

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهئية الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur et de
Master en Sciences de la Mer et du diplôme Start-up**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale
Option : Biodiversité et gestion des écosystèmes**

Thème :

**Étude de la vulnérabilité insulaire : focus sur l'îlot de
Sidi Fredj**

Réalisée par : Moussaoui Yakout Nawel

Soutenu le 20/06/2024 devant le jury suivant :

M. Refes. W	Professeur	ENSSMAL	Président
Mme. Kennouche. H	Maître de conférences A	ENSSMAL	Examinatrice
M. GRIMES. S	Professeur	ENSSMAL	Promoteur
Mme. KAIDI-BOUDJELLAL. N	Maître de conférences B	ENSSMAL	Co-Promotrice

2023/2024

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur Grimes Samir et Madame Boudjellal-Kaidi Nawal pour leur encadrement et leur suivi.

Un remerciement sincère à Monsieur Boudjellal Benyahia pour son soutien et son suivi pendant une grande partie du travail pratique ainsi que tout le personnel de la station marine de Sidi Fredj.

Je remercie également l'équipe BANBIOM pour leur disponibilité, en particulier Ghazel Kenza qui m'a accompagnée lors d'une partie d'échantillonnages. Sans oublier Abdelali Nerdjes qui m'a accompagné lors des sorties de prospections.

Je suis infiniment reconnaissant à Monsieur Djerrai Nouredine pour le temps qu'il m'a accordé au laboratoire de microbiologie et pour les explications.

Je tiens à remercier particulièrement mes amis Chkireb Lina Abir, Foul Selma et Tebaili Nesrine pour leur aide précieuse et leurs conseils.

Je remercie particulièrement Remal Amor Nadhid pour sa disponibilité et son aide sur terrain.

Je tiens à adresser mes remerciements les plus sincères à tous les membres du personnel et aux ingénieurs de laboratoire de l'ENSSMAL, en particulier à Monsieur Matouk Youcef, Mme Refes et Monsieur Mustapha.

Que cette reconnaissance témoigne de ma profonde gratitude envers chacun d'entre vous. Votre contribution a été essentielle à la réussite de ce mémoire de fin d'étude, et je vous en suis infiniment reconnaissante.

Dédicace

« Tout succès est le résultat d'efforts assidus et d'un soutien sans faille. Dans cette recherche de connaissances et d'excellence, je tiens à dédier ces mots à tous ceux qui ont été essentiels dans ma formation et dans l'accomplissement de ce projet. »

Je dédie spécialement ce mémoire à mes anges partis trop tôt ; mes grands-mères **El Aldja** et **Raymonde Halima**, mon grand-père **Arezki**, et bien sûr Mon très chère tonton **Youbi Zineddine**, à qui je dois beaucoup en ayant fait le bon choix pour moi il y a 6 ans.

A ma chère Maman, je tiens à exprimer ma gratitude infinie pour ton amour inconditionnel, ta bienveillance et ton soutien constant. Tes encouragements, ta douceur et tes sacrifices ont été les éléments clés qui m'ont permis de surmonter les obstacles et d'atteindre mes objectifs.

A mon chère Papa, ta présence bienveillante, ton caractère solide et ton dévouement constant ont été les fondations solides sur lesquelles j'ai forgé ma personnalité. Tu as été mon modèle, mon guide et mon inspiration, m'encourageant à toujours donner le meilleur de moi-même.

À mon très cher Ryad, mon allié indéfectible, je te remercie pour les bons moments partagés.

À mes sœurs Zineb et Nesrine, merci d'avoir été une oreille attentive, une épaule sur laquelle pleurer et une précieuse source de réconfort.

À ma grande famille, mes tantes et mes oncles, en particulier le plus jeune, Dada Samir, à qui je dois la poursuite de mes études supérieures : tes gestes resteront gravés dans ma mémoire.

À mes cousines, Imene, Selma, Yasmine, Sabrine, Ghezlene, Sofia, Meriem, Sarah et Asma, Amel, Djohra et Ahlem pour les moments de complicité et les rires sincères.

À mes cousins, Nassim, Sofiane, Amar, Amine, Ahmed et Mouha.

À mes meilleures amies, Chkireb Lina Abir, Foul Selma, Alioua Wiam, Krouri Nouha, Kacimi Amina, Megari Soria, Sahnoun Yassamine, Chikhaoui Radia, Khaled Yasmine et Abdeldjebar Sihem, pour votre soutien indéfectible et les souvenirs inoubliables que nous avons partagés.

À mes amis, Nadhid, Aymen, Ismail, Redouane, Oussama, Belkacem et Scandai.

Que cette dédicace exprime toute ma profonde gratitude envers chacun de vous. Votre soutien, votre amour et votre amitié ont été des trésors inestimables qui ont illuminé mon parcours.

Avec toute ma reconnaissance

Yakout Nawel

Liste des figures

Figure 1: Formation des îles volcaniques	5
Figure 2: Schéma décrivant la formation d'un atoll à partir du stade d'île volcanique	5
Figure 3: Division des deux bassins de la mer méditerranée	7
Figure 4: Carte des divisions de la mer méditerranée	10
Figure 5: Interface des bases des données écologiques à l'échelle globale	16
Figure 6: Étapes d'utilisations du logiciel	21
Figure 7: Carte bathymétrique de l'île de Rachgoun - Ain Témouchent	24
Figure 8: Carte bathymétrique de l'archipel des Habibas - Oran	26
Figure 9: Carte bathymétrique de l'Île Plane - Oran	28
Figure 10: Carte bathymétrique de l'Île Agueli - Alger	30
Figure 11: Carte bathymétrique de l'Île des Pisans - Bejaia	32
Figure 12: Carte bathymétrique de l'Île Grand Cavallo - Jijel	34
Figure 13: Carte bathymétrique de l'Île Petit Cavallo - Jijel	35
Figure 14: Carte bathymétrique des îlots de Sidi Fredj	42
Figure 15: Carte représentant les sites d'échantillonnages autour de l'îlot de Sidi Fredj	46
Figure 16: Matériels d'échantillonnage pour l'analyse des paramètres environnementaux	47
Figure 17: Matériels utiliser lors de l'échantillonnage pour l'analyse des paramètres microbiologiques	48
Figure 18: Prélèvements d'échantillons benthiques	49
Figure 19: Mesures des paramètres de base	50
Figure 20: Mesure de la matière en suspension	50
Figure 21: Lyophilisation des sédiments	51
Figure 22: Creusets à sédiment placés dans un four d'incinération	51
Figure 23: Broyage et tamisage des sédiments	52
Figure 24: Dosage des sels nutritifs par méthode Skalar	54
Figure 25: Préparation des milieux de cultures	55
Figure 26: Série de tests réalisés sur souche suspecte	57
Figure 27: Analyse microbiologique	58
Figure 28: Tri et identification des espèces benthiques	59
Figure 29: Image satellitaire de la région de Sidi Fredj	60
Figure 30: Variation de la température autour de l'îlot de Sidi Fredj	60
Figure 31: Variation de la salinité autour de l'îlot de Sidi Fredj	61
Figure 32: Variation du potentiel d'hydrogène autour de l'îlot de Sidi Fredj	62
Figure 33: Variation de la matière en suspension autour de l'îlot de Sidi Fredj	62
Figure 34: Variation de la matière organique autour de l'îlot de Sidi Fredj	63
Figure 35: Variation du carbone, hydrogène, azote et soufre autour de l'îlot de Sidi Fredj	64
Figure 36: Variation des métaux lourds autour de l'îlot de Sidi Fredj	65
Figure 37: Variation des sels nutritifs autour de l'îlot de Sidi Fredj	66
Figure 38: Variation des coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux autour de l'îlot de Sidi Fredj	67
Figure 39: Résultats de la galerie API 20 ^E	69
Figure 40: Richesse spécifique aux différentes stations prospectées autour de l'îlot de Sidi Fredj	70
Figure 41: Proportion du macrozoobenthos sur les stations 2, 3, 6, 9 et 10	77
Figure 42: Espèces pélagiques rencontrés	78
Figure 43: Espèces récoltées et observées sur substrats durs	79
Figure 44: Espèces ichtyologiques récoltés et observés	80
Figure 45: Habitats et substrats retrouvés autour de l'îlot de Sidi Fredj	81
Figure 46: Carte de microrépartition des habitats marins de l'îlot de Sidi Fredj	82
Figure 47: Modèle conceptuel proposé pour l'évaluation de la vulnérabilité des milieux insulaires	90
Figure 48: Cartographie de l'indice de sensibilité environnementale du milieu	99
Figure 49: Cartographie de l'indice socio-économique et pression anthropique du milieu	100
Figure 50: Cartographie de l'indice globale de vulnérabilité du milieu	101

Liste des tableaux

Tableau 1: Description des bassins, mers, archipels et îles de la mer méditerranée.....	8
Tableau 2: Principaux services écosystémiques insulaires répertorié par trois nomenclatures.....	11
Tableau 3: Typologies des bases de données.....	17
Tableau 4: Attributs utilisée dans la structure taxinomique de la base de données.....	19
Tableau 5: Tableau récapitulatif du recensement insulaire totale.....	21
Tableau 6: Récapitulatif du recensement insulaire par wilayas.....	22
Tableau 7: Attributs environnementaux, description et unité de mesure.....	36
Tableau 8: Attributs socio-économiques, description et unité de mesure.....	37
Tableau 9: Requêtes des différents acteurs et leurs besoins sur la base de données sur les milieux insulaires.....	38
Tableau 10: Récapitulatif des travaux réaliser autour de la région de Sidi Fredj.....	43
Tableau 11: Réactifs de la Galerie API 20 ^E	58
Tableau 12: Résultats des métaux lourds et indices de pollutions.....	65
Tableau 13: Caractéristiques de la souche Raoultella ornithinolytica.....	69
Tableau 14: Coordonnées géographiques des stations de prélèvement.....	70
Tableau 15: Liste des espèces récoltées à la station 2.....	71
Tableau 16: Liste des espèces récoltées à la station 3.....	72
Tableau 17: Liste des espèces récoltées à la station 6.....	73
Tableau 18: Liste des espèces récoltées à la station 9.....	74
Tableau 19: Liste des espèces récoltées à la station 10.....	76
Tableau 20: Résultats obtenus des indices biotiques autour de l'îlot de Sidi Fredj.....	78
Tableau 21: Recherche préalable et méthodologie sur l'évaluation de la vulnérabilité.....	85
Tableau 22: Évaluation de la vulnérabilité.....	93
Tableau 23: Normalisation des attributs de la vulnérabilité.....	95
Tableau 24: Pondération des attributs de vulnérabilité.....	98

Liste des abréviations

AHP	Analytic Hierarchy Process
ASPIM	Aire Spécialement Protégée d'Importance Méditerranéenne
BANBIOM	Base de données Algérienne Nationale de la Biodiversité Marine
CAR/ASP	Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées
CICES	Common International Classification of Ecosystem Services
CNL	Common International Classification of Ecosystem Services
CRAPC	Common International Classification of Ecosystem Services
CRF	Centre de Repos Familial
DBMS	Database Management System
DGF	Direction Générale des Forêts
ENSSMAL	École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral
ERMS	European Register of Marine Species
FADA	Freshwater Animal Diversity Assessment
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GVI	Global Vulnerability Index
HNODC	Hellenic National Oceanographic Data Centre
ICTV	International Committee on Taxonomy of Viruses
IF	Index Fungorum
IMBM	Interaction Milieu Biodiversité Marine
ISECPA	Indice socio-économique et pression anthropique
ISME	Indice de sensibilité du milieu environnementale
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne
LCVRM	Laboratoire de Conservation et de Valorisation des Ressources Marines
MA	Millennium Assessment
MAB Programme	Le Programme sur l'Homme et la biosphère
MCDA	Multicriteria Decision Analysis
OBIS	Ocean Biogeographic Information System
PAM	Plan d'Action pour la Méditerranée
PSU	Practical Salinity Unit
QGIS	Quantum Geographic Information System
RAMSAR	Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat
SFPT	Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection
SIG	Système d'Information Géographique
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
UE	Union Européenne
UFC	Unité Formant Colonie
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WORMS	World Register of Marine Species

Table des matières

Introduction.....	1
1 Généralités	4
1.1 Définitions	4
1.1.1 Biodiversité marine.....	4
1.1.2 Îles et îlots.....	4
1.1.3 Système d'information géographique.....	5
1.1.4 Cartographie	6
1.1.5 Concept de vulnérabilité.....	6
1.2 Les îles et îlots de la Méditerranée.....	6
1.3 Importance de la biodiversité marine des milieux insulaires	10
1.3.1 Services écosystémiques.....	11
2 Organisation spatiale et système d'information géographique de la base de données	13
2.1 Fondements théoriques des bases de données.....	13
2.1.1 Définition et fonction des bases de données.....	13
2.1.2 Pertinence des bases de données dans l'analyse des milieux insulaires	14
2.2 Exemples des bases de données relatives la biodiversité marine	14
2.2.1 Modèles de bases de données écologiques	14
2.2.2 Modèles de bases de données sur la vulnérabilité des milieux insulaires	16
2.3 Architecture des bases de données.....	17
2.3.1 Typologies des architectures des bases de données.....	17
2.3.2 Structuration de la base de données.....	17
2.3.3 Requêtes de la base de données sur les milieux insulaires	38
3 Diagnostic d'un site pilote « Îlot de Sidi Fredj »	41
3.1 Présentation de la zone d'étude.....	41
3.1.1 Description de l'îlot de Sidi Fredj	41
3.1.2 État de l'art sur les travaux réalisés	43
3.2 Activités socio-économiques et impacts potentiels	44
3.2.1 Rejets d'eaux usées.....	44
3.2.2 Hydrographie.....	44
3.2.3 Centre de thalassothérapie de Sidi Fredj	44
3.2.4 Port de plaisance de Sidi Fredj	45
3.2.5 Centre de repos familial de Sidi Fredj	45
3.2.6 Tourisme.....	45
3.2.7 Pêche.....	45
3.2.8 Plongée sous-marine.....	45
3.3 Méthodologie.....	46
3.3.1 Stratégie d'échantillonnage	46
3.3.2 Mesure des paramètres environnementaux.....	50
3.3.3 Mesure des paramètres microbiologiques	55
3.3.4 Biodiversité et habitats du site.....	59
3.4 Résultats et discussion.....	60
3.4.1 Diagnostic environnementale	60
3.4.2 Diagnostic microbiologique	67
3.4.3 Diagnostic écologique, biodiversité et inventaire.....	70
4 Analyse de vulnérabilité de l'îlot Sidi Fredj.....	83
4.1 Définition de la vulnérabilité dans le milieu marin	83
4.1.1 Vulnérabilité environnementale	83
4.1.2 Vulnérabilité d'une zone côtière	83

4.1.3	Pression anthropique.....	83
4.2	Quelques exemples pertinents de travaux sur la vulnérabilité des zones marines et côtières ...	84
4.3	Méthodologie.....	86
4.3.1	Collecte des données	86
4.3.2	Conception du modèle de vulnérabilité	89
4.3.3	Normalisation des données	91
4.3.4	Pondération des attributs par la méthode d'analyse décisionnelle multicritère.....	91
4.3.5	Intégration de l'indice de vulnérabilité globale insulaire	92
4.3.6	Génération des cartes de vulnérabilité.....	92
4.4	Résultats de l'analyse de vulnérabilité	93
4.4.1	Normalisation des données	93
4.4.2	Pondérations des attributs.....	98
4.4.3	Vulnérabilité insulaire	99
	Conclusion.....	103
	Références bibliographiques.....	105
	Annexes	

Introduction

La biodiversité marine joue un rôle essentiel à l'échelle écosystémique en offrant des services écologiques indispensables et en maintenant l'équilibre des écosystèmes (Coll et al, 2010). Cette diversité inclut la variété des espèces, des gènes, et des communautés, formant un réseau complexe qui soutient la vie marine et côtière. La côte méditerranéenne est particulièrement notable pour sa préservation écologique, malgré les pressions anthropiques croissantes qui menacent ces écosystèmes (Planbleu, 2024). Protéger ces milieux est vital pour maintenir les services écosystémiques qu'ils fournissent, essentiels à la survie de nombreuses espèces et au bien-être humain.

Les milieux insulaires en Méditerranée présentent des caractéristiques uniques qui enrichissent notre compréhension de la biodiversité et de la structuration des écosystèmes marins. Ces îles sont des habitats particulièrement sensibles et fragiles, jouant un rôle clé dans la formation et le maintien de la biodiversité régionale (Bevan et al., 2013). Elles agissent comme des ponts écologiques entre les zones côtières et les milieux marins, abritant une biodiversité remarquable qui contribue de manière significative au réseau biologique méditerranéen (Bianchi et al., 2000).

Des recherches approfondies, telles que celles menées par Ramos Esplá et al. (2016), Pietrolungo et al. (2022), ont permis de dévoiler la complexité et la richesse de ces écosystèmes insulaires.

En Algérie, des études par Mouret (2008), Véla et al. (2017), Ramos Esplá et al. (2016), Grimes et al. (2018) et Khames et al. (2019) ont mis en lumière la biodiversité fascinante de ces habitats, soulignant l'importance de leur protection pour comprendre et conserver la structure globale des écosystèmes méditerranéens.

La vulnérabilité est un concept complexe qui décrit l'état de fragilité d'un système ou d'une population face à des menaces ou des changements, qui peuvent les rendre plus exposés aux risques et aux dommages (Yoo et al., 2014). Dans le contexte environnemental, la vulnérabilité est souvent liée à la capacité d'un système à s'adapter aux changements climatiques, aux perturbations naturelles, ou aux impacts des activités humaines sur l'environnement (Lambert et al., 2019). Les îles, en particulier, présentent une vulnérabilité spécifique en raison de leur taille réduite, de leur isolement et de leur dépendance aux ressources externes, les rendant plus sensibles aux fluctuations économiques et environnementales.

En outre, les îles sont souvent plus exposées aux impacts des changements climatiques, tels que la montée des eaux, la submersion des terres et les perturbations des écosystèmes (Leclerc et al., 2019).

Cette recherche, considérée comme une étude pilote sur la vulnérabilité des milieux insulaires, représente vraisemblablement la première application d'une approche intégrée et globale aux milieux insulaires en Algérie. En tenant compte de divers facteurs et forces pouvant engendrer des changements positifs ou négatifs, visant ainsi à fournir une compréhension approfondie et exhaustive de ces écosystèmes uniques.

Ce travail est fait dans le cadre de l'équipe de recherche Interaction Milieux Biodiversité Marine de l'ENSSMAL du laboratoire LCVRM.

Ce mémoire fait l'objet d'une valorisation à travers une publication scientifique soumise de la base de données algérienne nationale de la biodiversité marine et représente une modeste contribution de celle-ci.

Les objectifs de ce travail sont :

- Réaliser une synthèse bibliographique sur les milieux insulaires en mettant en lumière les îles méditerranéennes et la particularité de la biodiversité marine insulaire.
- Élaborer une base de données géoréférencée sur les milieux insulaires de la côte algérienne incluant leurs topographies, leurs biodiversités et leurs structures socio-économique et environnementale.
- Réaliser à titre pilote une étude biologique et environnementale de l'îlot de Sidi Fredj, comprenant la cartographie des microhabitats du milieu insulaire.
- Étudier la vulnérabilité combinée de l'îlot de Sidi Fredj à partir des variables environnementales et socio-économiques obtenues.

Chapitre 1

Généralités

1 Généralités

1.1 Définitions

1.1.1 Biodiversité marine

La diversité biologique s'étend à un éventail d'organismes vivants présents dans les écosystèmes. Selon la convention sur la diversité biologique (1992), la biodiversité est définie comme étant la variabilité des organismes vivants, de toute origine, y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie. Cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. Une définition plus large de la biodiversité marine englobe la variété des formes de vie marines, y compris les espèces, les écosystèmes et les processus écologiques qui les relient (Casetta et al, 2018). Cette biodiversité revêt une importance cruciale pour préserver l'équilibre écologique des océans et fournir des services écosystémiques tels que la production alimentaire, la régulation climatique et la purification de l'eau (Porro et al, 2019).

