caractérise par un déséquilibre entre les importations et les exportations. L'Algérie dispose de 10 ports commerciaux de petites et moyennes tailles. Avec un trafic total annuel de 80 millions de tonnes. Environ 10.000 navires visitent les ports algériens chaque année. Nous présentons ici une étude sur le rôle du trafic maritime dans l'introduction d'espèces potentiellement nuisibles et / ou non indigènes dans le port de Bejaia (Algérie). Nous avons prélevé des échantillons dans les eaux de ballasts du navire "OHIO NASSAU" provenant de la France, ces échantillons ont été soumis aux différentes séries d'identification du phytoplancton.

Nous avons identifié 12 espèces phytoplanctoniques parmi lesquels 2 taxons nocifs / toxiques ont été signalés: comme *Alexandrium sp.* et *Dinophysis acuminata*. Plusieurs facteurs ont été examinés, notamment le trafic maritime, et l'âge des eaux de ballast. Nos analyses ont révélé que l'abondance des espèces diminuait avec l'âge de l'eau de ballast, possiblement en raison de la mortalité des espèces due à la longueur du voyage et au manque de lumière dans les ballasts.

Cette étude est la deuxième menée en Algérie et la première dans un port au centre du pays, elle devrait permettre de mettre en place les bases d'un monitoring biologique des eaux de ballasts afin d'évaluer de manière régulière les potentielles introductions d'espèces et leur effets à long terme sur la biodiversité marine du bassin algérien. Un Protocole de surveillance biologique des eaux de ballasts est proposé dans le cadre du présent travail

Mots clés : Trafic maritime, eau de ballast, port de Bejaia, espèces invasives.

ملخص

تتميز حركة النقل البحري في الجزائر بعدم التوازن بين الواردات والصادرات. الجزائر بها 10 موانئ تجارية صغيرة ومتوسطة الحجم. يبلغ إجمالي الحركة السنوية 80 مليون طن. تزور الموانئ الجزائرية حوالي 10,000 سفينة كل عام. نقدم هنا دراسة عن دور حركة النقل البحري في إدخال أنواع قد تكون ضارة و / أو غير أصلية في ميناء بجاية (الجزائر). تم أخذ عينات من مياه الصابورة لسفينة "OHIO NASSAU" من فرنسا، وتعرضت هذه العينات لمجموعات مختلفة من تحديد العوالق النباتية.

حددنا 12 نوعًا من العوالق النباتية تم الإبلاغ عن وجود نوعين منها ضار / سامة: مثل *Alexandrium sp.* و *Dinophysis acuminata* قد تم فحص عدة عوامل، بما في ذلك حركة المرور البحرية، وعمر مياه الصابورة. كشفت تحليلاتنا أن وفرة الأنواع انخفضت مع تقدم العمر في مياه الصابورة، ربما بسبب وفيات الأنواع بسبب طول الرحلة ونقص ضوء الصابورة.

هذه الدراسة هي الثانية التي يتم إجراؤها في الجزائر والأول في ميناء في وسط البلاد، حيث يجب أن تسمح بوضع أساسيات الرصد البيولوجي لمياه الصابورة لتقييم بانتظام إدخال الأنواع المحتملة وتأثيراتها طويلة المدى على التنوع البيولوجي البحري للحوض الجزائري. يُقترح بروتوكول مراقبة بيولوجية لمياه الصابورة كجزء من العمل الحالي

الكلمات المفتاحية: المرور البحري، مياه الصابورة، ميناء بجاية، الأنواع الغازية.

Abstract

Maritime traffic in Algeria is characterized by an imbalance between imports and exports. Algeria has 10 commercial ports of small and medium size. With a total annual traffic of 80 million tons. About 10,000 ships visit Algerian ports every year. We present here a study on the role of maritime traffic in the introduction of potentially harmful and / or non-native species in the port of Bejaia (Algeria). Samples were taken from the ballast water of the "OHIO NASSAU" ship from France, and these samples were subjected to different sets of phytoplankton identification.

We identified 12 phytoplankton species among which 2 harmful / toxic taxa were reported: such as *Alexandrium sp.* and *Dinophysis acuminata*. Several factors were examined, including marine traffic, and the age of ballast water. Our analyzes revealed that species abundance decreased with age of ballast water, possibly due to species mortality due to length of trip and lack of ballast light.

This study is the second conducted in Algeria and the first in a port in the center of the country, it should allow to establish the basics of biological monitoring of ballast water to regularly assess potential species introductions and their long-term effects on the marine biodiversity of the Algerian basin. A biological monitoring protocol for ballast water is proposed as part of the present work.

Keywords: Maritime traffic, ballast water, port of Bejaia, invasive species.

