UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

Master / Chaire UNESCO sur *Gestion Intégrée et Développement Durable du Littoral Ouest Africain*

GESTION INTEGREE ET DURABLE DES ECOSYSTEMES D'HERBIERS DE L'AMP DE JOAL-FADIOUTH (SENEGAL) : ETUDE DE L'IMPACT DES POLLUANTS

Mémoire de fin d'étude soutenu par :

Sylvie DJACBOU DEUGOUE

(*Maître ès sciences*)

Matricule : 201205GY7

Sous la direction du :

Pr. Aliou GUISSE

(***Professeur***)

Année académique 2012-2013

DEDICACES

A l'Eternel Dieu Tout Puissant, le Seigneur et Sauveur de ma vie par Jésus-Christ. Gloire soit à Lui !

SOMMAIRE

DEDICACES i

SOMMAIRE ii

REMERCIEMENTS iv

RESUME v

ABSTRACT vi

LISTE DES ACRONYMES vii

I. PRESENTATION DE L'AMP DE JOAL 4

II. LES ECOSYSTEMES D'HERBIERS MARINS 13

I. APPROCHE THEORIQUE 20

II. APPROCHE EXPERIMENTALE : ANALYSE EN LABORATOIRE DES EAUX 24

III. DEPOUILLEMENT ET TRAITEMENT DES DONNEES 39

I. RESULTATS 40

I.1. Sources des polluants retrouvés dans la zone 40

I.2. Typologie des déchets à Joal-Fadiouth 42

I.3. Problèmes environnementaux majeurs 44

I.4. Evaluation du système d'assainissement mis en place 45

I.5. Résultats d'analyse des polluants de l'eau 47

TABLE DES MATIERES xxi

LISTE DES FIGURES xvi

LISTE DES TABLEAUX xvii

CONCLUSION……xi

BIBLIOGRAPHIE……xv

ANNEXES……..…..xvi

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à l'endroit de tous ceux qui m'ont soutenu d'une façon ou d'une autre dans la réalisation de ce travail. Un remerciement particulier :

Au Professeur **Alioune KANE** et **Alioune BA** responsables de la formation, Dr. **Awa Fall** et **Mme BAYE** qui se sont investis dans l'encadrement des étudiants et l'atteinte des objectifs de cette formation.

Au **Pr. Aliou GUISSE** pour avoir accepté d'encadrer ce mémoire. Malgré ses nombreuses occupations, il a su trouver le temps pour m'accompagner et me guider durant la réalisation de ce travail.

A tous les enseignants du Master GIDEL de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar pour toutes les connaissances qu'ils m'ont communiquées ;

A la **FIBA** au travers de **M. Julien SEMELIN** et **M. Simon MERIAUX,** pour leur soutien financier dans la bonne réalisation ce travail.

Aux personnels de l'Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth, pour leur accueil et facilitation sur le terrain, apporté durant la réalisation de ce travail.

A ma maman **KANGANG Yvonne**, pour l'amour qu'elle n'a jamais cessé de témoigner en mon endroit et pour tous les sacrifices qu'elle ne cesse de consentir.

A Tonton **Augustin TCHENKOUA**, pour ses conseils, son orientation, son amour et son soutien véritable qu'il ne cesse de m'apporter et qui sont pour moi d'un grand apport.

A Mme **Prudence WAKO** et M. **Ahmed DIAME**, pour leur accueil chaleureux et soutien dès mon arrivé à Dakar.

A mes frères et sœurs : Eric, Cyrille, Inès, Daniel, Nathalie, pour leur soutien.

A mes Co-responsables d'Etude Biblique et Prière de l'APUC-Yaoundé, mes frères et sœurs dans le Seigneur du Groupe Biblique des Elèves et Etudiants du Cameroun en particulier ceux de la cellule Post d'Obili et ceux de la cellule de la FMPOS du Groupe Biblique Universitaire de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Aux camarades de promotion GIDEL, 2013 et autres boursiers du programme PIMASO de l'Université Cheikh Anta Diop qui ont créé un environnement jovial durant ma formation.

Et à tous ceux qui ont produit en moi ou m'ont communiqué le soutien, le réconfort, le désir d'avancer, les conseils, recevez mes sincères remerciements.

RESUME

Les écosystèmes d'herbiers sont parmi les plus productifs en milieux marins côtiers de par leurs nombreux services rendus (zone de frayère des poissons, de refuge...etc.). Leur développement procède par colonisation des sédiments par des espèces pionnières, comme *Halodule wrightii*, suivie par la création d'autres herbiers tels que *Cymodosea nodosa*. Leur croissance et leur répartition sont cependant contrôlées par les propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'environnement dans lequel ils vivent (lumière, nutriments, substrat, température et carbone inorganique sont essentiels à la photosynthèse). L'herbier marin de l'AMP de Joal-Fadiouth (constitué des deux espèces ci-dessus), est soumis à des pressions anthropiques (pollution) associées à l'érosion des formations géologiques qui sévissent dans la zone et qui pourraient modifier la teneur naturelle en certains éléments dans les eaux et conduire à sa régression. L'objectif principal de ce travail est de comprendre et de contribuer à la limitation de l'impact des polluants sur ces écosystèmes. Plus spécifiquement, il a été question de faire un état des lieux de l'AMP, de déterminer les sources et types de polluants retrouvés dans la zone et leur impact. Ceci à travers des enquêtes, et la détermination des paramètres physico-chimiques, biologiques et bactériologiques des eaux de deux zones d'échantillonnages, l'une près de la côte et l'autre plus à l'intérieur de l'océan. Les résultats d'enquête montrent que les activités socio-économiques sont une importante source d'apport de polluants. Ils montrent également que 66,7% de la population riveraine enquêtée déversent directement leurs eaux usées au bord de la plage tandis que 14,1% déversent directement dans l'eau. Il en ressort également, une faille dans le système de gestion participative de la pollution. Les résultats chimiques révèlent une pollution de l'eau en cuivre, zinc, fer, ammoniac, PCBs et un taux inférieur aux normes de croissance pour les sulfates, et les nitrites. Le phosphore et l'oxygène dissout (pour la zone 1) sont presque indécelables dans les eaux. L'analyse physique révèle une température moyenne de 23,7°C, un pH de 7,78 et 8,05 respectivement et une conductivité électrique moyenne de 33,3 ms/cm. Sur le plan bactériologique, nos analyses n'ont révélé aucune présence de salmonella ; les germes retrouvés dans les eaux sont des coliformes fécaux et *E. colis*. Globalement l'eau de Joal est plus polluée sur le plan physico-chimique et bactériologique près de la côte (zone 1) qu'à la zone 2 (plus éloigné). Ceci entraine la baisse de la qualité de l'eau et à la longue, des conséquences négatives sur la santé de ces écosystèmes d'herbiers.

Mot clés : AMP, écosystème, pollution, herbier marin, physico-chimique, impact.

ABSTRACT

Seagrass ecosystems are among the most productive in coastal marine environments because of their services (spawning ground for fish, shelter ... etc.). Their development is set up by colonization of sediments by pioneer species such as *Halodule wrightii*, then by the creation of other herbaria as *Cymodosea nodosa*. Their growth and distribution are controlled by physical, chemical and biological properties of their environment (light, nutrients, substrate, temperature and inorganic carbon are essential for photosynthesis). The seagrass of MPA Joal-Fadiouth (made up of both species above) is subject to anthropogenic pressures (pollution) associated with the geological erosion plaguing the area which could modify the natural content of certain elements in the waters and lead to its decline. The main objective of this work was to contribute to the limitation of pollutants impact on this ecosystem. Specifically, making state of play of MAP to determine the sources and types of pollutants found in the area and their impact. This through surveys, and the determination of physico-chemical, biological and bacteriological water sampling areas. The survey results showed that the socio-economic activities are important sources of pollutant's entrance. They also showed that 66.7% of the local population investigated discharge their wastewater directly at the beach while 14.1% discharged directly into water. It was also clear that, there is a flaw in the system of participatory pollution management. The chemical analysis show water pollution with copper, zinc, iron, ammonia, PCBs and a lower rate of growth standards for sulfates, and nitrites. Phosphorus and dissolved oxygen (for zone 1) are almost undetectable in the water. Physical analysis reveals an average temperature of 23.7 °C, pH 7.78 and 8.05 respectively and an average electrical conductivity of 33.3 mS / cm. The bacteriological analyzes revealed no presence of Salmonella and germs found in the water were fecal coliforms and *E. colis*. Generally, Joal water is contaminated on physico-chemical and bacteriological level closer to the coast (zone 1) to zone 2 (far) and this will lead eventually in the long run to the decline in water quality and negative impact on the health of seagrass ecosystems.

Keywords: MPA, ecosystem, pollution, seagrass, physico-chemical, impact.

LISTE DES ACRONYMES

SIGLES		SIGNIFICATIONS
Alg.	:	Algues
AMP	:	Aire Marine Protégée
ANAMS	:	Agence Nationale de la Météorologie du Sénégal
ANSD	:	Agence Nationale de la statistique
CCME	:	Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement
CG	:	Comité de Gestion
DAMCP	:	Direction des Aires Marines Communautaires Protégées
DBO 5	:	Demande Biochimique en Oxygène après 5 Jours
Dbrts	:	Débris
DBT	:	Demande Biologique Totale
DCO	:	Demande Chimique en Oxygène
DCT	:	Demande Chimique Totale
DPSEEA	:	*Drive, Pressures, State, Exposure, Effect, Action*
E. Colis	:	*Escherichia colis*
Emb.	:	Emballage
FIBA	:	Fondation Internationale du Banc d'Arguin
FISH	:	*Fluorescence In Situ Hybridization*
FIT	:	Front intertropical
GIE	:	Groupement d'Intérêt Economique
GIVAC	:	Gestion intégrée et valorisation Agricole des déchets dans la ville de Joal et de Mbour
GIVC	:	Gestion intégrée et valorisation des déchets dans la ville de Joal
IFAN	:	Institut Fondamental d'Afrique Noir
IUCN	:	International Union for Conservation of Nature
LATEU	:	Laboratoire de traitement des eaux usées
MARPP	:	Méthode de Recherche Participative
MES	:	Matières En Suspensions
NaOH	:	Soude
NO_2^-	:	Nitrite
OH-	:	Ion hydroxyde
OM	:	Ordure Ménagère
ONG	:	Organisation Non Gouvernemental
PCB	:	Polychlorobiphényle
PG	:	Plan de Gestion
pH	:	Potentiel Hydrogène
POP	:	Polluants Organiques Persistants
ppm	:	Constantes d'Henry
SPE	:	*Solid Phase Extraction*
TPTZ	:	2,4,6-tris(2-pyridyl)-1,3,5-s-triazine.
UE	:	Union Européenne
UFC	:	Unité formant colonies
VRBA	:	Violet-Red Bile-Agar
ZITC	:	Zone Intertropicale de Convergence

INTRODUCTION

1. Contexte

Les écosystèmes côtiers (estuaires, deltas, lagunes) représentent des espaces naturels variés avec une forte richesse biologique. Ils occupent une place importante d'interface de par leur position géographique et leur fonction écologique. Leur évolution est depuis quelques décennies, tributaire des changements climatiques, des fortes pressions anthropiques (IUCN, 2012). C'est la raison pour laquelle lors du sommet mondial de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) de 2002, des engagements importants visant à mettre en place des réseaux d'AMP représentatifs sur le plan écologique ont été pris. Ils seront gérés efficacement afin de garantir la conservation effective d'au moins 10% de chacune des régions écologiques marines et côtières du monde. Ces AMPs sont à la fois un outil et un cadre privilégié pour le développement durable dans ses dimensions écologique, économique et sociale et appliquées à travers une approche participative qui autorise les collectivités locales de contribuer à la création et à la gestion des zones (Noël et Weigel, 2008).

Le Sénégal a plusieurs AMPs donc celle de Joal-Fadiouth crée en 2004, qui abrite un important écosystème herbier marin au rôle socio-économique marqué. C'est une zone de protection des ressources marines, de frayères pour les poissons et un lieu d'alimentation des tortues marines qui est source d'une multitude d'activités. Ces écosystèmes d'herbiers marins constituent la base de la richesse des eaux marines, ils jouent des rôles biologiques dans le maintien des équilibres littoraux et économiques au niveau de la sous-région (Houma *et al*., 2005a). Cependant, ces activités humaines d'intérêt économique annexe du littoral nord sénégalais reposent sur un espace sensible qui montre parfois des signes de dégradation inquiétants (destruction d'habitats naturels, pollutions dues à l'accroissement des apports anthropogéniques côtiers, érosion, salinisation des sols) (Farmer *et al*., 1993). Préserver ces milieux et leurs ressources vivantes constitue donc aujourd'hui un enjeu de gestion durable à l'échelle internationale.

L'exposition à divers polluants, qu'elle soit à faibles doses mais sur une longue durée, a des conséquences néfastes sur la santé des écosystèmes marins, même si ces phénomènes ne sont pas toujours clairement identifiées (OMS, 2006). Dans la zone de Joal-fadiouth, l'assainissement constitue une priorité majeure pour l'amélioration du cadre de vie et des conditions écologiques des écosystèmes d'herbiers marins (Sall, 2013).

2. Problématique

La majeure partie des herbiers marins situés sur les côtes des pays en voie de développement font face aujourd'hui à d'importantes dégradations environnementales, et

celles-ci ne font que s'accroître (Turner et Schwarz, 2006). A Joal-Fadiouth, les problèmes d'assainissement peuvent avoir d'importants impacts sur les herbiers. L'accroissement de l'insalubrité, les rejets d'eaux usées ainsi qu'une augmentation des perturbations physiques directes sur les herbiers, augmentent les problèmes d'eutrophisation (Turner et Schwarz, 2006). Tous ces phénomènes peuvent donc menés, à plus ou moins long terme, à la dégradation et à la régression de l'AMP de Joal.

Dès lors, quelle importance pourrait donc avoir une étude sur les menaces en temps réel de la pollution sur les écosystèmes d'herbiers marins de Joal, dans l'amélioration et la préservation de l'état de santé d'un des rares herbiers du Sénégal, véritable ressource de part ces services écosystémiques rendus (en tant que zone refuge pour les poissons, puits de carbone, importance dans la pêche).

En dépit des recherches qui ont été faites sur la régression des herbiers dans le monde, les conséquences de ces pertes sont généralement mal comprises (Duarte, 2002). En ce qui concerne l'herbier de l'AMP, sa cartographie est en cours, mais très peu d'études scientifiques ont été réalisées.

Dès lors, notre recherche revêt comme intérêt principal, la participation à la génération et/ou à l'enrichissement des connaissances sur les sources pouvant conduire à l'amélioration de l'état des herbiers de l'AMP de Joal, sur plusieurs plans. De même, cette recherche se veut être un outil de sensibilisation et d'interpellation pour tous les acteurs impliqués dans la conservation des écosystèmes marins de l'AMP et par là provoquer leur mobilisation pour une gestion durable efficace de cet écosystème d'herbier marin

3. Objectifs

- Objectif général

L'objectif de cette étude est de contribuer à limiter l'impact de la pollution sur l'écosystème d'herbier marin de Joal-Fadiouth.

- Objectifs spécifiques

De manière spécifiquement il est question de :

- faire un état des lieux de l'AMP de Joal-Fadiouth ;
- déterminer les sources et les types de polluants retrouvés dans la zone ;
- déterminer l'impact des polluants sur l'écosystème d'herbier marin ;

4. Hypothèse de travail

S'il est vrai que la pollution occupe une place importante dans la régression des herbiers marins, ceci veut dire qu'assurer la durabilité des herbiers actuels de l'AMP de Joal-Fadiouth signifierait :

- Qu'un système de gestion efficace de la pollution contribuerait à minimiser ou atténuer les impacts sur cet écosystème d'herbier.
- l'amélioration et le maintien de la qualité des eaux côtières locales et environnantes constitueraient les points centraux pour la gestion durable de cet herbier.

Le présent mémoire analyse ces approches avec une structuration en 3 parties :

- **la première partie** présente un état du cadre d'étude et une synthèse bibliographique sur les écosystèmes d'herbiers.
- **la seconde partie** présente les approches théorique et méthodologique utilisées. il passe en revue la stratégie d'étude ainsi que l'ensemble des techniques expérimentales et analytiques mises en œuvre pour atteindre les objectifs assignés.
- **la troisième partie** est consacrée à la présentation des résultats de l'étude et à l'évaluation de l'impact des polluants sur les écosystèmes d'herbiers marins et des moyens de gestion durable. Deux plans d'analyse sont ainsi privilégiés : l'analyse des paramètres physico-chimiques, biologiques et bactériologiques mesurés pour analyser la qualité des eaux afin de quantifier et comparer l'impact probable de cette pollution sur l'herbier de l'AMP. Et enfin proposer des mesures de gestion durable de cet écosystème d'herbier.

PREMIERE PARTIE.
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. PRESENTATION DE L'AMP DE JOAL

I.1. Objectifs et localisation de l'AMP de Joal

L'AMP de Joal a été créée en 2004 par le décret N°2004 -1408 du 04 novembre 2004 (PG, 2013). Elle couvre une superficie de 174 Km^2, soit 18 km en longueur et 9,666 Km en largeur vers la mer et est localisée dans la partie méridionale du département de Mbour, sur la Petite Côte, à 112 km de Dakar (Fig. 1).

Les objectifs de sa création étaient les suivants :

- protéger les espèces et les habitats vulnérables (biodiversité et écosystèmes),
- protéger les sites biologiques fragiles (lieux de ponte et d'alevinage)
- améliorer la productivité de la pêche dans la région et les retombées socio-économiques pour les communautés locales.

En effet, trois principales zones sont définies dans l'AMP de Joal (PG, 2013) :

- **le noyau central**, qui part de la plage jusqu'à 4,5 Km dans la mer et de la limite Nord de l'AMP à Ngazobil jusqu'à la limite Sud (à Diourom Niary Gouy). Elle englobe la zone de grossissement et de frayères des poissons, le puits des lamantins et la mare des tortues.
- **la zone à usages multiples**, qui part du noyau central vers le huitième kilomètre représentant la limite extérieure de l'AMP en mer.
- **la zone de mangrove et les bolongs** : Elle englobe les zones d'ensemencement d'arches et les parcs à huîtres.

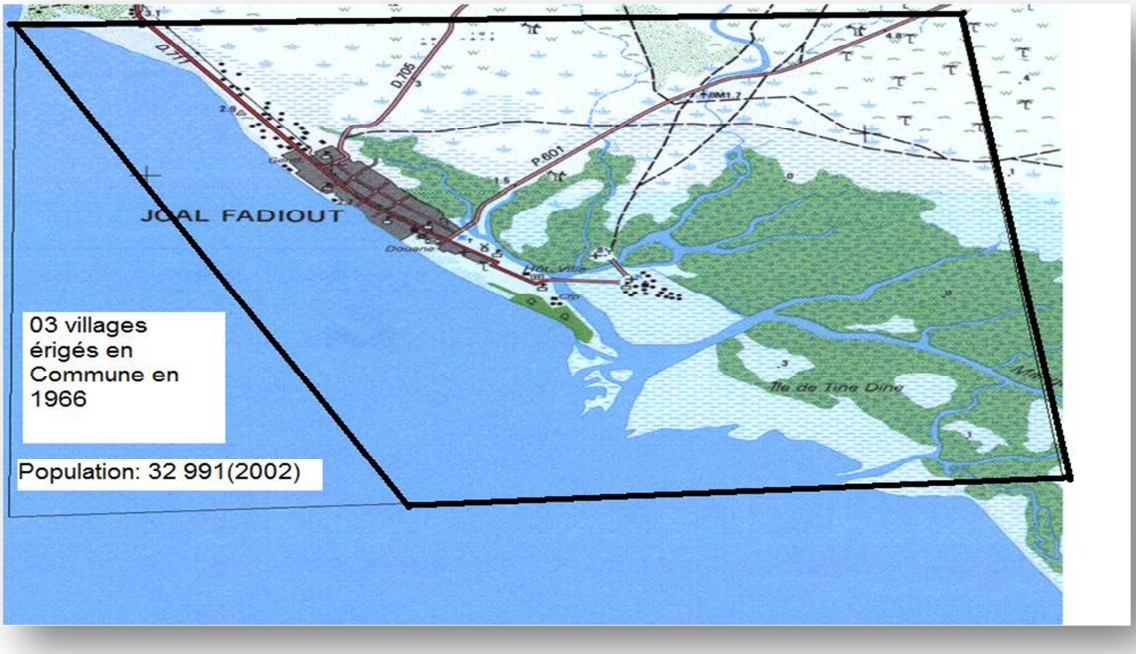


Figure 1: Situation et limite de l'AMP de Joal-Fadiouth (Sall, 2013).

I.2. Fonctionnement et gouvernance de l'AMP de Joal

I.2.1. L'assemblée générale

L'Assemblée Générale a été la toute première instance créée dans le processus de mise en œuvre de l'AMP et est, de ce point de vue, l'organe suprême de gestion. Elle est l'organe du système de gestion des espaces et ressources de l'AMP (PG, 2013).

I.2.2. Le Comité de gestion

Le Comité de Gestion est composé de 25 membres représentant 18 parties prenantes (conservateur, service des pêches, des eaux et foret, GIE interprofessionnel des pêches, Mairie, Conseil local des Pêches Artisanaux, GIE des jeunes pêcheurs, GIE Ostréicole, GIE Dynamique des femmes, GIE des femmes transformatrices, GIE des femmes cueilleuses d'huîtres, Syndicat d'initiative du Tourisme, chercheurs, presse).

I.2.3. Activités

Elles tournent autour de :

- **la surveillance :** Elle permet de veiller à l'application stricte de la réglementation aussi bien en mer que dans les parties terrestres de l'AMP. Mais cette surveillance souffre d'un manque de moyen pour son fonctionnement.

- **le suivi écologique :** Au niveau de la partie terrestre (plage), les membres du comité de gestion encadrés par les agents de la DAMCP veillent aux sites de pontes des tortues marines en assurant le suivi des nids jusqu'à l'éclosion. Mais les états de références qui doivent être réalisés ne sont pas faits. D'où la difficulté actuelle d'évaluer l'efficacité de gestion de l'AMP.

- **la restauration de la mangrove :** Elle concerne d'abord le reboisement (Avicennia et Rhizophora), le repeuplement des arches par l'ensemencement.

I.3. Caractéristiques de l'AMP de Joal-fadiouth

I.3.1. Présentation de la commune de Joal (Sall et Cheikh Mbaye, 2001)

Suivant le décret n° 72082 du 03 février 1972 fixant ses limites territoriales, la commune de Joal-Fadiouth est située dans le département de Mbour, région de Thiès. Elle se situe entre 14°06' et 13°13' de latitude Nord et 16°47' et 16°53' de longitude Ouest (Sall, 2013). Elle est constituée de trois localités distinctes et nettement individualisées : l'Ile de Fadiouth, la presqu'île de Joal et le village de Ngazobil.

I.3.2. Caractéristiques biophysiques

I.3.2.1. Formations géomorphologiques

Le milieu physique, défini comme un site laguno-estuarien, est caractérisé par l'omniprésence de la mer qui y a modelé des paysages originaux (Fig. 2). Globalement la commune regroupe : les cordons littoraux situés sur les parties topographiquement élevées, les vasières regroupées en trois (3) unités, les terrasses sableuses, terrasses marines sableuses, les dunes de l'intérieur avec des mares non alignées, de topographie plane, les vallées semi-permanentes, et les dépressions ensablées localisées au nord-ouest.

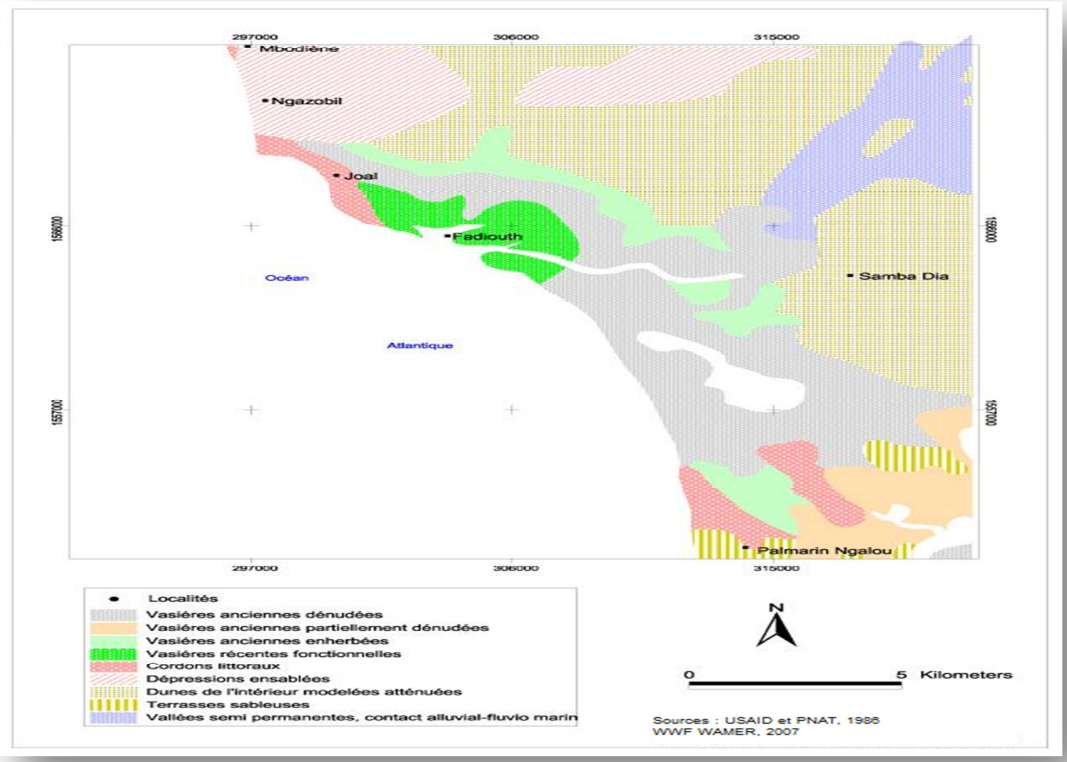


Figure 2: Formations géomorphologiques de la commune de Joal-Fadiouth (PG, 2013)

I.3.3. Données climatiques

La commune de Joal-Fadiouth fait partie de la région climatique de la Petite-Côte et semble correspondre à la jonction entre le domaine sahélien au Nord et la verte Gambie au Sud. Elle compte une station pluviométrique (Joal). Ces données météorologiques ont été acquises à l'Agence Nationale de la Météorologie du Sénégal (ANAMS). Les autres données climatiques sont celles de la station la plus proche, Mbour. Ces données couvrent la période de 2004 à 2012, à l'exception des données pluviométriques enregistrées au poste pluviométrique de Joal qui s'arrête en 2010.