1.1.2 Îles et îlots

Un îlot est une petite île ou un début d'île naissante qui représente des bouts de terre entièrement entourés d'eau, émergeant dans un océan, une mer, un lac ou un cours d'eau. Dans le milieu marin, ils peuvent abriter plusieurs espèces notamment des oiseaux marins nicheurs et plusieurs écosystèmes marins abritant une grande biodiversité (Marins, 1992). Quant aux îles, ce sont des espaces particuliers marqués par la discontinuité, situées en bordure des continents ou résultant des mouvements de compression des arcs océaniques ou encore des points chauds de la lithosphère (Fig.1). Elles s'intègrent totalement aux domaines océaniques et sont imprégnées par les environnements océaniques (Desse, 2015). Les îles peuvent être classées en deux catégories : les îles continentales et les îles océaniques (Lasserre, 2012).

Les îles continentales sont des îles qui se trouvent sur la plate-forme continentale comme la Sicile, tandis que les îles océaniques sont des îles qui se trouvent en haute mer, loin des continents comme Tahiti et Huahine (Desse, 2015). Les îles peuvent également être classées en fonction de leur altitude : les îles hautes ont une altitude supérieure à 2000 mètres, tandis que les îles basses ont une altitude inférieure à 2000 mètres (Oueslati, 2016).

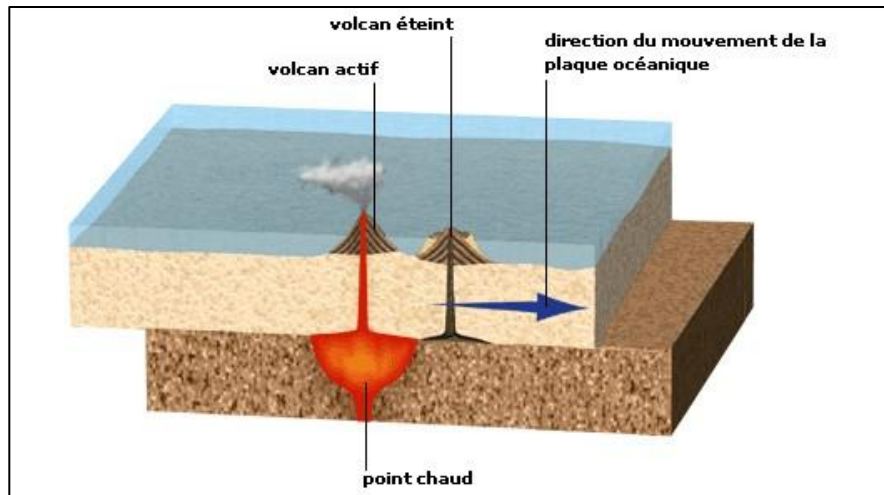


Figure 1: Formation des îles volcaniques (Tahitileblog.fr)

D'après les travaux de Grabherr (1999), les îles sont classées en deux catégories : celles d'origine volcaniques-rocheuses et celles de type coralliennes. Les îles d'origine volcanique-rocheuse sont généralement des formations montagneuses dont l'évolution écologique est en cours. Elles émergent de l'océan, soit le long des lignes de contact entre les plaques tectoniques, soit à partir de volcans situés à l'intérieur des plaques (Giret, 1993). Cependant, les îles tropicales les plus caractéristiques sont les îlots coralliens qui se trouvent en compagnie des récifs coralliens transformés par la suite en atolls (Fig.2) (Rufin-Soler, 2004).

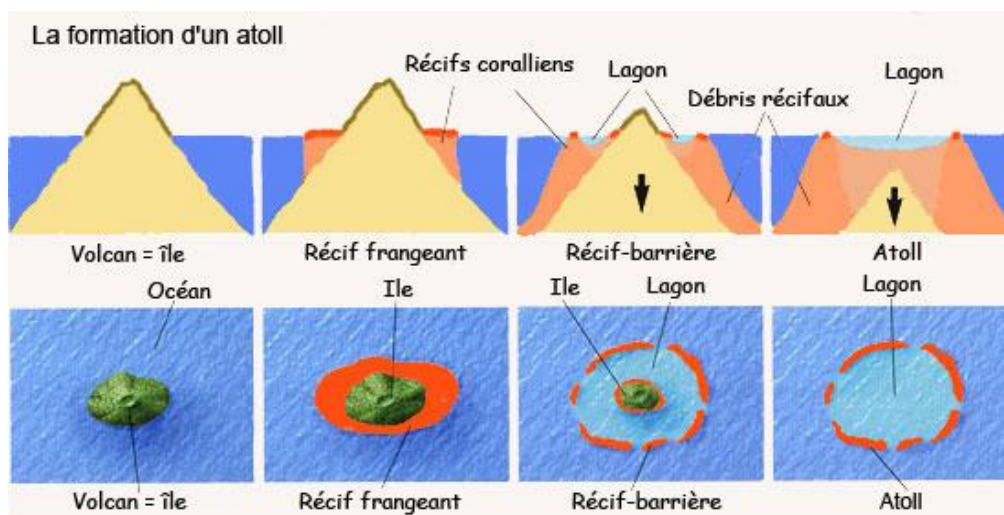


Figure 2: Schéma décrivant la formation d'un atoll à partir du stade d'île volcanique (Tahitileblog.fr)

1.1.3 Système d'information géographique

Le comité scientifique du colloque intégration de la photogrammétrie et de la télédétection dans les SIG SFPT, (CSCIPTS, 1990) définit le SIG comme suit : « Un système d'information géographique est un système informatique permettant, à partir de diverses sources de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser, combiner, d'élaborer et de présenter

des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace ».

Les SIG sont organisés en six composantes : (1) l'acquisition des données d'entrée ; (2) le stockage ; (3) la récupération et à la gestion de base de données ; (4) la manipulation et l'analyse des données ; (5) l'affichage et la génération de produire ; (6) une interface à l'usage (Laaribi, 2000).

1.1.4 Cartographie

La cartographie est l'ensemble des études et des opérations scientifiques et techniques intervenant à partir des observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration de cartes et autres modes d'expression, ainsi que de leur utilisation (Steiner, 1973).

1.1.5 Concept de vulnérabilité

La vulnérabilité est définie comme étant la condition de faiblesse des éléments exposés à un aléa, ce qui les met en état de subir des dommages (Morin, 2009). On peut parler alors de plusieurs types de vulnérabilité (environnementale, économique, sociale, culturelle, institutionnelle et sanitaire) (Ademe, 2012).

Le concept de vulnérabilité permet de mieux cerner les relations de cause à effet à l'origine du changement climatique et son impact sur les personnes, les secteurs économiques et les systèmes socio-économiques (Quenault et al, 2011).

1.2 Les îles et îlots de la Méditerranée

En raison de l'importance de sa biodiversité, le bassin méditerranéen est reconnu comme l'un des 34 « Hotspots » de la biodiversité dans le monde (Coll et al., 2010). Une caractéristique distinctive de cette région réside dans la présence d'un grand nombre d'îles (Fig. 3) (Delanoë et al., 1996). En effet, on dénombre environ 5000 îles et îlots en Méditerranée, parmi lesquels près de 4000 ont une superficie inférieure à 1000 hectares (Montmollin et al., 2005).

Les îles de la mer Méditerranée sont généralement réparties entre deux bassins principaux : le bassin occidental et le bassin oriental (Wimart-Rousseau, 2021), composées de plusieurs mers bien distinctes.

La carte ci-dessous représente cette division de la mer Méditerranée :

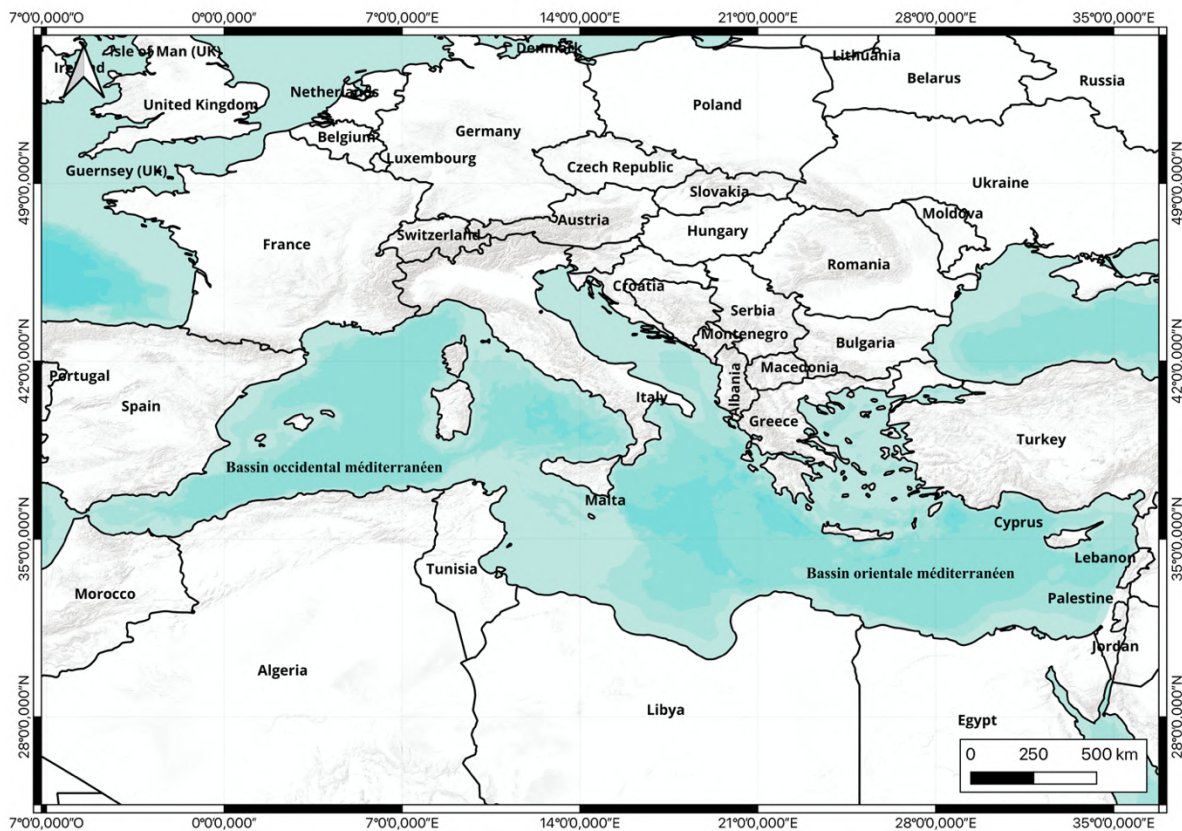


Figure 3: Division des deux bassins de la mer méditerranée

Le tableau ci-dessous représente les îles de la mer Méditerranée dans les deux bassins qui contiennent plusieurs mers : Mer Égée, Mer Ionienne, Mer Adriatique, Mer du Levantin, Mer Tyrrhénienne, Mer Algéro-provençal, Mer d'Alboran.

Tableau 1: Description des bassins, mers, archipels et îles de la mer méditerranée

Bassin	Description du bassin	Mers du bassin méditerranéen	Description des mers	Archipels et îles
Méditerranée orientale	Le bassin oriental se situe à l'est de la Méditerranée et est subdivisé en différents compartiments contenant le plus grand nombre d'îles au niveau de la mer Méditerranée (Fontenay, 2004)	Mer Égée	La Mer Égée est une mer située entre l'Europe et la Grèce à l'ouest, et l'Asie et la Turquie à l'Est. Elle s'étend de la côte thrace et du détroit des Dardanelles au nord jusqu'à la Crète au sud (Oter et al, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Les sporades méridionales « Dodécanèse »</u> : Rhodes, Kos, Pátmos, Kálymnos, Leros, Lipsi. • <u>Les sporades thraces</u> : Ágios Efstrátios, Lemnos, Samothrace, Thasos (Grèce), Imbros, Ténédos (Turquie), ainsi que plusieurs îlots • <u>Les sporades thessaliennes</u> : comprenant onze îles, dont les principales sont Skiathos, Skópelos, Alonissos et Skyros • <u>Les cyclades</u> : Mykonos, Ios, Santorin, Kythnos, Antimilos, Polyaios, Rinia • <u>Les îles saroniques</u> : Salamine, Égine, Angistri et Poros
		Mer Ionienne	La mer Ionienne marque la frontière entre la côte occidentale du Salento, la Basilicate, la Calabre, et la côte orientale de la Sicile, dans le Sud-Est de l'Italie, d'une part, et le sud de l'Albanie et la côte occidentale de la Grèce à l'Est, d'autre part	<ul style="list-style-type: none"> • Sazan surnommée «Sentinelle de Vlora» (Albanie) • <u>Les îles Diapontiques</u> • <u>Les îles Échinades</u> : les Drakoneres, les Modia et les Ouniades. • <u>Les strophades</u>
		Mer Adriatique	La mer Adriatique, en tant que détroit maritime, sépare la péninsule italienne de la péninsule balkanique	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Les Absyrtides</u> : regroupent les îles Cres et Lošinj • <u>L'archipel de Brioni</u> : Veli Brion, accompagnée de treize îles de moindre taille • <u>Les Îles Élyphites</u> : îles Šipan, Lopud et Koločep • <u>Les Îles Infernales</u> : composées de vingt-et-un îlots avec Sveti Klement comme île principale • <u>L'archipel des Kornati</u> : totalisant 147 îles et îlots • <u>Les Îles Pélagiques « Palagruža »</u> : composé d'une île principale, Velika Palagruža, et de Mala Palagruža, entourées d'une douzaine d'îlots • <u>L'archipel de Zadar</u> : constitué de sept îles principales : Silba, Rava, Molat, Premuda, Olib, Iž, et Ist
		Mer Levantine	Le bassin du Levantin, également appelé mer Levantine, constitue la partie la plus orientale de la mer Méditerranée	<ul style="list-style-type: none"> • L'État insulaire de Chypre • L'île d'Arouad (Syrie) • Les îles des Palmiers et l'île de Zireh (Liban) • L'île Nelson et l'île Shweila (Égypte)

				<ul style="list-style-type: none"> • Quelques autres îles, dont l'île de Ain Ghzala, l'île de Barda, l'île de El-Wataa, l'île Polonia, l'île de Zouitina, l'île Besais et l'île Farwa, font partie de (l'État libyen)
Méditerranée occidentale	Le bassin occidental se trouve à l'ouest de la mer Méditerranée et est relié au détroit de Gibraltar, ayant une connexion avec l'océan Atlantique	Mer Tyrrhénienne	La mer Tyrrhénienne constitue un bassin circonscrit à l'Ouest par la Sardaigne, au nord-ouest par la Corse, au nord-est par la péninsule italienne et au sud-est par la Sicile.	<ul style="list-style-type: none"> • <u>L'archipel Toscan</u> : les îles Elbe, Giglio, Capraia, Montecristo, Pianosa, Giannutri et Gorgona • <u>L'archipel Pontin</u> : avec les îles volcaniques de Ponza, Ventotene et Zannone • <u>Les îles Phlégréennes</u> : situées au large de Naples, comprennent Ischia, Procida, Vivara et Nisida • <u>Les îles Éoliennes</u> : avec 25 îles, dont les principales sont Lipari, Salina, Vulcano, Strombolicchio et Le Formiche • <u>Les îles Égades « îles aux chèvres »</u> : Levanzo, Marettimo, Favignana et les îles de Stagnone • <u>Les grandes îles</u> : telles que la Corse, la Sardaigne, la Sicile et Malte
		Bassin Algéro-provençal	Le bassin algéro-provençal s'étend entre l'Espagne, la France continentale, la Corse, l'Italie, la Sardaigne, la Tunisie et l'Algérie.	<ul style="list-style-type: none"> • L'archipel de Kerkennah et Kneiss, l'archipel de La Galite, les îles Cani, Fratelli, Pilau, l'île Plane, Zembra, l'île de Djerba, l'île Kuriat et Chikly (Tunisie) • L'île de l'Aute, l'île de Planasse, l'île du Soulier, l'archipel du Frioul, les îles des calanques, l'île de Planier, l'île d'Endoume, l'archipel des Embiez, les îles d'Hyères, l'île de Bendor, l'île d'Or et l'archipel de Lérins (France) • <u>L'archipel des Baléares</u> : îles de Minorque, Majorque, Ibiza, et Formentera. D'autres îles plus proches de la côte incluent les îles Medes, les îles Formigues, les îles des Bot, Aguascope, Tabarca, l'île Grosa, l'île de las Palomas, l'île Plane, la isla, l'île de Cueva de Lobos, l'île de Fraile (Espagne) • L'archipel des Habibas, l'île Plane, l'île Agueli, l'île des Pisans, îles du Petit et Grand Cavallo. D'autres îles et îlots sont dispersés près et loin de la côte algérienne
		Mer d'Alboran	La mer d'Alboran, représentant la partie la plus occidentale de la mer Méditerranée, est délimitée par la péninsule ibérique au nord, le Maghreb au sud et le détroit de Gibraltar à l'ouest. Son appellation provient de l'îlot d'Alboran, souvent qualifié de nombril de la mer.	<ul style="list-style-type: none"> • L'île de Rachgoun (Algérie) • Isla del Rey, Isla de Isabel II, l'île du Congrès, et l'île et l'îlot de Cala Iris (Maroc) • <u>L'archipel d'Alhucemas</u>: Al Hocoïma, Isla Tierra, Isla de Mar (Espagne) • L'île de San André, l'île de San Pedro, l'îlote de Piedra Negra, l'île La Rijana, et l'îlot de las Palomas (Espagne) • L'îlot Persil, L'île Tarifa (Gibraltar)

La carte ci-dessous présente les différentes mers du bassin méditerranéen où les milieux insulaires ont été recensés.

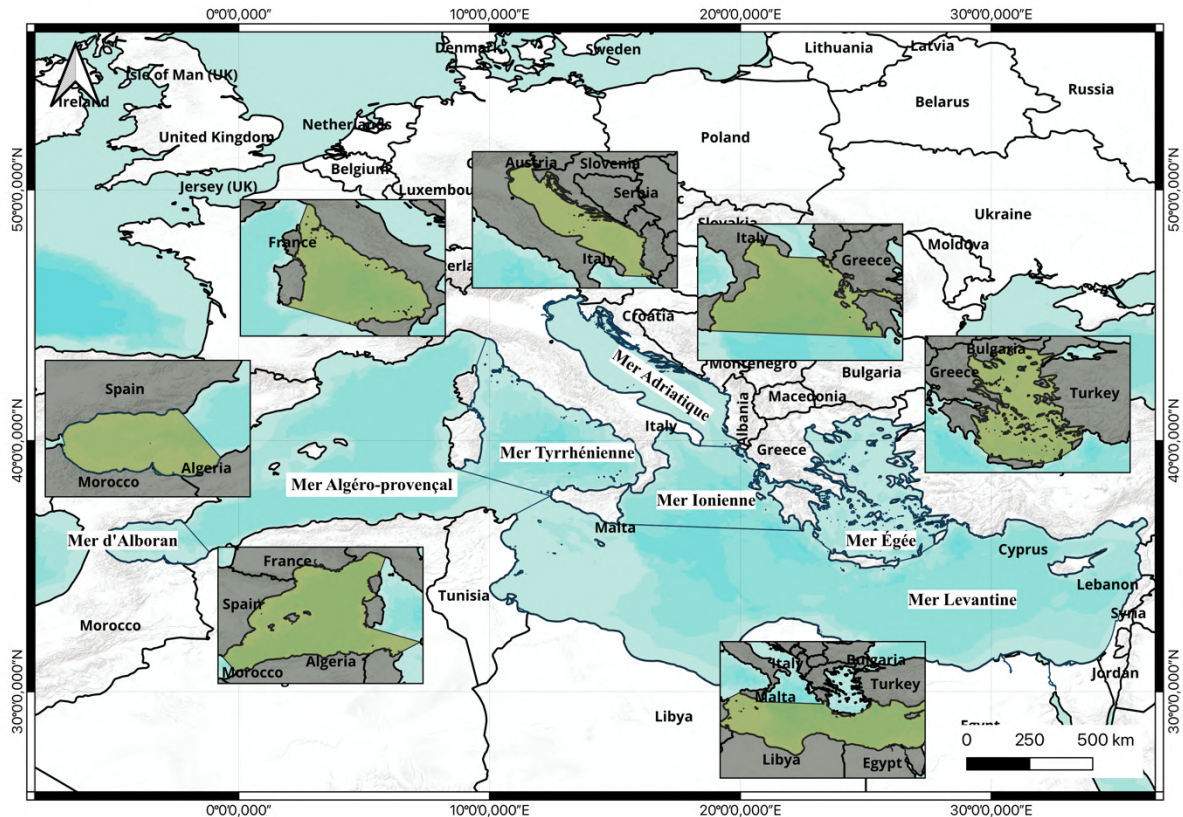


Figure 4: Carte des divisions de la mer méditerranéenne

1.3 Importance de la biodiversité marine des milieux insulaires

L'importance de la biodiversité marine dans les îles est indéniable, tant d'un point de vue écologique qu'économique. Ces environnements insulaires uniques abritent une diversité remarquable d'espèces marines, incluant des espèces endémiques, ce qui contribue à la richesse écologique de ces régions (Friedlander et al., 2016). En outre, les écosystèmes marins des îles soutiennent des secteurs économiques clés tels que la pêche et le tourisme, apportant une contribution significative à l'économie locale et régionale (Balzan, 2018). La préservation de cette biodiversité marine est donc essentielle pour garantir la durabilité des écosystèmes insulaires et favoriser un développement économique durable (Saucède et al., 2018). Sur le plan écologique, les îles agissent comme des refuges pour une variété d'espèces marines, souvent endémiques à ces habitats insulaires, tandis que leur séparation géographique du continent favorise le développement d'une diversité spécifique (Martínez et al., 2019). De plus, les îles jouent un rôle crucial en tant que corridors migratoires, facilitant le déplacement et la dispersion des espèces marines entre différentes îles et zones environnantes (Mettler et al., 2019). Les écosystèmes côtiers, tels que les récifs coralliens, les mangroves et les herbiers marins, présents

sur les îles, fournissent des niches écologiques essentielles, soutenant la reproduction, les zones d'alevinage et la protection des juvéniles (Carlson et al., 2021 ; Magnin, 2018).

Enfin, les îles isolées agissent comme des réservoirs de biodiversité, préservant des espèces vulnérables ou en danger qui pourraient être absentes ou en déclin dans d'autres régions (Naze, 2022). Ainsi, la préservation de la biodiversité marine dans les îles est cruciale pour maintenir l'équilibre écologique et soutenir les activités économiques locales et régionales.

1.3.1 Services écosystémiques

La biodiversité marine insulaire met en évidence plusieurs services écosystémiques cruciaux pour l'économie et le bien-être sociétal (Merven et al., 2023). Les îles abritent divers écosystèmes côtiers, dont les récifs coralliens, les mangroves et les herbiers marins, qui jouent un rôle vital dans la production alimentaire, la protection côtière contre l'érosion et les tempêtes, et le soutien aux activités économiques liées au tourisme côtier et à la pêche (Tab.2) (Balzan et al., 2018).

Tableau 2: Principaux services écosystémiques insulaires répertorié par trois nomenclatures (MA : Millennium Assessment Services ; TEEB : The Economics of Ecosystems and Biodiversity ; CICES : The Common International Classification of Ecosystem Services (Balzan et al., 2018))

Termes de recherche	MA	TEEB	CICES
Île ET Écosystème ET Érosion	Régulation de l'érosion	Prévention de l'érosion	● Stabilisation de masse et contrôle des taux d'érosion
Île ET Écosystème ET Culture	Nourriture	Nourriture	● Plantes et animaux terrestres
Île ET Écosystème ET Bétail			
Île ET Écosystème ET Eau douce	Eau douce	Eau	● Eau potable ● Régulation du débit d'eau ● Régulation de la qualité de l'eau
Île ET Écosystème ET Pollinisateur	Pollinisation	Pollinisation	● Pollinisation et dispersion des grains
Île ET Écosystème ET Éco-tourisme	Loisirs et Éco-tourisme	Loisirs et Tourisme	● Activités récréatives et communautaires
Île ET Écosystème ET Loisirs			
Île ET Écosystème ET Valeur culturelle	Diversité culturelle	Inspiration pour la culture et l'art	● Utilisation expérientielle des plantes, d'animaux et de paysages terrestres et marins dans différents contextes environnementaux ● Utilisation physique des paysages terrestres et marins dans différents contextes environnementaux
Île ET Éco-tourisme	Loisirs et Éco-tourisme	Opportunités de loisirs et tourisme	● Activités récréatives et communautaires

Chapitre 2

*Organisation spatiale et système
d'information géographique de la base
de données*

2 Organisation spatiale et système d'information géographique de la base de données

L'étude de la vulnérabilité des milieux insulaires nécessite une approche méthodique et une gestion efficace de l'information. Au cœur de cette démarche se situe la conception et l'exploitation d'une base de données géospatiale, qui constitue l'infrastructure solide permettant une analyse intégrée des divers facteurs environnementaux, sociaux et géographiques. Ce chapitre est consacré à l'exploration, l'architecture et les fonctionnalités de la base de données qui représenteront la composante insulaire de la base de données algérienne nationale de la biodiversité marine (BANBIOM). Les objectifs spécifiques de ce chapitre comprennent l'examen de la structure fondamentale de la base de données, la mise en lumière des attributs sélectionnés et de leur importance, la justification des choix architecturaux en lien avec les objectifs de l'étude, ainsi que la présentation des modèles de données spécifiques élaborés pour soutenir notre analyse de la vulnérabilité insulaire.

2.1 Fondements théoriques des bases de données

2.1.1 Définition et fonction des bases de données

Une base de données constitue un ensemble organisé de données stockées dans un ordinateur, accessible et modifiable par des programmes informatiques. Ces données sont structurées en tables, composées de colonnes et de lignes selon le modèle de base de données (Ughetto, 2013). Ces dernières sont polyvalentes, permettant le stockage et la gestion d'une diversité de données, y compris des informations environnementales. Par exemple, elles facilitent l'analyse et l'utilisation ultérieure de données liées à la surveillance du milieu marin, telles que celles relatives aux microdéchets et aux microplastiques (Moigne et al, 2016). Elles sont également utilisées pour suivre les changements dans le milieu marin au fil du temps et pour aider à la prise de décision en matière de gestion et de conservation (Dagany et al, 2001). Les fonctions d'une base de données sont diverses et variées, mais elles peuvent être regroupées en plusieurs catégories principales :

- Gestion des données : Les bases de données permettent de stocker, organiser et manipuler des données. Elles offrent des outils pour ajouter, modifier, supprimer et rechercher des informations dans un système de gestion de données (DBMS) (Ciampi et al, 2019).
- Recherche et extraction de données : Les bases de données offrent des fonctionnalités pour effectuer des recherches et extraire des informations pertinentes à partir de grandes

quantités de données. Ces fonctions peuvent inclure des requêtes, des filtres et des fonctions d'agrégation (Bost, 2018).

- Analyse et visualisation des données : Les bases de données permettent d'analyser et de visualiser les données pour faciliter la prise de décision et la compréhension des données. Les outils d'analyse peuvent inclure des graphiques, des tableaux de bord et des rapports (Degrigny et al, 2017).
- Sécurité et contrôle des accès : Les bases de données offrent des mécanismes de sécurité pour protéger les données et contrôler l'accès à ces données. Cela peut inclure des mots de passe, des autorisations d'utilisateur et des politiques de confidentialité (Oquendo, 1990).
- Intégration et interopérabilité : Les bases de données peuvent être intégrées avec d'autres systèmes et applications pour échanger des informations et travailler en conjonction. Les standards et les protocoles sont utilisés pour assurer l'interopérabilité entre différentes bases de données et applications (Nguyen, 1986).

2.1.2 Pertinence des bases de données dans l'analyse des milieux insulaires

Les bases de données sont conçues sur diverses échelles, du globale vers le locale. La pertinence des bases de données dans l'analyse des milieux insulaires réside dans leur aptitude à centraliser et organiser de manière systématique une diversité de données spécifiques à ces environnements singuliers (Bernard et al, 2008). Ces outils spécialisés offrent la capacité de consigner des informations exhaustives sur la biodiversité au sein des écosystèmes insulaires, englobant des paramètres tels que le climat, le type de substrat, la bathymétrie, entre autres. De manière significative, ces bases de données permettent également d'évaluer la vulnérabilité inhérente de ces milieux insulaires aux pressions anthropiques, aux pollutions, aux perturbations physiques, ainsi qu'aux changements hydrologiques, contribuant ainsi à une compréhension approfondie des enjeux environnementaux auxquels ils sont confrontés.

2.2 Exemples des bases de données relatives la biodiversité marine

2.2.1 Modèles de bases de données écologiques

Il existe plusieurs bases de données spécialisées dans le traitement des informations relatives à la biodiversité marine, couvrant les divers aspects des mers et des océans. Ces bases de données sont des outils cruciaux pour la collecte, la gestion et l'analyse des données liées aux espèces marines, à leur répartition géographique, à leur écologie et à d'autres paramètres associés à la biodiversité marine (Levrel et al, 2010). Parmi les exemples notables, on peut citer :

- World Register of Marine Species (WoRMS) : considérée comme la plus grande base de données de taxinomie marine, elle fournit une liste d'espèces marines, incluant des informations sur l'appellation, l'affiliation taxonomique, la synonymie, la validité de l'espèce ainsi que sa distribution géographique. Contrôlé par des experts, WoRMS intègre des registres, tels que l'ERMS, dans une base consolidée appelée "**Aphia**". Cette base, financée par l'UE, contient des noms d'espèces valides, synonymes, et autres informations, favorisant la gestion des données (WoRMS, 2024).
WoRMS s'appuie sur un réseau étendu d'éditeurs pour assurer la maintenance et l'expansion de son contenu, tout en bénéficiant de collaborations avec d'autres bases de données taxonomiques disposées à partager leur expertise (Levrel et al, 2010). Actuellement, WoRMS extrait des informations de bases de données externes sur les espèces, notamment : AlgaeBase, FishBase, Index Fungorum (IF), International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV), Phylum Ctenophora, The Reptile Database, the Freshwater Animal Diversity Assessment (FADA), SeaLifeBase (WoRMS, 2024).
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF) : représente une infrastructure de données d'envergure mondiale ainsi qu'un réseau international dédié à la mise à disposition d'informations en libre accès concernant tous les aspects de la vie sur terre. Cette initiative vise à constituer une ressource centralisée et accessible à tous, fournissant des données détaillées sur la biodiversité à l'échelle planétaire. L'objectif fondamental du GBIF est de faciliter l'accès à une vaste gamme d'informations sur la diversité biologique, contribuant ainsi à une meilleure compréhension des écosystèmes marins et terrestres (GBIF.org, 2024).
- Ocean Biogeographic Information System (OBIS) : OBIS réunit 500 institutions de 56 pays, contribuant avec plus de 45 millions d'observations sur près de 120 000 espèces marines, de la surface jusqu'à 10 900 mètres de profondeur, et des tropiques aux pôles. Son objectif principal est de constituer la plus grande base de connaissances scientifiques au monde sur la diversité, la répartition et l'abondance des organismes marins, conformément à l'objectif 19 d'Aichi pour la biodiversité (OBIS.org, 2024).
- Hellenic National Oceanographic Data Centre (HNODC) : Le HNODC, agence nationale grecque affiliée au réseau mondial des NODC, gère la collecte, le contrôle qualité et l'échange de données marines conformément aux normes internationales. Il abrite une vaste base de données comprenant plus de 320 000 enregistrements, notamment du système POSEIDON pour la surveillance des mers grecques.

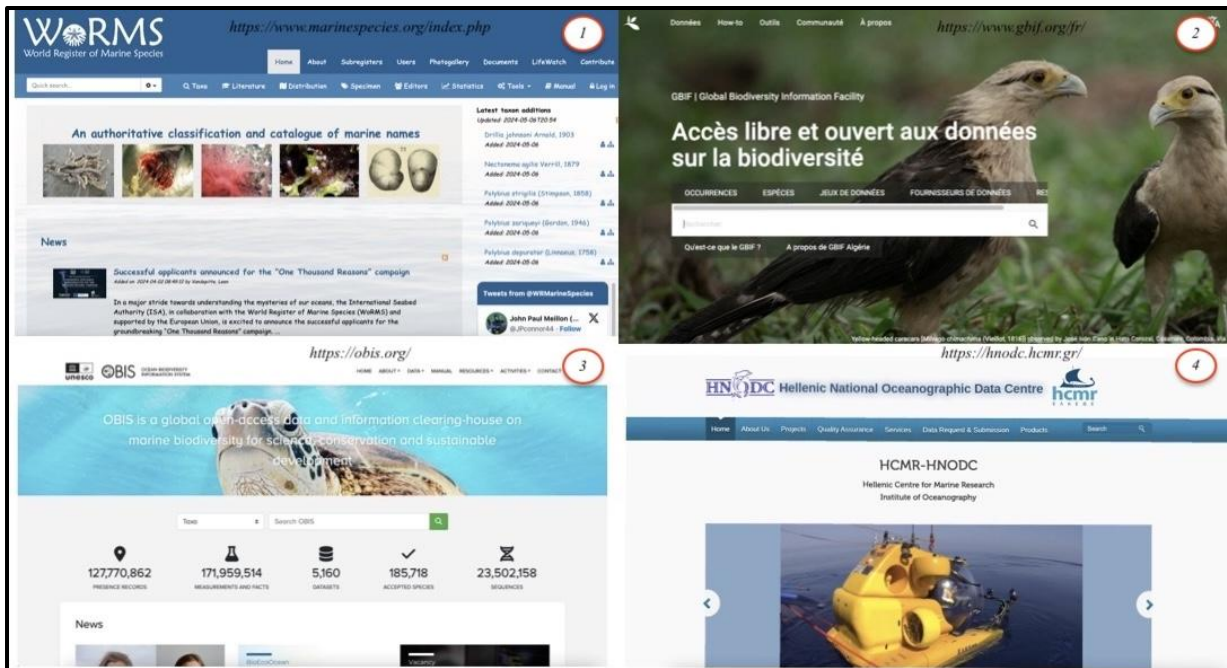


Figure 5: Interface des bases des données écologiques à l'échelle globale

2.2.2 Modèles de bases de données sur la vulnérabilité des milieux insulaires

Les modèles mondiaux de bases de données sur la vulnérabilité des îles sont des systèmes intégrés conçus pour collecter, organiser et gérer des informations liées à la vulnérabilité des îles à l'échelle mondiale. Ils incluent une variété de facteurs tels que les risques environnementaux, les variations climatiques, ainsi que les caractéristiques géographiques et socio-économiques. Plusieurs initiatives de bases de données et études existent à ce propos :

- Cartographie multi-temporelle du plateau sous-marin autour des îles Kerkennah (Tunisie) : Cette étude a utilisé des données Thematic Mapper (TM) de Landsat 5 pour réaliser une cartographie multi-temporelle du plateau sous-marin autour des îles Kerkennah, en Tunisie. Les modifications de la morphologie sous-marine ont été étudiées pour comprendre les facteurs de vulnérabilité, tels que les hauts fonds, la lithologie et la subsidence active (Katlane et al, 2014).
- Atlas cartographique des Îles de la Madeleine : Cet atlas présente un ensemble de données écologiques et socioéconomiques recueillies pour le territoire des Îles de la Madeleine. Les données ont été géoréférencées et traitées pour créer un atlas cartographique détaillé (Grant et al, 2014).
- Biodiversité endémique insulaire face aux changements globaux : Cette étude a examiné les modèles de diversité endémique insulaire dans le contexte actuel et futur des changements climatiques mondiaux. Les données répertorient les îles du monde et les espèces endémiques ont été utilisées pour caractériser les menaces pesant sur les écosystèmes insulaires (Leclerc, 2019).

2.3 Architecture des bases de données

Il existe une diversité de bases de données, chacune étant sélectionnée en fonction des objectifs spécifiques envisagés (Gardarin, 2003). Certaines bases de données se concentrent exclusivement sur des aspects scientifiques, visant la modélisation précise de phénomènes. Parallèlement, d'autres bases de données sont conçues pour faciliter la prise de décision, constituant ainsi des bases de données mixtes. Dans le cadre de la présente étude, notre attention se porte particulièrement sur la deuxième catégorie, mettant en évidence l'importance des bases de données mixtes dans le domaine des milieux insulaires et leur vulnérabilité, dans le contexte crucial de la prise de décision stratégique.

2.3.1 Typologies des architectures des bases de données

Il existe plusieurs types de base de données selon Hainaut (2009), le tableau ci-dessous illustre cette typologie :

Tableau 3: Typologies des bases de données (Hainaut, 2009)

Type de bases de données	Définitions	Objectifs
Relationnelles	Basées sur la théorie des relations, elles utilisent des données normalisées et sont organisées en tables avec des relations entre elles.	Gérer des données structurées, largement utilisées dans les applications d'entreprise telles que la gestion des ventes, des stocks et des clients.
Clouds	Hébergées sur des serveurs distants et accessibles via Internet.	Stocker des données dans le Cloud, adaptées aux applications web et mobiles en raison de leur évolutivité, disponibilité et facilité d'utilisation.
Orientées objet	Stockent des objets plutôt que des données dans des tables.	Adaptées pour les applications orientées objet, capables de stocker des données complexes avec des fonctionnalités
Centralisées	Toutes les données sont stockées dans un seul emplacement centralisé.	Souvent utilisées dans les applications d'entreprise pour stocker des données structurées.
Graphiques	Stockent des données sous forme de graphes, avec des nœuds et des arêtes représentant des entités et des relations entre elles.	Populaires pour les applications de réseaux sociaux et de recommandation, capables de gérer des données complexes avec des fonctionnalités avancées comme la recherche de chemins et la détection de communautés.

2.3.2 Structuration de la base de données

Cette étude se concentre sur une base de données conçue pour permettre une analyse multidimensionnelle. Elle offre une vision exhaustive des environnements insulaires de la côte algérienne en tenant compte des données disponibles, orienté spécifiquement sur quelques îles les plus importantes à l'échelle nationale.

Elle présente une structure taxinomique centrée sur la flore et la faune marines des milieux insulaires, une structure topographique détaillant le nombre, la bathymétrie, la superficie et le périmètre de chaque île, ainsi qu'une structure de vulnérabilité englobant les attributs socio-économiques, écologiques et environnementaux à proximité.

- **Structure taxinomique**

La composante taxinomique de la présente étude met en exergue la diversité biologique des environnements insulaires, en se basant sur un ensemble de 37 attributs tirés du World Register of Marine Species (WoRMS) ainsi que de la Base de données nationale de la biodiversité marine de la côte algérienne (BANBIOM). Ces attributs revêtent une nature qualitative dans le contexte de la taxonomie de la biodiversité, englobant des caractéristiques telles que les espèces, descripteurs, classes, ordres, familles, nature du substrat...etc. Parallèlement, ils peuvent également présenter une dimension quantitative en incluant des paramètres tels que les coordonnées longitudinales et latitudinales, la profondeur, ainsi que la date de prélèvement.

Les données relatives à la biodiversité marine au sein des environnements insulaires ont été recueillies au moyen de documents scientifiques publiés, comprenant des articles de recherche, des thèses, des revues spécialisées, ainsi que des communications scientifiques. Ce processus de collecte d'informations a été rigoureusement exécuté afin de s'assurer de la fiabilité et la qualité des données utilisées dans le cadre de l'analyse taxinomique de la biodiversité marine des îles considérées.