I.3.3.1. La pluviométrie

La pluviométrie moyenne est de 282 mm/an. L'analyse de l'évolution mensuelle de la pluviométrie dans les stations de la zone d'étude montre que la saison des pluies dure cinq mois sur la Petite Côte. Elle se déroule de Juin à Octobre (Fig. 3). Les plus importantes précipitations sont enregistrées en août, mois qui recueille entre 205 et 359 mm environ dans la zone.

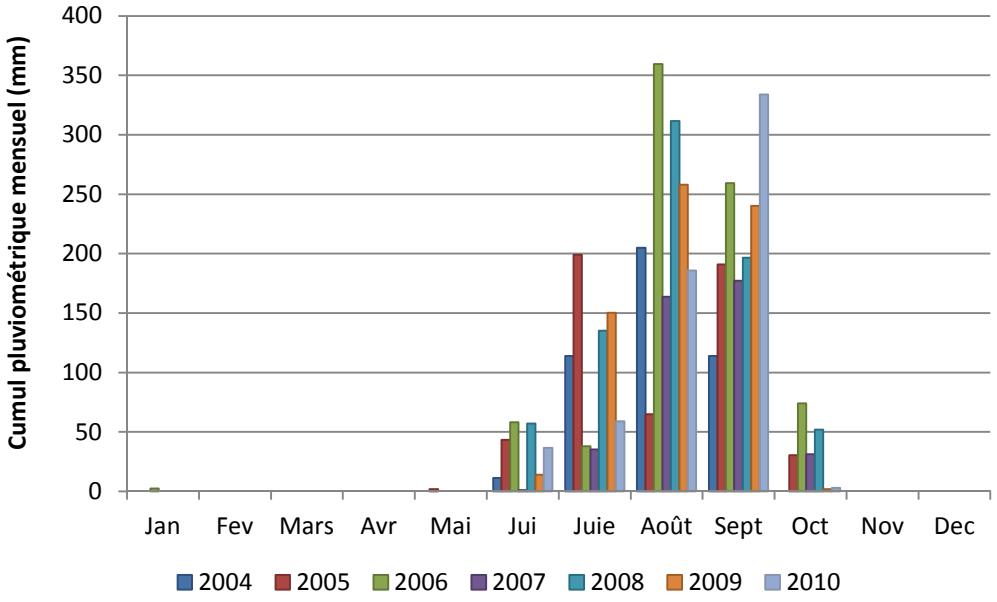


Figure 3: Cumul mensuel de la pluviométrie (station de Joal de 2004-2010)

I.3.3.2. Les températures

L'analyse de l'évolution des températures moyennes annuelle à la station de Mbour laisse apparaitre une augmentation ces dernières années (2010-2012). Les températures moyennes annuelles (Tableau 1) à Mbour montrent une évolution en dents de scie alternant des phases de baisse et de hausse.

Tableau 1: Moyenne annuelle de la température (station de Mbour de 2004-2012).

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
T°C (Min)	21,008	21,491	20,316	19,866	20,341	19,583	21,175	20,633	21,233
T° C(Max)	34,218	33,725	34,341	34,433	34,566	33,7	34,633	34,35	33,541

I.3.3.3. L'évaporation et l'humidité relative

I.3.3.3.1. L'évaporation

Sous l'effet de la chaleur, l'eau s'évapore et s'élève dans l'atmosphère où elle va circuler comme un gaz, c'est la première étape du cycle de l'eau. A la station de Mbour où la série chronologique va de 2004 à 2012, l'évolution de l'évaporation est caractérisée par une très forte fluctuation autour de la valeur moyenne de 4,2 mm (Tab. 2). Les valeurs globalement faibles de l'évaporation mesurée à cette station peuvent être le résultat de l'importance des influences marines (PG, 2013).

Tableau 2: Evolution interannuelle de l'évaporation moyenne à Mbour (2004-2012)

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Evp. (mm)	3,875	3,44	3,958	4,641	4,341	3,908	4,291	4,533	4,658

I.3.3.3.2. L'humidité relative

Dans l'ensemble, l'humidité relative, à partir de 2009 baisse légèrement et la valeur la plus importante enregistrée durant ces années est de 91,58 %. Les valeurs les plus importantes de l'humidité relative sont observées durant la saison des pluies tandis que les faibles surviennent en saison sèche.

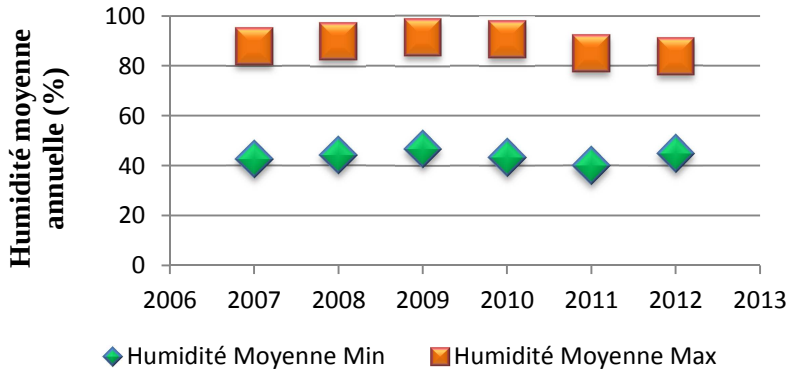


Figure 4: Evolution interannuelle de l'humidité moyenne maximale à Mbour (2007-2012)

I.3.3.4. Les vents

Le littoral Ouest Africain, y compris la petite côte sénégalaise, est caractérisé par de fortes variations climatiques liées à l'influence de trois masses d'air dont deux d'origine boréale et une troisième australe. La séparation se fait au niveau de la zone intertropicale de convergence (ZITC), surface de discontinuité en vent, en température et en humidité (Leroux,

1996). Le front intertropical (FIT) correspond à la partie Nord de la ZITC. A ce niveau les vents d'alizés de Nord Est à Nord-Ouest et ceux de Sud-Ouest se rencontrent. Ce sont des vents chargés d'humidité au-dessus de la mer et sont à l'origine des précipitations abondantes, avec des vitesses moyennes de 1,5 m/s au niveau de la station de Mbour.

I.3.3. Réseau hydrographique de Joal

Les marées sont responsables du façonnement et du fonctionnement interne de la lagune mais aussi des dépôts de sédiments marins (PG, 2013). La lagune de Joal-Fadiouth est parcourue par un réseau de petits cours d'eau s'écoulant vers l'ouest, entaillant les assises géologiques de l'Eocène et du Paléocène (PG, 2013). Les principaux sont les rivières de Mbissel, de Joal (Mama-Ngueth) et de Ndiémane.

I.4.4. La végétation

- **La mangrove**

Deux genres principaux de palétuviers, appartenant à deux familles, sont identifiés dans la mangrove de Joal-Fadiouth : les genres Rhizophora et Avicennia (Benga, 2001). Dans la lagune de Joal-Fadiouth, deux espèces sont présentes dans le genre Rhizophora: *Rhizophora racemosa* de taille élevée, localisée en bordure des chenaux et *Rhizophora mangle* plus petit se situant un peu à l'arrière de ce dernier, et une espèce du genre Avicenia : *Avicennia africana* (PG, 2013).

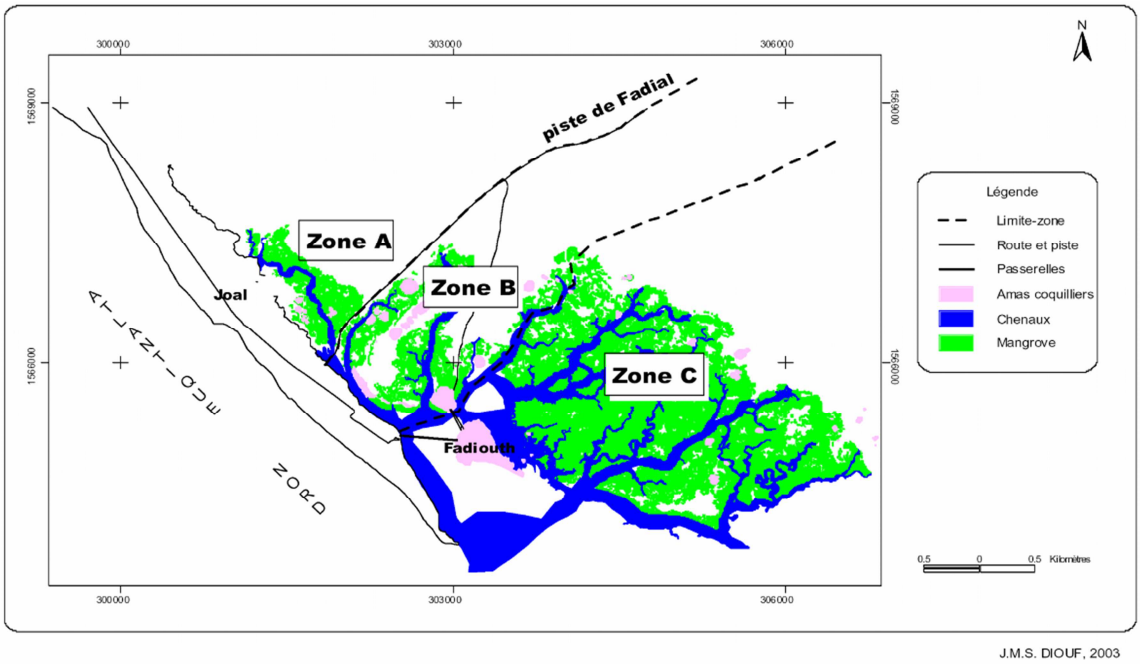


Figure 5: Zonation par secteur de la mangrove de la lagune de Joal-Fadiouth (PG, 2013).

I.3.5. Caractéristiques biologiques

I.3.5.1. Les ressources halieutiques

L'AMP de Joal est très riche et diverse, elle abrite un grand nombre d'espèce. Le port de Joal est l'un des plus grands ports de débarquement pour la pêche artisanale au Sénégal. Les 36 taxons rencontrés sont composés de 31 espèces de poissons (*sardinelles, symbium, seiche, pulpes*), 2 espèces de crustacés (*Penaeus notialis et Portunus validus*), 1 gastéropode (*Cymbium glans*), 1 céphalopode (*Sepia officinalis hierredda*) et 1 hippocampe (*Hemiramphus brasiliensis*) (sall, 2013).

Photo 1: Quelques espèces débarquées au quai de pêche de Joal (Sylvie D.D, 2013).

I.3.5.2. La faune malacologique

Elle est essentiellement représentée par des mollusques avec des arches (*Anadara senilis*) et des huîtres (*Crassostrea gasar*), notamment.

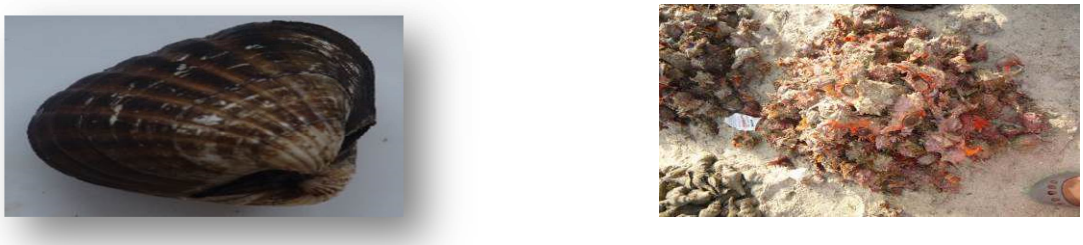


Photo 2: *Anadra senilis* et *Crassostrea gasar* ou Huître de palétuvier (Sylvie D.D, 2013).

I.3.5.3. L' herpétofaune

On remarque la dominance des tortues dont la plus répandue est la tortue verte (*Chelonia mydas*) (Sall, 2012). Les tortues les plus nombreuses de l'AMP de Joal sont les tortues vertes qu'on appelle *Ndumar* en « *sérère* ».

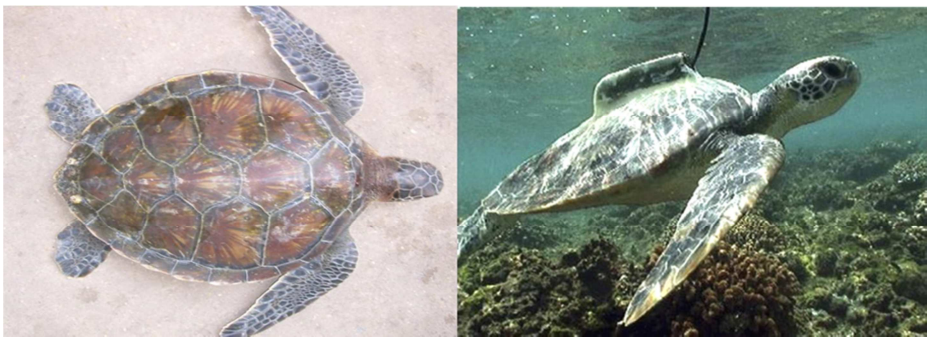


Photo 3: Tortue verte de l'AMP de Joal-Fadiouth (Sall, 2012).

I.3.5.4. L'avifaune

La faune aviaire de l'AMP de Joal-Fadiouth est très riche, plus de 117 espèces d'oiseaux ont été recensés dans cette AMP (PG, 2013). Un suivi mensuel des oiseaux d'eaux dans l'AMP de Joal-Fadiouth entre les mois de janvier et de juin 2007 avait montré que les espèces les plus fréquentes dans le site sont: Aigrette dimorphe, Bécasseau cocorli, Bécasseau sanderling, Goéland brun, pour ne citer que ceux-là (PG, 2013).

I.3.6. Les caractéristiques du milieu humain

I.3.6.1. Les caractéristiques de la population

D'après ANSD, en 2008 la population était estimée à 40247 habitants environ en grande majorité des sérères. Cette population est inégalement répartie sur l'espace avec 29 637 habitants, soit 89,8 % vivant à Joal (Tableau 2 Annexe x) (PG, 2013). L'île de Fadiouth abrite 3 354 habitants, soit 10 % de cette population. Cette répartition inégale de la population s'observe aussi bien entre les quartiers de Joal que ceux de Fadiouth.

I.3.6.2. Les activités socio-économiques

Les principales activités socio-économiques sont la pêche, la transformation des produits halieutiques, le commerce, le tourisme et le transport routier.

a) La pêche et la cueillette des mollusques

Le centre de pêche de Joal, qui de par son volume de mise à terre annuelles, est le premier port de pêche artisanale du pays. La pêche étant la principale activité dans la zone. On distingue deux types de pêche : la pêche pélagique côtière et la pêche démersale, toutes deux pratiquées en pirogue. Les enquêtes ont montré que les espèces principalement

débarquées sont : les sardinelles (*Sardinella aurita* et *S. maderensis*), le maquereau espagnol (*Scomber japonicus*), les chinchards (*Decapterus rhonchus* et *Trachurus trecae*), les barracudas (*Sphyraena spp*.), les soles longues (*Cynoglossus spp*.), le thiof (*Epinephelus aeneus*), le requin de nuit (*Carcharhinus signatus*).

Photo 4: Scène de débarquement et camions frigorifiques au quai de pêche de Joal (Sylvie D.D., 2013).

b) La transformation des produits halieutiques

La transformation occupe une place très importante dans l'économie populaire urbaine avec 42,02 % des débarquements (PG, 2013). Elle peut être considérée comme étant la troisième activité après la pêche et le commerce à Joal-Fadiouth. (PG, 2013). Cette activité essentiellement artisanale, est pratiquée à l'air libre dans le site de Khelcom et dans celui des tannes situés dans le quartier de Santhie à Joal. Les productions sont essentiellement des produits braisés et fumés, des produits fermentés et des produits salés- sèches.

Photo 5: Claie de séchage de poissons fumés dans le site de transformation de khelcom (Sylvie D., 2013).

c) L'agriculture et l'élevage

Les activités agricoles sont réduites essentiellement à la culture du riz et au maraîchage. Elles sont peu développées à Joal, mais sont dominantes, dans le village insulaire de Fadiouth, où les populations sont beaucoup plus attirées par les activités agricoles (Sall, 2013).

L'élevage quant à lui n'est également pas très développé dans la commune. Il est réduit à des élevages de porcs, de volailles de la basse-cour et de moutons (Sall, 2013).

d) Le commerce

Le commerce touche divers secteurs : la pêche, l'habillement, l'alimentation,…etc. Cette dernière occupe la 2ème place après la pêche, selon les enquêtes réalisées.

e) Le tourisme et le transport routier

Le tourisme est pratiqué par une infime partie de la population et reste loin derrière la pêche, malgré les énormes potentialités dont dispose la commune. En effet, la commune de Jaol-Fadiouth doit sa renommée en partie au Président Léopold Sedar Senghor. Joal-Fadiouth a été l'un des lieux où l'ouverture du Sénégal vers le monde extérieur s'est opérée (PG, 2013).

II. LES ECOSYSTEMES D'HERBIERS MARINS

II.1. Définition et description

Les herbiers marins regroupent des plantes à fleurs ou Magnoliophytes (phanérogames) (Ballorain, 2010). Celles-ci possèdent des racines qui absorbent les sels nutritifs nécessaires à leur croissance, des tiges vasculaires conduisant la sève, des feuilles assurant la production des matières organiques et de l'O_2, et l'absorption de CO_2 (Garnier, 2010) (Fig.6).

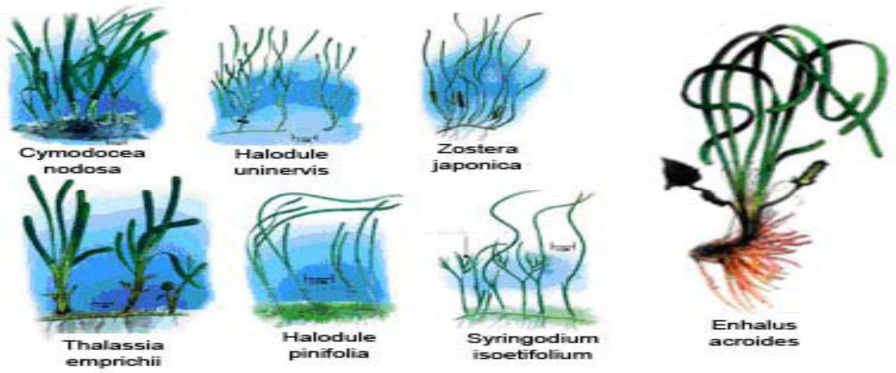


Figure 6: Représentation schématique de forme typique avec des feuilles allongées et aplaties des différentes espèces de Magnoliophytes marines (Vangeluwe, 2007).

II.2. Caractéristique écologique des herbiers marins

Les herbiers des lagunes se développent dans des eaux saumâtres ou salées dont la salinité est variable selon l'hydrodynamisme et les saisons (Duarte, 2008). En général, ils colonisent les zones dominées par les substrats sableux ou vaseux mais certaines espèces sont capables de coloniser des substrats rocheux (e.g. *Phyllospadix*).

La température optimale de croissance des espèces d'herbiers tempérés s'étend de 11,5°C à 26°C tandis que celle des espèces tropicales et subtropicales va de 23°C à 32°C (Diagne, 2010). Cependant, une température avoisinant 38°C aurait un effet létal sur les populations de *Zostera noltii* (Massa *et al*., 2009).

II.3. Biogéographie

Malgré leur faible diversité spécifique, les phanérogames marines colonisent la plupart des régions côtières du globe. Les herbiers marins se retrouvent dans les eaux tempérées, les eaux équatoriales, les eaux saumâtres des lagunes côtières, près de la côte dans le plateau continental à faible profondeur et dans les flaques permanentes des vasières et des arrières dunes (Duarte, 2002). La majorité des herbiers recensés se développe en zones intertidales et infralittorales inférieures à 30 m, bien que des profondeurs de près de 90 m aient été rapportées (Ballorain, 2010).

II.4. Les herbiers marins de l'AMP

Deux espèces sont présentes dans l'AMP de Joal (Annexe 3) : *Cymodocea nodosa et Halodule wrightii* (Pergent et Diop, 2009).

a) ***Cymodocea nodosa***

Par sa fréquence, sa densité et son extension géographique, *C. nodosa*, est la première espèce de phanérogames marines au Sénégal (Fig. 6). *C. nodosa* appartient à la famille des *Cymodoceaceae*, famille exclusivement marine, qui inclut les genres *Amphibolis*, *Cymodocea*, *Halodule*, *Syringodium* et *Thalassodendron* (Kuo & Den Hartog, 2000).

❖ **Caractéristiques morphologiques et écologiques**

Les feuilles de *C. nodosa* sont rubanées de 10 à 30 centimètres de long, denticulées à l'extrémité. Elles sont pourvues de 7-9 nervures parallèles et sont riches en tanin (Boudouresque *et al*., 1994). Les rhizomes sont fins, orthotropes et plagiotropes. Les rhizomes

et les racines sont généralement enfouis dans les premiers centimètres du sédiment. C'est une espèce pionnière, qui apprécie les fonds sableux, riches en matière organique (Mazzella, 1990). Comme *P. oceanica*, elle possède une reproduction asexuée efficace, mais à l'inverse de celle-ci, sa reproduction sexuée est fréquente (Caye, 1989).

- **Distribution et classification**

L'espèce *C. nodosa* se rencontre au Sénégal, même si elle est également présente en Atlantique orientale, au sud du Portugal, et autour des îles Canaries. Au Sénégal, son extension bathymétrique n'en a pas encore été réalisée, mais elle se développe de l'Aire Marine Protégée jusqu'à Palmarin et dans les îles du Saloum (fig. 7).

b) Halodule wrightii

Halodule wrightii est la deuxième espèce de phanérogames marines au Sénégal. Cette espèce est communément identifiée à tort comme *Halodule beaudettei*. En effet, ces deux espèces se distinguent actuellement les unes des autres en examinant leurs lames (Hall *et al*., 2006).

- **Caractéristiques morphologiques et écologiques**

Halodule wrightii possède des lames longues et minces (5-18 cm de long et de 0,3 à 0,8 mm de large) avec une pointe bidentée, toutefois, ces jeunes feuilles peuvent ressembler à une pointe tridentée (Sargent, 1995). *H. wrightii* se trouve généralement dans les eaux peu profondes jusqu'à 12 mètres de profondeur et est capable de résister à la période d'exposition en marée basse (Short *et al*., 2010).

- **Distribution**

H. wrightii a une distribution mondiale principalement dans les régions tropicales. Son implantation se trouve dans l'Atlantique ouest, l'Atlantique Est, du Maroc au sud de l'Angola, le golfe du Mexique et la mer des Caraïbes, de la Caroline du Nord au sud du Venezuela, et des Bermudes, ainsi que la côte Est du Brésil (Short *et al*., 2010). Au Sénégal, elle présente la même distribution que *C. nodosa*.

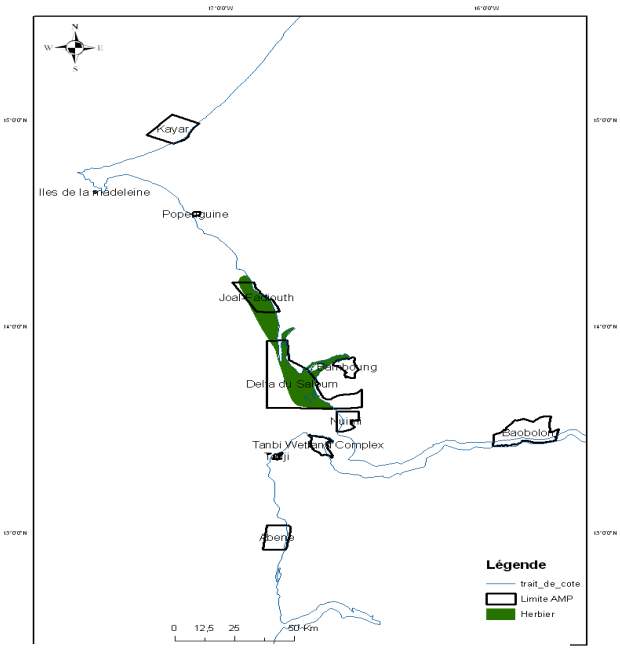


Figure 7: Répartition géographique des herbiers au Sénégal (FIBA, 2013).