La liste d'espèces et leur localisation sont rapportées en annexe (Annexe 1). Le détail des attributs utilisée est dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4: Attributs utilisés dans la structure taxinomique de la base de données

N°	Nom de l'attribut	Description
1	Espèce	Nom latin donné à l'espèce, écrit en italique.
2	Aphia ID (Code)	Identifiant unique attribué par le WoRMS pour référencer de manière spécifique une espèce marine.
3	Descripteur	Premier auteur qui a décrit l'espèce, ainsi que l'année.
4	Règne	Plus haut niveau de classification taxinomique, regroupant les organismes en fonction de caractéristiques générales communes.
5	Embranchement	Niveau de classification taxinomique regroupant des organismes partageant des caractéristiques anatomiques spécifiques.
6	Sous-Embranchement	Sous-division d'un embranchement dans la classification taxinomique.
7	Infra-Embranchement	Sous-niveau de classification taxinomique situé en dessous du sous-embranchement.
8	Super-Classe	Catégorie taxinomique située au-dessus de la classe dans la hiérarchie taxinomique.
9	Classe	Niveau de classification regroupant des organismes partageant des caractéristiques morphologiques et physiologiques communes.
10	Sous-Classe	Sous-division d'une classe dans la classification taxinomique.
11	Infra-Classe	Niveau de classification taxinomique situé en dessous de la classe.
12	Super-Ordre	Catégorie taxinomique située au-dessus de l'ordre dans la hiérarchie taxinomique.
13	Ordre	Niveau de classification regroupant des familles d'organismes partageant des caractéristiques évolutives communes.
14	Sous-Ordre	Sous-division d'un ordre dans la classification taxinomique.
15	Infra-Ordre	Niveau de classification situé en dessous de l'ordre.
16	Super-Famille	Catégorie taxinomique située au-dessus de la famille.
17	Famille	Niveau de classification regroupant des genres partageant des caractéristiques évolutives communes.
18	Sous-Famille	Sous-division d'une famille dans la classification taxinomique.
19	Tribu	Niveau de classification regroupant des genres partageant des caractéristiques évolutives communes.
20	Genre	Catégorie taxinomique regroupant des espèces étroitement liées, écrit en italique.
21	Sous-Genre	Sous-division d'un genre dans la classification taxinomique.
22	Espèce	Nom latin donné à l'espèce, écrit en italique.
23	Sous- Espèce	Sous-division d'une espèce dans la classification taxinomique, caractérisée par des variations géographiques ou morphologiques spécifiques, écrit en italique.
24	Nom du site	Information décrivant l'emplacement géographique où une espèce a été observée.
25	Coordonnées Longitude X (Degrée décimaux)	Mesure de la position est-ouest où est située l'espèce sur la surface terrestre.
26	Coordonnées Latitude Y (Degrée décimaux)	Mesure de la position nord-sud où est située l'espèce sur la surface terrestre.
27	Date de Prélèvement (Jour/Mois/Année)	Date à laquelle une espèce marine a été collectée.
28	Profondeur trouvé (Mètres)	Mesure de la profondeur à laquelle une espèce marine a été observée ou collectée.
29	Profondeur théorique (Mètres)	Estimation de la profondeur à laquelle une espèce marine est théoriquement présente.
30	Nature du substrat ¹	Caractéristiques physiques du fond marin où une espèce marine est observée.
31	Statut de Protection ²	Indication du niveau de protection attribué à une espèce en raison de son statut de conservation.
32	Statut d'exploitation ³	Indication du statut d'exploitation commerciale ou autre d'une espèce marine.
33	Référence consultée ⁴	Source ou document de référence utilisé pour obtenir des informations sur une espèce marine particulière.

¹**Catégorie de la nature du substrat** : sable, sable vaseux, sable grossier, galets, roche.

²**Catégorie du statut de protection** : éteint, éteint à l'état sauvage, en danger critique d'extinction, en danger, vulnérable, quasi menacée, préoccupation mineure, données insuffisantes, non-évalué.

³**Catégorie du statut d'exploitation** : commercial, biotechnologie, aquaculture.

⁴**Catégorie des références consultées** : mémoire de fin d'étude, thèse, article scientifique, communication nationale ou internationale, livre.

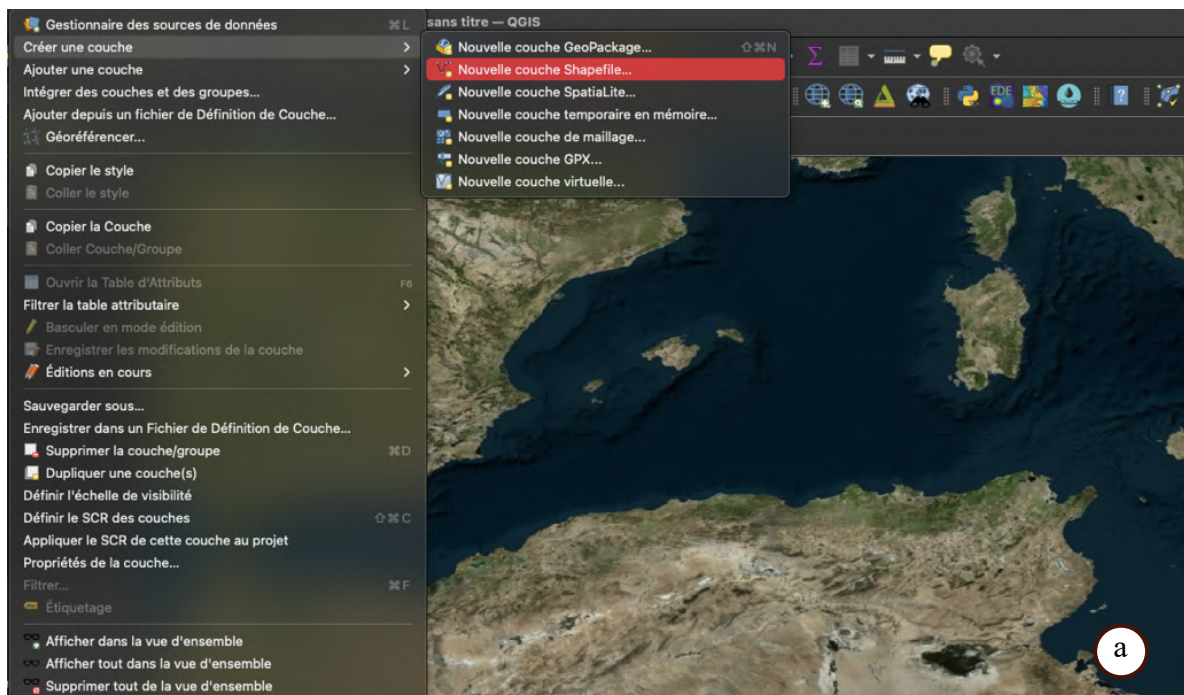
- **Structure topographique**

Cette section de la base de données porte essentiellement sur les caractéristiques physiques des environnements insulaires le long de la côte algérienne. Cette partie vise à réaliser un inventaire détaillé des îles, îlots et rochers qui revêtent une importance cruciale. Formant des écosystèmes distincts et particulièrement significatifs pour le pays. L'analyse s'étend également à des aspects tels que la superficie et le diamètre des îles, îlots et rochers. La bathymétrie des îles a été réalisée uniquement pour celles qui sont considérées comme étant d'une importance prépondérante dans le contexte géographique et écologique du pays.

a) Utilisation d'un outil SIG

Pour la mise en place de la structure topographique, l'utilisation d'un outil de système d'information géographique était nécessaire. QGIS, un outil open source a été employé à diverses étapes pour organiser la base de données.

- **QGIS** : QGIS est un Système d'Information Géographique (SIG) convivial distribué sous licence publique générale GNU. C'est un projet officiel de la fondation Open Source Géospatial (OSGeo) (QGIS.org, 2023). Les étapes d'utilisation du logiciel sont illustrées ci-dessous :



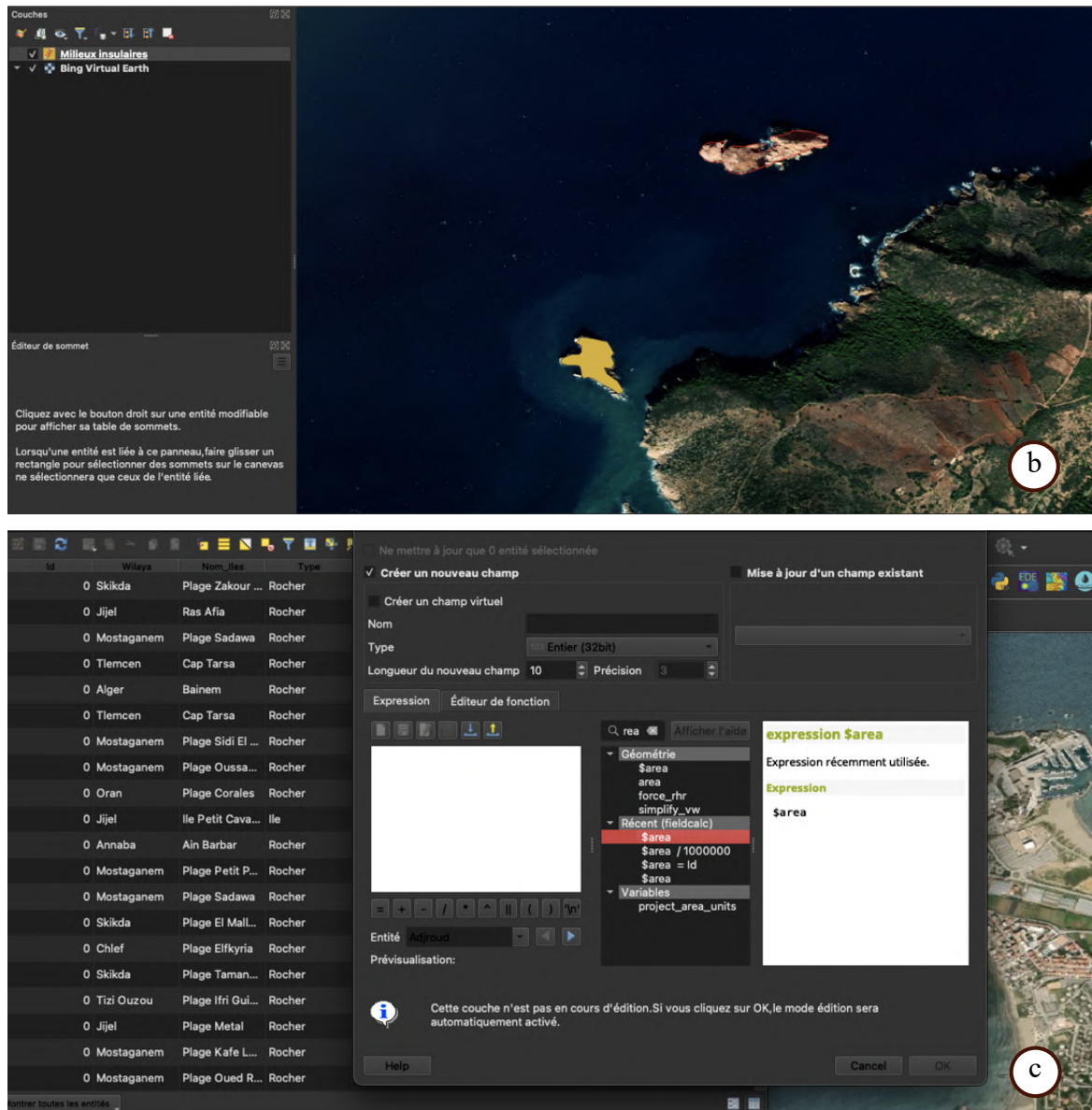


Figure 6: Étapes d'utilisations du logiciel : a. création d'une couche shapefile sur une base cartographique, b. digitalisation des îles, îlots et rochers, et attribution des noms à celle-ci, c. Ajout des champs de calculs à la table attributaire « Superficie » et « Diamètre ».

b) Résultats de la structure topographique

La présente étude a permis de répertorier 29 îles, 7 îlots et 575 rochers le long de la côte algérienne. Aucun de ces éléments n'est habité ni utilisé à des fins commerciales. La plus grande superficie et le plus grand périmètre parmi ces entités sont respectivement de 50,35 hectares et 13 kilomètres pour les îles Habibas, situées à Oran. Les tableaux 3 et 4 ci-dessous résument le décompte total des îles effectué, classé par wilayas.

Tableau 5: Tableau récapitulatif du recensement insulaire totale

Nombre de structure recensés	Linéaire côtier insulaire (ha)	Superficie insulaire totale (km ²)
611	196,20	123,62

Tableau 6: Récapitulatif du recensement insulaire par wilayas

Entités	Îles	Îlots	Rochers
Wilayas			
Tlemcen	1	0	51
Ain Temouchent	3	0	43
Oran	3	0	47
Mostaganem	0	0	46
Chlef	2	2	26
Tipaza	0	0	44
Alger	3	3	50
Boumerdes	0	0	2
Tizi-Ouzou	1	0	28
Bejaia	5	0	16
Jijel	2	1	33
Skikda	6	0	109
Annaba	2	1	52
El Tarf	1	0	28

c) Description des îles et bathymétrie

Au cour de l'opération de recensement des milieux insulaires, la priorité a été accorder au plus grandes îles qui ont fait le plus de travaux scientifiques, partant d'Ouest en Est : l'île Rachgoun étudiée par Boudjellal- Kaïdi (2003); Laporte (2006) ; Bouras et al (2013) ; Taibi et al (2014) ; Bouderbala et al (2015), l'archipel des îles Habibas étudiier par Delye (1957) ; Audouin (1965) ; Boudjellal-Kaïdi et al (1996) ; Grimes et al (2005) ; Mouret (2008) ; Ould-ahmed (2015) ; Benabdi (2016) ; Hafrat (2022); Hafferssas et al (2013), l'île Plane étudiée par Benabdi et al (2018) ; Benabdi et al (2019) ; Haddou-Dekhir et al (2019) ; Boumediene et al (2019) ; Kallouche et al (2020) , l'île Agueli par Bachetarzi (2016) ; Boudjellal-Kaidi (2015) ; CAR/ASP - PNUE/PAM (2015) , l'île des Pisans par Moulaï et al (2015) ; Mahtout et al (2016), les îles du petit et grand Cavallo par Abdi et al (2009) ; Belbacha et al (2011). Une description détaillée de ces milieux insulaires ainsi que leur bathymétrie respective est présentée ci-dessous :

• Île Rachgoun

L'île de Rachgoun en arabe : (جزيرة رشقون) communément appelée Leila est située au nord-ouest du bassin algérien au niveau de la wilaya de Ain Témouchent, où elle se localise au large, à 3km du nord de la côte aux environs du Cap Acra ($35^{\circ}19'03''\text{N}$, $1^{\circ}28'57''\text{W}$ et $35^{\circ}19'35''\text{N}$, $1^{\circ}28'30''\text{W}$). Elle a une superficie de 27,08 ha et une hauteur maximale de 68m.

Cette île est composée essentiellement de roches volcaniques comme toute la région de Tafna, et sa sédimentologie dominante principalement de sables fins et moyens. Les profondeurs de l'île dans le secteur Sud Sud-Est sont assez faibles puis deviennent abruptes à partir de 10m (Bouamar, 2024).

L'île Rachgoun abrite une diversité d'espèces terrestres connus de la région tels que : le Goéland leucopnée *Larus michahellis*. Mais aussi des mammifères comme l'espèce *Rattus rattus* (Moulaï et al., 2015).

Quand à la botanique de l'île, il existe 55 espèces de plantes vasculaires comme : *Agave americana* ou *Geranium molle* (Véla, 2017).

Cette île présente une grande diversité floristique marine : *Posidonia oceanica*, *Codium bursa*, ou encore *Ulva rigida* qui forme des écosystèmes importants. Des espèces animales marine sont aussi trouvé en grandes populations comme les Mollusques, les polychètes et les Échinodermes autour de l'île respectivement : *Mytilus galloprovincialis*, *Patella gigantea* ou encore *Lumbrineris gracilis* (Grimes et al., 2004) ; (Bouras et al., 2013).

Les activités principales qui s'y déroulent incluent la pêche, le tourisme, la plongée sous-marine et le camping, engendrant ainsi une fréquentation humaine significative et des problèmes de pollution dus aux déchets solides.

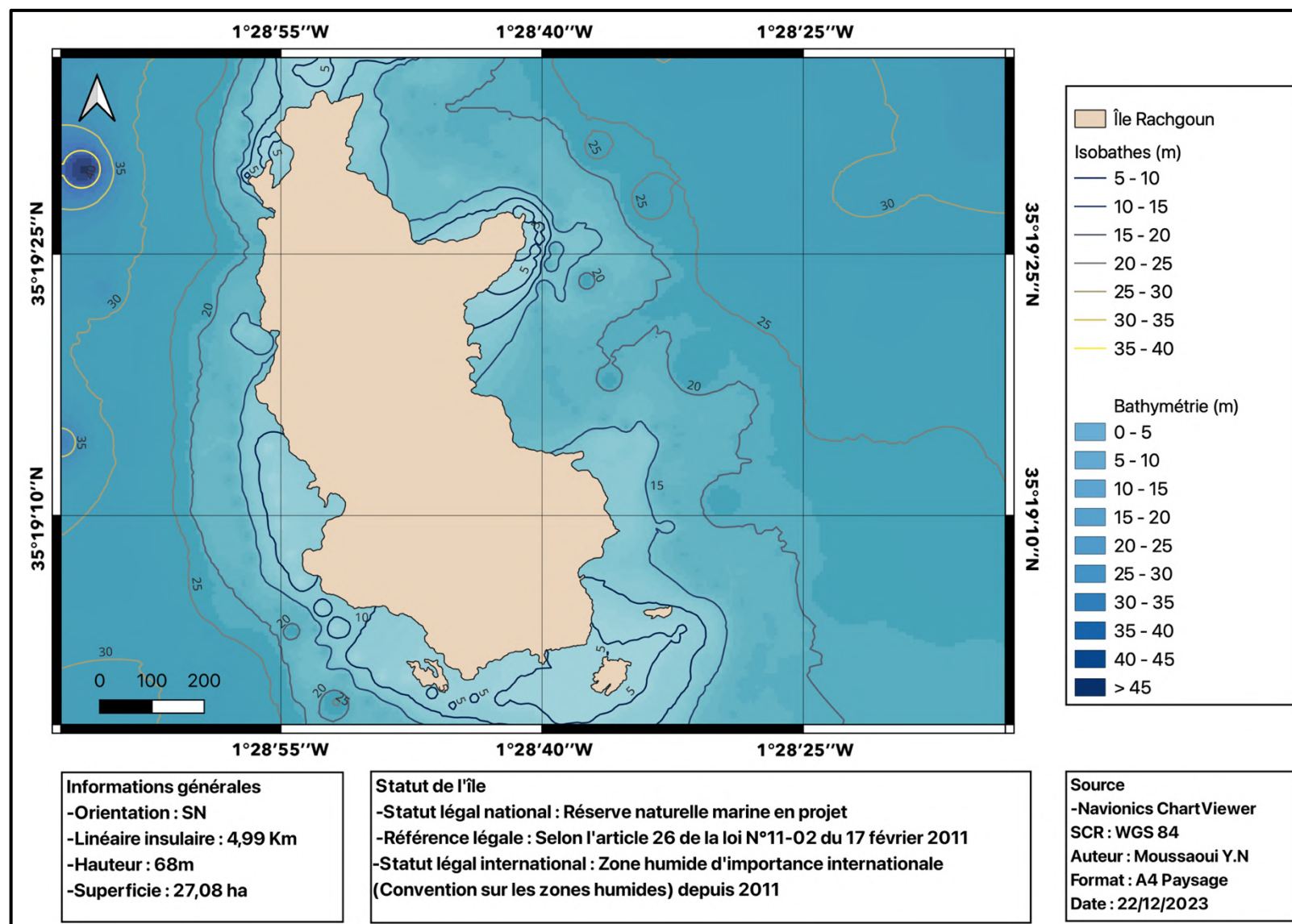


Figure 7: Carte bathymétrique de l'île de Rachgoun - Ain Témouchent

● L'archipel des Îles Habibas

Les îles des habibas en arabe : (جزر حبيبة) sont un archipel formant un ensemble insulaire constitué de deux îles principales (El Cherguia et El Gharbia) et de plusieurs rochers qui les entourent. Elles sont situées à l'ouest du bassin algérien au niveau de la wilaya d'Oran; plus précisément en face la plage de Madagh ($35^{\circ}43'19''N$, $1^{\circ}08'28''W$ et $35^{\circ}43'56''N$, $1^{\circ}07'00''W$), à proximité de la mer d'Alboran, et font partie d'une chaîne qui s'étend en direction du nord-ouest depuis Ghazaouet jusqu'au Cap Falcon à l'Est. Avec une superficie de 50,35 ha, une hauteur de 105 m (le plus haut point au niveau du phare qui fait 12m de hauteur). Les îles sont composées de roches volcaniques et la géologie des fonds marins est principalement constituée de roches et d'argiles assez rares à proximité des hauts fonds (Megartsi, 1985).