Photo 6: Herbier à Cymodocea nodosa à Joal (vue sous-marine) (Pergent et Diop, 2009)

Photo 7: Crustacés dans l'herbier à Cymodocea nodosa à Joal (Pergent et Diop, 2009)

II.5. Importance des écosystèmes d'herbiers

A l'échelle mondiale, les herbiers marins figurent parmi les systèmes biologiques les plus productifs (Duarte et Chiscano, 1999). Leur contribution significative dans les flux d'énergie à l'échelle des océans explique l'importante diversité biologique et la complexité du réseau trophique qui leur sont associées (Beck *et al*. 2001).

II.5.1. Rôle dans les équilibres écologiques du système littoral

Les herbiers ont un rôle de stabilisateur des sédiments, ils créent des habitats pour les organismes benthiques et pourraient même être des fixateurs d'azote, du fait de l'existence dans la rhizosphère de bactéries anaérobies (Diagne, 2010). Leur biomasse représente un habitat refuge et une source d'alimentation directe pour de nombreuses espèces animales (poissons, crustacés.. etc.) (Duarte *et al*. 2000). A l'interface entre la colonne d'eau et le sédiment, les herbiers marins permettent également un recyclage efficace des nutriments (Gobert, 2002).

II.5.2. Rôle dans les équilibres physiques du système littoral

En milieu tropical, de fortes interactions relient les herbiers marins aux récifs coralliens et aux mangroves : chacun des systèmes fournit aux autres un support physique et biologique (p. ex. nurserie, habitats nourriciers, refuges) (Green et Short, 2003 ; Gillander, 2006). Leur système racinaire dense stabilise les sédiments (Gacia *et al*. 2003, Green et Short, 2003 ; Larkum *et al*. 2006).) La biomasse végétale considérable des herbiers marins constitue également une sorte d'écran qui freine et amortit efficacement l'hydrodynamisme (houles, courants) au niveau des fonds (Duarte, 2008).

II.5.3. Rôle économique

Le rôle économique des herbiers découle, d'une façon générale, de leur importance dans les équilibres écologiques et physiques du système littoral évoqué ci-dessus. Ils constituent également une frayère tout particulièrement recherchée par de nombreuses espèces présentant un intérêt commercial (crustacés, céphalopodes, poissons) (Le Direach et Francour, 2001). Les herbiers marins sont classé 3ème parmi les écosystèmes les plus productif de la planète (sall, 2013).

II.5.4. Qualité de bio-indicateur

Les herbiers constituent des témoins potentiels des effets des changements affectant leur environnement (Fourqurean *et al*., 2002). Les ratios des isotopes stables carbone, azote et sulfure au niveau des tissus de phanérogames marines sont des outils efficaces pour évaluer des changements d'intensité lumineuse (Grice *et al*., 1996 ; Udy et Dennison, 1997 ; Yamamuro *et al*., 2003).

Les herbiers constituent de puissants intégrateurs de la qualité globale des eaux marines (Pergent *et al*., 1995). Ainsi, de nombreux paramètres sont à même d'être enregistrés par l'herbier : la turbidité moyenne des eaux, les courants et l'hydrodynamisme, le taux de sédimentation, les polluants stables, le stress (matérialisé en particulier par la teneur de la plante en acides phénoliques et enzymes de détoxification), la matière organique et nutriments (Pergent *et al*., 1995). De nombreuses Magnoliophytes, présentent à la fois, un fort pouvoir de concentration en "métaux-trace", proportionnel aux teneurs présentes dans le milieu (Baroli *et al*., 2001).

II.5.5. Puits de carbone associés à ces herbiers marins

Le carbone organique enfoui dans les sédiments est le principal puits pour les herbiers marins (Pergent *et al*., 2012). Comme les forêts terrestres, les herbiers marins peuvent fixer et enfouir une part significative du CO_2 atmosphérique, permettant de réduire les gaz à effet de serre et contribuer à la régulation du climat de la planète (Pergent *et al*., 2012).

II.6. Perturbateurs des écosystèmes d'herbiers marins

De par leur localisation à faible profondeur et en bordure des côtes, les herbiers de Phanérogames marines sont parmi les écosystèmes les plus menacés par l'action de l'homme liée à l'urbanisation croissante des îles tropicales. Aux perturbations naturelles se rajoutent celles d'origine anthropique (Bouchon *et al*., 2010).

II.6.1. Les perturbations d'origine naturelle

Les phénomènes naturels susceptibles de porter atteinte aux herbiers de Phanérogames marines sont essentiellement les houles cycloniques et les pluies torrentielles (Boudouresque *et al*., 1986).

II.6.2. Les perturbations d'origine anthropique

Les activités humaines constituent le principal facteur de régression des herbiers marins, bien que ces causes agissent le plus souvent en synergie (Duarte *et al*., 2001).

II.6.2.1. Les aménagements littoraux

Les aménagements littoraux ont un impact direct sur les petits fonds, et donc sur l'habitat potentiel de *Cymodocea nodosa* et *Halodule Wrightii*. En plus des impacts directs, la

réalisation des ouvrages côtiers modifie localement les houles et les courants, et par voie de conséquence les processus de transport des sédiments littoraux qui déterminent leur distribution (Astier, 1984). Ces modifications altèrent l'équilibre entre le taux de sédimentation et la croissance verticale des rhizomes (Boudouresque *et al*., 1986).

II.6.2.2. Turbidité et envasement

L'augmentation de la turbidité se traduit par une diminution de la profondeur de compensation de la photosynthèse des plantes marines et par conséquent par une diminution de l'extension bathymétrique des herbiers (Bouchon *et al*., 2010) . La remise en suspension de ces sédiments fins par l'hydrodynamisme génère une turbidité élevée dans la colonne d'eau qui limite l'activité photosynthétique des herbiers (Tunesi *et al*., 2001).

II.6.2.3. Eutrophisation des eaux côtières

Les rejets urbains et d'autres activités anthropiques peuvent accroître la charge des eaux côtières en particules en suspension, en nutriments et en matière organique dissoute ou particulaire (Boudouresque *et al*., 1986). A leur tour, les nutriments et la matière organique provoquent la prolifération des organismes planctoniques. Au final, la transparence de l'eau s'en trouve réduite. La diminution de la transparence de l'eau a un effet direct sur les herbiers (tel que la diminution du recouvrement et de la densité des faisceaux) (Ruiz et Romero, 2003.

II.6.4. Les arts trainants et réchauffement climatique

Les activités de pêche qui impliquent l'emploi d'arts trainants, qui raclent et labourent l'herbier, détruisent ces derniers (Ruiz et Romero, 2001). Il est difficile de prévoir quelles seront à terme les incidences du changement climatique sur la phénologie de ces plantes (Bouchon *et al*., 2010).

IIème PARTIE
APPROCHE THEORIQUE ET EXPERIMENTALE

I. APPROCHE THEORIQUE

I.1. Sites d'enquête, de prélèvement et d'analyse

Les enquêtes ont été réalisées dans les 07 quartiers de Joal suivants : Ndoubab, Mbourdiouham, Diamaguene, Mbéleniéme, Santh1, Santh2, et Tiléne. Tandis que les prélèvements ont été faites dans l'AMP de Joal-Fadiouth aux points de coordonnées présentés par la figure géo-référencée ci-contre (Fig.8). Le choix des sites de prélèvement a été fonction de la proximité avec des usines (usine OMEGA). Les coordonnées GPS des différentes zones de prélèvement sont les suivantes : Zone N°1 (N: 14°10'07,3'' ; W: 16°52'18,1'') ; Zone N°2(N: 14°10'07,3'' ; W: 16°52'88,1'').

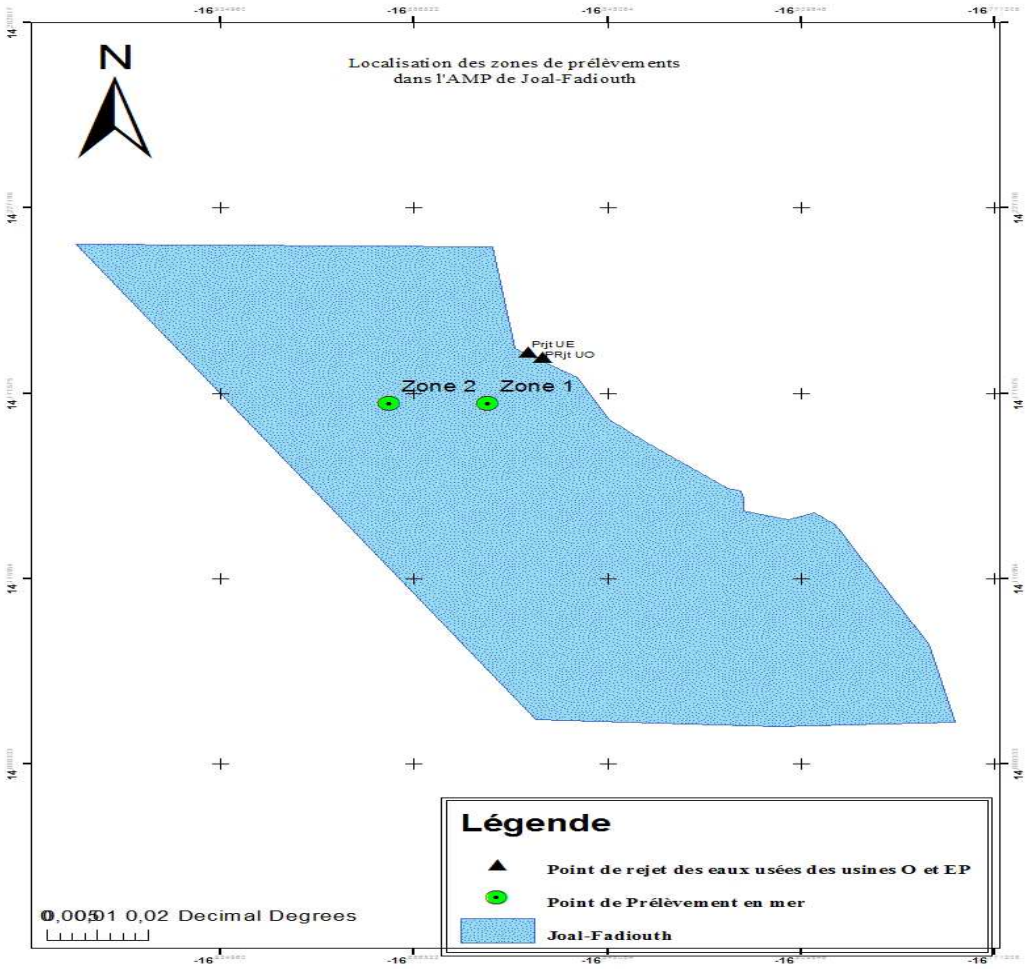


Figure 8: Représentation ArcGis des sites de prélèvements (Sylvie DD., 2013)

Les analyses ont été effectuées au Laboratoire de traitement des eaux usées (LATEU) de l'Institut Fondamental d'Afrique Noir (IFAN) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Il est constitué de deux sous laboratoires : Le Laboratoire d'analyse physico-chimie et Le laboratoire d'analyse microbiologique.

I.2. Matériels utilisés

Le matériel de terrain utilisé dans cette partie est répertorié en annexe 2 de ce mémoire.

I.3. Méthodes d'observation et d'enquête sur le terrain : Collecte des données

L'observation et la collecte des données ont été réalisées au moyen de la documentation et des entretiens auprès du personnel de l'AMP, et des populations riveraines. Ces enquêtes ont été réalisées de Juillet à Septembre 2013. Une combinaison de techniques quantitatives (questionnaires individuels avec unité d'analyses) et qualitatives (diagnostic auprès des responsables, entretiens formels et informels) ont été utilisées. Les fig. 9 et 10 ci-après regroupent les enquêtées par tranche d'âge, sexe et de l'activité pratiquée. Au total, 54 habitats riverains, 10 femmes transformatrices, les responsables de l'usine Omega ainsi que les membres du bureau de l'AMP, soit un total de 70 ménages ont été couverts par notre enquête.

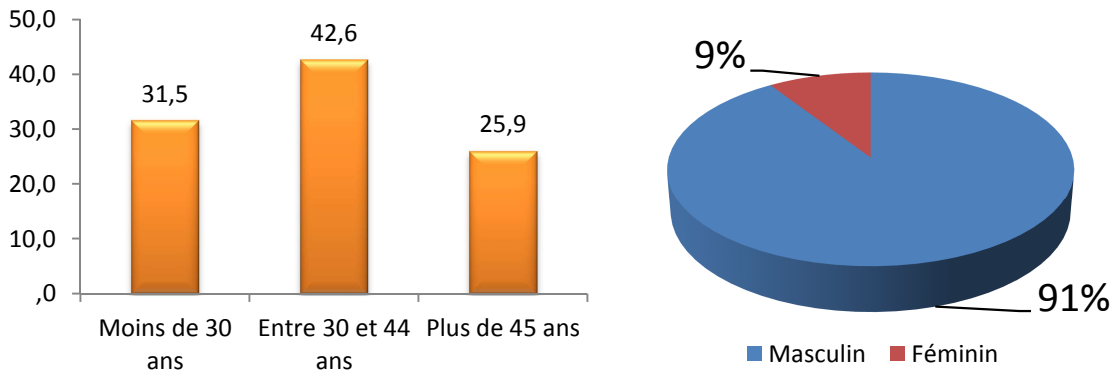


Figure 9: Répartition des enquêtés en fonction des tranches d'âges et du sexe.

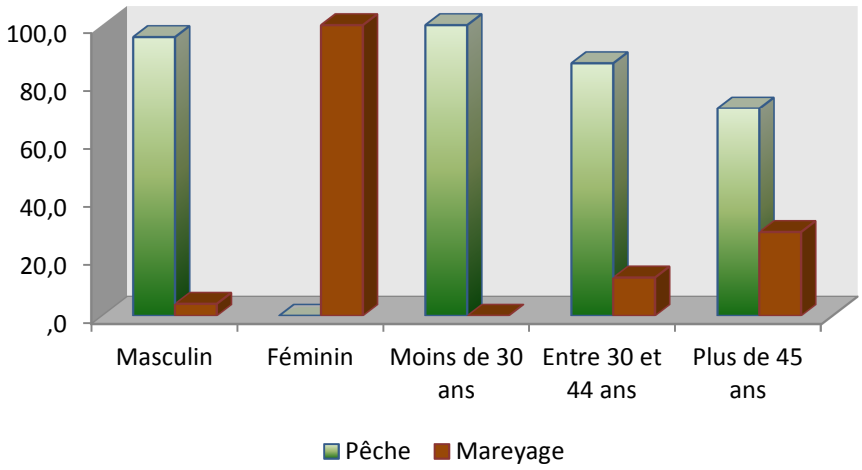


Figure 10: Répartition des enquêtés selon le métier pratiqué par sexe et tranche d'âge

Les fiches d'enquêtes préconçues, ont été utilisées pour les entretiens, les observations sur le terrain et la vérification du système de gestion participative et des moyens de lutte contre la pollution mis en place dans la communauté.

I.3.1. Questionnaire individuel

Pris comme unité d'observation, le questionnaire individuel (Annexe) était adressé aux populations riveraines et aux pécheurs. Il nous a permis de mesurer le degré d'implication des populations dans la lutte contre la pollution au niveau de l'AMP, et d'en déterminer les différents types et sources de polluants des eaux et plages. Bien plus, il a permis d'évaluer leur niveau de connaissance sur les impacts possibles de ces polluants sur cet écosystème.

I.3.2. Les focus groups discussion

Cet entretien, collectif concerne les réunions en assemblée plénière en présence de 4-5 pécheurs ou de femmes transformatrices. Cette technique nous a permis de collecter les données sur les produits utilisés dans le processus de transformation, les problèmes et sources de pollutions rencontrées dans la zone, la connaissance de leur rôle et responsabilité dans la préservation de cet écosystème d'herbier, et la lutte contre la pollution.

Photo 8: Entretien avec des femmes transformatrices du site KHELCOM (Sylvie D.D., 2013)

I.3.3. Entretien libre

Contrairement aux entretiens semi-directifs, les entretiens libres ne se font pas avec des guides d'entretiens ; ainsi, nous serons libres sur la façon de poser les questions, de les libeller et de les ordonner. Il s'est adressé au président du comité de gestion de l'AMP, au 2ème

Adjoint au Maire, à la présidente des femmes dynamiques et les responsables d'usine OMEGA. Ceci, pour l'évaluation des stratégies de gestion de la pollution mise en place par les populations, ainsi que leurs revendications.

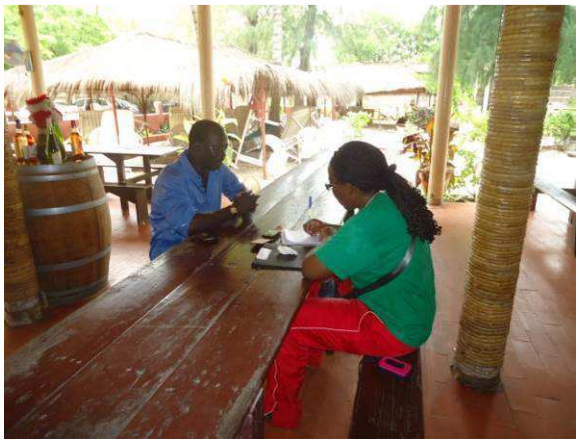


Photo 10: Entretien avec le 2ème Adjoint au Maire de Joal-Fadiouth (Sylvie D.D., 2013)

Photo 9: Entretien avec le Président du Comité de Gestion de l'AMP de Joal (Sylvie D.D., 2013)

I.3.4. Technique d'échantillonnage de l'enquête

Trois facteurs déterminent essentiellement la taille de l'échantillon (**n**) pour une enquête faite dans la population:

- La prévalence estimative de la variable étudiée – Population- dans le cas présent (**p**),
- Le niveau de confiance visé (**t**), 95% (valeur type de 1,96) et
- La marge d'erreur acceptable (**m**), 5% (valeur type de 0,05)**.**

Ce modèle d'enquête est fondé sur un échantillon aléatoire simple, la taille d'échantillon requise est calculée en appliquant la formule suivante :

$$n = \frac{t^2 \times p(1-p)}{m^2}$$

I.4. Méthode d'échantillonnage de l'eau

I.4.1. Pour l'analyse physico-chimique.

L'eau de l'AMP de Joal a été prélevée le 20 Août et les prélèvements d'eau ont été effectués manuellement. Des bouteilles en polyéthylène de 1 litre propres et stérilisées ont été utilisées (6 flacons). Avant chaque prélèvement, les flacons préalablement marqués, ont été rincés avec de l'eau de chaque site afin d'éviter toute contamination des échantillons. Les

échantillons composites réalisés comprenaient une série de sous-échantillons individuels (3) prélevés à des endroits différents, puis rassemblés en un seul échantillon pour chaque site en utilisant des volumes à peu près équivalents de chacun des sous-échantillons selon le protocole décrit par CCME en 2011.

I.4.2. Pour l'analyse bactériologique

Le même protocole a été utilisé que celui de l'analyse physico-chimique. A la seule différence que les flacons destinés à une analyse bactériologique n'ont pas été lavés. L'eau a directement été recueillie dans les flacons stérilisés.

I.4.3. Transport et conservation au laboratoire

Les bouteilles ont été conservées dans une glacière à 4°C et transportées au laboratoire dans les meilleurs délais.

II. APPROCHE EXPERIMENTALE : ANALYSE EN LABORATOIRE DES EAUX

En dehors du choix des paramètres à doser qui dépend des objectifs de l'analyse, ce sont les méthodes analytiques et les manipulations de laboratoire qui limitent la précision analytique. L'interprétation des résultats analytiques, doit tenir compte des limites de la mesure effectuée dans les différentes étapes (échantillonnage, conservation, analyse) (Oumedjbeur, 1986).

II.1. Caractéristiques physiques de l'eau

II.1.1. Mesure du pH (potentiel hydrogène)

Le pH est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance.

- **Principe**

La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. Le pH-mètre est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure.

- **Mode opératoire**

La détermination de la température est faite en laboratoire à l'aide d'un thermomètre incorporé à l'oxymètre étalonné avant chaque manipulation. Lorsque l'électrode combinée au pH mètre WTW 521 a été immergée avec précautions dans un vase de mesure initialement rempli avec l'échantillon, le pH est lu directement lorsque la valeur se stabilise.

II.1.2. La conductivité (Rodier *et al*., 2008)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Rodier, 2005). La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (Aminot et Kérouel, 2004).

- **Principe**

Un courant électrique résulte du mouvement de particules électriquement chargées en réponse à des forces qui agissent sur celles-ci à partir d'un champ électrique appliqué.

- **Mode opératoire**

Plonger la cellule de conductivité et la sonde de température dans l'aliquote (10mL d'échantillon), et lire après stabilisation. Elle s'exprime en µS/cm.

Photo 11: Mesure de la conductivité à l'aide d'un conductimètre (Sylvie D.D., 2013)

II.2. Analyse des polluants chimiques de l'eau

II.2.1. Dosage des nitrates : Méthode de réduction au cadmium (Rodier *et al*., 2008)

Les nitrates sont une forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse et ils sont la forme la plus répandue dans l'océan (65% du stock de l'azote. Les nitrates résultent de l'oxydation des nitrites par des bactéries lors de la réaction de nitratation (Rodier *et al*., 2008).

- **Principe**

Le cadmium métallique réduit le nitrate en nitrite. L'ion nitrite réagit en milieu acide avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium intermédiaire. Ce sel réagit avec l'acide gentisique pour former une solution de couleur ambre.

- **Mode opératoire**

Ajouter dans 10mL d'échantillon le réactif de Nitrate ver 5 Nitratz. Agiter pendant une minute et laisser reposer pendant 5min. Utiliser ensuite le blanc constitué de 10m d'échantillon uniquement pour calibrer le spectrophotomètre et lire la concentration de l'échantillon en mg/mL d'azote ($N\text{-}NO_3^-$).

Photo 12: Tube à essai contenant du Nitate ver 5 Nitratz (à gauche) et le spectrophotomètre (à droite (Sylvie D.D., 2013)

II.2.2. Dosage des nitrites (NO_2^-) par la méthode de Diazotation (Rodier *et al.*, 2008)

Etant dans le cycle de l'azote, un ion en état transitoire au même titre que l'ammonium, expliquant ainsi les faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui sont de l'ordre de zéro à quelques micromoles par litre d'azote nitreux.

- **Principe**

Le nitrite dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromotropique pour produire un complexe coloré rose dont la coloration est proportionnelle à la quantité de nitrite présent.

- **Mode opératoire**

Ajouter dans 10mL d'échantillon le réactif de Nitrate ver 3 Nitrate. Agiter pendant une minute et laisser reposer pendant 20 min. utilisé ensuite le blanc constitué de 10ml d'échantillon uniquement pour calibrer le spectrophotomètre et lire la concentration de l'échantillon en mg/ml.

II.2.3. Dosage de l'azote ammoniacal : méthode de salicylate (Rodier *et al*., 2008)

L'azote ammoniacal provient des excrétions animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations inférieures au µmol/l (Rodier *et al*., 2008).

- **Principe**

Les composés ammoniacaux se combinent avec le chlore pour former la monochloramine. Ce dernier réagit avec le salicylate pour former le 5-aminosalicylate. Ce composé est oxydé en présence d'un catalyseur au nitroprussiate pour former un complexe coloré bleu. La coloration bleue est masquée par la coloration jaune du réactif en excès pour donner une solution finale colorée en vert.

- **Mode opératoire**

Introduire 100µl d'échantillon dans 100µl d'eau distillée, y ajouter le réactif de salicylate ammoniacal. Homogénéiser et ajouter ensuite le cyanurâte ammoniacal, agiter et laisser reposer pendant 20min. ce réactif vire au vert. Réaliser ensuite la lecture au spectrophotomètre après calibrage avec du blanc ne contenant que de l'eau distillée et du salicylate ammoniacal.

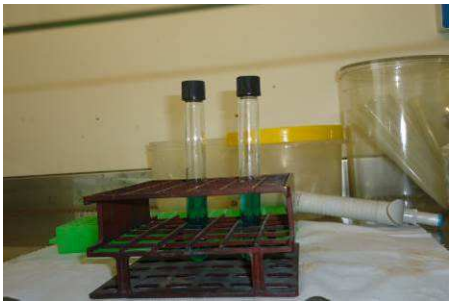


Photo 13: Tube à essai du test d'Azote Ammoniacal (Sylvie D.D., 2013)

II.2.4. Dosage des sulfates par la méthode au sulfate Ver 4 (Rodier *et al*., 2008)

La méthode néphélométrique est celle que nous avons utilisée. Les teneurs en sulfates des eaux naturelles sont variables, de 5 à 200 mg/l (2).

- Principe

Les ions sulfate réagissent avec le baryum du réactif SulfaVer 4 et produit un précipité de sulfate de baryum insoluble. La quantité de turbidité formée est proportionnelle à la concentration du sulfate. Le réactif SulfaVer 4 contient aussi un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension.

- **Mode opératoire**

Prélever 10ml d'échantillon d'eau, y ajouter le réactif de poudre de Sulfate Ver 4 et homogénéiser ensuite. Laisser reposer pendant 5min, calibrer ensuite le spectrophotomètre à partir du blanc contenant uniquement un volume de 10mL d'eau distillée et procéder à la lecture. Les résultats sont donnés en mg/l d'eau de sulfates.

II.2.5. Dosage des phosphates : méthode Molybdovanadate (Rodier *et al*., 2008)

Dans l'eau de mer, le phosphore existe sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire. Les Orthophosphates présentent la forme la plus abondante PO_4^{3-} (10 %) (Rodier *et al*., 2008).

- **Principe**

Le test de palintest phosphate HR est basé sur la méthode du molybdovanadate. Dans cette méthode, l'orthophosphate réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate. En présence de vanadium, l'acide vanadomolybdophosphorique jaune se forme. L'intensité de la coloration jaune est proportionnelle à la concentration du phosphate.

- **Mode opératoire**

Prélevé 10µl d'échantillon, y ajouter le comprimé de « phosphate HR tablet ». Piler ensuite le comprimer dans le volume d'échantillon et laisser reposer pendant 10min et lire au spectrophotomètre à 490 nm. Les résultats sont donnés en mg/l PO_4^{3-} .

II.2.6. Dosage des chlorures (Rodier *et al*., 2008)

- **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium.

La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

- **Mode opératoire**

Introduire 25 ml d'eau à analyser diluée au 100ème, préalablement filtrée, dans une fiole conique de 250 ml. Ajouter le réactif de dyphénylcarbazone en poudre. Agiter à l'aide d'un agitateur magnétique et y ajouter progressivement le Nitrate de Mercure goutte à goutte jusqu'au virement de la couleur au violet. Et réaliser ensuite la lecture en mg/ml de chlore.

Photo 14: Test de chlorure (Sylvie D.D., 2013)

II.2.7. Mesure de la salinité

Elle est définie conventionnellement comme la masse en gramme des composés solides séchés à poids constant à 48°C, obtenue à partir de 1Kg d'eau de mer. Elle correspond à la teneur en sels dissouts de l'eau de mer, Il forme avec la température deux descripteurs de base des masses d'eaux (bon traceur du mélange des eaux) (Rodier *et al*., 2008).

- **Principe**

Un transformateur alimenté par une tension alternative induit dans un anneau d'eau une tension qui y provoque le passage d'un courant qui est fonction de la résistance de l'anneau et le mesure grâce à un deuxième transformateur couplé dans l'anneau d'eau.

- **Mode opératoire**

Les mesures de salinité ont été réalisées par la méthode conductimétrique grâce à un salinomètre à induction de type *Beckman industrial*. Les résultats sont exprimés en mg/l de chlorure de sodium.

II.2.8. Détermination de la DCO (Rodier *et al*., 2008)

Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné. Elle permet donc d'évaluer la quantité totale de pollution organique (Volhardt & Schore, 1995).

- **Principe**

L'oxydation est réalisée ici par un oxydant chimique énergique ayant un pouvoir d'oxydation puissant (le bichromate de potassium à chaud en milieu acide) en présence d'un catalyseur (ions Ag^{2+}). Ce dosage se fait à 140-150°C durant deux heures. La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/L d'oxygène, correspond à la DCO.

- **Mode opératoire**

Prélever 200µl d'échantillon et laisser digérer à 150°C dans un incubateur pendant 2h. Laisser ensuite pendant 20min dans le '*réactor*'. Laisser à température ambiante et lire au spectrophotomètre préalablement calibré à l'aide du blanc (constitué de l'eau distillée). La valeur est donnée en mg/ml.

Photo 15: Test de la DCO (Sylvie D.D., 2013)

II.2.9. Dosage des micropolluants (métaux lourds) présents dans l'eau

Les métaux lourds ont un effet cumulatif et ont une capacité de bioaccumulation le long des chaînes alimentaires. Leur fixation sélective sur des organes et tissus sensibles peut être dangereuse à des concentrations élevées (Rodier *et al*., 2008). Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement.

1. Dosage du Cuivre par la méthode porphyrine LR (2-210µg/l) (Rodier *et al*., 2008)

Le cuivre, excellent conducteur d'électricité et de chaleur, est un métal relativement abondant dans la croûte terrestre. C'est un oligoélément qui joue un rôle particulièrement important dans la résistance aux maladies et la régulation de l'eau chez les plantes.

- **Principe :**

La méthode porphyrine est très sensible aux traces de cuivre libre. En raison de la sensibilité de la méthode, un agent masquant est utilisé pour préparer un "blanc" pour chaque échantillon. La méthode est exempte de la plupart des interférences et ne nécessite pas d'extraction ou de pré-concentration. Les interférences des autres métaux sont éliminées par le réactif masquant du cuivre. L'indicateur porphyrine forme un complexe de coloration jaune intense avec le cuivre libre présent dans l'échantillon.

- **Mode opératoire**

Deux cuvettes ont été remplies avec 10 ml d'échantillon, le contenu d'une gélule de réactif masquant du cuivre a été ensuite ajouté à l'une des cuvettes (le blanc). Le contenu d'une gélule de réactif Porphyrine 1 a été ensuite ajouté à chaque cuvette. Le contenu d'une gélule de réactif Porphyrine 2 a été ensuite ajouté à chaque cuvette. Une période de réaction de trois minutes a été observée. Le blanc a été ensuite placé dans le puits de mesure pour calibrage. Et l'échantillon préparé a été placé dans le puits de mesure, en ayant pris soins d'entrer le programme correspondant. Lire ensuite le résultat en mg/l de cuivre qui s'affiche.

2. Dosage du Fer par la méthode de Fer-TPTZ (Rodier *et al*., 2008)

On le retrouve aussi bien dans la croûte terrestre que dans les préparations commerciales. Il participe à de nombreuses réactions chimiques.

- **Principe :**

Le réactif TPTZ forme une coloration intense bleue-violette avec le fer ferreux. L'indicateur est combiné à un agent réducteur qui convertit le fer précipité ou en suspension, telle que la rouille en fer ferreux. La quantité de fer ferrique présent peut être déterminée par différence entre le résultat d'une analyse du fer ferreux et la concentration du fer total.

- **Mode opératoire**

Prélever 10mL d'échantillon, y ajouter le réactif TPTZ (l'échantillon préparé). Agité ensuite pendant 30 secondes. Préparer le blanc à partir de 10ml d'eau distillée, y ajouter le réactif TPTZ-fer, et homogénéiser pendant 30s et laisser également reposer pendant 3min. faire ensuite la lecture au spectrophotomètre après calibrage.

3. Dosage du Zinc par la méthode de Zincon (0,1-2,00mg/ml) (Rodier *et al*., 2008)

Oligo-élément pour l'homme, l'animal et les végétaux, le zinc se place en 26eme position parmi les éléments les plus fréquents dans la nature. La plupart du zinc est rejeté par les activités telle que, la combustion du charbon de bois et des déchets et l'industrie de l'acier.

- **Principe**

Le zinc et les autres métaux présents sont complexés avec du cyanure. L'addition de cyclohexanone provoque la libération sélective du zinc. Le zinc réagit alors avec l'indicateur 2-carboxy-2'-hydroxy-5'-sulfoformazyl benzène (Zincon) pour former un complexe coloré bleu. La concentration du zinc est proportionnelle à l'intensité de la coloration. Selon la concentration du zinc, la coloration bleue est plus ou moins masquée par la coloration orange de l'indicateur en excès, donnant visuellement une solution finale de couleur variable.

- **Mode opératoire**

Prélever 20ml d'échantillon d'eau, y ajouter le contenu d'une gélule de réactif ZincoVer 5. Fermer le flacon et inverser plusieurs fois jusqu'à dissolution complète du réactif. Réaliser le blanc à partir de 10 ml de la solution précédente, y ajouter 0,5 ml de cyclohexane dans la solution restante. Homogénéiser pendant 30 s, laisser ensuite reposer pendant 3min et prélever 10mL de cette solution pour réaliser ensuite la lecture après calibrage avec le blanc.

II.3. Analyse des paramètres biologiques de l'eau

II.3.1. Dosage de l'Oxygène dissous (Rodier *et al*., 2008)

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre important du milieu qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. La concentration en oxygène dissous est la résultante des facteurs physiques (température, échange air-mer et la salinité), chimiques (oxydation chimique) et biologiques (photosynthèse, respiration). (Rodier, 2005).

- **Principe**

L'hydroxyde de manganèse précipite dans l'eau et fixe complètement à partir des sels de manganèse (II) l'oxygène présent, pour former de l'hydroxyde manganique. Celui–ci sous l'action de l'acide chlorhydrique, donne du chlorure manganique qui libère de l'iode de l'iodure de potassium. Le manganèse trivalent est un oxydant chimique puissant non cancérigène qui vire quantitativement du violet à l'incolore lorsqu'il réagit avec la matière organique.

- **Mode opératoire**

100 ml d'échantillon ont été homogénéisés pendant 30 secondes dans un homogénéiseur. 0,50 ml d'échantillon homogénéisé a été prélevé et ajouté dans un tube DCO Mn III. Le blanc a été préparé en remplaçant l'échantillon par l'eau désionisée. Les tubes ont été placés ensuite dans le réacteur DCO préchauffé pour digestion pendant 1 heure. Après digestion, les tubes ont été mis sur un portoir pour refroidissement. Ensuite les extérieurs des tubes ont été essuyés et la lecture réalisée après calibrage avec le blanc. Les résultats sont donnés en mg/l de DCO.

II.3.2. Détermination de la DBO (Rodier *et al*., 2008)

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. Les conditions communément utilisées sont 5 jours (on peut donc avoir une dégradation partielle) à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air (DBO_5).

- **Principe :**

C'est une méthode manométrique avec des manomètres à affichage numérique qui se fixent directement sur le flacon de DBO. Elle mesure l'oxygène consommé en 5jours par un échantillon dilué avec une eau saturée en oxygène, ensemencée avec des germes, puis placée dans une enceinte thermostatée à 20°C.

- **Mode opératoire** :

Les pastilles de soude (NaOH) ont été introduites dans chacun des flacons bruns en verre contenant 150ml d'échantillon. Fermer ensuite l'ouverture des bouteilles avec un appareil appelé « oxytope ». Agiter ensuite le mélange à partir d'un dispositif adéquat,

équilibrer ensuite la température à 20°C et incuber les échantillons à l'obscurité pendant cinq jours. Les résultats sont ensuite lus et multipliés par un coefficient (en relation avec le volume incubé).

Photo 16: Test de la DBO (Sylvie D.D., 2013)

II.3.3. Détermination des Matières en suspension (MES) (Rodier *et al*., 2008)

D'après Ivanoff (1972), en plus des substances dissoutes, l'eau de mer contient des matières en suspension d'origines minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature biogénique, terrigène, éolienne ou météorique. Elles peuvent être un indice de pollution. Elles peuvent être aussi considérées comme des transporteurs importants des polluants, fertilisants, toxiques et biologiques (Lacaze, 1996a).

- **Principe**

La mesure des MES par filtration repose sur le principe de la double pesée : un volume d'eau est filtré sur une membrane (préalablement pesée à vide) de 1,5 microns et les résidus sur cette dernière sont pesés. Le rapport de la différence de masse sur le volume d'eau filtrée donne la concentration des MES en milligramme/litre.

- **Mode opératoire**

L'analyse consiste à faire passer sur une membrane filtrante qui aura été préalablement pesée P1, une quantité de 100ml d'échantillon à analyser. Après passage à l'étuve à 105°C, la membrane est à nouveau pesée P2. La différence entre P2 et P1 représentera la quantité de matières retenues sur la membrane filtrante, puis séchée lors du séjour en étuve ; ce sont les MES, elles s'expriment en mg/l. La concentration de la matière en suspension (MES) s'obtient donc par l'expression :

MES (mg/l) = P2 – P1 / V

Avec :

P1 : le poids du filtre avant filtration (mg).

P2 : le poids du filtre après la filtration (mg).

V : volume d'eau de mer filtrée en litres.

II.4. Analyse des micropolluants organiques PCB par la méthode « *Immuno Essay* » (Rodier *et al*., 2008)

La présence de PCB dans l'environnement est uniquement anthropique. D'une manière générale, la contamination des eaux résulte du lessivage par les eaux de pluie des sols pollués. Sa concentration dans les eaux de surface (lacs et mers) varie de 0,1 à 3 ng/l (INERIS, 2005).

- **Principe**

La concentration de PCB d'un échantillon est déterminée en comparant l'intensité de la coloration développée à celle d'un étalon de PCB. La concentration de PCB est inversement proportionnelle à l'intensité de coloration. Elles sont estimées en valeur constantes de Henry (ppm) avec : **1 ppm = 10,96 mg/m^3 ; 1 mg/m^3 = 0,091 ppm**

- **Mode opératoire**

  a. **Extraction liquide/liquide** :

Une extraction par SPE (Solid Phase Extraction) a été réalisée. Un aliquote du prélèvement traverse par percholation une colonne remplie d'un support propre à fixer le PCB, puis une élution à l'aide d'un solvant ou d'un mélange de solvants.

  b. **Dosage**

L'extrait purifié a été ensuite concentré et analysé par chromatographie en phase gazeuse équipée d'un détecteur capture d'électrons ECD. Un essai blanc a été réalisé sur de l'eau pure et le rendement d'extraction / purification déterminé.

Photo 17: analyse des PCBs (Sylvie D.D., 2013)

II.5. Analyses microbiologiques

Nous avons effectué pendant notre travail la recherche systématique des germes indicateurs de pollution qui sont : les coliformes totaux, *E. Colis* et les *salmonella.*

II.5.1. Test des coliformes Fécaux

Le terme "coliformes fécaux" ou "coliformes thermotolérants" renferme toutes les espèces bactériennes faisant partie de la famille des Enterobacteriaceae qui sont aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet.

- **Principe**

La méthode de filtration sur membrane consiste à recueillir, identifier et dénombrer à la surface d'une membrane filtrante stérile, les bactéries coliformes d'origine fécale dans un échantillon d'eau.

- **Mode opératoire**

a- Méthode membrane filtrante

Pour la première étape, après filtration d'un volume de 100 mL (pour l'eau traitée), la membrane est incubée (44 ± 0,2 °C) sur le milieu VBRA. Trois différentes dilutions (1/10, 1/100, 1/1000) d'échantillon ont été ensemencées dans 3 boîtes de pétries contenant le milieu d'ensemencement : le VRBA. Et chaque boîte de pétrie contenant les différentes dilutions selon la méthode de « spot Play ». Le dépôt des spots (0,1µl de chaque échantillon) a été réalisé à partir de la dilution la plus faible. Les boîtes ont été ensuite séchées et incubées à 44°C à l'étuve pendant 24h.

b- Dénombrement des coliformes totaux

Après 24 heures, les coliformes fécaux forment des colonies rouges alors que les autres bactéries capables de croître dans ces conditions forment des colonies grises ou de couleur crème (CEAEQ, 2000; Clesceri *et al*., 1998).

Les colonies ont été dénombrées et le nombre d'unités formant colonie est calculé selon la formule ci-après :

$$\mathbf{UFC/ml = [M \times 1000/Ve] \times 1/Fd}$$

UFC : Unité formatrice de colonies

M : Moyenne des colonies observées pour chaque dilution

Ve : Volume ensemencé ;

Fd : Facteur de dilution (correspond à la dilution à laquelle on a eu fait des observations)

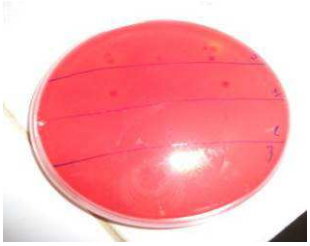


Photo 18: Ensemencement des échantillons (à gauche) et résultat obtenue après ensemencement (Sylvie D.D., 2013).

II.5.2. Détermination de Escherichia coli par la méthode FISH

- **Principe**

Cette méthode encore appelée hybridation *in situ* se base sur la détection par une sonde oligonucléotidique marquée d'une séquence cible spécifique au sein d'une cellule intacte. Ces cellules sont énumérées le plus souvent par microscopie à épifluorescence.

- **Mode opératoire**

La procédure DVC consiste à incuber les bactéries dans un milieu riche en présence d'antibiotiques qui inhibent la division cellulaire. A la suite de cette incubation, les cellules actives sont allongées ce qui permet de les distinguer des inactives (Servais *et al*., 2007). Cette élongation des cellules actives s'accompagne d'un accroissement du contenu en ARNr sans changer le nombre de bactéries. Ce couplage offre donc le double avantage de faciliter la détection des bactéries après marquage par une sonde moléculaire fluorescente et de permettre la seule énumération des cellules actives. (Protocole en annexe 2).

Le nombre d'unités formant colonie de *E. colis* pour chaque zone a été calculé ensuite à partir de la formule ci-après :

$$\textbf{UFC de } \textbf{\textit{E.colis}}\textbf{/ml} = \textbf{M x Dp x 1000 /Do x Ve x Vf}$$

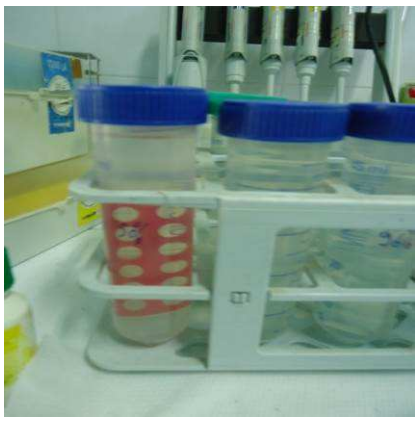
M : Moyennes des observations ;

Dp : Diamètre des puits de lames ;

Ve : Volume ensemencé ;

Do : Diamètre de l'objectif du microscope à épi fluorescence ;

Vf : Volume ensemencé ;



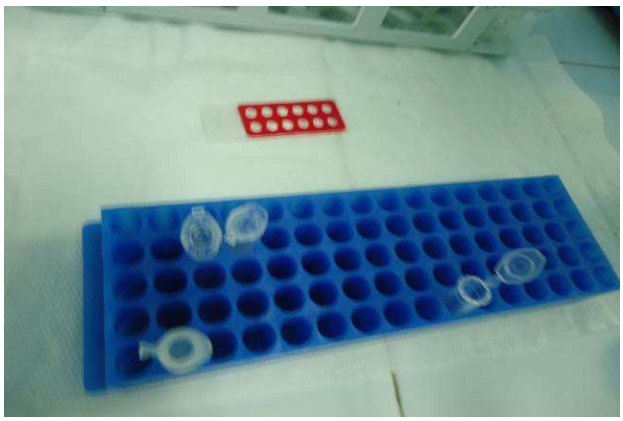


Photo 19: Protocole FISH (Sylvie D.D., 2013)

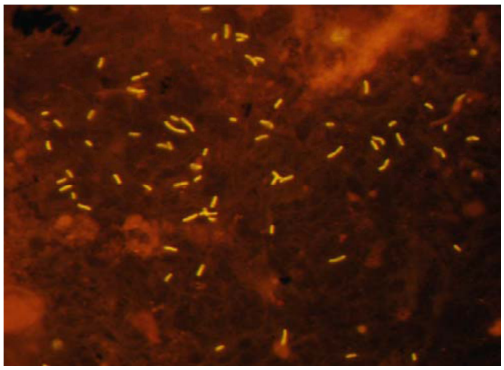


Photo 20: Hybridation in situ avec une sonde moléculaire des *E. coli* présents dans un échantillon d'eau

II.5.3. Test des Salmonelles

Les Humains et animaux peuvent éliminer dans les selles des salmonelles non seulement en cas de maladie amis aussi en tant que porteurs asymptomatiques.

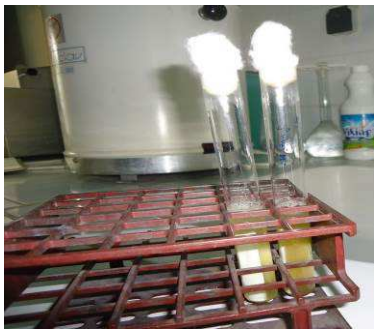
- **Principe**

Les milieux d'enrichissement sélectifs sont utilisés dans le but d'inhiber le développement d'autres bactéries.

- **Mode opératoire**

Les échantillons sont pré-enrichit dans le milieu de pré-enrichissement RAPPAPORT et VASILIADIS (préalablement préparer) et incubés pendant 24h à 43°C. Filtrer ensuite 500ml d'échantillon et introduire le filtre de chaque échantillon dans un tube à essai contenant le milieu préparé. Prélever 3,75g de milieu HECTOHEN et diluer dans 50ml d'eau distillée et chauffer ensuite. Ensemencé par strie 20µl de solution après solidification du milieu. Laisser

sécher et incuber à 37°C pendant 24h. Le 3ème jour, les boîtes sont observées. La présence de salmonelles s'observe par des points noir dans la boîte de pétrie.



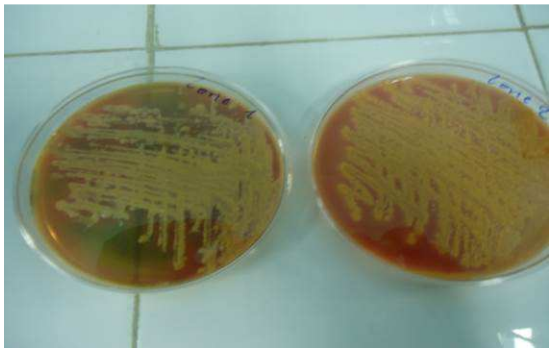


Photo 21: Tube à Essais contenant l'échantillon de salmonella préparé (à gauche). Boîte de pétrie au 3ème jour du test de salmonella (à droite) (Sylvie D.D., 2013)

II.6. Utilisation des normes

Dans cette étude, nous avons pris comme référence les normes internationales de qualité des eaux marines côtières de l'union européenne pour la pollution bactériologique. Les substances polluantes, y compris des pesticides, des métaux lourds comptent tenue de l'inexistence des normes sénégalaises sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux côtières ou de baignade.

III. DEPOUILLEMENT ET TRAITEMENT DES DONNEES

Les informations recueillies au cours des focus groups (entretiens collectifs), entretiens individuels de même que celles obtenues auprès des personnes ressources (AMP) ont fait l'objet de diverses synthèses selon les points contenus dans le guide d'entretien.

Après le dépouillement des trames d'enquêtes, le traitement proprement dit des données a été facilité par l'outil informatique. Ainsi pour le questionnaire individuel, nous avons fait recours aux logiciels Cspro 5.0, et Excel étant donné que les questions étaient pré-codées, il a fallu tout simplement définir le dictionnaire de variables avec leurs modalités et matérialiser le masque de saisie avant d'entrer les données à l'ordinateur. Les données qualitatives ont été quant à elles analysées selon la méthode décrite par d'Amour et *al*. (2000).

IIIème PARTIE. RESULTATS ET DISCUSSION

I. RESULTATS

I.1. Sources des polluants retrouvés dans la zone

La pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans du fait de l'activité humaine. Elle arrive dans le milieu marin par le vecteur des voies fluviales, des vents, de l'air en basse altitude ou est directement reversée à la mer. Les différents polluants du milieu marin retrouvés dans la zone de Joal peuvent être regroupés suivant leurs sources : les apports directs, telluriques (provenant de terre par cours d'eau, d'écoulements par émissaires).

I.1.1. Sources directes

Les apports directs de contaminants sont la conséquence des déversements d'eaux résiduaires urbaines et industrielles dans les eaux côtières, ainsi que des immersions.

I.1.1.1. Activités socio-économiques

Les activités socio-économiques sont une importante source d'apport de polluants dans la zone de l'AMP de Joal-Fadiouth. Parmi les activités majeures pratiquées, la pêche, le commerce et la transformation du poisson viennent en tête (fig.11). Ces activités à elles seules occupent une grande place dans l'apport des polluants dans le milieu marin. Joal ne possédant pas un lieu de traitement ou de déversement des déchets, ces derniers sont collectés en majorité par les charrettes avant d'être déversés dans la lagune (dépôts sauvages).

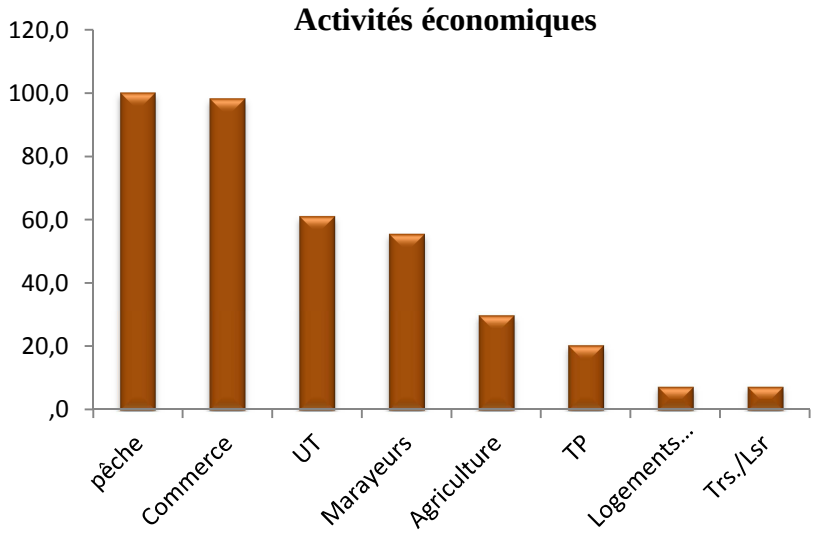


Figure 11: Activités économiques les plus pratiquées dans la zone selon la population enquêtée.

I.1.1.2. Les industries

Les industries utilisant des produits chimiques, qui rejettent leurs produits sans traitement dans le milieu marin sont responsables en partie de la pollution chimique du milieu marin à Joal. Nous avons remarqué la présence des usines, des structures métallurgiques des établissements de réparation et des moteurs des bateaux de pêche.