Ces îles abritent un habitat terrestre où vivent plusieurs espèces animales : tel que l'oiseau *Larus michahellis* appelé communément le Goéland Leucophée, des reptiles comme le Lézard à lunettes et mais aussi des rats et des chauve-souris. On retrouve également des espèces végétales terrestres : *Brassica spinescens*, *Juncus acutus* et *Frankenia corymbosa* qui font parties des espèces retrouvées au niveau des îles (Mouret, 2008).

Sur le plan marin, les îles Habibas présentent une variété de caractéristiques ; du côté nord-est d'Essouira, on retrouve quelques touffes de Posidonie, offrant un habitat idéal pour la faune aquatique. À des profondeurs allant de 35 à 40 mètres, on peut observer le développement de gorgones, tandis que des fonds détritiques prédominent, avec une abondance d'algues rhodolithes calcaires (Benabdi et al., 2016).

En 2003, ces îles ont été désignées comme une Réserve Naturelle Marine protégée et ont reçu la certification ASPIM (Aire Spécialement Protégée d'Importance Méditerranéenne) en 2005. Le Commissariat National du Littoral est responsable de la gestion de ces îles.

Au large des îles Habibas, diverses activités de pêche prospèrent, incluant la pêche professionnelle, de plaisance, aux chaluts et artisanale. Riches en biodiversité, ces îles sont protégées et leur accès est strictement réglementé. Les visites sont autorisées uniquement sur permission, permettant ainsi de limiter la sur-fréquentation et de préserver la beauté naturelle des îles

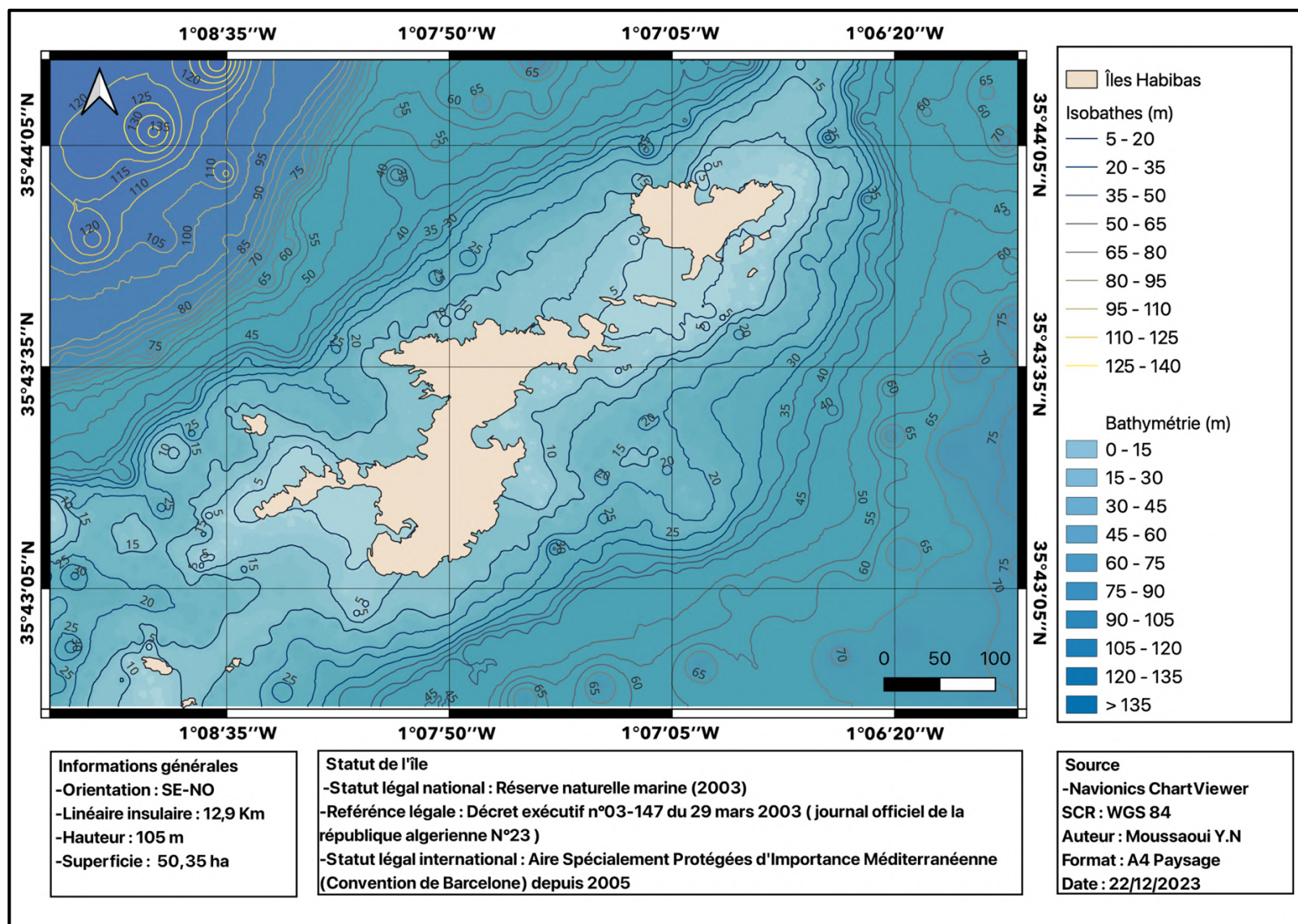


Figure 8: Carte bathymétrique de l'archipel des Habibas - Oran

● L'Île Plane

L'île Plane en arabe : (جزيرة بالوما) appelé Paloma par les gens de la région est un petit milieu insulaire entouré de quelques rochers tout autour, situé au niveau de la wilaya d'Oran dans la baie des andalouses à quelques kilomètres de la plage de Bousfer (Ain Turk) entre les coordonnées géographiques $35^{\circ}46'13''N$, $0^{\circ}54'19''W$ et $35^{\circ}46'20''N$, $0^{\circ}53'56''W$. Elle a une superficie de 4 ha et une hauteur maximale de 17 m.

Paloma est essentiellement composée de fonds meubles et durs ; des faciès rocheux se superposent aux sédiments meubles. Au sud-est de l'île une zone de pente abrupte sous l'eau s'étend sur 15 mètres depuis la ligne de profondeur de 0 à 34 mètres.

La faune terrestre de l'île se compose de plusieurs espèces d'oiseaux comme : le Cormoran huppé de Méditerranée, ou le célèbre Goéland Leucophaea présent sur toutes les îles du bassin ouest algérien ; des reptiles comme : le Seps ocellé ou le Lézard à lunettes. En ce qui concerne la flore, elle est principalement constituée d'espèces arbustives et herbacées, spécialement adaptées aux conditions d'embruns, de vents et de sécheresse climatique de l'île (Mouret, 2008). Kallouche et al (2020) ont étudié les espèces de patelles vivantes de l'île : *Patella ferruginea*, *Patella rustica* ou encore *Patella caerulea*.

L'île Plane n'est pas gérée par un organisme spécifique, mais elle est le lieu de diverses activités telles que la pêche de plaisance, la pêche aux chaluts et la pêche artisanale. Cette multitude d'activités engendre une forte affluence sur le site, accompagnée de cas de braconnage perpétrés par des plongeurs sous-marins.

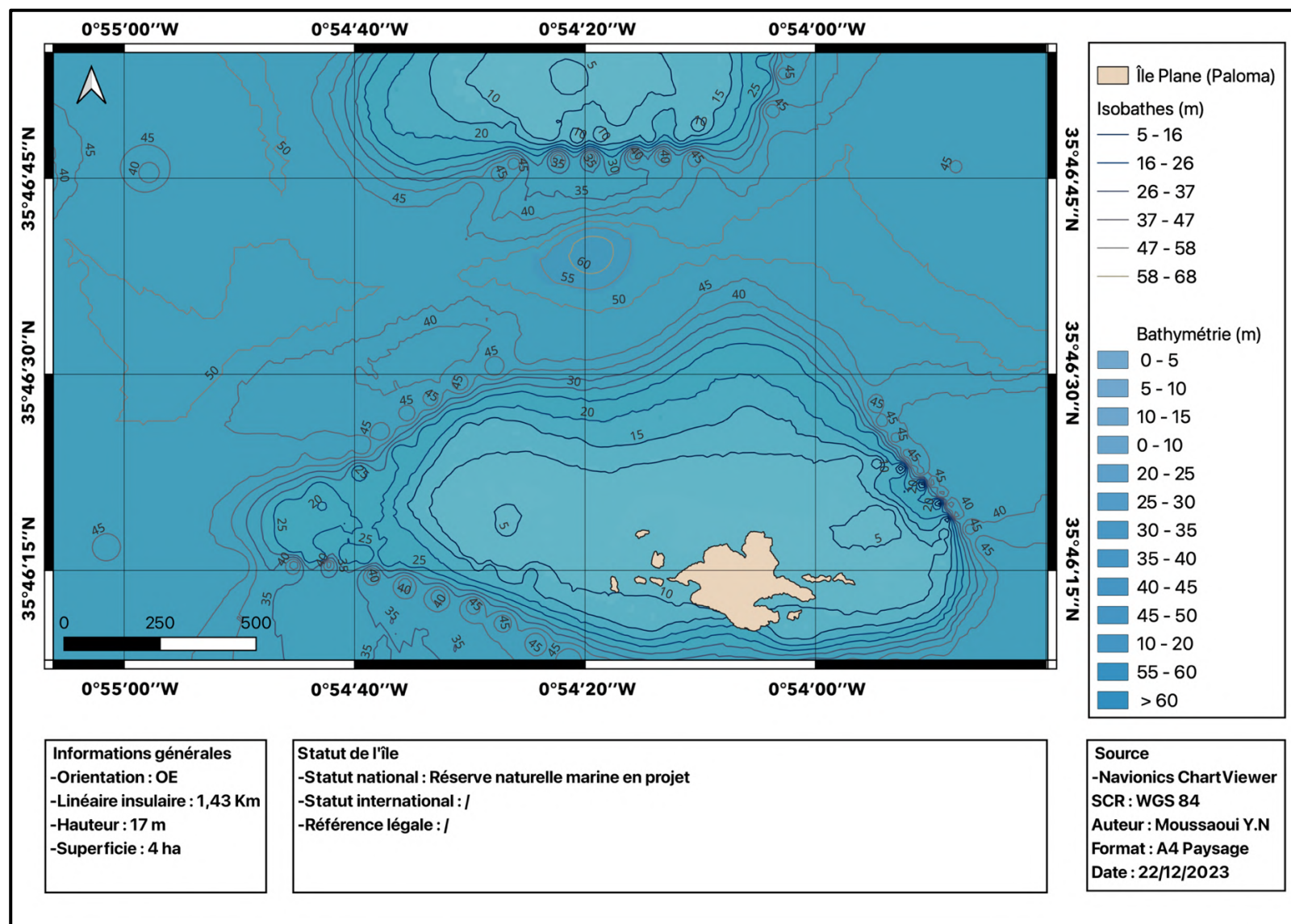


Figure 9: Carte bathymétrique de l'Île Plane - Oran

- **L'Île Agueli**

L'île Agueli ou encore Hadjrat Bountah en arabe (حجرة بونطاح): est une petite île située dans le secteur marin centre algérien au niveau de la wilaya d'Alger et plus précisément au large de la commune de Réghaïa entre les coordonnées géographiques 36°47'32''N, 3°21'00''E et 36°47'50''N, 3°21'17''E. Elle a une superficie de 1,08 ha et une hauteur maximale de 18 m. L'île est composée d'un complexe rocheux avec des fonds sédimentaires de sable, graviers calcaires et des débits de Bryozoaires. La profondeur de l'île varie essentiellement entre 10 et 30m.

L'écosystème abrite plusieurs espèces terrestres comme le Goéland leucophaea et le grand Cormoran, ou des nids sont installés ; mais aussi une diversité considérable dans le milieu marin comme des poissons et des crustacés dont la grande cigale de mer *Scyllarus latus* (Zouatine, 2019).

L'île de Bounetah a un statut légal international en tant que zone humide d'importance internationale, reconnue par la convention RAMSAR depuis 2002, ainsi en tant qu'aire littorale protégée en Méditerranée, comme indiqué dans les documents du plan bleu de 1990 et de PAM-CAR/ASP de 1990. Plusieurs entités, telles que le Commissariat National du Littoral, la DGF, ainsi que les municipalités de Réghaïa et Héraoua, ont été proposées pour sa gestion. Les activités principales qui s'y déroulent sont la pêche de plaisance, la pêche artisanale et le tourisme.

Cependant, le site est confronté à d'importantes pressions et menaces, notamment les rejets domestiques provenant des villes déversées par l'oued de Réghaïa, la pollution liée à l'activité agricole, et la construction anarchique le long du littoral. L'emplacement de l'île est également exposé aux diffusions de la pollution du port d'Alger et celle de l'oued el Harrach. Il est également possible que par l'effet de la dispersion, les eaux de l'île soient affectées par les rejets de saumures de la station de dessalement d'eau de mer d'El Hamma.

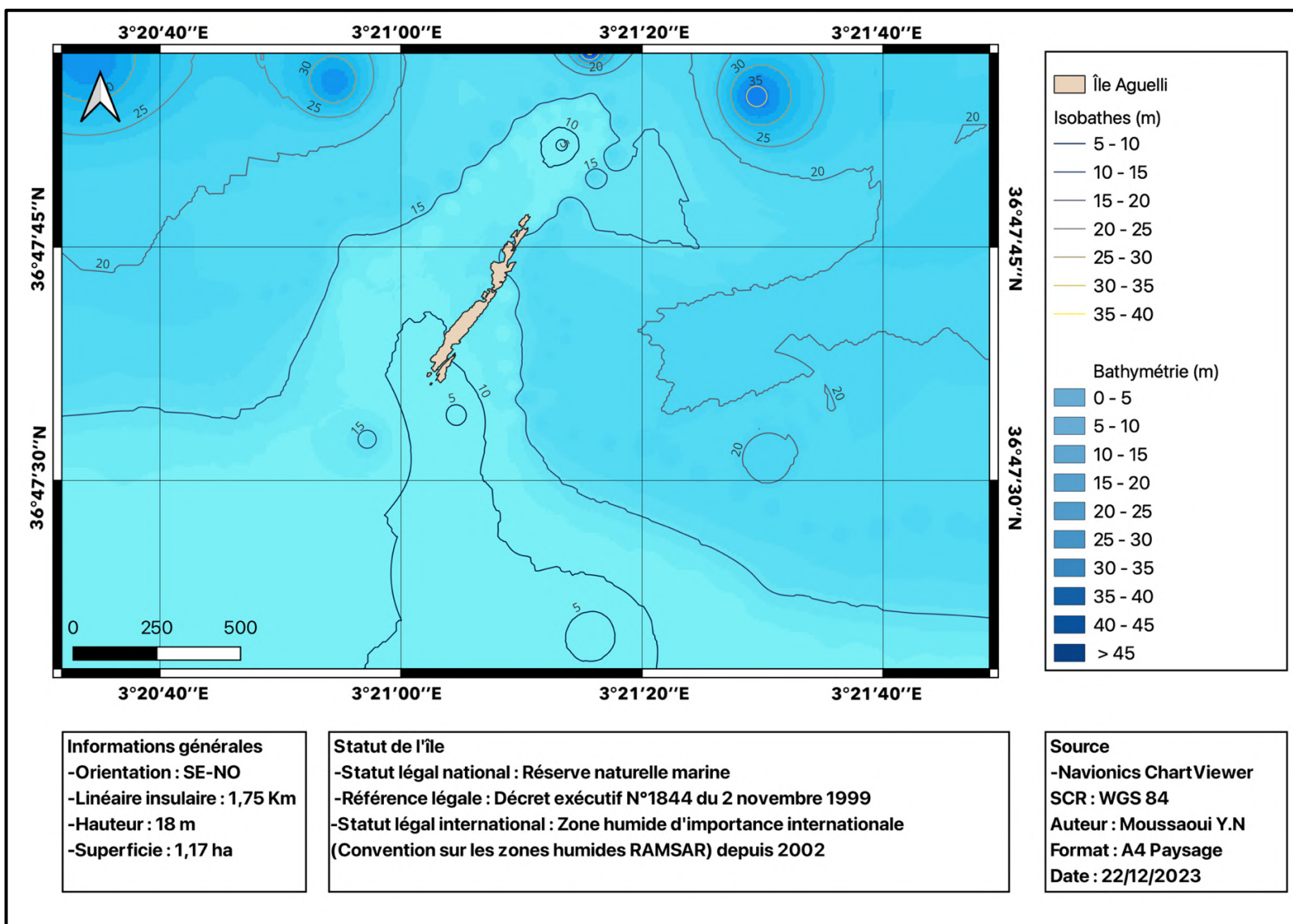


Figure 10: Carte bathymétrique de l'Île Agueli - Alger

- **L'Île des Pisans**

L'île des Pisans en arabe : (جزيرة البيزان) est située au Nord-Ouest de la wilaya de Bejaia plus précisément au large de la plage de Boulimat. Ce fut un lieu de rencontre des marchands venus d'Europe, notamment de Pise où s'effectuaient des échanges de marchandises. Elle se situe entre les coordonnées géographiques suivantes : 36°49'25''N, 4°59'36''E et 36°49'41''N, 5°00'01''E. Ce milieu insulaire et de nature rocheuse avec une surface proche de 1,075ha et une hauteur maximale de 30m et abrite des écosystèmes rocheux. D'après une étude réalisée par Moulai en 2015, l'île renferme une diversité terrestre dont 24 espèces d'invertébrés, 3 espèces de reptiles, 5 espèces d'oiseaux et une espèce de mammifère. Il existe aussi plus de 50 espèces de plantes vasculaires sur l'île.