I.1.1.3. Les eaux usées domestiques

Les résultats (fig. 12) montrent que 66,7% des ménages enquêtée déversent leurs eaux usées au bord de la plage tandis que 14,1% déversent directement dans l'eau. Dans ce cas des rejets, qui sont généralement de l'ordre de 150 litres/jour/habitant, la pollution est de nature minérale et bactériologique. Mais elle est surtout due aux matières organiques qui provoquent l'eutrophisation du milieu récepteur: l'ammoniaque des détergents et les phosphates des lessives sont autant de nutriments pour les algues, qui peuvent proliférer.

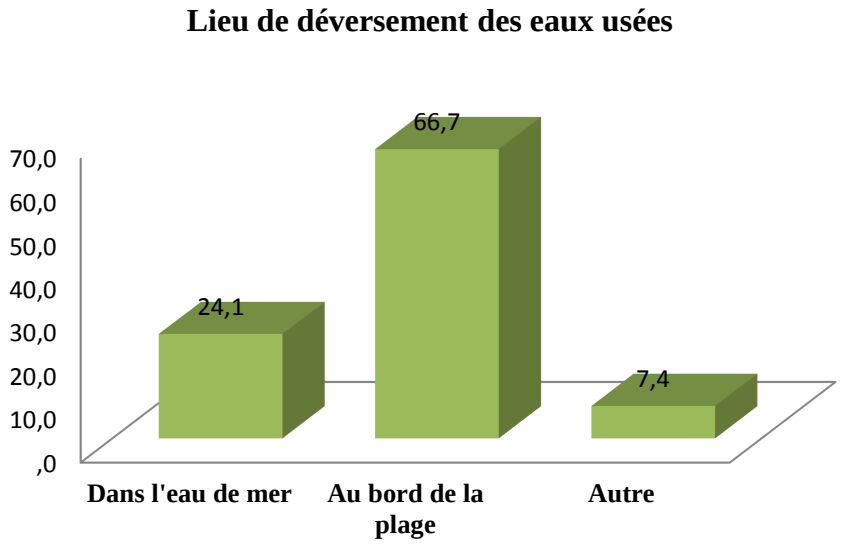


Figure 12: Différents lieux de déversements des eaux usées par les populations riveraines

I.1.1.4. Défection animale/humaine

La fig.13 ci-après est représentative du type de latrine utilisée par les populations riveraines. Il en ressort que 15% ne possède pas de latrine, tandis que 78% possède des toilettes. Ceux ne possédant pas de latrines font leur toilettage directement en bordure de plage.

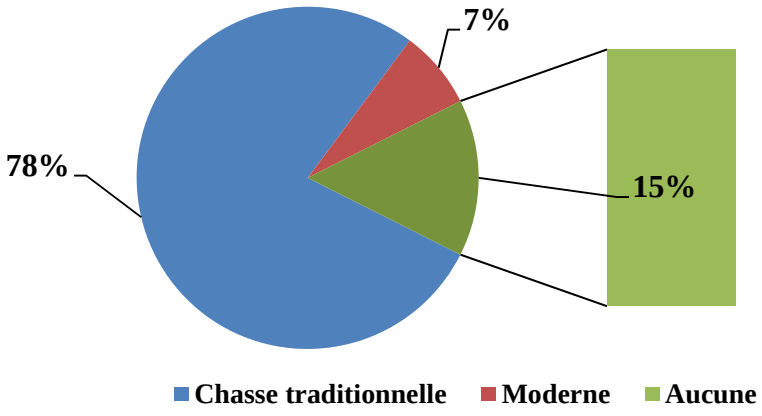


Figure 13: Type de latrines utilisées par les ménages enquêtés.

I.1.2. Sources telluriques

Ces polluants peuvent également provenir de diverses sources telles que les rejets des pesticides, des ruissellements de particules atmosphériques, le stockage des déchets (ceux observés à environ 400m de la lagune), les rejets touristiques et les détergents rejetés en abondance dans le milieu naturel tel que observé sur le terrain. Il faut aussi noter que le transport longue distance par les eaux fluviales ou de ruissellements peuvent également contribuer aux apports chimiques dans la zone.

I.2. Typologie des déchets à Joal-Fadiouth

Plusieurs types de déchets ont été identifiés dans la zone d'étude.

I.2.1. Les macros déchets

Ils représentent une grande partie de la pollution actuellement au Sénégal. Néanmoins, ces déchets pour la plupart plastiques se déposent sur les petits fonds aux abords et étouffent un écosystème fragile et précieux : les herbiers marins. Les enquêtes et observations sur le terrain ont pu essentiellement ressortir les déchets plastiques (photo 22), les polystyrènes (verres, emballages et balises), Caoutchouc (gants, pneus), du bois (les débris végétaux), les métaux (cannettes, barils d'essence) résumé par la fig.15 ci-après.

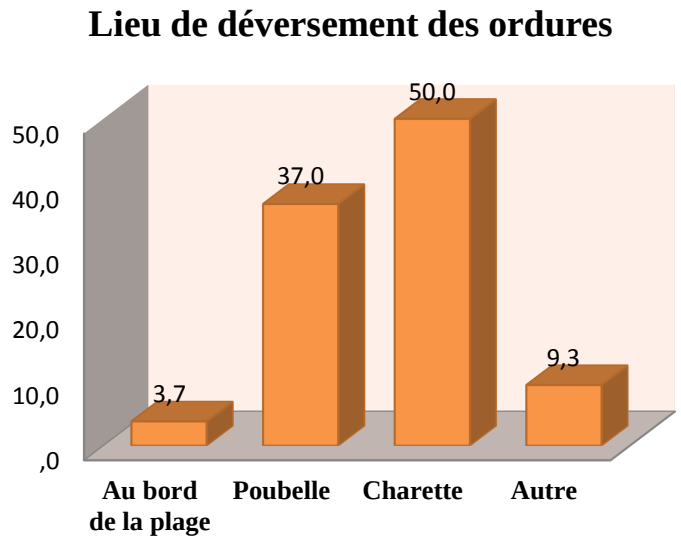


Figure 14: Différents lieux de déversements des ordures par les populations riveraines

Photo 22: Pollution au niveau de la plage (Sylvie D.D., 2013)

Photo 23: Phénomène d'eutrophisation, pollution de l'eau (aspect, couleur, odeur, saveur) et de la plage (biomasse algale) (Sylvie D.D., 2013)

I.2.2. Filets de pêche perdus (nylon)

Les pêcheurs artisanaux utilisent couramment des filets de type mono-filament en nylon pouvant atteindre des centaines de mètres. Ces instruments de capture, pourtant interdits, sont fréquemment perdus sur les lieux de pêche aux abords des épaves et des fonds rocheux.

La figure 15 ci-après résume l'ensemble des déchets majeurs retrouvés dans la zone enquêtée. L'on constate que les débris végétaux, suivit des emballages plastiques divers occupent la première place en terme de pollution visible dans la zone. Ces derniers sont étroitement liés aux activités économiques pratiquées (Fig. 11).

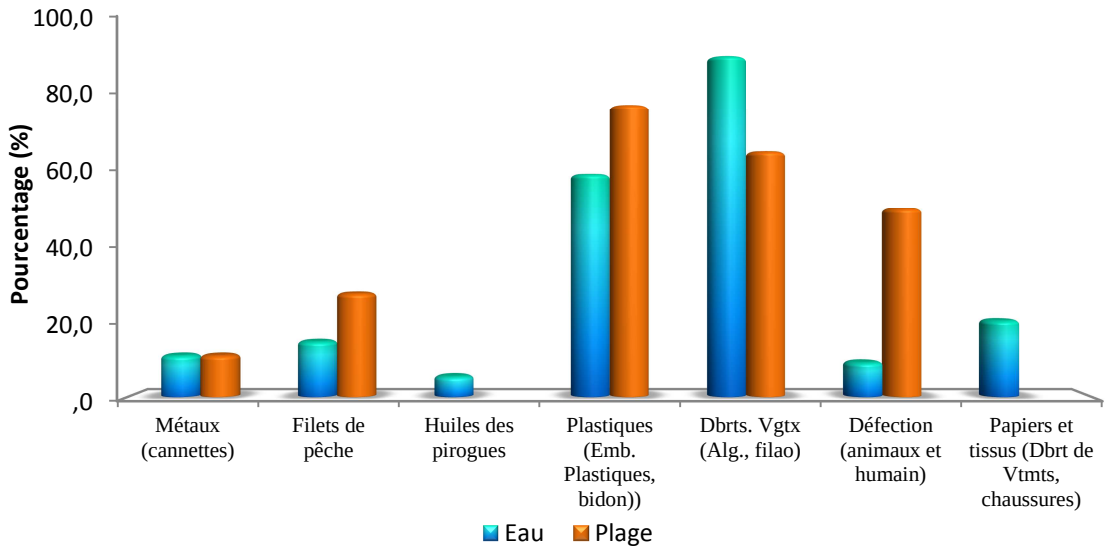


Figure 15: Types de déchets retrouvés généralement dans l'eau et sur la plage

I.3. Problèmes environnementaux majeurs

En dehors de la pollution de l'eau et l'air rencontré dans la zone, d'autres problèmes environnementaux et non des moindres sont également rencontrés. La fig. 16 montre que le problème de la pollution (90% des enquêtés) est un problème majeur, suivi de l'érosion côtière (80% des enquêtés) qui est un réel problème de l'heure. La mauvaise odeur qui n'est pas en reste ne représente qu'à peine 10% de la population riveraine enquêtée.

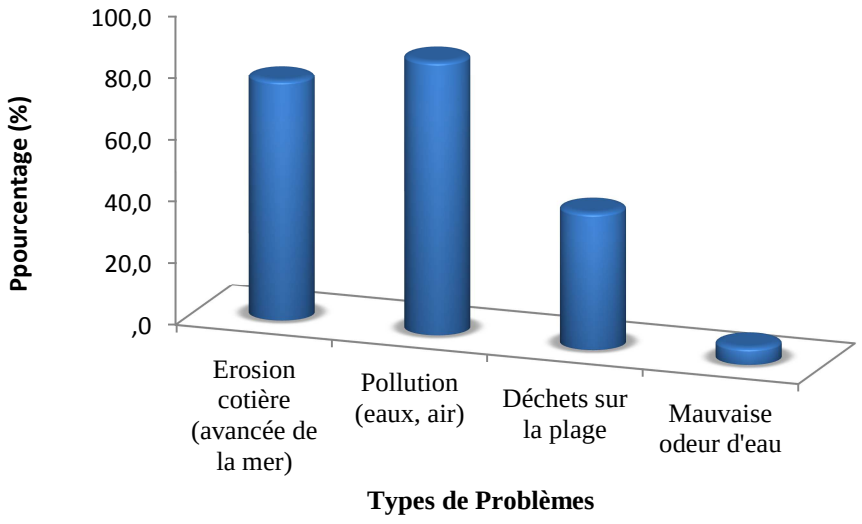


Figure 16: Problèmes environnementaux les plus rencontrés dans la zone

I.4. Evaluation du système d'assainissement mis en place

I. 4.1. Système mis en place par les usines

De l'entretien avec le technicien supérieur des pêches responsable qualité de l'usine, il en est ressorti qu'aucun produit chimique n'est utilisé dans le processus de fabrication et de conservation de la farine de poisson et de l'huile destinée au verni et à la consommation alimentaire. Un prétraitement dans les bassins de décantation est réalisé avant tout rejet en mer des eaux usées de l'usine. Les analyses des paramètres suivant sont effectuées : MES, DBO, DCO, DBT et DCT. Pour la purification de l'air, un appareil désodoriseur est utilisé.

Malgré le système de purification de l'air mis en place, l'on se rend compte que la situation de l'odeur n'en est pas pour autant réglée. 90% des ménages enquêtés se plaignent de la nuisance odoriférante causée par cette dernière et même des eaux rejetées. Ces mesures semblent donc insuffisantes et sont à améliorer.

I.4.2. Système mis en place par les populations

La capacité des populations à gérer de façon efficace la pollution dépend en grande partie des mentalités, de la perception, et leur situation économique et sociale. La perception qu'ils ont de la pollution ou leur connaissance de l'impact de ces derniers sur les écosystèmes marins tels que les herbiers sont déterminantes dans l'analyse de la vulnérabilité.

En effet, près de 90% des enquêtés affirme ne pas accorder une trop grande importance à la gestion de la pollution, certains affirment que le nettoyage des plages n'a lieu qu'une seule fois l'an. Et lorsqu'il est réalisé, les ordures sont enfouies le plus souvent dans le sable de la plage, qui aussitôt remontera en surface. Le manque d'espace et de moyens pour nettoyer la zone, contraignent l'implication de ces derniers.

Néanmoins, l'association des femmes dynamiques, avait mis en place, avec le programme du fond d'adaptation pour le changement climatique, un programme de gestion des ordures appelé '*set setal'* en collaboration avec, la Direction des Eaux et Forêt, le Ministère de l'Environnement, « *Le nettoyage des ordures se faisait chaque semaine au niveau de la mangrove, de la plage, et des quartiers de Joal* » a déclaré Mme YAMA Ndiaye Sow présidente de ladite association. Mais à ce jour, le programme souffre d'un manque de suivi, de matériels et de finances.

Les populations ont également mis sur pied un comité de salubrité qui s'occupe des ordures ménagères. Mais l'on s'est rendu compte, que les responsabilités ne sont pas toujours assumées, survient encore ici le problème de perception et de moyens divers. Chaque ménage

devant donner 1000 francs chaque fin de mois pour le ramassage de ses ordures ménagères par les charrettes.

La plupart des projets de gestion de la pollution qui ont vu le jour dans la localité, sont de nature éphémère, ils se posent dans la plupart des cas, un problème de gestion participative réel entre les responsables et les populations ou alors d'implication réelle de tous les acteurs pendant la durée du projet.

I.4.3. Système mis en place par les gestionnaires de l'AMP

Les outils de gestion de l'AMP ont été élaborés initialement en parfaite adéquation avec les dispositifs du Code des Pêches Maritimes, du Code de la Chasse et de la Protection de la Faune et du Code de l'Environnement.

Mais l'on s'est rendu compte que le système ne fonctionne pas tel que prévoient les textes de création. Le comité de gestion ne posséderait pas de budget de fonctionnement, d'où il est difficile de mettre certaines actions sur pied pour surveiller l'environnement.

Les gestionnaires de l'AMP n'interviennent pas au niveau de la gestion des ordures. Il n'existe pas un volet pollution pour limiter les pressions environnementales sur cette AMP. Il serait donc nécessaire de voir l'implication des gestionnaires de l'AMP dans l'assainissement.

I. 4.4. Système mis en place par la municipalité

Les compétences de la municipalité en matière d'environnement et particulièrement de pollution sont essentiellement la gestion des ordures ménagères. La municipalité se retrouve donc limitée par le système juridique pour gérer la pollution industrielle à Joal.

Le système actuel en place fonctionne sur la base des fonds du projet de « Gestion intégrée et valorisation des déchets dans la ville de Joal (GIVC) » de collecte des ordures afin de remédier au déversement des ordures en pleine bordure de route par les populations les plus excentrées de la route principale. Dans le même souci, un autre projet (de 2 ans) a été mis sur pied : 'Gestion intégrée et valorisation agricole des déchets dans la ville de Joal et de Mbour (GIVAC) et dans le cadre de ce projet, deux poubelles (de 50l chacune) sont en cours de distribution à chaque ménage, dont l'un pour les OM biodégradables et l'autre pour les déchets non biodégradables. Ainsi, chaque ménage devrait payer 1000 FCFA/ Mois. De plus, à ce jour, Joal ne dispose plus de réserves foncières pour déverser les ordures, à cet effet, 3 décharges sont donc en cours d'aménagements: route de Palmarin, derrière le cimetière et

une autre sera installée vers *'sench'*. En plus de cela, un manuel dessin est mis sur pied pour sensibiliser les élèves sur l'importance de la préservation de l'environnement.

Malgré toutes ces tentatives de gestion des ordures par la municipalité, plusieurs faiblesses dans le système ont été identifiées notamment :

- Difficultés de mobilisation de ressources financières pour mettre en œuvre les projets de gestion et de traitement des OM à la hauteur de la taille de la population locale.
- Un arsenal juridique fournit en matière de rejet et de protection de l'environnement mais qui n'est pas respecté.
- Les mentalités, en effet les populations n'ont pas le sens de la propreté : « *dans la perception des sénégalais, la rue c'est pour tout le monde, les populations n'ont pas le sens de la sauvegarde de l'environnement* »[1].
- A tout ceci s'ajoute le manque de communication entre la municipalité, l'Etat et les autres acteurs (population locale, CG de l'AMP, ONG,…).

I.5. Résultats d'analyse des polluants de l'eau

Les données sur la qualité de l'eau ont été utilisées pour interpréter les mesures de l'état de l'herbier et de détecter l'influence humaine. Cependant, la corrélation entre l'état des herbiers et des indicateurs de qualité de l'eau n'est pas bien représentée dans la littérature.

I.5.1. Paramètres physiques

La qualité physico-chimique du biotope joue un rôle très important dans la détermination de la qualité biologique et le degré de pollution du milieu aquatique. En effet, ces dernières sont à la base des phénomènes d'adsorption, et de désorption ou de précipitations des oligo-éléments métalliques. Il a était donc utile d'évaluer les principaux facteurs physiques et chimiques des eaux côtières de deux zones (Z_1 et Z_2). Le tableau 3 ci-après présente les différentes valeurs obtenues pour les paramètres physiques analysés.

Tableau 3: Résultats des paramètres physiques des échantillons analysés

Paramètres	Température (°C)	pH	Conductivité électrique (mS/cm)	Salinité (g/l)
Zone N°1	24,5	7,78	49,8	32,4
Zone N°2	22,9	8,05	52,1	34,2

Il ressort de ces résultats que les valeurs des paramètres physiques mesurées sont élevées en zone 2 comparativement à la zone 1 à l'exception de la température.

I.5.2. Polluants chimiques

I.5.2.1. Nutriments : Nitrates (NO_3^-), Nitrites (NO_2^-) et Azote Ammoniacal (NH_4^+)

De forts liens de causalité ont été établis entre la perte des herbiers et l'eutrophisation. La figure 17 ci-dessous présente les différentes concentrations en éléments nutritifs observés.

Il ressort de cette figure que les nitrates sont les éléments nutritifs les plus représentatifs retrouvés dans cette eau. Par contre on remarque une absence d'Azote ammoniacal en Zone 2 et de phosphate dans les deux zones d'échantillonnages (0mg/l).

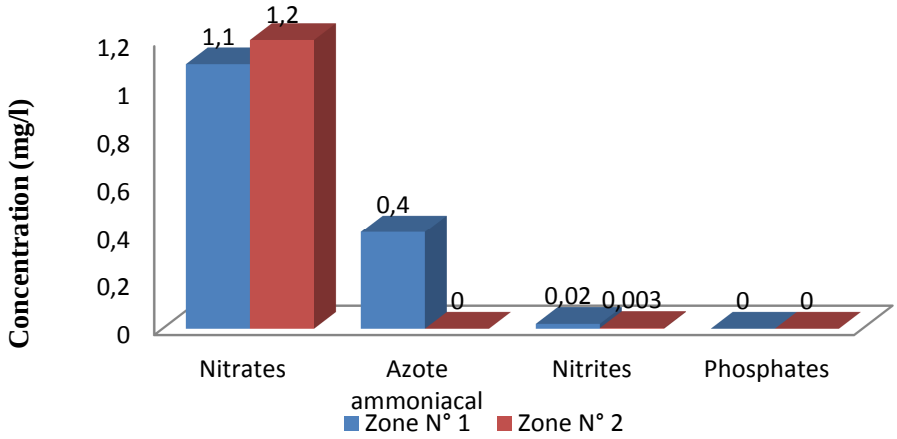


Figure 17: Concentration des éléments nutritifs des différents sites d'échantillonnages.

I.5.2.2. Sulfates et Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Les deux zones d'étude présentent des valeurs relativement élevées en sulfates et en DCO, par contre la zone 1 présente moins de sulfure (1600mg/l) et une DCO élevée (930mg/l) par rapport à la zone 2 d'échantillonnage (1900 et 670 mg/l respectivement) tel que le montre la fig.18 ci-dessous.

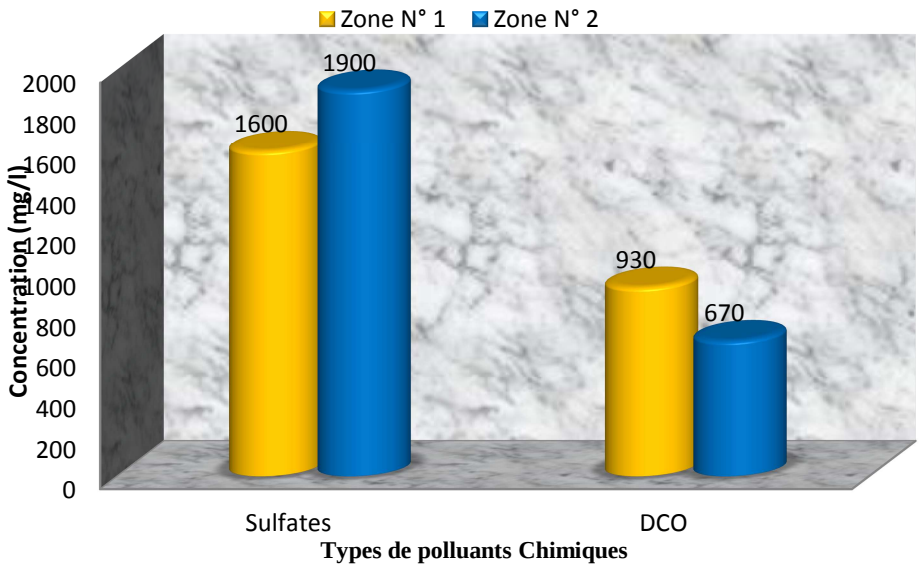


Figure 18: Concentration des polluants chimiques de différentes zones d'échantillonnages.

I.5.2.3. Micropolluants

Ils contribuent à l'appauvrissement de la faune et la flore et plus généralement de l'environnement. Ils sont de deux natures : inorganiques et organiques.

i) Les micropolluants inorganiques

La concentration en cuivre dans la zone 1 (9µg/l) est nettement supérieure à celle de la zone 2 (5 µg/l) tel que le montre la figure 19 ci-après. La teneur en zinc de la zone 1 quant à elle est supérieure (0,76mg/ml) à celle de la zone 2 (0,56mg/l). De même, la concentration en fer dans la zone 1 (1,261 mg/l) est nettement supérieure à celle de la zone 2 (0,217 mg/l). De tous les micropolluants dosés, la zone d'échantillonnage 1 présente les valeurs les plus élevées.

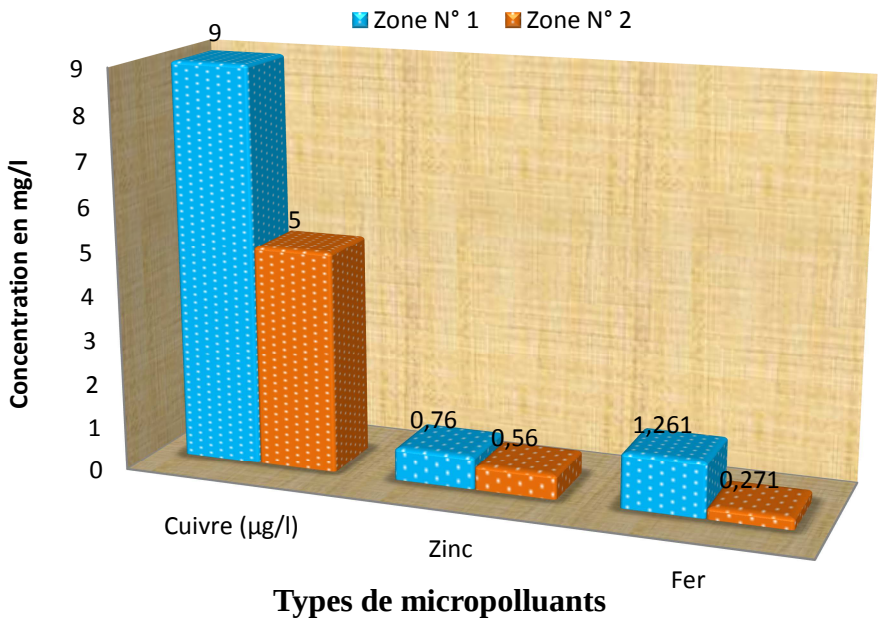


Figure 19: Concentration des micropolluants de différentes zones d'échantillonnages

ii) Micropolluants organiques : Les PCBs

Les PCBs sont des composés hydrophobes, leur solubilité dans l'eau étant extrêmement faible. La présence de PCBs de l'ordre de 1ppm-5ppm a été observée dans les deux zones d'étude.

I.5.3. Paramètres biologiques

I.5.3.1. Oxygène dissous

Les herbiers ont besoin d'oxygène pour alimenter leur métabolisme. La concentration en oxygène dissous est généralement mesurée afin d'évaluer les impacts sur la vie aquatique. (Mutchler et Dunton 2007). La figure 20 ci-après présente les teneurs en oxygène dissous observés. La zone 1 présente une valeur nulle en oxygène dissous.