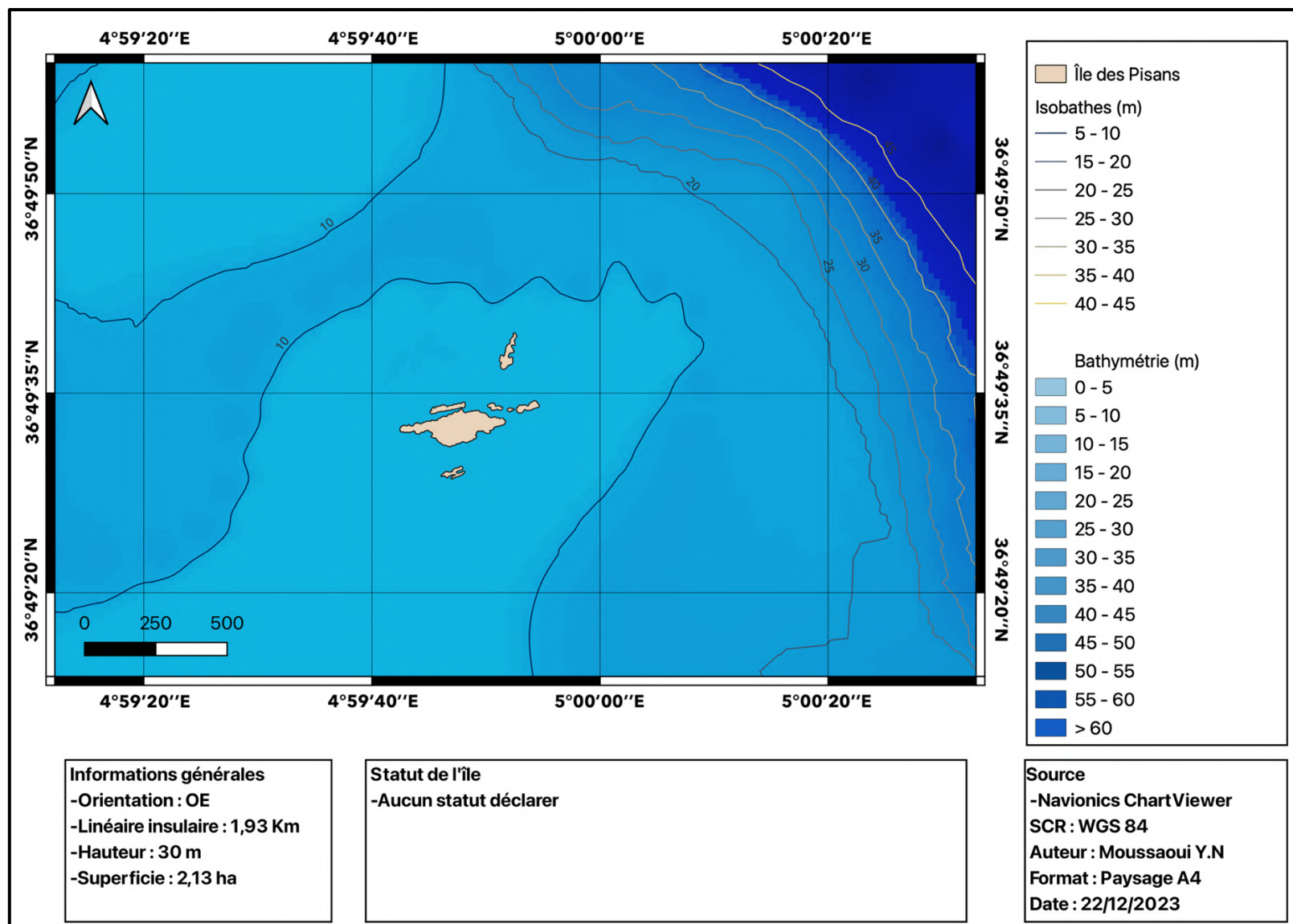


Figure 11: Carte bathymétrique de l'île des Pisans - Bejaia

• Les Îles Cavallo

Les îles Cavallo ou les îles d'El Aouana en arabe : (جزر العوانة) sont un ensemble d'îles et îlots situées dans la partie occidentale du littoral de Jijel dans la commune d'El Aouana. Elles forment un écosystème insulaire et se compose d'une grande île « Le Grand Cavallo » située entre les coordonnées géographiques suivantes : 36°47'00''N, 5°36'21''E et 36°47'13''N, 5°36'39''E, avec une superficie de 5,23 ha et une hauteur maximale de 50 m. La petite île surnommée « Le Petit Cavallo » est situé à 36°47'56''N, 5°38'54''E et 36°48'11''N, 5°39'19''E avec une superficie de 4,28ha et une hauteur maximale de 10m.

Le substrat du Grand et du Petit Cavallo sont respectivement de type magmatique composé de feldspath et de mica blanc à texture grenue et de grès moyen à ciment dolomitique. Les fonds sédimentologiques sont des sables coquilliers, des fonds rocheux dominant à faibles profondeurs jusqu'à 25m (Moulaï et al., 2010).

Le revêtement végétal des deux îles est principalement composé de Pistachier lentisque, de Filaire et d'Olivier sauvage. Les espèces animales terrestres les plus courantes sur ces îles sont les Coléoptères et les Hyménoptères (Moulaï et al., 2010).

En ce qui concerne les espèces marines, elles constituent un écosystème de coralligène et de Posidonie, abritant diverses espèces de mollusques, de crustacés et de vertébrés qui utilisent cet environnement comme habitat (Belbacha et al., 2011).

Les îles Cavallo possèdent un statut juridique international en tant que Réserve de Biosphère reconnue par l'UNESCO dans le cadre du programme MAB, depuis 2003. Elles ont également été proposées pour être inscrites sur la liste des Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne (ASPIM) et bénéficient d'un statut légal national en tant qu'aire marine protégée actuellement en cours de création. Plusieurs entités de gestion, dont la municipalité d'El Aouana et des associations environnementales et culturelles locales, ont collaboré pour proposer les îles Cavallo en tant que site potentiel relevant du Commissariat national du littoral. Ces îles sont entourées d'activités telles que la pêche et le tourisme, mais elles font également face à d'importantes pressions et menaces, notamment la surfréquentation du site, le braconnage perpétré par des plongeurs sous-marins, et la pêche artisanale.

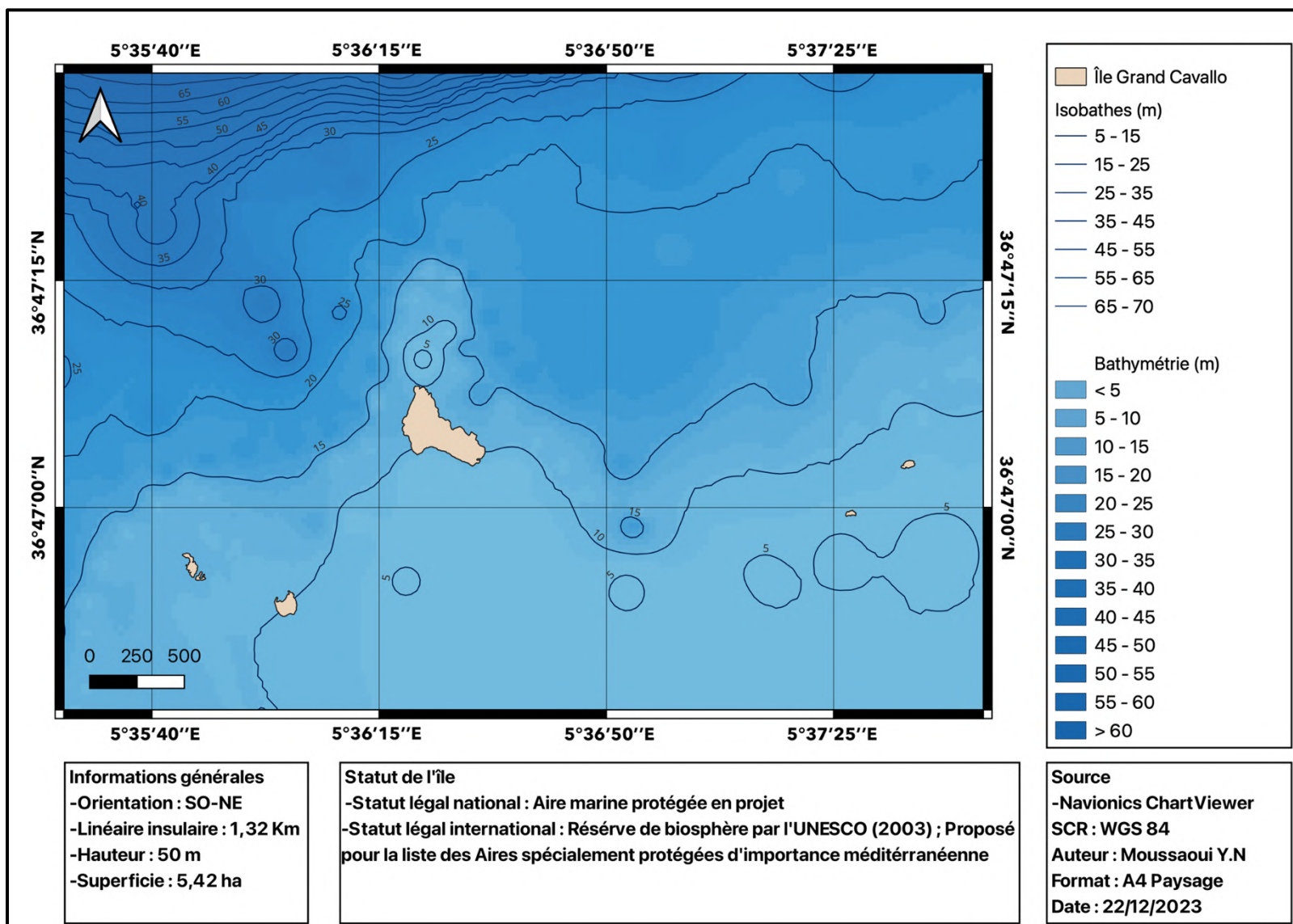


Figure 12: Carte bathymétrique de l'Île Grand Cavallo - Jijel

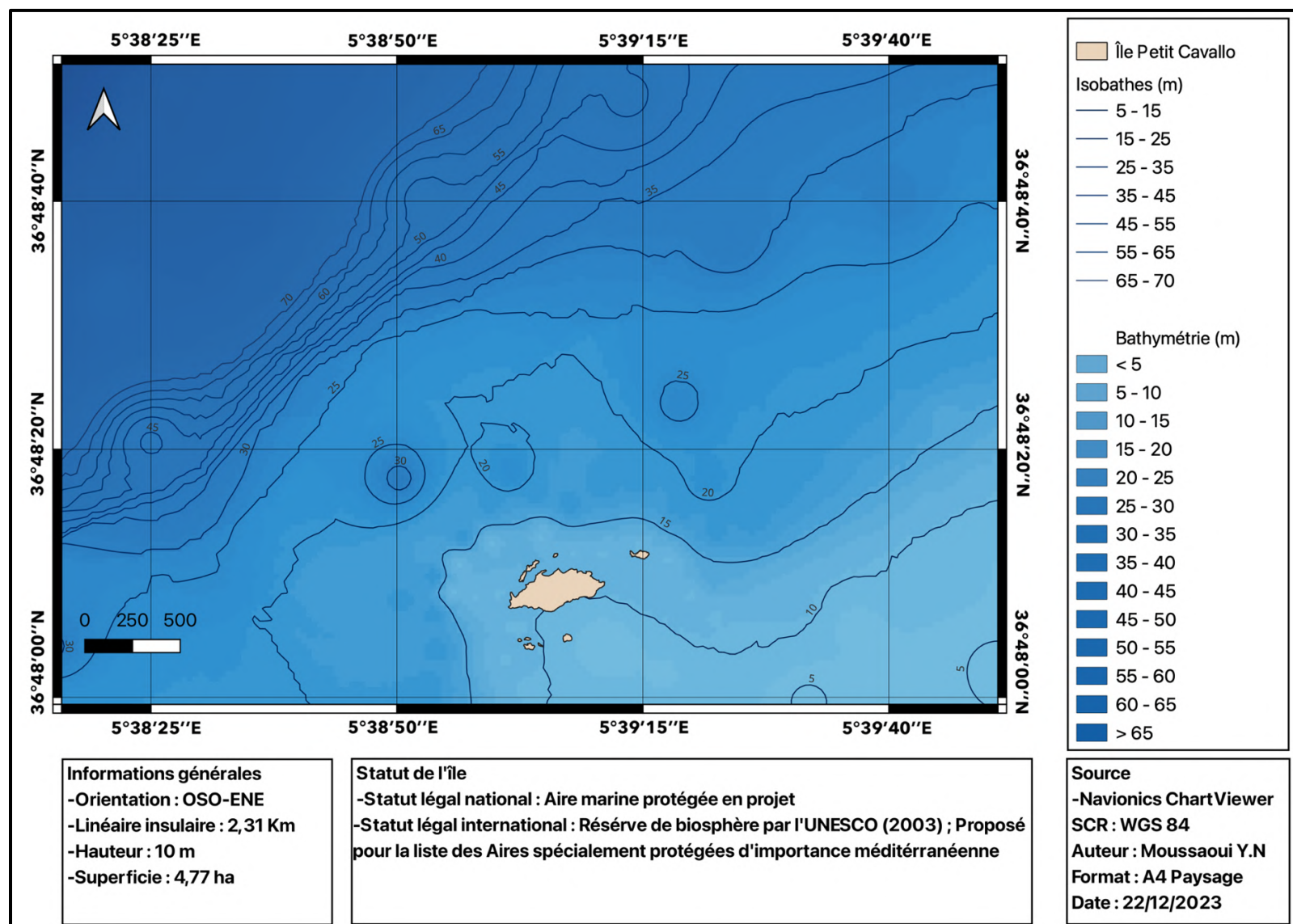


Figure 13: Carte bathymétrique de l'Île Petit Cavallo - Jijel

● **Structure socio-économiques et environnementale**

Les données de cette section de la base de données sont destinées à être utilisées dans l'analyse de la vulnérabilité des environnements insulaires. Les attributs sélectionnés sont de nature socio-économique et environnementale, visant ainsi à fournir des informations pertinentes sur les activités anthropiques et environnementales qui se déroulent autour des milieux insulaires. L'objectif sous-jacent est de contribuer à l'évolution du concept de vulnérabilité en fournissant des données substantielles susceptibles d'éclairer les dynamiques socio-économiques et environnementales spécifiques à ces contextes insulaires.

Les attributs socio-économiques et environnementaux pris en considération pour l'analyse de la vulnérabilité sont énumérés dans les tableaux 7 et 8, accompagnés de leurs descriptions respectives et des unités de mesure correspondantes.

Tableau 7: Attributs environnementaux, description et unité de mesure

Nom de l'attribut	Description	Unité
Sels nutritifs	Concentration en éléments nutritifs essentiels pour la croissance des organismes aquatiques	mg/l
Matière en suspension	Quantité de particules solides en suspension dans l'eau	mg/l
Matière organique	Présence de composés organiques issus de débris végétaux ou animaux	mg/l
Métaux lourds	Concentration de métaux souvent toxiques	µg/l
Coliformes fécaux	Indicateurs de contamination fécale, évaluant la qualité bactérienne de l'eau	UFC/100ml
Coliformes totaux	Mesure des bactéries coliformes, indicatrices de la qualité microbiologique	UFC/100ml
Streptocoques fécaux	Indicateurs de contamination fécale, spécifiques à certaines bactéries	UFC/100ml
Bactéries pathogène	Présence de micro-organismes pathogènes pouvant causer des maladies	UFC/100ml
Température	Mesure de la chaleur de l'eau	°c
Potentiel hydrogène	Mesure de l'acidité ou de la basicité de l'eau	/
Salinité	Concentration totale des sels dissous dans l'eau	ppt
Oxygène dissous	Quantité d'oxygène disponible dans l'eau	mg/l

Tableau 8: Attributs socio-économiques, description et unité de mesure

Nom de l'attribut	Description	Unité
Pêche	Activités de capture de poissons et d'autres organismes aquatiques	Tonnes (de poissons capturés)
Chasse	Pratiques de la chasse d'animaux sauvages à des fins sportives, alimentaires ou autres	Période de chasse (en jours)
Tourisme	Activités liées aux voyages et aux visites récréatives dans la région à proximité des îles	Nombre de visiteurs
Industrie	Activités manufacturières et de production dans la région	Nombre d'industrie
Stations de dessalement d'eau de mer	Installations pour la conversion d'eau de mer en eau douce à proximité	Capacité de dessalement (en m ³ /jour)
Stations d'épuration des eaux usées	Installations pour le traitement des eaux usées avant leur rejet dans l'environnement	Capacité de traitement (en m ³ /jour)
Hôpital Thalassothérapie	Établissement de santé utilisant des soins marins et des installations thermales	Nombre de traitements dispensés
Cable	Infrastructures de communication (internet) ou de transport d'énergie (oléoduc, gazoduc)	Capacité de transmission (pour les câbles de communication), Débit (pour les oléoducs, gazoducs)
Port	Installations maritimes facilitant le chargement et le déchargement de marchandises à proximité des îles	Capacité d'accueil des navires (en tonnes)
Bouée de chargement pétrolier	Structures flottantes utilisées pour le chargement de pétrole brut sur les navires	Fréquence d'utilisation
Aquaculture	Pratique de culture d'organismes aquatiques à des fins commerciales à proximité	Superficie aquacole (en m ²)
Écosystèmes environnants	Les écosystèmes naturels entourant les îles	État de conservation

2.3.3 Requêtes de la base de données sur les milieux insulaires

L'application de requêtes spécifiques pour explorer les attributs revêt une importance fondamentale dans une base de données (Caloz et al., 2011). Dans notre contexte, ces requêtes ont pour objectif d'extraire des données cruciales, contribuant ainsi à une analyse approfondie de la biodiversité, de la topographie et des activités humaines au sein de ces environnements insulaires spécifiques. Les informations détaillées de certaines requêtes se trouvent dans le tableau 9 :

Tableau 9: Requêtes des différents acteurs et leurs besoins sur la base de données sur les milieux insulaires

Acteurs	Besoins	Requêtes possibles	Type de données
Chercheurs	Recherche scientifique, communication, suivie et monitoring	<ul style="list-style-type: none"> ● Comment les variations de la biodiversité sont-elles influencées par la profondeur et la nature du substrat ? ● Où sont localisés les hotspots de biodiversité en termes de coordonnées géographiques ? ● Existe-t-il une corrélation entre la bathymétrie et la diversité des écosystèmes marins ? 	Statistiques, Cartographie, informations descriptives
Étudiants	Éducation, apprentissage des écosystèmes insulaires, communication	<ul style="list-style-type: none"> ● Quels sont les écosystèmes spécifiques aux îles qui sont cruciaux à étudier ? ● Comment la biodiversité marine diffère-t-elle entre les différentes îles de la base de données ? ● Quelles espèces endémiques ou en voie de disparition sont présentes dans les milieux insulaires ? 	Images, informations descriptives, statistiques, cartographie
Administration centrale	Planification, suivi des engagements internationaux	<ul style="list-style-type: none"> ● Quelle est la superficie totale des aires protégées insulaires et leur évolution au fil du temps ? ● Comment les initiatives de développement durable sont-elles mises en œuvre dans les milieux insulaires ? ● Où sont les zones prioritaires pour la conservation des écosystèmes insulaires ? 	Statistiques, informations descriptives
Administration locale	Gestion locale, suivi des activités socio-économiques	<ul style="list-style-type: none"> ● Quelles données peuvent aider à élaborer des plans d'urgence pour la protection des communautés insulaires ? ● Comment les données peuvent-elles soutenir la création de politiques nationales de conservation des îles ? 	Statistiques, informations descriptives
Pêcheurs	Gestion des ressources, suivie des zones de pêche	<ul style="list-style-type: none"> ● Quels sont les niveaux de prélèvement de ressources aquatiques autour des îles ? ● Comment la pêche impacte-t-elle la biodiversité marine et les écosystèmes insulaires ? ● Où se situent les zones de reproduction essentielles pour les espèces de poissons exploités ? 	Données numériques, statistiques

Éducateurs	Sensibilisation, éducation environnementale	<ul style="list-style-type: none"> • Quelles sont les données essentielles pour enseigner la biodiversité des îles en classe ? • Comment les activités humaines autour des îles peuvent-elles être intégrées dans des modules éducatifs ? • Quelles sont les tendances générales des écosystèmes insulaires qui devraient être incluses dans les programmes d'études ? 	Images, informations descriptives,
Tour-Opérateurs	Planification de circuits touristiques, connaissance des sites	<ul style="list-style-type: none"> • Quels sont les endroits les plus attractifs pour le tourisme écologique dans les milieux insulaires ? • Comment planifier des itinéraires touristiques durables respectant les écosystèmes insulaires ? • Où sont les sites de plongée sous-marine les plus remarquables ? 	Images, données numériques, Cartographie
Organisation environnementales	Évaluation de la conservation, sensibilisation	<ul style="list-style-type: none"> • Comment évaluer l'impact des projets de conservation dans les milieux insulaires ? • Quelles données sont cruciales pour mesurer l'efficacité des initiatives de préservation ? • Comment les données peuvent-elles être présentées de manière accessible pour promouvoir la protection des milieux insulaires ? 	Images, données numériques, statistiques, cartographie
Industries	Gestion des opérations, conformité aux réglementations	<ul style="list-style-type: none"> • Quels sont les impacts potentiels des activités industrielles sur les îles et leurs écosystèmes ? • Comment minimiser l'empreinte écologique des infrastructures industrielles sur les îles ? • Quelles régions insulaires nécessitent une gestion environnementale renforcée ? 	Informations descriptives
ONGs	Sensibilisation, suivi des projets environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> • Comment les projets de conservation ont-ils réussi à restaurer les écosystèmes insulaires ? • Où sont les zones les plus vulnérables aux changements environnementaux dans les milieux insulaires ? • Quels sont les indicateurs clés de la santé environnementale des îles à suivre ? 	Statistiques, Cartographie, informations descriptives

Chapitre 3

*Diagnostic d'un site pilote
« Îlot de Sidi Fredj »*

3 Diagnostic d'un site pilote « Îlot de Sidi Fredj »

L'îlot de Sidi Fredj, situé dans la région éponyme, émerge tel un laboratoire naturel, offrant un écosystème marin d'une richesse exceptionnelle. Ce lieu, choisi comme site pilote pour notre recherche, se révèle être bien plus qu'un simple cadre d'investigation. En effet, cet îlot devient le point focal d'une étude multidisciplinaire visant à comprendre en profondeur sa dynamique environnementale. Le présent chapitre s'attelle à dévoiler les multiples facettes de cette investigation, débutant par une présentation minutieuse de la zone d'étude. À travers des cartes détaillées, nous mettrons en lumière la topographie et la bathymétrie de Sidi Fredj, établissant ainsi les bases nécessaires à une exploration exhaustive de son écosystème. Subséquemment, nous plongerons dans l'analyse des activités socio-économiques qui, par leur proximité, pourraient influencer la santé de l'îlot. Cela nous conduira à la mise en œuvre d'une méthodologie rigoureuse, depuis le quadrillage minutieux de la zone jusqu'à la collecte de données sur la physico-chimie, la sédimentation, la biodiversité et l'écologie environnante. Ce faisant, nous ambitionnons d'esquisser une image complète de l'état de Sidi Fredj, contribuant ainsi à une compréhension approfondie de ce microcosme marin.

3.1 Présentation de la zone d'étude

3.1.1 Description de l'îlot de Sidi Fredj

L'îlot de Sidi Fredj en arabe : (حجرة سيدي فرج) situé dans la partie centrale du bassin algérien au niveau de la wilaya d'Alger, où il se localise au large, à environ 560m de la plage ouest de Sidi Fredj et à 650m de la station de recherche de l'ENSSMAL, entre les coordonnées $36^{\circ}45'30''N$ et $2^{\circ}50'03''E$, $36^{\circ}45'33''N$ et $2^{\circ}50'06''E$. Il a un linéaire côtier de 283m et une superficie de 0,4 ha. Caractérisés par la présence de roches volcaniques, les fonds marins entourant l'îlot se composent principalement de sables fins et de sables fins envasés, conformément aux données cartographiques (Bakalem, 2008). En tant que refuge d'une biodiversité marine florissante, l'îlot abrite diverses espèces telles que les échinodermes, les mollusques et les vertébrés. Les formations rocheuses environnantes sont parées d'une diversité d'algues, incluant des variétés rouges, brunes et vertes. Quant à la bathymétrie de cette région maritime, elle dépeint une topographie sous-marine intrigante. Les eaux proches de l'îlot révèlent des profondeurs modérées, environ 0,5 mètre, s'élevant progressivement jusqu'à atteindre environ 22 mètres au large. Cette variabilité dans la bathymétrie suggère une complexité géographique sous-marine qui peut influencer la vie marine, la circulation des courants et les processus géologiques.

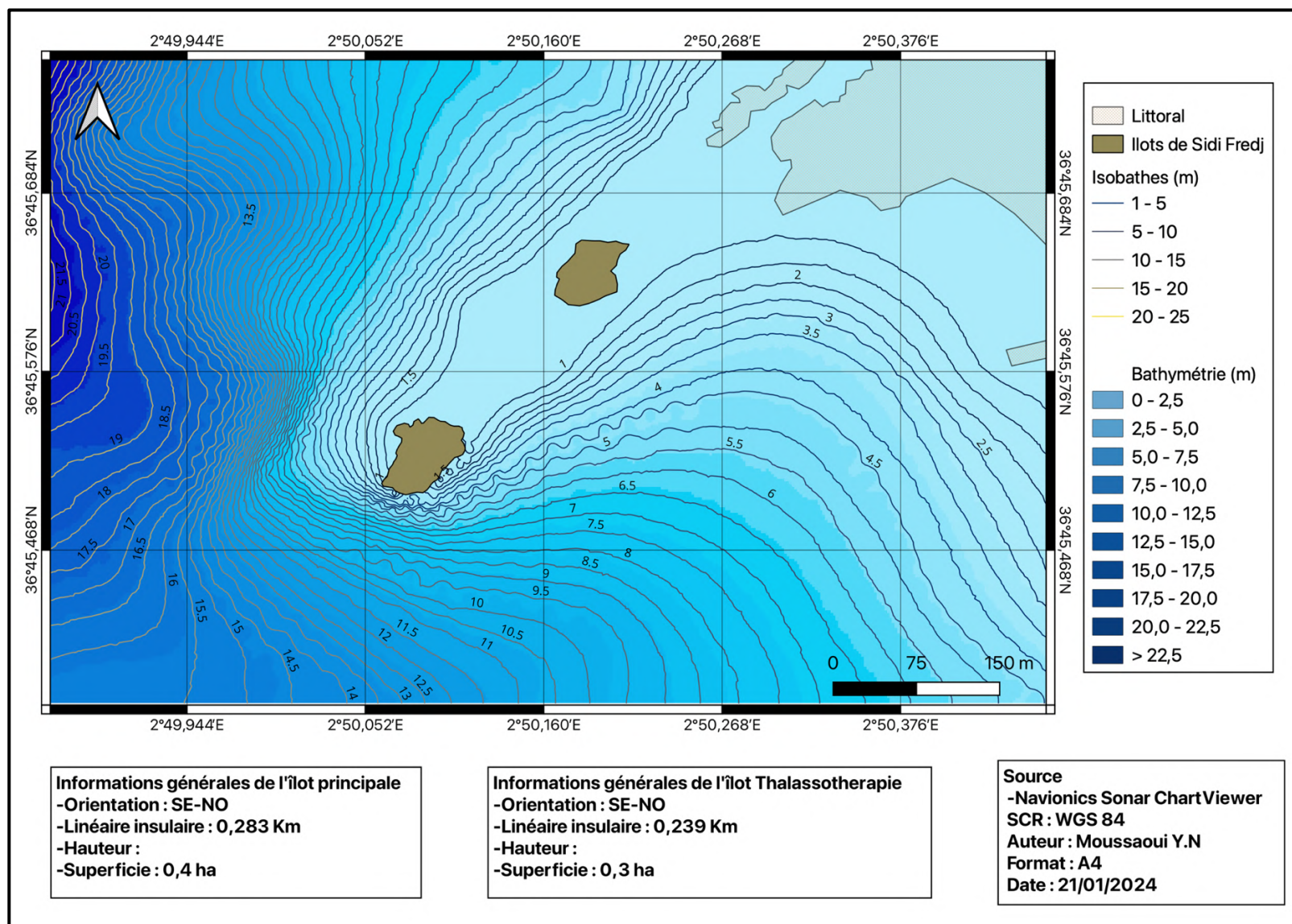


Figure 14: Carte bathymétrique des îlots de Sidi Fredj

3.1.2 État de l’art sur les travaux réalisés

L'état de l'art révèle une notable carence dans la documentation scientifique en ce qui concerne les recherches préalablement menées sur l'îlot de Sidi Fredj. À ce jour, aucune étude publiée ni mémoire spécifiquement dédié à cet environnement n'a été identifié. En revanche, les travaux antérieurs ont principalement porté sur les plages environnantes, notamment les plages ouest et est de Sidi Fredj et la plage thalassothérapie.

Tableau 10: Récapitulatif des travaux réalisés autour de la région de Sidi Fredj

Auteurs	Étude	Localisation (Sidi Fredj)	Descriptif de l'étude
Lamouti (2006)	Essai de cartographie des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i>	Plage thalassothérapie	<ul style="list-style-type: none"> ● Cartographie extensive des herbiers de <i>Posidonia oceanica</i> le long de la plage de thalassothérapie. ● Utilisation de couloirs délimités, subdivisés en carrés numérotés, pour créer une carte intégrable dans une carte de référence ou un Système d'Information Géographique (SIG).
Sadaoui et Chabi (2011)	Diagnostic et paramètres environnementaux	Plage Ouest	<ul style="list-style-type: none"> ● Investigations sur les paramètres physico-chimiques, indices de pollution, concentration en sels nutritifs, production primaire et paramètres microbiologiques le long de la côte et au large de la plage ouest de Sidi Fredj. ● Cartographie biocénotique inspirée des travaux de Lamouti en 2006.
Mansar et Melzi (2011)	Les paramètres physico-chimiques et biologiques	Plage Ouest	<ul style="list-style-type: none"> ● Approfondissement des paramètres physico-chimiques et étude bactériologique dans la plage ouest de Sidi Fredj.
Boughanem et Nait Tayeb (2012)	Mise en place d'un carré permanent dans l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i>	Plage thalassothérapie	<ul style="list-style-type: none"> ● Réseau de surveillance des herbiers de <i>Posidonia oceanica</i> près de la plage de thalassothérapie de Sidi Fredj. ● Utilisation d'un carré permanent pour une microcartographie précise, incluant l'étude de la vitalité de l'herbier au niveau de la population et du faisceau, ainsi qu'une analyse granulométrique du sédiment.
Yahiaoui (2015)	Inventaire taxonomique des espèces marines	Au large de la Plage Ouest et Est, au large de la Thalassothérapie	<ul style="list-style-type: none"> ● Étude de la diversité spécifique et mise en évidence de l'état d'équilibre numérique des peuplements. ● Connaissance de la structure de l'organisation des peuplements macrozoobenthiques sur le plan biocénotique et trophique.
Bahri (2017)	Contribution à la connaissance de la macrofaune benthique associée à <i>Caulerpa racemosa</i>	Plage Ouest	<ul style="list-style-type: none"> ● Analyse temporelle (mensuelle) des peuplements macrobenthiques en deux stations préalablement choisies au niveau de la plage de Sidi Fredj. ● Compréhension de la structure et de l'organisation des divers peuplements macrobenthiques dans le temps et dans l'espace. ● Mise en évidence des principaux paramètres physicochimiques et édaphiques influençant ces répartitions.
Benali et al (2019)	Premier signalement de thalles dérivants de <i>Sargassum muticum</i> sur les côtes algériennes	Plage Ouest	<ul style="list-style-type: none"> ● Signalement de la présence d'une espèce d'algues japonaise (Thalles dérivants) dans la plage de Sidi Fredj

3.2 Activités socio-économiques et impacts potentiels

Située au sein de la Baie de Bouismail, la région de Sidi Fredj est le foyer de diverses activités socioéconomiques, en particulier autour des îlots de la thalassothérapie et du principal. La baie, ayant une orientation touristique et agricole, est particulièrement sujette aux rejets domestiques provenant des villes et complexes touristiques, souvent déversés directement dans le milieu naturel sans prétraitement, phénomène accentué durant la saison estivale (Bachari, 2009).

3.2.1 Rejets d'eaux usées

Les rejets prédominants dans la région de Sidi Fredj consistent en des eaux usées domestiques issues des infrastructures municipales environnantes (Bouyacoub & Djilali, 2021). Aussi les cours d'eau qui traversent les zones urbaines charrient des eaux usées, véhiculant les effluents des terres agricoles, les déchets urbains et industriels, ainsi que la pollution découlant des activités de pêche (LEM, 1998).

3.2.2 Hydrographie

Deux oueds déversent leurs eaux à proximité de la région de Sidi Fredj : à l'ouest, l'Oued Mazafran au niveau de Zeralda, séparant ainsi les wilayas d'Alger et de Tipaza. Il présente un débit solide estimé entre 1400 et 1800 t/km² et un débit liquide de 43,8 millions m³/an (Bachari, 2009). À l'Est de Sidi Fredj, l'Oued Beni Messous, situé entre El Djamilia et Club des Pins, affiche un débit de 7,7 millions m³/an (Benzohra, 1993) notamment, depuis la mise en service de la station d'épuration en 2007, cet oued a moins d'impact sur l'environnement (Alem, 2016).

3.2.3 Centre de thalassothérapie de Sidi Fredj

Le centre de thalassothérapie, situé à proximité des îlots, offre des soins en balnéothérapie et en mécano-thérapie. Les eaux de mer nécessaires sont puisées depuis le large à une profondeur de 10 mètres, puis acheminées par deux tuyaux jusqu'au centre en bord de mer. Une fois utilisées, ces eaux, ainsi que les autres rejets du centre (sanitaires, cuisines, caniveaux), sont directement évacuées par l'unique émissaire du centre, sans subir de traitement préalable (Sadaoui & Chabi, 2011).

La plage de la thalassothérapie est exposée à une sévère pollution provenant des égouts et agglomérations, ainsi que des macrodéchets laissés par les touristes fréquentant le centre de thalassothérapie (Mezali, 1998). Les plages Est et Ouest subissent directement les impacts après les tempêtes (Sadaoui & Chabi, 2011).

3.2.4 Port de plaisance de Sidi Fredj

Le port de plaisance de Sidi Fredj, caractérisé par plusieurs sources de pollution, impacte négativement son environnement. Les hydrocarbures, résultant principalement des fuites et des rejets involontaires de carburant des navires dans ce port de plaisance, créent à la surface de l'eau un film qui entrave la pénétration de la lumière, contribuant ainsi à un déficit en oxygène. De plus, la présence de polluants métalliques, tels que la dilution des peintures antisalissure destinées à protéger les coques contre la corrosion et les biosalissures, aggrave la situation. Enfin, la pollution d'origine urbaine provenant des habitations à bord des bateaux dans le port est également significative (Khetrou & Belala, 2021).

3.2.5 Centre de repos familial de Sidi Fredj

Le Centre de Repos Familial (CRF) de Sidi Fredj accueille quotidiennement des familles militaires, leur offrant l'accès à des bungalows, des restaurants, des parcs, ainsi qu'à une plage privée, engendrant ainsi des activités socio-économiques intrinsèquement liées à l'environnement marin de Sidi Fredj. Les rejets d'eaux provenant des restaurants, les déchets issus des bungalows, ainsi que les macrodéchets abandonnés par les visiteurs sur la plage, exercent un impact tangible sur la qualité environnementale.

3.2.6 Tourisme

Les plages de la région de Sidi Fredj sont fréquentées par la population locale tout au long de l'année. Pendant l'été, un nombre significatif de personnes fréquente ces plages, ayant louer des logements à proximité des plages est et ouest.

3.2.7 Pêche

La pêche est une activité courante dans la région, particulièrement pratiquée par les petits métiers. Les sardiniers opèrent un peu au large, tandis que la pêche à la ligne est réalisée à partir de l'îlot lui-même et sa proximité ainsi que sur les plages.

3.2.8 Plongée sous-marine

La plongée sous-marine est également une activité populaire dans la région, notamment grâce au club de plongée « Kalypso ». Ce club organise des sorties de plongée tant à Sidi Fredj qu'au niveau de l'îlot.

3.3 Méthodologie

3.3.1 Stratégie d'échantillonnage

Des missions de prospection ont été effectuées sur le site en octobre 2023, suivi de sorties d'échantillonnage en février 2024 pour collecter des échantillons d'eau et de sédiments en vue d'une analyse environnementale et biologique. Les points d'échantillonnage ont été positionnés conformément à la carte ci-dessous :

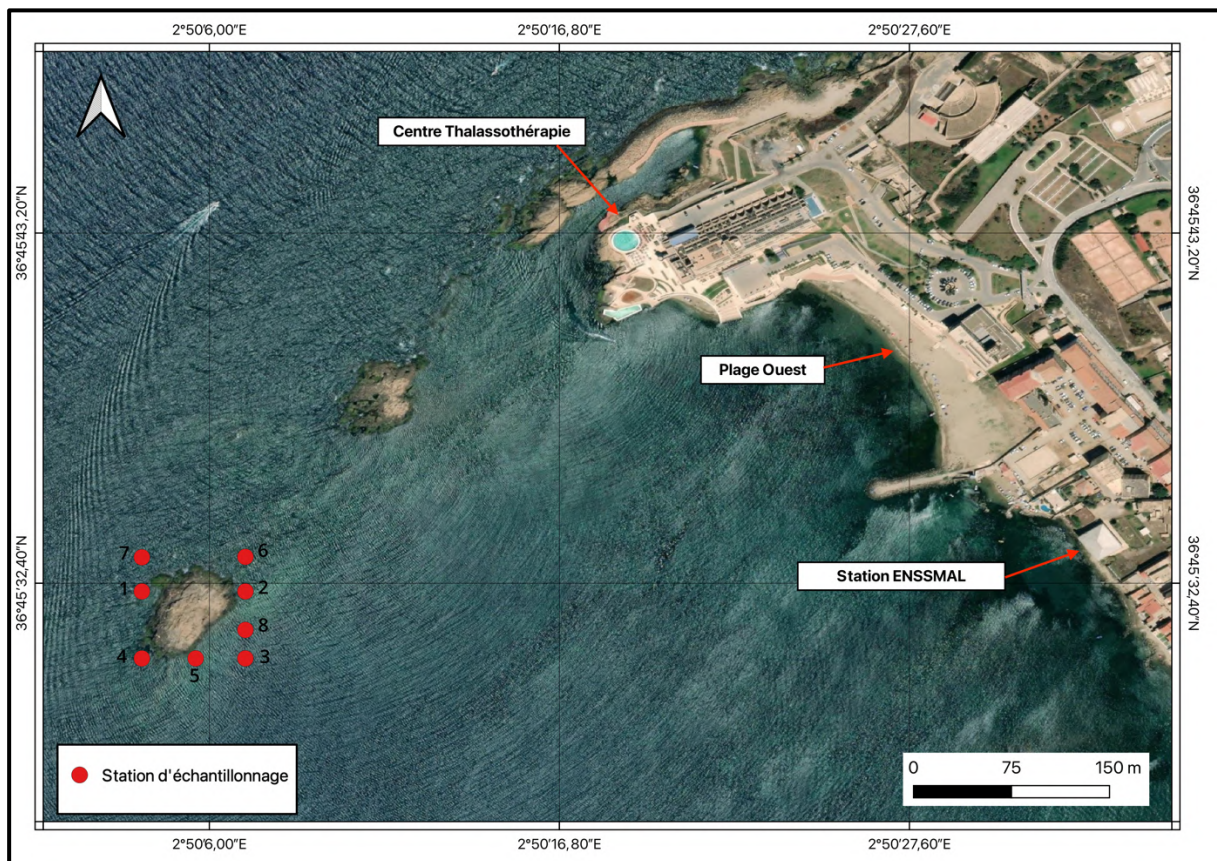


Figure 15: Carte représentant les sites d'échantillonnages autour de l'îlot de Sidi Fredj

- **Paramètres environnementaux**

Un échantillonnage a été réalisé le 01 février 2024 pour la récolte des sédiments sur 4 stations et de l'eau de mer sur 8 stations autour de l'île. Ces échantillons ont servi à l'analyse de plusieurs paramètres notamment : les sels nutritifs, la matière en suspension, la matière organique, les métaux lourds et bien sûr les paramètres de base (température, salinité, pH, oxygène dissous), afin d'obtenir une compréhension approfondie de l'environnement.

L'équipement nécessaire a été préparé avec soin deux jours à l'avance, incluant le nettoyage des flacons à l'eau du robinet, à l'acide chlorhydrique à 10%, et à l'eau distillée, suivi d'un séchage minutieux avant l'étiquetage.