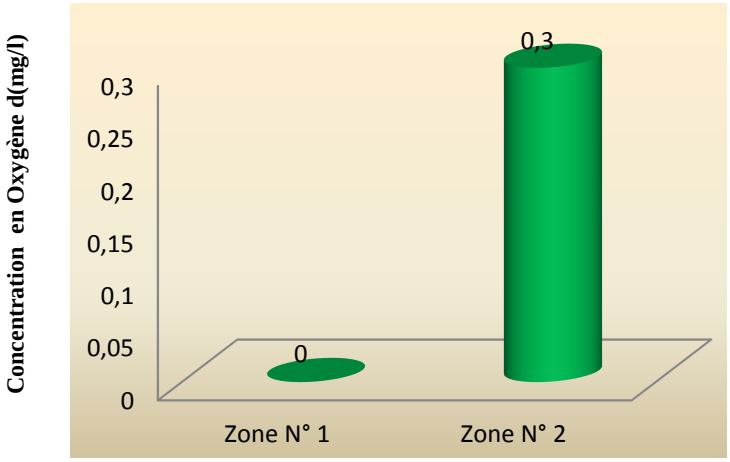


Figure 20: Concentration en oxygène dissous en fonction de la zone d'étude

I.5.3.2. Demande Biochimique en Oxygène (DBO_5)

Le manque d'oxygène est la principale cause de régression des herbiers. La figure 21 ci-après donne la DBO_5 des deux zones d'étude. L'on constate que celle de la zone 1 (23 mg/l) est largement supérieure à celle de la zone 2 (17mg/l).

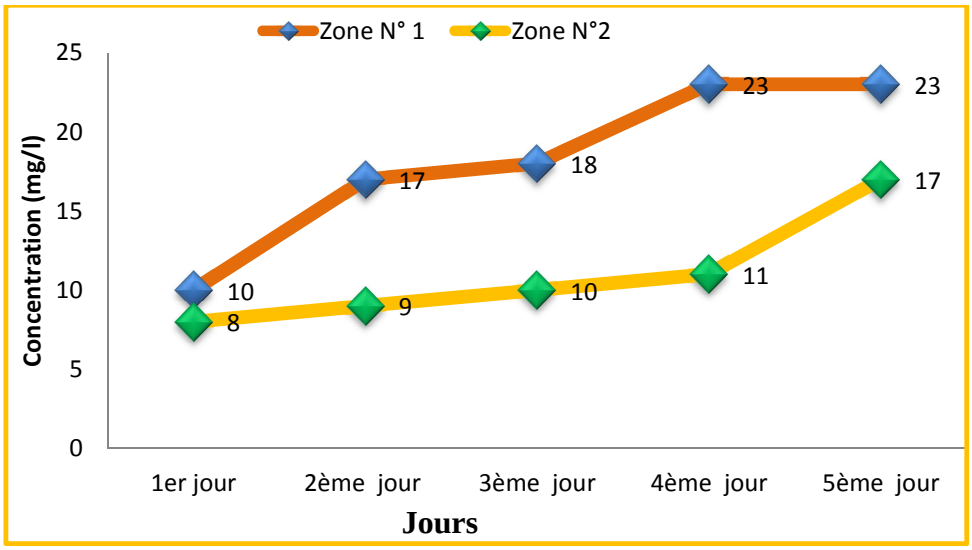


Figure 21: Demande biochimique en oxygène sur 5 jours des différents sites de prélèvement

I.5.3.3. Matières en suspensions (MES)

Des particules microscopiques provenant de la dégradation (abrasion) des déchets plastiques sont assimilées par le phytoplancton, perturbant ainsi les chaînes alimentaires jusqu'à l'homme. Tout comme pour la plupart des paramètres mesurés, la zone de

prélèvement 1 présente le plus fort taux de concentration en MES (741mg/ml) comme le montre la fig. 22 ci-après.

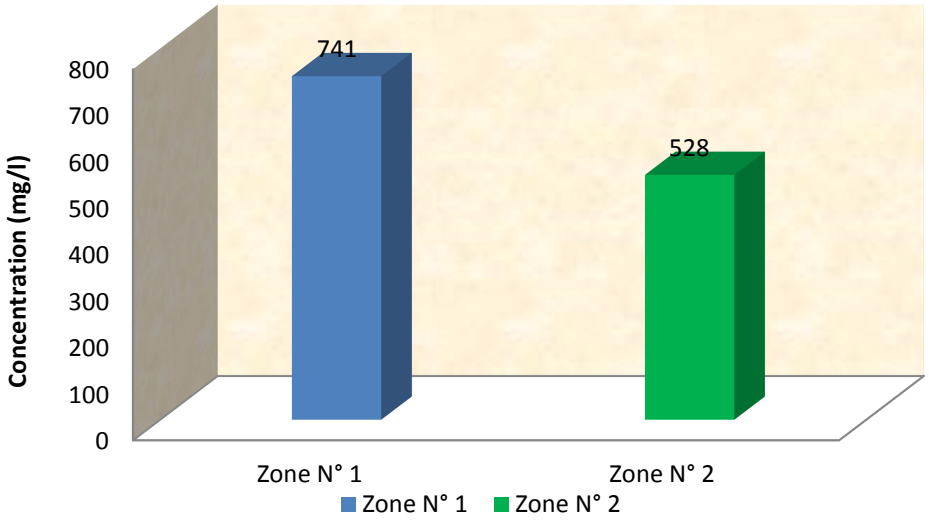


Figure 22: Concentration des matières en suspension des différentes zones d'échantillonnage

I.5.4. Analyses microbiologiques : présence d'*E. Colis*, Coliformes fécaux et de Salmonelles

L'eau de Joal-Fadiout contient des *E.colis* en grandes quantités soit, 1640UFC/100ml et de coliforme fécaux en concentration élevée (fig. 23). Les échantillons de la zone 2 n'ont révélé aucune présence de ces germes. Par contre, aucune présence de salmonelles n'a été détectée dans les deux sites de prélèvement.

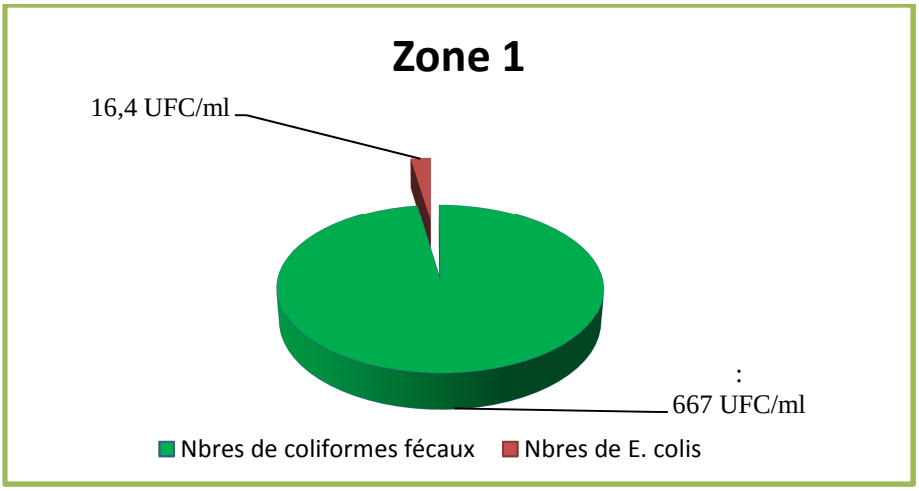


Figure 23: Nombre d'unité formant colonie par échantillon des coliformes fécaux et d'*E.colis.*

I.6. Résultat d'enquête sur les impacts des polluants sur l'écosystème d'herbier selon les populations locales

Des résultats d'enquête obtenus (fig.24), l'on se rend compte que près de 29% de la population estime qu'il n' y aurait aucun impact de ces divers polluants retrouvés dans la zone sur l'écosystème d'herbier marin.

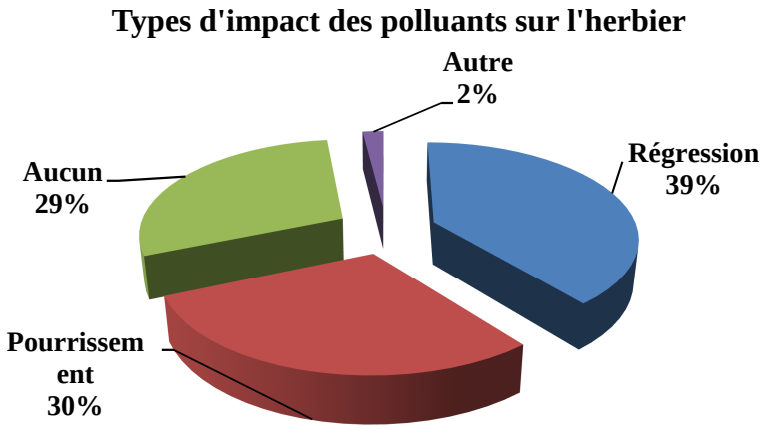


Figure 24: Impacts sur la qualité de l'herbier selon les populations locales

II. DISCUSSION

Les perturbations, qu'elles soient naturelles ou anthropiques, ont des conséquences sur l'aire de recouvrement, la délimitation des limites inférieures et supérieures de distribution bathymétrique, la densité, la biomasse, la structure des tiges et racines, des espèces d'herbiers et associées (Pergent-Martini *et al*., 2005).

Les macros déchets observés dans la zone pourront avoir pour inconvénient principal l'eutrophisation qui entrainera la diminution de la biodiversité, la baisse de la qualité de l'eau en tant que ressource et les effets négatifs sur le tourisme (perte de transparence de l'eau, développement d'odeurs et envasement). Ils peuvent également conduire à une augmentation de la biomasse algale telle que *Codium sp1, Ulva fasciata, Codium sp2, Centroceras clavatum* identifiées le long de la plage de Joal-Fadiouth qui sont de forte indicatrices de pollution. Egalement à un développement de phytoplanctons toxiques, la diminution du rendement de la pêche, et la mort des organismes supérieurs (macrophytes, insectes, crustacés, mollusques, etc.) étant donné que cet herbier joue un rôle important dans la pêche à Joal.

Les résultats d'enquête (fig. 24) sur la perception des impacts des polluants sur l'herbier par les populations pourrai s'expliquer non seulemnt, un manque de connaissance des impacts réels des polluants mais aussi, un manque de sensibilisation par les gestionnaires de l'AMP.

En ce qui concerne les paramètres physiques, la température est un facteur primordial de contrôle de la croissance saisonnière des herbiers tel que décrit par Lee et Dunton, (1996). De même, Lee *et al*., (2007) ont montré que la température optimale de croissance des espèces d'herbiers marins tropicales / subtropicales se situe entre 23 ° C et 32 ° C. Il en ressort donc que ces températures observées, n'auront donc à priori aucun effet létal visible sur la croissance normale de ces derniers. Cependant, si la température continue de s'accroître, des impacts surviendraient pour *Cymodocea nodosa* au-delà du seuil optimal de 30°C comme l'ont montré Tina *et al.* (2004). De même ce paramètre est l'un des nombreux paramètres trouvés par Dunton (1990) comme ayant une corrélation avec le taux d'allongement des feuilles de *R. maritima* et *H. wrightii*. (Whisenant *et al*., 2011). L'on pourrait donc, si l'on considère ce seul facteur, croire à un accroissement de la taille des feuilles de *H. wrightii* à Joal, malheureusement plusieurs autres paramètres polluants entrent en jeux et pourraient influencer ce niveau de température observé.

Les pH observés en zone 1 (7,78) et 2 (8,5) sont relativement dans la norme des eaux marines protégées qui se situent entre 7,0-8,5. L'on pourrait donc penser que ces pH n'auront à priori aucune influence sur cet herbier. Mais tout comme la température, le pH n'est pas le seul facteur de croissance. Ces valeurs de pH enregistrées peuvent s'expliquer par la dilution des eaux par les précipitations durant la période de prélèvement. Elles pourraient également être dues sans aucun doute à l'évaporation et à l'activité des micro-organismes qui conduit à la consommation d'oxygène et à l'augmentation du taux du CO_2 tel que montré par Harch en 2012. Elles sont également liées aux variations de la température, salinité, oxygène dissous, taux de CO_2 et des terrains traversés Harch, (2012). Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxiques pour les poissons.

En ce qui concerne la salinité, Tina *et al.* (2004) ont également montré que les herbiers marins poussent à des salinités variant entre 5 g/l et 45 g/l. Or les résultats (Tableau 3) montrent une salinité est de 32,4 g/l (zone 1) et de 34,2 g/l dans la zone 2, valeurs se situant légèrement en dessous de la gamme seuil. Cependant, cette forte salinité pourrait donc affecter la pression osmotique dans les cellules d'herbiers, même si il a été démontré par le même auteur que de nombreux herbiers marins sont bien adaptés à de brusques changements de salinité. Cependant, *C. nodosa* habite généralement les zones plus salées avec des fluctuations de 26 à 44 g/l, ceci pourrait donc expliquer le fait que cette espèce soit la plus représentée dans l'AMP de Joal étant donné que cette zone (2) représente la salinité la plus

élevée. La faible salinité en zone 1 serait l'un des facteurs qui pourrait expliquer l'inexistence des herbiers en cette zone.

La mesure de la conductivité quant à elle électrique nous a permis d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. Sa valeur varie en fonction de la température. La conductivité observée en zone 1 (49,8 mS/cm) et 2 (52,1 mS/cm), est largement supérieure aux valeurs seuils des eaux marines naturelles comprises entre 50 et 1500 µS/cm (UE, 2006). Ces fortes valeurs de conductivité observées peuvent s'expliquer par le lessivage des sols environnants de l'AMP lors des fortes précipitations telles que montrés par Mutchler et Dunton, (2007). Ceci étant donné que les prélèvements ont été effectués en saison de pluie, avec en plus la chaleur qui provoque une augmentation en minéraux dissouts par évaporation de l'eau. De plus ces valeurs dénotent d'une minéralisation faible de l'eau qui auront pour impact, une diminution des processus de photosynthèse, de ces herbiers marins. En outre, cette minéralisation faible de la matière organique s'expliquerait par la capacité auto épuratoire des eaux côtières. Situation qui pourrait dans d'autres conditions affecter l'absorption d'ions à travers les racines de ces herbiers marins (Hemminga, 1998).

Concernant les éléments nutritifs, l'azote est généralement admis comme le nutriment qui limite la colonisation des herbiers et la croissance (Lemar *et al*. (2007). Des concentrations élevées en nitrites, observées en zone 2 (3µg/l) tel que le montre la fig. 16 ci-dessous, pourraient témoigner de la présence de matières toxiques.

La principale action toxique de nitrite sur des animaux aquatiques est due à la conversion des pigments qui transporte l'oxygène aux formes qui sont incapables de transporter l'oxygène, ce qui provoque une hypoxie et finalement la mort (Camargo et Álvaro, 2006). On considère que la situation est très critique à partir d'une concentration de plus de 3 mg NO_2^-/l (larkum *et al*., 2006) ce qui n'est pas le cas des zones d'étude ou des concentrations très faibles ont été observées.

La présence d'ammoniac pourrait être due à une dégradation insuffisante des déjections des poissons (Chong et wang, 2001).

Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg NH_3/l (De villers *et al*. 2005). La zone 1 (0,4 mg/l) présentant une teneur supérieure au seuil critique, des problèmes pourraient donc surgir au sein de cet herbier. Ce taux élevé pourrait avoir comme impact, une augmentation de la masse algale, une variation de la concentration en oxygène dissous et créer ainsi des conditions d'anaérobiose, ayant à la longue comme effet, la régression de cet herbier mais également la mort de certaines espèces qui y vivent (poissons,

mollusques, crustacés), endommage les muqueuses des poissons tel que montré par Gianluigi *et al*. (2002).

Des études d'inhibition de nitrate (NO_3^-) chez *H. wrightii* ont montré une croissance déprimée en réponse à l'enrichissement en nitrate (Burkholder, 2007). L'on pourrait donc penser que ces forts taux de nitrates observés (1,1 et 1,2 mg/l) dans les deux sites pourraient à la longue contribuer à la régression de cet herbier marin. Celui-ci rejoindrait également les éléments qui justifieraient l'absence d'herbier au niveau de la côte (zone 1).

En ce qui concerne les niveaux de phosphate dans les habitats de prairies sous-marines ils vont généralement de 0,1 à 1,7 µM dans la colonne d'eau telle que démontré par Burkholder, 2007. Cependant, le phosphore élément tout aussi important pour les écosystèmes d'herbier marin a été retrouvé en concentration nulle dans les deux sites de prélèvement, ceci pourrait s'expliquer par le fait que les mesures performantes de conservation n'aient été prises, mais aussi, le temps mis entre le prélèvement et le dosage de ce dernier. Dans ces conditions, il serait difficile, de prédire les impacts probables sur l'écosystème d'herbier.

Concernant les sulfates, la valeur limite dans l'eau de mer est de 2 700 mg/l (UE, 2006). Les deux zones d'étude présentent des valeurs relativement inférieures à cette valeur. Carlson, Yabro et Barber (1994) ont démontré que le sulfure, dans l'eau, était l'une des principales causes de la régression des herbiers. Ces concentrations observées se situant dans les valeurs limites n'auront donc à priori aucun effet apparent sur cet écosystème. Cependant, le milieu subit de nombreuses variations, et les retombés atmosphériques, des pluies acides contribueraient à augmenter le taux de sulfates dans l'eau et par conséquent pourraient donc causer la régression de cet herbier à la longue comme l'on montré Yabro et Barber en 1994.

La DCO représente la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables chimiquement contenues dans l'eau. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques mais également des sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures). Les valeurs de DCO élevées observées dans les deux zones (930 et 670 mg/l respectivement) est significatives d'une pollution locale. Tout comme pour les autres éléments (à quelques exception près), la zone 2 présentent le moins de DCO. La zone 2 présenterait donc moins de matière oxydable, ceci se corrobore avec les résultats de la DBO_5, de sulfate et de chlorure obtenus dans cette zone.

Pour ce qui est des micropolluants, la concentration en cuivre de la zone 1 est légèrement supérieure à la norme de qualité de classe 1 des eaux marines protégées (≤ 8µg/l) de l'UE, (2006). Sa toxicité vis-à-vis du milieu marin dépend de la forme chimique du cuivre et de son état d'oxydation. Rouane, (2013) a montré que la concentration létale en 48h pour

50% des larves d'huîtres plates serait de 1 à 3µg/l et des inhibitions de croissance du phytoplancton se produisent à partir de 4g/l. l'on pourrait donc dire qu'il n'y aurai aucun effet sur l'herbier en lui-même, mais sur les huîtres qui s'y développe (Casas, 2005).

Le zinc quant à lui est un métal essentiel et nécessaire à la vie des organismes. Rouane, (2013) a montré que ce métal est toxique pour les organismes marins à partir de quelques mg/l. Or les résultats ont montré que la teneur en zinc de la zone 1 est supérieure (0,76mg/ml) à celle de la zone 2 (0,56mg/l). Dans les deux cas, la concentration est largement supérieure à la norme (≤ 50µg/l). L'on pourrait donc croire à un effet probable sur les organismes marins, cependant pour confirmer cela des études supplémentaires doivent être réalisées sur ces derniers.

S'agissant du fer, sa concentration dans la zone 1 (1,261 mg/l) est nettement supérieure à celle de la zone 2 (0,217 mg/l). Cette concentration de la zone 1 est largement supérieure à la norme de qualité de classe 1 des eaux marines protégées (≤ 300 µg/l) de l'UE, 2006. En ce qui concerne le chlorure, sa teneur dans l'eau de mer est de 35g/l (Rodier *et al*., 2008). Les résultats ont montré que cette valeur est largement supérieure à celle observée dans les deux zones (21,52 et 20,28 g/l respectivement).

Les teneurs dans l'eau de mer des micropolluants organiques (PCBs) sont en général très basses, d'où le fait qu'il soit difficile d'obtenir une quantification fiable. Les teneurs en PCB dans l'eau de mer filtrée se situent souvent dans la fourchette basse des pg/l (Rouane, 2013). Il est connu que les PCBs sont des perturbateurs endocriniens et ont une capacité de bioconcentration importante chez les organismes aquatiques (Brown, 1987). Leur présence dans les eaux de Joal, pourrait s'accumuler le long de la chaine alimentaire et avoir un impact sur tous les niveaux trophiques. Mais cette seule analyse ne suffirait pas à définir véritablement son impact.

Concernant les paramètres biologiques, la teneur en oxygène nulle observée dans la zone 1 pourrait expliquer le fait qu'il ait absence d'herbier dans cette zone, et la concentration faible de 0,3mg/ml (fig. 21) en zone 2 expliquerait l'existence d'une faible biomasse d'herbier marin à ce niveau. Cette concentration est largement en dessous de la norme de qualité des eaux marines protégées (classe 1) qui définit la limite d'oxygène dissout à pas moins de 4mg/l. Cette absence d'oxygène dissous (zone 1) et la faible concentration (zone 2) corroborent les résultats d'enquête (fig. 15) et le taux de MES élevé observé en zone. De même, cette faible teneur en oxygène dissout pourrait provoquer une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments et ayant un impact nocif sur ces herbiers tel que montré par Smith en 2003.

Les fortes valeurs de la DBO_5 indiquant une grande consommation d'oxygène par les micro-organismes, sont certainement dues à la mort du phytoplancton et la régression du niveau d'eau dans cette zone 1. Tandis que la faible consommation d'oxygène remarquée à la zone 2 serrait due à la dilution et à la faible teneur en phytoplancton biodégradable durant cette période. En outre, le manque d'oxygène peut favoriser l'activité des bactéries anaérobies et donc la production de substances toxiques aux herbiers (composés sulfurés) tel que démontré par Harch, (2012).

D'une part, le fort taux de MES observé particulièrement dans la zone 1, contribuerait à réduire la transparence de l'eau et de ce fait la production primaire photosynthétique, d'autre part, les MES présentent également une surface de contact importante pour des échanges physico-chimiques ou biologiques avec l'eau de mer tel que montré par Mertes *et al*. (1993). Cette forte teneur en MES s'explique par la charge polluante charriée par les principaux rejets anthropiques côtiers à Joal via les émissions des eaux usées et des déchets tel que le montrent les résultats d'enquête (fig. 15). D'autre part, le brassage plus important plus près du bord (zone1), la faible profondeur, contribuerait à expliquer ce fort taux de MES observé principalement en Zone 1.

En empêchant la pénétration de la lumière, les MES pourrait contribuer à la diminution de l'oxygène dissous et limitent alors le développement non seulement des herbiers mais aussi de la vie aquatique par pénétration de toxiques plus ou moins concentrées dans l'organisme tel que montré pat Sirone *et al*., (1986). Néanmoins, selon leur nature, ils sont également une source nutritive non négligeable pour la faune.

Selon les critères de sécurité relatifs aux eaux côtières pour *E.coli* de l'UE (2006), l'eau côtière de Joal-Fadiout (site de prélèvement N°1) se situe au-delà de la limite pour une bonne qualité (1000 UFC/100 ml) d'eau. Cette eau contient donc des *E.colis* en grandes quantités 1640UFC/100ml (fig. 23). Ce résultat peut être considéré comme un excellent indicateur du matériel fécal humain ou d'animaux tel que présentés par deberg *et al*. (2000). En effet, ces résultats coïncident avec ceux des enquêtes menées qui a montré une présence importante des fèces de chevaux au niveau de la plage mais également, 15% de la population enquêtée ne présente pas de toilettes (fig. 13). Leurs besoins vitaux se faisaient directement au bord de la plage, ceci pourrait également expliquer l'absence des *E.Coli* dans la zone 2 dû à son éloignement de la côte, mais aussi au fort taux de courant marin. Ce qui contribue au renouvellement de l'eau dans la zone. De même, l'absence des salmonelles dans ces eaux corrobore les résultats de Rodier et *al*. (2008) qui explique que dans les eaux marines, l'on ne

devrait en principe pas trouver de germe de salmonella. Germe, qui est beaucoup plus pathogène pour les populations locales.

Dans l'ensemble, la zone 2 a montré une faible concentration en polluants, dû certainement à sa faible proximité à la côte, mais également au flux du courant marin. La Zone 1 se présente donc comme fortement polluée par rapport à la zone 2.

Alors que ces impacts probables sur les herbiers associés aux activités individuelles peuvent possiblement être relativement insignifiants, les impacts cumulatifs ou « effet cocktail » des effets directs et indirects associés à la pression des populations côtières constituent une menace sérieuse à la survie à long terme de cet herbier. L'augmentation progressive des impacts associés aux pressions anthropiques doit absolument être gérée si les récentes régressions observées partout dans le monde tel que décrit par Turner et Schwarz en 2006, veulent être évitées au Sénégal et particulièrement à Joal-Fadiouth. Il sera donc nécessaire d'apporter une plus grande considération aux impacts environnementaux en considérant l'écosystème dans sa totalité lors des prises de décision de gestion des ressources.

Ces résultats obtenus semblent contradictoires étant donné que nous sommes dans une AMP, la pollution environnante devrait en principe être un facteur important dans la préservation de ces espaces.

III. RECOMMANDATIONS

Face à tous ces problèmes de gestion rencontrés dans la zone, il serait nécessaire voire urgent, de prendre des mesures draconiennes, de revoir l'application des sanctions juridiques en matière de protection de l'environnement, et changer l'utilisation du terme de « gestion participative » comme « slogan », en application effective réelle et pérenne.

De même, afin de conserver les écosystèmes d'herbiers actuels du Sénégal et particulièrement celui de l'AMP de Joal, il sera indispensable d'intervenir sur les différentes causes responsables des régressions et de minimiser les impacts sur l'écosystème.

- Dans un premier temps, l'amélioration de l'assainissement au travers de :

- L'aménagement des canaux d'évacuations des eaux usées ;
- L'aménagement des dépotoirs d'ordures ;

- L'aménagement des douches publiques sur la plage, éviterait probablement le toilettage au bord de celle-ci ;
- L'installation des brises lame pour remédier au problème de l'érosion côtière ;
- La mise sur pied des infrastructures pour la collecte et le traitement des ordures ;
- L'aménagement des « *Mba* » au bord des plages et l'électrification ce qui contribuerait en quelque sorte à la surveillance des plages ;
- Le renforcement des capacités des femmes en matière de gestion de la pollution ;
- La responsabilisation du comité de gestion e matière de pollution ;
- L'implication de tous les acteurs et la mise à leur disposition des moyens pour mettre en œuvre leurs responsabilités ;
- La formation du personnel de surveillance des AMPs.

➢ Dans un second temps il faudrait agir sur la qualité de l'eau

La qualité de l'eau étant essentielle pour la santé des phanérogames marines, le maintien et l'amélioration de la qualité des eaux côtières constituent l'un des points centraux pour la gestion de cet herbier. Dans ce cadre, il est nécessaire de réduire les apports des nutriments afin de limiter la réduction de la lumière et les problèmes d'eutrophisation. Ces apports provenant des activités sur le continent, les rivières et les estuaires, leur gestion nécessitera une intégration accrue des activités terrestres et une coordination des différentes agences de gestion afin d'assurer une approche commune de la gestion des écosystèmes côtiers marins. L'idée sous-jacente est que, si la qualité de l'eau est maintenue ou améliorée, l'herbier persistera.

→ La bonne gestion des activités côtières est également importante pour la conservation de cet herbier.

En effet, le développement des industries le long de la côte et des activités telles que le chalutage, le dragage ou encore les usines de transformations doivent être non seulement prises en considération dans les programmes de protection des écosystèmes mais aussi réellement appliquées, afin de minimiser les impacts directs sur les herbiers. Il est également important de prendre en considération les effets indirects. Une gestion efficace des herbiers

marins nécessitera donc de prendre conscience et de bien comprendre les conséquences des altérations causées par les activités dans les zones.

→ Enfin, la gestion efficace des herbiers pourrait tirer bénéfice de campagnes d'information auprès du public et de conseils ciblés et appropriés, une meilleure éducation, une plus grande prise de conscience et /ou changement de perception sur les rôles et l'importance de cet écosystème, les activités pouvant l'affecter, les besoins de gestion nécessaires à sa conservation permettront la réduction des impacts directs sur les herbiers.

→ Si les herbiers peuvent être protégés dans les limites des réserves ou des zones protégées (ce qui n'est pas toujours le cas), cela sera vain si les eaux adjacentes ne sont pas correctement gérées. Ceci renforce l'importance d'adopter une approche croisée entre les différents acteurs de gestion des écosystèmes. Il est également important d'identifier et d'implémenter des indicateurs permettant de mesurer le succès des programmes de protection entrepris et un suivi environnemental de la santé de cet herbier est nécessaire.

III.1. Schémas conceptuel

Le cadre conceptuel pour la gestion efficace de la pollution dans le cadre de la gestion durable de l'écosystème d'herbier marin a été défini selon le modèle DPSEEA qui permet une analyse des causes, les plus distales aux plus proximales, en offrant la possibilité de dériver des indicateurs pour élaborer mais aussi évaluer des politiques et proposer des mesures de performances. La visualisation du caractère proximal ou distal est préservé, mais celui-ci s'insèrera parmi les éléments contextuels (individuels, sociaux, démographiques, économiques) et les actions (préventives ou correctrices) qui pourraient intervenir. Celui-ci nous a également permis de faire une évaluation intégrée du risque (fig. 25).

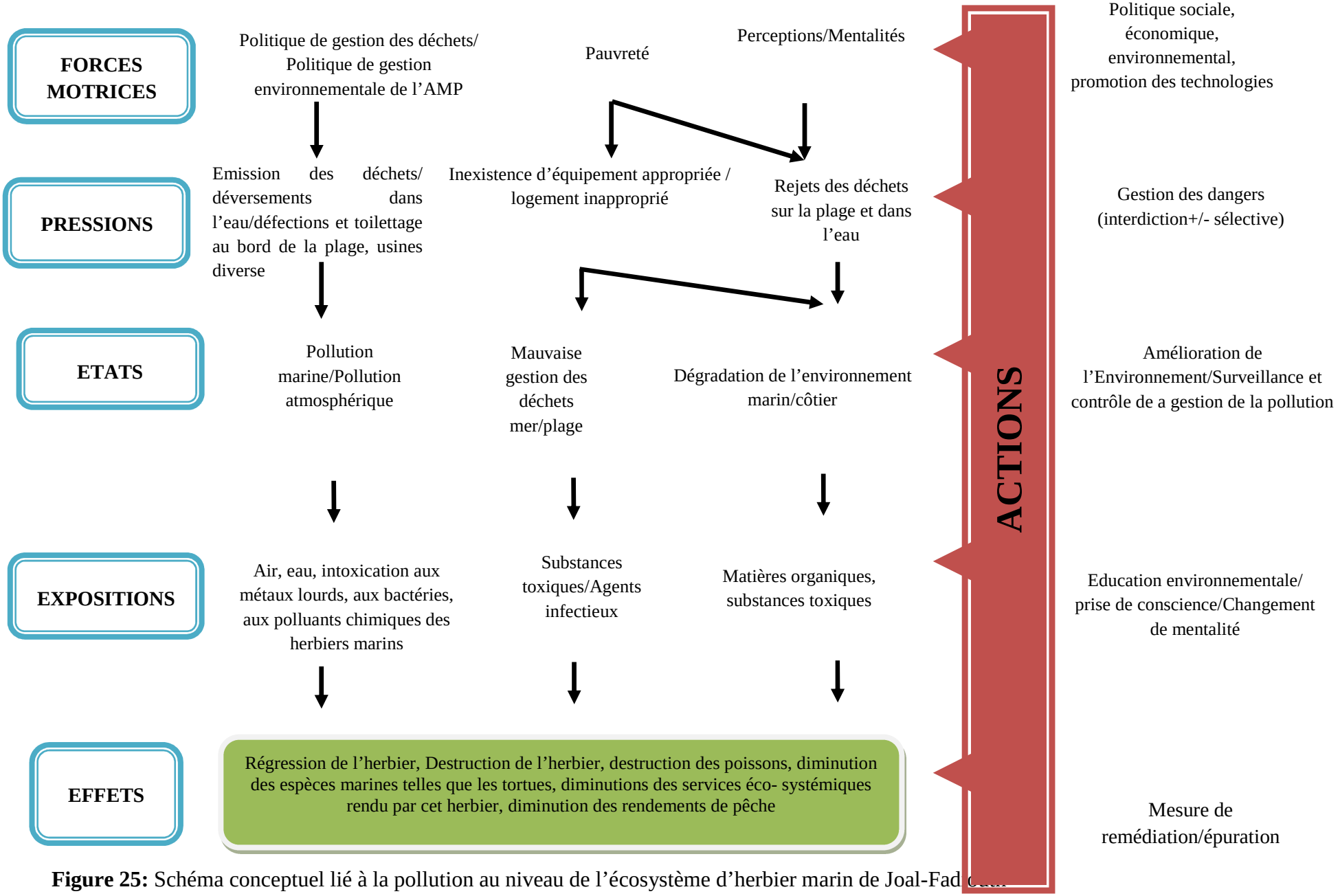


Figure 25: Schéma conceptuel lié à la pollution au niveau de l'écosystème d'herbier marin de Joal-Fad

III.2. Proposition des indicateurs de suivi environnemental

Pour lutter contre la pollution, le tableau ci-après propose des indicateurs ainsi que des mesures de leur évaluation et de suivi environnemental.

Tableau 3: Indicateur de performance du suivi environnemental des herbiers marin de Joal-Fadiouth.

Indicateurs de suivi environnemental	Evaluation des indicateurs
Qualité des eaux dans l'AMP	Analyse en laboratoire des paramètres physico-chimiques des eaux
	Pourcentage des zones d'eaux de côtières conformes à la norme.
Concentration des polluants sur les plages	Détermination de concentration de polluants par unité de surface de plage ou nombre de déchets ramassés par unité de longueur de plage /quartier
Taux de polluant retrouvé dans les feuilles d'herbiers	Analyses en laboratoire
Niveau de capture des poissons (débarquement des poissons)	Etat des principaux stocks de poissons par espèce
Rythme de reproduction et de croissance des herbiers	A l'échelle de l'écosystème : cartographie et photographie ;
	A l'échelle locale : Mesure très précise des limites de l'herbier sur un secteur restreint ou micro-cartographie ;
	A l'échelle de la plante : Phénologie (densité, faisceaux, taux de couverture et biomasse des épiphytes), déchaussement des rhizomes ;
Rythme de colonisation des herbiers dans l'espace marin	Détermination de la biomasse
	Nombres d'unité de surface occupée
Niveau d'empoisonnement par zone	Nombre de cas d'empoisonnement observés
	Analyse de la production
Inventaire qualitatif et quantitatif des espèces	Etat de la diversité des espèces

En conclusion, le fait que les déterminants de la santé de cet écosystème se trouvent intriqués dans un canevas complexe (schéma conceptuel proposé), montre qu'il est difficile de travailler d'un côté sur l'environnement et de l'autre sur le social (perception de la propreté). Dans une perspective de développement durable et de gestion intégrée, avec comme objectif central l'atteinte du meilleur état de santé possible pour cet écosystème et sa préservation, la coopération intersectorielle doit aussi s'ouvrir au domaine communautaire (social) (fig.26).

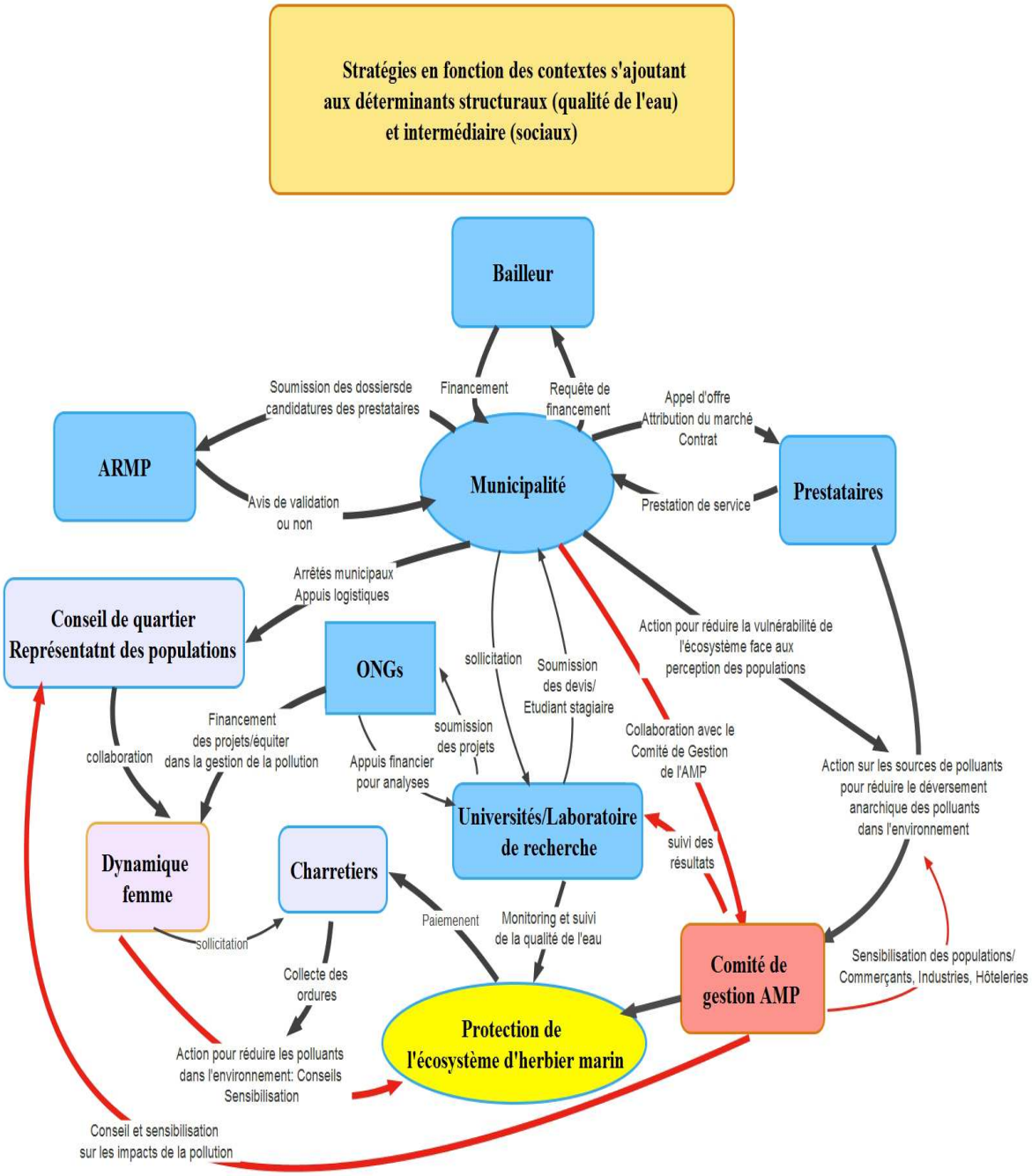


Figure 26: Approche intégrée pour une gestion de l'impact des polluants sur les écosystèmes d'herbiers marins.

CONCLUSION

Le respect de l'environnement est aujourd'hui une préoccupation majeure dans nos sociétés l'AMP de Joal-Fadiouth n'échappe pas à cette préoccupation et à la difficulté de trouver un modèle adéquat de gestion durable de ses ressources. Il était question dans ce travail, de voir quelle place pouvait avoir une étude sur les menaces en temps réel de la pollution sur l'écosystème d'herbier marin de Joal, dans l'amélioration et la préservation de son état de santé. L'analyse des composantes principales normées des données physicochimiques nous a permis de faire ressortir la corrélation existante entre les différents paramètres, de différencier une zonalité de la qualité de l'eau et d'en prédire les impacts probables sur cet écosystème.

Le constat majeur et qui répond d'ailleurs à notre première hypothèse de recherche, est que malgré l'existence de divers acteurs locaux évoluant dans la gestion de la pollution à Joal ne sont pas réellement impliqués dans le processus de gestion. En d'autres termes, l'adhésion massive à laquelle devait s'attendre l'AMP pour une matérialisation effective du concept de cogestion, reste loin d'être une réalité. En effet, l'étude a montré que ces derniers restent peu impliqués dans la gestion de la pollution au niveau de l'AMP. De même, le problème de perception des impacts de la pollution sur l'environnement marin reste un problème sérieux. De même, les résultats d'analyse de la qualité de l'eau nous a permis de nous rendre compte de la pollution de cette dernière et de se rendre compte que si des mesures ne sont pas prises, l'on pourrait à la longue constater une régression de l'herbier. Ces résultats viennent donc confirmer nos hypothèses de départ.

Dès lors, il convient de revoir les stratégies de gestion de l'AMP et leur implication dans la gestion de la pollution. Etant donné que si cet herbier venait à disparaître ou ne pouvait plus jouer son rôle de préservation des ressources marines, ce serait toute une économie basée sur la pêche qui pourrait en souffrir, et donc les riverains de Joal par la même. Veiller donc à la qualité de l'eau, c'est veiller à la préservation des herbiers, à la préservation des ressources qui en dépendent, et donc à la qualité de vie des populations locales.

Cependant, la limite de notre étude ne nous permet pas de réellement définir '*in facto*' l'impact sur cet herbier marin. Dans ce sens, des perspectives d'étude s'ouvrent quant à la réalisation de plusieurs campagnes d'analyses -En saison sèche, étant donné que c'est la saison représentative au Sénégal- de la variation des taux de polluants réels retrouvés dans l'eau, dans l'herbier et dans les sédiments ainsi que sa croissance et son évolution dans le temps.

Cependant, il serait bien de se demander, pourquoi le problème d'implication réelle ou de gestion participative des acteurs locaux pose à la longue problème dans la gestion de la pollution et la préservation des ressources de l'AMP de Joal-Fadiouth ?

BIBLIOGRAPHIE

Aminot, A., & Kérouel, R. (Eds.). (2004). *Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses* (Ifremer MEDD ed.). France.

Ballorain, K. (2010). *Ecologie trophique de la tortue verte Chelonia mydas dans les herbiers marins et algueraies du sud-ouest de l'océan Indien.* Thèse de Doctorat Université de la Réunion La Réunion. (286pp).

Baroli, M., Cossu, A., Cristini, A., De Falco, G., Gazale, V., Pergent, G., & Pergent-Martini, C. (2001). Concentrations of trace metals (Cd, Cu, Fe, Pb) in Posidonia oceanica seagrass of Liscia bay, Sardinia (Italy). . In P. D. F. M. Faranda, P. D. L. Guglielmo & P. D. G. Spezie (Eds.), Mediterranean Ecosystems (pp. pp 95-99). Milan: Springer Milan. doi: 10.1007/978-88-470-2105-1_13.

Beck MW., Heck KL Jr., Able KW., Childers DL., Eggleston DB., Gillanders BM., . . . MP, W. (2001). The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *BioScience 51*(8), 633-641.

Bouchon, C., Lemoine, S., Bouchon-Navaro, Y., Louis, M., Cordonnier, S., Wetzel, D., & Reynolds, J. (2010). Étude de la contamination des herbiers de Phanérogames marines du Grand Cul-de-Sac Marin de Guadeloupe en vue de la réintroduction du lamantin (pp. pp 274). Floride: Université des Antilles et de la Guyane.

Boudouresque, C. F., & Jeudy De Grissac, A. J. (1986). Biomasse dans l'herbier à Posidonia oceanica. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, pp 14-15.

Boudouresque, C. F., Meinesz, A., Ledoyer, M., & Vitiello, P. (1994). Les herbiers à phanérogames marines. In « Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives ». *Muséum National d'Histoire Naturelle publ.*, pp 98-118. .

Boudouresque CF., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., . . . Tunesi L. (2006a). Préservation et conservation des herbiers à Posidonia oceanica. In R. publ. (Ed.), (pp. 1-200). Monaco.

Boudouresque CF., Bernard G., Pergent G., Shili A., & M, V. (2009). Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review. *Botanica marina, 52*, 395-418.

Burkholder, J. M., Tomasko, D. A., & Touchette, B. W. (2007). Seagrasses and eutrophication. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol. , 350*, 46-72.

Camargo, J. A., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. [Revue]. *Environment International, 32*, 831–849.

Carmen B., Tuya1 F., Boyra A., Pablo S., I., B., & Haroun, R. J. (2005). Botanica Marina. *48*, 122–126. Retrieved from

Casas. (2005). *Modélisation de la bioaccumulation des métaux traces (Hg, Cd, Cu et Zn) chez la moule Mytilus galloprovincialis, en milieu méditérranéen.* Thèse de doctorat, l'Université du Sud Toulon Var, Toulon (363 pp).

Caye, G. (1989). Mise en évidence d'un polymorphisme sur des jeunes plants de P. oceanica. In Boudouresque CF, Meinesz A, F. E & G. V. (Eds.), International Workshop on P. oceanica Beds (Vol. 2, pp. 77-84.). France: GIS Posidonie publ.

CDB. (2002). Technical Advice on the Establishment and management of a National System of Marine and Coastal Protected Areas. In ONU (Ed.), *Technical Series* (Vol. 13). Montréal (Canada).

Clesceri, L., Greenberg, A., & AD Eaton (Eds.). (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (Vol. 20). New York: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation.

Duartre, C.M. (2000). Marine biodiversity and ecosystem services: an exclusive link. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 250*(1-2), 117-131.

Duartre, C.M. (2002). The future of seagrass meadows. *J.Environmental Conservation 29*(2), 192-206.

Delgado, O., Ruiz, J., Pe´rez, M., Romero, J., & Ballesteros, E. (1999). Effects of fish farming on seagrass (Posidonia oceanica) in a Mediterranean bay: seagrass decline after organic loading cessation. *Oceanologica Acta 22*(1), 109–117.

Diagne, A. (2010). *Métabolisme benthique des herbiers du Banc d'Arguin (Mauritanie).* Mémoire de Master Université de la Méditerranée (Aix-Marseille II), Mauritanie. (30pp).

Drew E.A. (1978). Factors affecting photosynthesis and its seasonal variation in the seagrasses Cymodocea nodosa (Ucria) Aschers., and Posidonia oceanica (L.) Delile in the Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 31*, 173-194.

Duarte C., Dennison W., Orth R., & T, C. (2008). The Charisma of Coastal Ecosystems : Addressing the Imbalance, Estuaries and Coasts *J CERF 31*., 233–238.

Duarte C.M. (1999). Seagrass biomass and production: A reassessment. *Aquatic Botany 65*, 159-174.

Dunton, K. H. (1990). Production ecology of Ruppia maritima L. s.l. and Halodule wrightii Aschers. in two subtropical estuaries. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 143*, 147-164.

Union Européenne. (2006). Directive sur la qualité des eaux de baignade (côtière). Directive 2006/7/CE.

Fourqurean JW., Durako MJ., Hall MO., & LN, H. (2002). Seagrass distribution in south Florida: a multi-agency coordinated monitoring program. In P. K. Porter JW (Ed.), The Everglades, Florida Bay, and the coral reefs of the Florida Keys. (pp. 497-522). Florida, USA: CRC Press, Boca Raton.

Gacia E., Duarte CM., Marba N., Terrados J., Kennedy H., Fortes MD., & NH, T. (2003). Sediment deposition and production in SE-Asia seagrass meadows. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 56*, 909-919.

Garnier, P. (2010). *Le règne végétal*. CNSD. France.

Gianluigi C., Giovanni D., & G, P. (2002). Effects of organic matter input from a fish farming facility on a Posidonia oceanica meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science 56*, 961–968.

Gillander, B. M. (2006). Seagrasses, fish, and fisheries. . In CM (Ed.), Seagrass: Biology, Ecology and Conservation (pp. 503-536). Netherlands: Springer.

Gobert, S. (2002). *Variations spatiales et temporelles de l'herbier à Posidonia oceanica (L.) Delile.* Thèse de Doctorat Université de Liège Liège

Green, E. P., & Short, F. T. (2003). World Atlas of Seagrasses. In U. W. C. M. Centre (Ed.). Berkeley, USA: University of California.

Grice AM., Loneragan NR., & WC, D. (1996). Light intensity and the interactions between physiology, morphology and stable isotope ratios in five species of seagrass. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 195*, 91-110.

Hall, L. M., Hanisak, M. D., & Virnstein, R. W. (2006). Fragments of the seagrasses Halodule wrightii and Halophila johnsonii as potential recruits in Indian River Lagoon, Florida. *Marine Ecological Progress Series, 310*, 109-117.

Harch, r., Khadija EL kharrim, & Belghyti, D. (Eds.). (2012). *Analyses physico-chimiques des eaux du site RAMSAR sidi boughaba (MAROC)* (Vol. 4): Science Lib Editions Mersenne.

Hemminga, M. A. (1998). The root/rhizome system of seagrasses: an asset and a burden. *Journal of Sea Research 39*, 183–196.

INERIS. (2005). Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques (pp. 70). France.

IUCN (Ed.). (2012). *Les herbiers de Magnoliophytes marines de Méditerranée: Résilience et contribution à l'atténuation des changements climatiques* (François-Xavier Bouillon, F-06800 Cagnes-sur-Mer. ed.): UICN, Gland, Suisse et Malaga, Espagne.

Ivanoff, A. (Ed.). (1972). *Paramètres physico-chimiques des eaux de mer* (Librairie Vuibert ed.).

Kuo, J., & den Hartog, C. (2006). Taxonomy and biogeography of seagrasses. e. a. c. Seagrasses: biology (Ed.) (pp. 23).

Larkum WD., Orth RJ., & CM, D. (2006). E. a. C. Seagrasses: Biology (Ed.) (pp. 22).

Le Direach, L., & Francour, P. (2001). Recrutement des poissons dans les herbiers de Posidonie de Port-Cros. *GIS publ. Fr*, 40.

Lee K.S., Park S.R., & Y.K, K. (2007). Effects of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrasses: A review. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 350*, 144-175.

Lee, K.-S., & Dunton, K. H. (1996). Production and carbon reserve dynamics of the seagrass Thalassia testudinum in Corpus Christi Bay, Texas. *Marine Ecology Progress Series 143*, 201-210.

Massa S.I., Arnaud-Haond, S., Pearson, G. A., & Serrão, E. A. (2009). Temperature tolerance and survival of intertidal populations of the seagrass Zostera noltii (Hornemann) in Southern Europe (Ria Formosa, Portugal). *Hydrobiologia, 619*, 195-201.

Michael, A. B., Paul, S. L., & Mike, V. K. (2006). Epiphytes of seagrasses. *Springer, Dordrecht 40*, 865-869.

Mutchler, T., & K.H, D. (2007). Plant and water quality indicators of seagrass condition. In Landscape monitoring and biological indicators for seagrass conservation in Texas coastal waters K. H. Dunton & W. Pulich (Eds.), (pp. 85).

Mutchler T., K. H., A., D., S., T.-S., Fredriksen, & Rasser, M. K. (2007). Isotopic and elemental indicators of nutrient sources and status of coastal habitats in the Caribbean Sea, Yucatan Peninsula, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science 74*, 449-457.

Noel C., Viala M., Coquet G., Hervé E., Emery D., Sauzade R., . . . Coudray. (2009). Comparaison de méthodes de cartographie des végétations sous-marines côtières. *Revue Paralia*(2), 5.1-5.12.

Oakes JM., & R., C. (2004). Causes of sulphur isotope variability in the seagrass, Zostera capricorni. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 302*, 153-164.

Pergent, G., & Diop, M. (2009). Rapport de mission du projet : Contribution à l'étude et à la conservation des herbiers marins d'Afrique de l'Ouest (pp. 10). Dakar: FIBA.

Pergent G., Bazairi H., Bianchi C.N., Boudouresque C.F., Buia M.C., C. P., Harmelin-Vivien M., . . . M, V. (2012). Les herbiers de Magnoliophytes marines de Méditerranée : résilience et contribution à l'atténuation des changements climatiques. In S. e. M. IUCN, Espagne (Ed.), (pp. 80). Méditérranée: IUCN.

Pergent-Martini, C., Leoni V., Pasqualini V., Ardizzone GD., Balestri E., Bendini R., . . . B, V. (2005). Descriptors of Posidonia oceanica meadows: Use and application. *Ecological Indicators, 5*, 213-230.

Pergent-Martini, C., Rico-Raimondino, V., & G, P. (1995). Nutrient impact on P. oceanica seagrass meadows : preliminary data. *Marine Life 5*(2), 3-9.

PG. (2013). Plan de gestion de l'AMP de Joal-Fadiouth. In W. Direction des parcs Nationaux, AMP de Joal-Fadiouth (Ed.), (pp. 91). Dakar, Sénégal.

Lehman, R. (2006). *Seagrass Taxonomy*. Diapo. Texas A & M University. Texas.

Rodier, J. (Ed.). (2005). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer* (DUNOD ed. Vol. 8). Paris, France.

Rodier, J., Bazin C., Broutin P., Chambon P., Champsaur H., & L, R. (Eds.). (2008). *L'analyse de l'eau: eau naturelles, eaux résiduaire, eau de mer* (DUNOD ed. Vol. 8). Paris, France.

Rouane, H. O. (2013). *Biosurveillance de la qualité des eaux côtières du littoral occidental algérien, par le suivi des indicateurs biologiques, de la biodisponibilité et la bioaccumulation des métaux lourds (Zn, Cu, Pb et Cd) chez la moule Mytilus galloprovincialis et l'oursin Paracentritus lividus.* Thèse de doctorat Université d'ORAN, Oran. (285 pp)

Ruiz, J. M., & J, R. (2003). Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass Posidonia oceanica. *Mar. Poll. Bull, 46*, 1523-1533.

Ruiz, J. M., Perez, M., & Romero, J. (2001). Effects of fish farm loadings on seagrass distribution, growth and photosynthesis. *Mar. Poll. Bull, 42*(9), 749-760.

Sall, A. K. (2013). Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth : Visite d'échange et de Formation des AMP (pp. 17). Dakar: UCN PRCM.

Sargent, F. J., T.J. Leary, D.W. Crewz, & Kruer, C. R. (1995). Scarring of Florida's seagrasses: assessment and management options *FMRI Tech. Rep* (pp. 37). St. Petersburg: Florida Marine Research Institute.

Short, F. T., Carruthers, T.J.R., van Tussenbroek, B. & Zieman, J. (2010). Halodule wrightii *Red List of Threatened Species*: IUCN.

Tina, M. G., & Binzer, T. (2004). Which factors regulate seagrass growth and distribution. In E. s. a. i. t. m. a. management (Series Ed.) J. e. a. Borum (Ed.) (pp. 23).

Tunesi, L., Diviacco, G., & MO, G. (2001). Observations by submersible on the biocoenosis of the deep-sea corals off Portofino Promontory (Northwestern Mediterranean Sea). In M. W. J. H. e. a. e. P. o. F. internation (Ed.), (ed., pp. 76-87). Nova Scotia: Symposium on Deep-sea Corals. Ecology Action Centre and Nova Scotia Museum, Halifax.

Turner S, & Schwarz, A. (2006). Management and conservation of seagrass in New Zealand: an introduction.Science For Conservtaion (pp. 264). New Zealand.

Udy, J. W., & Dennison, W. C. (1997). Physiological responses of seagrasses used to identify anthropogenic nutrient inputs. *Marine and Freshwater Research 48*, 605-614.

Vangeluwe. (2007). *Effets de la transplantation sur la biométrie et sur la dynamique des nutriments, du carbone et de la chlorophylle de Posidonia oceanica (L.) Delile.* Thèse de doctorat en Sciences, Université de Liège, Liège. (221 pp)

Whisenant A., Cindy, Contreras, Jennifer, M., Bronson, & Radloff, L. P. (2011). Supplemental Data Review for Seagrass Response to Wastewater Inputs: Implementation of a Seagrass Monitoring Program in Two Texas Estuaries. In W. R. B. T. P. a. W. Department (Ed.), (pp. 38). Texas Smith School Road Austin.

Yamamuro, M., Kayanne, H., & Yamano, H. (2003). δ15N of seagrass leaves for monitoring anthropogenic nutrients increases in coral reef ecosystems. *Marine Pollution Bulletin 46*(4), 452-458.

ANNEXES

TABLE DES MATIERES

DEDICACES i

SOMMAIRE ii

REMERCIEMENTS iv

RESUME..... v

ABSTRACT vi

LISTE DES ACRONYMES vii

INTRODUCTION……..…….……viii

1. Contexte..... 1
2. Problématique..... 1
3. Objectifs 2
4. Hypothèse de travail 3

Ière PARTIE: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE……..……..……...ix

I. PRESENTATION DE L'AMP DE JOAL 4

I.1. Objectifs et localisation de l'AMP de Joal 4

I.2. Fonctionnement et gouvernance de l'AMP de Joal..... 5

I.3. Caractéristiques de l'AMP de Joal-fadiouth..... 5

II. LES ECOSYSTEMES D'HERBIERS MARINS..... 13

II.1. Définition et description..... 13

II.2. Caractéristique écologique des herbiers marins 14

II.3. Biogéographie 14

II.4. Les herbiers marins de l'AMP 14

II.5. Importance des écosystèmes d'herbiers 16

II.6. Perturbateurs des écosystèmes d'herbiers marins 18

IIème PARTIE: APPROCHE THEORIQUE ET EXPERIMENTALE……...……..……....x

I. APPROCHE THEORIQUE..... 20

I.1. Sites d'enquête, de prélèvement et d'analyse..... 20

I.2. Matériels utilisés 21

I.3. Méthodes d'observation et d'enquête sur le terrain : Collecte des données..... 21

II. APPROCHE EXPERIMENTALE : ANALYSE EN LABORATOIRE DES EAUX..... 24

II.1. Caractéristiques physiques de l'eau 24

II.2. Analyse des polluants chimiques de l'eau 25

II.3. Analyse des paramètres biologiques de l'eau 32

II.4. Analyse des micropolluants organiques PCB par la méthode « *Immuno Essay* » (Rodier *et al*., 2008)..... 35

II.5. Analyses microbiologiques 35

II.6. Utilisation des normes..... 39

III. DEPOUILLEMENT ET TRAITEMENT DES DONNEES 39

IIIème PARTIE:RESULTATS ET DISCUSSION…..……..…….....xi

I. RESULTATS..... 40

I.1. Sources des polluants retrouvés dans la zone 40

I.2. Typologie des déchets à Joal-Fadiouth 42

I.3. Problèmes environnementaux majeurs 44

I.4. Evaluation du système d'assainissement mis en place 45

I. 4.1. Système mis en place par les usines..... 45

I.4.2. Système mis en place par les populations 45

I.4.3. Système mis en place par les gestionnaires de l'AMP 46

I. 4.4. Système mis en place par la municipalité..... 46

I.5. Résultats d'analyse des polluants de l'eau 47

I.5.1. Paramètres physiques 47

I.5.2. Polluants chimiques..... 48

I.5.3. Paramètres biologiques..... 50

I.5.4. Analyses microbiologiques : présence d'*E. Colis*, Coliformes fécaux et de Salmonelles ... 52

I.6. Résultat d'enquête sur les impacts des polluants sur l'écosystème d'herbier selon les populations locales 53

II. DISCUSSION..... 53

III. RECOMMANDATIONS 59

CONCLUSION…….xii
BIBLIOGRAPHIE……xiii
ANNEXES…….xx
TABLE DES MATIERES..... xxi

LISTE DES FIGURES xvi

LISTE DES TABLEAUX xvii

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Situation et limite de l'AMP de Joal-Fadiouth (Sall, 2013). 4

Figure 2: Formations géomorphologiques de la commune de Joal-Fadiouth (PG, 2013)..... 6

Figure 3: Cumul mensuel de la pluviométrie (station de Joal de 2004-2010)..... 7

Figure 4: Evolution interannuelle de l'humidité moyenne maximale à Mbour (2007-2012) 8

Figure 5: Zonation par secteur de la mangrove de la lagune de Joal-Fadiouth (PG, 2013). 9

Figure 6: Représentation schématique de forme typique avec des feuilles allongées et aplaties des différentes espèces de Magnoliophytes marines (Vangeluwe, 2007)..... 13

Figure 7: Répartition géographique des herbiers au Sénégal (FIBA, 2013)..... 16

Figure 8: Représentation ArcGis des sites de prélèvements (Sylvie DD., 2013) 20

Figure 9: Répartition des enquêtés en fonction des tranches d'âges et du sexe. 21

Figure 10: Répartition des enquêtés selon le métier pratiqué par sexe et tranche d'âge..... 21

Figure 11: Activités économiques les plus pratiquées dans la zone selon la population enquêtée. 40

Figure 12: Différents lieux de déversements des eaux usées par les populations riveraines..... 41

Figure 13: Type de latrines utilisées par les ménages enquêtés. 42

Figure 14: Différents lieux de déversements des ordures par les populations riveraines..... 43

Figure 15: Types de déchets retrouvés généralement dans l'eau et sur la plage 44

Figure 16: Problèmes environnementaux les plus rencontrés dans la zone..... 44

Figure 17: Concentration des éléments nutritifs des différents sites d'échantillonnages. 48

Figure 18: Concentration des polluants chimiques de différentes zones d'échantillonnages..... 49

Figure 19: Concentration des micropolluants de différentes zones d'échantillonnages..... 50

Figure 20: Concentration en oxygène dissous en fonction de la zone d'étude 51

Figure 21: Demande biochimique en oxygène sur 5 jours des différents sites de prélèvement..... 51

Figure 22: Concentration des matières en suspension des différentes zones d'échantillonnage..... 52

Figure 23: Nombre d'unité formant colonie par échantillon des coliformes fécaux et d'*E.colis.*..... 52

Figure 24: Impacts sur la qualité de l'herbier selon les populations locales 53

Figure 25: Schéma conceptuel lié à la pollution au niveau de l'écosystème d'herbier marin de Joal-Fadiouth..... 62

Figure 26: Approche intégrée pour une gestion de l'impact des polluants sur les écosystèmes d'herbiers marins..... 64

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Quelques espèces débarquées au quai de pêche de Joal (Sylvie D.D, 2013). 10
Photo 2: *Anadra senilis* et *Crassostrea gasar* ou Huître de palétuvier (Sylvie D.D, 2013)..... 10
Photo 3: Tortue verte de l'AMP de Joal-Fadiouth (Sall, 2012)..... 11
Photo 4: Scène de débarquement et camions frigorifiques au quai de pêche de Joal (Sylvie D.D., 2013)..... 12
Photo 5: Claie de séchage de poissons fumés dans le site de transformation de khelcom (Sylvie D., 2013)..... 12
Photo 6: Herbier à Cymodocea nodosa à Joal (vue sous-marine) (Pergent et Diop, 2009)..... 16
Photo 7: Crustacés dans l'herbier à Cymodocea nodosa à Joal (Pergent et Diop, 2009) 16
Photo 8: Entretien avec des femmes transformatrices du site KHELCOM (Sylvie D.D., 2013) 22
Photo 9: Entretien avec le Président du Comité de Gestion de l'AMP de Joal (Sylvie D.D., 2013) 23
Photo 10: Entretien avec le 2ème Adjoint au Maire de Joal-Fadiouth (Sylvie D.D., 2013) 23
Photo 11: Mesure de la conductivité à l'aide d'un conductimètre (Sylvie D.D., 2013)..... 25
Photo 12: Tube à essai contenant du Nitate ver 5 Nitratz (à gauche) et le spectrophotomètre (à droite (Sylvie D.D., 2013) 26
Photo 13: Tube à essai du test d'Azote Ammoniacal (Sylvie D.D., 2013) 27
Photo 14: Test de chlorure (Sylvie D.D., 2013) 29
Photo 15: Test de la DCO (Sylvie D.D., 2013) 30
Photo 16: Test de la DBO (Sylvie D.D., 2013) 34
Photo 17: analyse des PCBs (Sylvie D.D., 2013)..... 35
Photo 18: Ensemencement des échantillons (à gauche) et résultat obtenue après ensemencement (Sylvie D.D., 2013). 37
Photo 19: Protocole FISH (Sylvie D.D., 2013) 38
Photo 20: Hybridation in situ avec une sonde moléculaire des *E. coli* présents dans un échantillon d'eau 38
Photo 21: Tube à Essais contenant l'échantillon de salmonella préparé (à gauche). Boîte de pétrie au 3ème jour du test de salmonella (à droite) (Sylvie D.D., 2013) 39
Photo 22: Pollution au niveau de la plage (Sylvie D.D., 2013)..... 43
Photo 23: Phénomène d'eutrophisation, pollution de l'eau (aspect, couleur, odeur, saveur) et de la plage (biomasse algale) (Sylvie D.D., 2013)..... 43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Moyenne annuelle de la température (station de Mbour de 2004-2012). 7
Tableau 2: Evolution interannuelle de l'évaporation moyenne à Mbour (2004-2012)..... 8
Tableau 3: Résultats des paramètres physiques des échantillons analysés 47
Tableau 4: Répartition spatiale de la population de Joal-Fadiouth (PGE, 2013) xviii

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE AUPRES DES POPULATIONS AU LARGE DES COTES DE L'AMP DE JOAL

Les informations collectées au cours de ce recensement sont strictement confidentielles au terme de la loi N° 66-59 du 30 Juin 1966 sur les Recensements et Enquêtes Statistiques qui stipule en son article 8 que : « les données individuelles figurant sur tout questionnaire d'enquête statistique tel que défini par l'article 6 de la présente loi ne peuvent en aucun cas être utilisées à des fins de poursuite ou de répression fiscale ou pénale ».

SECTION I : IDENTIFICATION

Variable	Libellé	Code
101	Numéro questionnaire	|___|___|___|
102	Date de collecte Jour/mois	|___|___|/|___|___|
103	Nom de l'individu _____	
104	Age (en année révolu) _____	|___|___|
105	Village/Campement_____	
106	SEXE 1. Masculin, 2. Féminin	|___|
107	Niveau d'instructions 1. Sans niveau 2.Primaire 3.Secondaire 4.Universitaire	|___|
108	Statut Matrimonial 1. Célibataire 2. Marié 3. Veuf 4. Divorcé / séparé	|___|
109	Quel métier pratiquez-vous ? 1. La pêche, 2. Commerce, 3. Agriculture, 4. Mareyage, 5. Autres_____	|___|___|
	Depuis combien d'année pratiquez-vous ce métier ?_____	|___|___|

SECTION II : CONNAISSANCE DE L'AMP et de L'HERBIER

Variable	Libellé	Code
201	Avez-vous déjà entendu parler de l'AMP de Joal ? 1. Oui 2. Non si non allez à 301	|___|
202	Avez-vous déjà entendu parler de l'existence d'un herbier dans l'AMP de Joal ? 1. Oui 2. Non si non allez à 301	
203	Si oui, veuillez donner votre définition de ce qu'elle est : 1. AMP_____ 2. Herbier_____	
204	Qui vous en a parlé ?_____	|___|___|
	Quelle est à peu près l'extension spatiale du domaine de l'AMP de Joal ? a. 174 Km^2, b. 18 km en L/9,666 Km en l, c. 20 Km en L/ 8 km500 en l, d. Autres_____	|___|

SECTION III : ACTIVITES ECONOMIQUES A JOAL

Variable	Libellé	Code
301	Quels sont les secteurs économiques majeurs liés à votre zone côtière ? 1 .Pêche ; 2. Transport de passagers ; 3.Marayeurs ; 4. Commerce ; 5. Usine de transformation du poisson ; 6. Logements résidentiels/Campements ; 7. Agriculture ; 8. Tourisme & loisir	|___|

302	Quelles sont les différentes espèces majeures qui y sont commercialisées ? _____ _____ _____ _____	
303	Quels problèmes environnementaux rencontrez-vous à ce niveau ? 1. Erosion côtière (Avancée de la mer), 2. Pollution des eaux, 3. Présence de déchets sur la plage, 4. Mauvaise Odeur d'eau, 5. Croissance démographique, 7. Surpêche ; 8. Perte d'habitat, 9. Manque de bac à ordure.	|___||___||___|

SECTION IV : POLLUTION ET CONNAISSANCES DES IMPACTS SUR L'HERBIER ET L'AMP

Variable	Libellé	Code
401	Quels types de latrines utilisez-vous ? 1. chasse traditionnel, 2.Moderne, 3.aucune	|___|
	Ou déversez-vous vos :	
402	a). eaux usées ? 1. Dans l'eau de mer, 2. Au bord de la plage, 3. Dans un bac à ordure (charrette), 4. Autres_____	|___|
	b). déchets ? 1. Dans l'eau de mer, 2. Au bord de la plage, 3. Dans un bac à ordure (charrette), 4. Autres_____	|___|
Quels types de déchet retrouve-t-on régulièrement		
403	1). Sur la plage a. déchets solides ménagers, b. papiers et tissus, c. filets de pêche, d. verres, e. huiles des pirogues, f. fèces d'animaux, g. plastiques, h. débris végétaux (Algue), i. Animaux mort, j. métaux (cannettes) _____	|___|
	2). Dans l'eau a. déchets solides ménagers, b. papiers et tissus, c. filets de pêche, d. huiles des pirogues, e. fèces d'animaux, f. plastiques, g. débris végétaux (Algue), h. Animaux mort, i. métaux (cannettes) _____	|___|
A votre avis quels sont les impacts de ces polluants sur		|___|
404	L'AMP ? a. Mort des espèces, b. Migration des espèces, c. Aucun, d. Autre_____	|___|
	L'Herbier ? a. Régression, b. Disparition de l'herbier, c. Aucun, d. Autre_____	|___|
	La qualité de l'eau ? a. Diminution, b. Changement de couleur, c. Mauvaise odeur	|___|

SECTION V : MESURES DE GESTION DURABLE DE L'HERBIER

Variable	Libellé	Code
501	Que faites-vous pour lutter contre ces polluants dans votre environnement de l'AMP ? _____ _____ _____	
502	Quelles suggestions proposeriez-vous au personnel en charge de la gestion durable de cet AMP et herbier dans la lutte contre la pollution? 3 maximums ? _____ _____ _____	

Merci pour votre collaboration !!!

GUIDE FOCUS GROUP AUPRES DES FEMMES TRANSFORMATRICES DE JOAL

Les informations collectées au cours de ce recensement sont strictement confidentielles au terme de la loi N° 66-59 du 30 Juin 1966 sur les Recensements et Enquêtes Statistiques qui stipule en son article 8 que : « les données individuelles figurant sur tout questionnaire d'enquête statistique tel que défini par l'article 6 de la présente loi ne peuvent en aucun cas être utilisées à des fins de poursuite ou de répression fiscale ou pénale ».

SECTION I : IDENTIFICATION DU TRAVAILLEUR

Variable	Libellé	Code
1.	Numéro questionnaire	|___|___|___|
2.	Date de collecte Jour/mois	|___|___|/|___|___|
3.	Age (en année révolu) _____	|___|___|
4.	Village/Campement_____	
5.	Nombre de personnes Total :_____ 1. Masculin :_____ 2. Féminin :_____	|___|

SECTION II : IDENTIFICATION DES TYPES DE PRODUITS UTILISER

1. Quels méthodes de transformation utilisées-vous dans votre industrie de transformation ?_____
_____

2. Quels types de produits utilisés-vous dans votre industrie ?
1. Pour la transformation_____

2. Pour la conservation_____

3. Quel est le mode d'application de ces produits ? _____

4. Utilisez-vous des pesticides contre les mouches et insectes ? 1. Oui ; 2. Non
Si oui lesquels ?_____

SECTION III : IDENTIFICATION DES TYPES DE DECHETS PRODUIT ET LEUR MODE DE GESTION

5. Quels différents types de produits finaux obtenez-vous ?_____
_____
_____

6. Combien de temps mettent vos produits avant d'être commercialisés ?_____
_____

7. Quels types de déchets produisez-vous et sous quelles formes?
_____
_____

8. Existe-t-il un plan de gestion des déchets ? 1. Oui, 2. Non
Si oui lequel ? _____
_____

9. Quelles suggestions faites-vous pour mieux vous aider à gérer vos dechets ?_____
_____

Merci pour votre bonne collaboration

ANNEXES II : MATERIELS UTILISES

Matériel de terrain

Pour la réalisation de ce projet un certain nombre de matériels, a été utilisé pour les travaux de terrain :

- Trame d'enquêtes ;
- Un fond de carte topographique : pour situer la zone d'influence de l'étude ;
- Appareil photo avec zoom, pour filmer le paysage (marin et côtier), ..ect.
- Des logiciels d'analyses de données, notamment Microsoft, Excel, SPSS, CSPro;
- Des portes documents, crayons, blocs notes pour la prise de notes sur le terrain.

1. Matériels test physico chimique et biologique

Réactifs	Accessoires
-Le Kit de réactif azote ammoniacal, échantillons de 10 ml -Le Kit de réactifs cuivre pour échantillons de 10 ml -Acide sulfurique concentré ACS -Eau désionisée. -Tubes de réactifs DCO Manganèse III, 20-1000 mg/l -Réactif TPTZ en gélules, pour échantillon de 10 ml -Réactif Nitrate NitraVer 5 en sachets -NitriVer 3 en gélules (échantillons de 10 ml) -Réactif SulfaVer 4 en gélules -Réactif molybdovanadate -Kit de réactifs PCB	-Cuvettes colorimétriques 10-20-25 ml avec bouchons -Pince coupante -Cuvettes colorimétriques 10-20-25 ml avec bouchons -Homogénéiseur 14 vitesses, 120 V -Pince brucelles pointe extra-fine -Pipette TenSette 0,1-1,0 ml -Boites de pétries. -Bec de bunsen

2. PROTOCOLE FISH d'*E. colis*

Filtrer 100ml de chaque échantillon et mettre le filtre papier dans un volume de 10ml d'eau peptoné, mélanger ensuite au vortex et incubé à 37°C pendant 24h. Après 24h fixé l'ADN.

→ **Fixage d'E. coli avec le paraformaldehyde**

Prélevé 100ml des échantillons préalablement incubé à la veille, y ajouter 3 fois le volume de fixation dans les eppendorfs, homogénéiser et mettre ensuite au réfrigérateur pendant 6 heure. Ensuite le protocole de FISH (annexe 2) est réalisé.

a- Application de l'échantillon

10µl de suspension de bactéries ont été ensuite fixés dans les puits et laisser secher pendant 20 min à 46°C. et déshydrater dans une séries de bains d'éthanol (50, 70, et 96% environ 3min).

b- Hydratation avec la sonde (fragment d'ADN complémentaire) et lavage

Le tampon a été mélangé ensuite dans chaque tube ependoff avec la sonde marquée au Cy3 (rapport 9 :1) et 10µl de la solution déposer dans les puits et incuber la lame dans la chambre d'hydratation à 46°C pendant 1h30min.La lame a été lavée ensuite dans les tampons de lavage à 48°C pendant 20min. Rincer avec l'eau distillée pour enlever les sels et les SDS et laisser sécher la lame à l'air à température ambiante et à l'obscurité.

c- Coloration DAPI et observation

10µl d'un mélange composé de solution DAPI (1mg/100M) 0,001% d'eau dans rapport 1.9 ont été ensuite déposé dans chaque puits. Puis incuber à température ambiante et à l'obscurité pendant 7min. Rincer ensuite avec environs 2ml d'eau distillé et laisser sécher à l'air et à l'obscurité. Et observation au microscope, afin d'éviter le « *photobleaching* » la préparation est monté avec le citfluor qui contient un anti-oxydant par le producteur.

Tableau 4: Répartition spatiale de la population de Joal-Fadiouth (PGE, 2013)

	JOAL			**FADIOUTH**			
Quartiers	Hommes	Femmes	Total	Quartiers	Hommes	Femmes	Total
Afdaye	56	69	125	Ndiongueme	366	434	800
Diamaguene	704	604	1.308	Fassar	176	241	471
Ndoubab	576	629	1205	Ngor Ndeb	187	237	424
Mbelenième	155	198	353	Ndiadiaye	131	136	267
Ndiongue	357	296	663	Ndoffene	228	238	460
Mbourdiouham	595	518	1113	Ndioum	455	525	980
Tilène	998	868	1866	-	-	-	-
Ndiongue-Tilene	552	493	1046	-	-	-	-
Santhie	11756	10213	21969	-	-	-	-
Totaux	**15749**	**13888**	**29637**	**Totaux**	**1543**	**1811**	**3354**