Figure 16: Matériels d'échantillonnage pour l'analyse des paramètres environnementaux

Une fois le matériel prêt, la sortie s'est déroulée dans de bonnes conditions malgré le temps nuageux et frais. Une benne preneuse de type Van veen a été utilisée pour prélever les sédiments au niveau des stations 2, 3, 4 et 8 pour les métaux lourds et la matière organique. Les sédiments prélevés sont mis dans des sacs en plastique. Les flacons ont servi pour la récolte d'eau pour le reste des paramètres physico- chimiques (température, salinité, pH, matière en suspension, sels nutritifs).

- **Paramètres biologiques**

- a) **Microbiologie du site**

Des prélèvements ont été effectués le 18 février 2024 au niveau de quatre stations réparties autour de l'île (1, 2, 3 et 4) dans le but d'évaluer la charge bactériologique du site.



Figure 17: Matériels utilisés lors de l'échantillonnage pour l'analyse des paramètres microbiologiques

Cette méthodologie s'est avérée appropriée pour appréhender l'impact des rejets domestiques du centre de thalassothérapie, de la station de recherche ENSSMAL, ainsi que ceux des établissements hôteliers et restaurants à proximité. Les stations ont été sélectionnées en privilégiant leur position en regard de la côte afin d'assurer la représentativité des résultats.

Les paramètres analysés comprennent les coliformes fécaux, les coliformes totaux, les entérocoques et les salmonelles. Préalablement aux prélèvements, les flacons utilisés ont été stérilisés par autoclavage à une température de 121 (c°) pendant une durée de 12 minutes, puis étiquetés en fonction des stations correspondantes.

b) Macrobenthos et biodiversité du site

Pour étudier la biodiversité du site, des prélèvements ont été réalisés autour de l'îlot afin d'identifier les espèces marines présentes, notamment celles rencontrées dans les milieux insulaires et spécifiquement dans la région de Sidi Fredj.



Figure 18: Prélèvements d'échantillons benthiques

- Les prélèvements des substrats meubles ont été réalisés sur une petite embarcation en utilisant une benne de type Van Veen, sur plusieurs stations, dans le but d'établir un inventaire de la macrofaune benthique des fonds meubles qui entourent l'îlot de Sidi Fredj. Les échantillons de sédiments recueillis ont été lavés sur un tamis d'un millimètre de côté de maille au niveau de la plage de la station de recherche de l'ENSSMAL. Par la suite, ils ont été placés dans des bocaux en verre et fixés au formol, préalablement préparé et dilué à 10%, pour garantir leur conservation optimale. Les échantillons ont été étiquetés avec les mentions relatives au prélèvement (Date de prélèvement, numéro de station...).
- Des sorties en PMT (palmes, masques, tubas) ont été réalisées afin de collecter les informations sur les habitats marins qui entourent l'îlot de Sidi Fredj. Aussi, un raclage des substrats durs a permis de récolter les espèces qui y vivent et de prendre quelques photographies ont été prises.

3.3.2 Mesure des paramètres environnementaux

- **Paramètres de base**

La température a été mesurée « in situ » et la salinité après prélèvement à l'aide de l'appareil « wtw Cond 315i » préalablement étalonné grâce au standard « sea-water service P85 » à une salinité de 19,3760‰



Figure 19: Mesures des paramètres de base

Pour mesurer le potentiel d'hydrogène, une quantité de chaque échantillon est versée dans un bécher qui est lavée après chaque utilisation à l'eau distillée. Puis à l'aide du pH-mètre de type « OHAUS- STARTER2100 » le potentiel d'hydrogène de chaque station a été mesuré.

- **Matière en suspension**

Le processus de mesure de la matière en suspension implique une série d'étapes méthodiques.



Figure 20: Mesure de la matière en suspension

Tout d'abord, des petrislides équipés de filtres sont numérotés pour chaque station mis dans un dessiccateur pour l'absorption de l'humidité. Les filtres neufs sont pesés sur une balance de précision de type Mettler, pour établir leur poids initial. Ensuite, chaque filtre est délicatement placé dans un entonnoir spécial, où une quantité précise d'eau de mer est versée. Une fois cette opération terminée, les filtres imprégnés d'eau sont soigneusement replacés dans les petrislides. Ces derniers sont ensuite disposés dans une étuve maintenue à une température constante de 50 °C pendant une période de 24 heures. À la fin de cette période, les filtres sont retirés de l'étuve

et pesés à nouveau. La différence entre les deux poids obtenus permet de déterminer la quantité de matière en suspension présente dans l'échantillon d'eau de mer filtré.

- **Matière organique et métaux lourds**

Ces deux paramètres sont mesurés à l'aide d'une quantité de sédiment récolté dans chaque station.



Figure 21: Lyophilisation des sédiments

Avant de procéder à ces mesures, les 4 échantillons de sédiments sont d'abord congelés, puis sont placés dans le lyophilisateur de type "Beta 1-8 - Martin Christ". Ce dispositif déshydrate les échantillons congelés par sublimation à basse température, à $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, et sous vide à 0,1 bar, pendant une période de 48 heures.

- **Matière organique**

Des creusets en porcelaine, préalablement numérotés selon les stations d'échantillonnage, sont pesés à vide sur une balance de précision pour obtenir leur poids initial.



Figure 22: Creusets à sédiment placés dans un four d'incinération

Ensuite, une petite quantité (30 à 35% de l'échantillon prélevé) des sédiments lyophilisés est placée dans chaque creuset en porcelaine et pesée (poids du creuset + sédiments secs).

Les creusets contenant les sédiments sont ensuite introduits dans un four à moufle de type «Carbolite CFW 1200 » et incinéré à une température de 600 °C pendant une durée de 2 heures, afin de brûler toute la matière organique présente dans les sédiments. Après cette étape, les creusets avec les sédiments calcinés sont pesés à nouveau sur la balance de précision. La différence de poids entre le creuset avec les sédiments secs et celui avec les sédiments calcinés représente la quantité de matière organique, exprimée en taux (pourcentage).

- **Métaux lourds**

Les sédiments sont placés dans un mortier en porcelaine et broyés méticuleusement jusqu'à obtenir une texture fine. Ensuite, ils sont passés à travers un tamis de 63 μm (Inal, 2011) pour récupérer la fraction inférieure, jugée la plus pertinente pour l'étude des métaux lourds.



Figure 23: Broyage et tamisage des sédiments

Après chaque étape de broyage et de tamisage, les outils sont minutieusement nettoyés avec un détergent, puis rincés à l'eau distillée et séchés. Une minéralisation à blanc est effectuée en prétraitant les godets en téflon avec 5ml d'acide nitrique pur, suivi d'un chauffage à 120°C pendant 2h30 min et un rinçage à l'eau distillée. Cette étape vise à éliminer toute contamination éventuelle des godets. Ensuite, la minéralisation des échantillons se fait en pesant environ 0,5 g de la matrice à analyser après lyophilisation dans les godets avec de l'eau régale (un mélange d'un volume d'acide nitrique HNO_3 concentré à 69 % et trois volumes d'acide chlorhydrique HCl concentré à 37 %). Les échantillons sont hermétiquement scellés dans les godets et laissés à température ambiante pendant une nuit sur une plaque chauffante. Les échantillons sont chauffés à 120°C pendant 2h30min, puis refroidis avant d'être transférés dans des tubes

coniques gradués en polypropylène de 50 ml. Les godets sont soigneusement rincés à l'eau distillée, et les rinçages sont ajoutés aux échantillons.

La solution obtenue est conservée au réfrigérateur à + 4°C jusqu'au moment du dosage pour éviter toute perte ou contamination.

Un godet témoin blanc subit le même traitement que les échantillons pour évaluer toute éventuelle contamination. Cette méthodologie, conforme aux normes internationales (AIEA, 1998), garantit une mesure précise des métaux lourds dans les sédiments. Les courbes d'étalonnage sont mises en Annexe 4.

- **Carbone/Hydrogène/Azote/Soufre**

Après l'étape du broyage et du tamisage une petite quantité de sédiments a été analysée au laboratoire d'expertise du CRAPC en utilisant un analyseur élémentaire de type CHNS/O 2400 Series II, de PerkinElmer pour déterminer la teneur en Carbone, Hydrogène, Azote et Soufre du sédiment. Le principe de l'appareil se résume en deux séries de combustion à 1000°C qui cause la brûlure du sédiment sec et la réduction de la matière organique en gaz, après acidification pour l'élimination de la fraction minérale (carbonate). Ces gaz sont comprimés par pistons puis envoyés dans différentes cellules de mesures spécifiques à chacun des éléments. Environ 10 mg de sédiments secs sont placés dans une capsule en étain précalcinée à 170°C pendant 24 heures.

- **Sels nutritifs**

Pour la détermination des concentrations des sels nutritifs tels que les nitrites, les nitrates, les orthophosphates et les silicates, une méthode reposant sur une réaction de coloration est employée.



Figure 24: Dosage des sels nutritifs par méthode Skalar, (1998)

Ces sels réagissent avec des réactifs spécifiques dans des conditions contrôlées de température, de pH et en présence d'un catalyseur, produisant une coloration absorbant la lumière à une longueur d'onde donnée. Dans la présente étude, une méthode d'analyse automatique par colorimétrie à flux continu sur une chaîne automatisée appelée « Auto-Analyzer SAN PLUS », conformément aux protocoles établis par Skalar en 1998, a été utilisée. Des solutions mères et des solutions filles ont été préparées pour chaque élément sels à analyser. Les échantillons d'eau de mer ainsi que les solutions standards préparées ont été introduits dans le dispositif d'analyse. Un tableur a préalablement été configuré sur le logiciel, puis les droites d'étalonnage ont été établies automatiquement par le logiciel (Annexe 4), en se basant sur les concentrations connues des solutions étalons et leurs réponses de pic correspondantes.

3.3.3 Mesure des paramètres microbiologiques

Afin de mesurer l'intensité bactérienne dans l'eau, nous avons préalablement préparé les milieux de cultures correspondant à chaque entérobactérie.

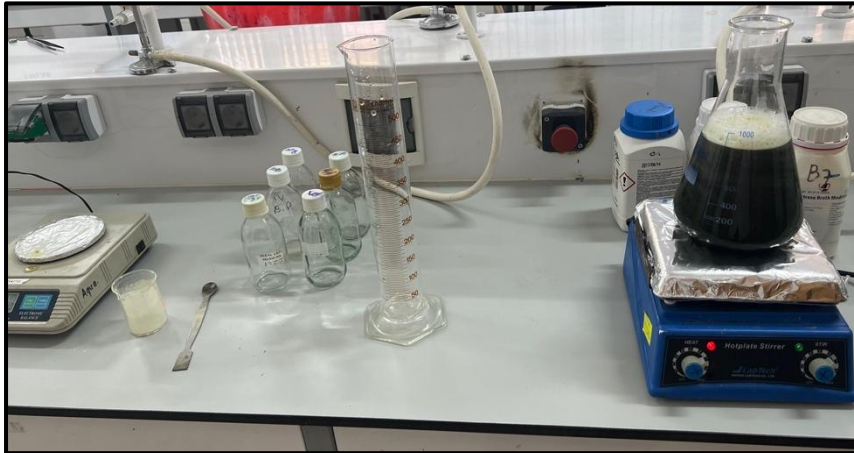


Figure 25: Préparation des milieux de cultures

- Tergitol TTC - Coliformes totaux et fécaux
- Slanetz - Streptocoques fécaux
- Bile-Esculine-Azoture (BEA) - Confirmatif Streptocoques fécaux
- Bouillon de cystine sélénite (SFB) - Enrichissement des Salmonelles
- Salmonella Shigella (SS) - Isolement des salmonelles
- **Coliformes totaux et fécaux**

Pour évaluer la présence des coliformes dans les milieux marins, l'utilisation du milieu de culture Tergitol TTC est nécessaire. Cette procédure implique la préparation du milieu de culture en dissolvant une quantité mesurée de Tergitol en poudre dans un erlenmeyer, puis en complétant avec de l'eau distillée. Le mélange est chauffé sur une plaque chauffante magnétique jusqu'à ébullition. Après ébullition, le mélange est versé dans des flacons stériles et proprement étiquetés. Ces flacons sont ensuite placés dans un autoclave à une température de 121°C pendant 15 minutes afin d'assurer leur stérilisation. Une fois les flacons stérilisés, le milieu de culture est versé dans des boîtes de pétri préalablement étiquetées, prêtes à être utilisées pour la culture et l'observation des coliformes.

- **Enterococcaceae**

Pour évaluer la présence des streptocoques dans les eaux, nous employons deux milieux de culture distincts, à savoir le milieu de culture Slanetz et le milieu BEA, afin de confirmer leur présence. Pour ce faire, une quantité déterminée du milieu Slanetz est versée dans un erlenmeyer, puis complétée avec de l'eau distillée. Le mélange est ensuite porté à ébullition sur une plaque chauffante magnétique. Le même processus est répété pour la préparation du milieu

BEA. Les flacons destinés à recevoir les milieux de culture sont préalablement stérilisés à l'autoclave, car ces milieux ne sont pas autoclavables. Le transfert des milieux dans les flacons s'effectue dans des conditions stériles, entre deux becs Bunsen, afin de minimiser tout risque de contamination. Une fois les milieux transférés dans les flacons, ils sont prêts à être versés dans les boîtes de pétri pour la culture ultérieure des streptocoques.

Des dilutions à 10^{-1} et à 10^{-2} ont été préparées au préalable pour les coliformes et streptocoques dans des flacons propre. Pour les dilutions à 10^{-1} , 90 ml d'eau distillée ont été ajoutés, tandis que pour les dilutions à 10^{-2} , 99 ml d'eau distillée ont été ajoutés. Ensuite, les flacons ont été stérilisés à l'autoclave à une température de 115 °C pendant 12 minutes.

Nous avons complété les flacons à une contenance totale de 100 ml avec les échantillons d'eau de mer. Par la suite, nous avons procédé à la filtration de l'eau de mer concentrée et diluée à 10^{-1} et à 10^{-2} à travers des disques de filtration sur la rampe de filtration. Ces disques ont ensuite été placés sur les milieux de culture préalablement versés dans les boîtes de Petri. Les boîtes ont été incubées à différentes températures selon les bactéries recherchées : à 37 °C pour les coliformes totaux, à 44 °C pour les coliformes fécaux, et à 37 °C pour les streptocoques (Slanetz), pendant une durée de 24 heures. La lecture des boîtes a été effectuée 24 heures après pour les coliformes. Pour les streptocoques, une seconde incubation à 37 °C pendant 24 heures a été réalisée sur le milieu BEA. Cette étape implique la réalisation de stries sur le milieu de culture afin de confirmer la présence des streptocoques fécaux (Annexe 3).

- **Enterobacteriaceae**

L'identification des enterobacteriaceae requiert l'utilisation de plusieurs milieux de culture distincts. Le premier, le bouillon de pré-enrichissement SFB, est préparé en dissolvant une quantité précise de poudre dans un erlenmeyer, puis en complétant avec de l'eau distillée. Le mélange est porté à ébullition sur une plaque chauffante magnétique. Le même processus est répété pour la préparation du milieu SS. Les flacons destinés à recevoir les milieux doivent être stériles et préalablement autoclavés, car ces milieux ne sont pas autoclavables. Le bouillon SFB est transféré dans des flacons et prêt à recevoir les disques de filtration pour réaliser les enrichissements. Quant au milieu SS, il est versé dans des boîtes de pétri et prêt à recevoir les isollements après les enrichissements. Le détail du protocole est mis en Annexe 3.

La présence de colonies noires ou transparentes à centre noir peut indiquer la possible présence de salmonelles.

Des isollements de ces colonies suspectes sont réalisés sur le milieu SS afin de favoriser la prolifération des colonies suspectes. Ensuite, une batterie de tests est effectuée pour confirmer la présence de salmonelles :

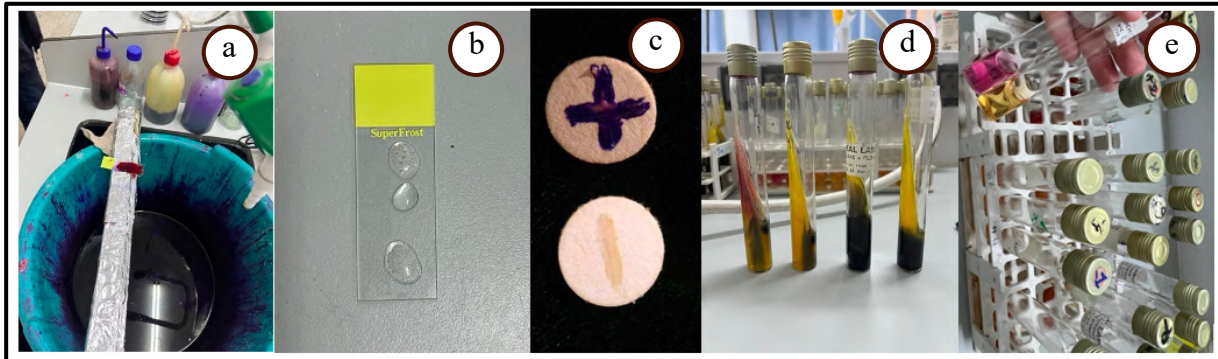


Figure 26: Série de tests réalisés sur souche suspecte : a) coloration de gram, b) test catalase, c) test oxydase, d) test triple sugar iron, e) milieu urée indole

- La coloration de Gram est réalisée pour déterminer la forme et la coloration des bactéries à l'aide d'une série de colorants appliqués sur un frottis bactérien, comprenant notamment l'application de violet de gentiane, de lugol, d'alcool et de fuchsine.
- Un test de catalase est effectué sur une quantité de bactéries afin d'évaluer leur capacité à dégrader le peroxyde d'hydrogène. La formation de bulles indique un résultat positif.
- Un test d'oxydase est requis pour détecter la présence de l'enzyme cytochrome oxydase chez les bactéries Gram négatif, en observant une coloration après dépôt de la charge bactérienne sur des disques oxydase.
- Un test TSI (Triple Sugar Iron) est préparé pour l'identification présumée des entérobactéries, basée sur leur capacité à fermenter le glucose, le lactose et le saccharose, ainsi que sur la production de gaz et d'H₂S. Les bactéries sont inoculées dans des tubes contenant le milieu TSI et incubées à 37 °C pendant 24 heures.
- Le milieu Urée Indole est préparé après le test TSI pour mettre en évidence la présence d'uréase, de tryptophane désaminase et de production d'indole. Les bactéries sont incubées dans ce milieu à 37 °C pendant 24 heures, et une coloration rose indique un résultat positif.

Après la réalisation de ces tests, une galerie API 20^E (Analytical Profile Index) est utilisée, comprenant une série de tests biochimiques qui confirment, avec un pourcentage de certitude, la présence d'une espèce bactérienne spécifique.

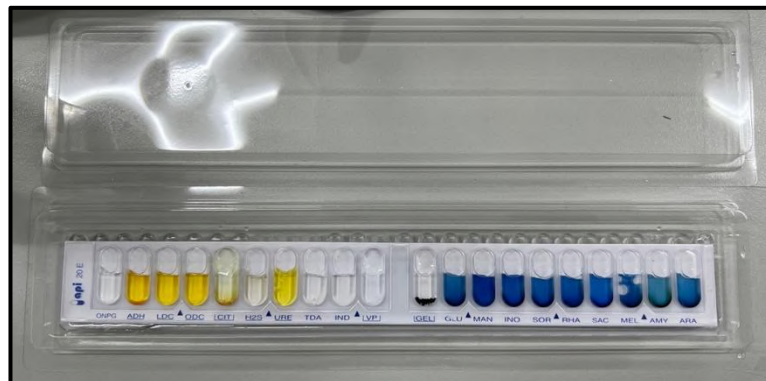


Figure 27: Analyse microbiologique : Galerie API 20^E

Une galerie API est un ensemble de cupules prêts à l'emploi permettant l'identification de micro-organismes par la réalisation rapide et facile de tests biochimiques miniaturisés.

Cette galerie contient 20 mini-puits avec des milieux déshydratés et des compositions chimiques définies. Une quantité de bactéries est inoculée dans des tubes d'eau distillée, puis répartie dans les mini-puits et incubée à 37 °C pendant 24 heures. Après incubation, des réactifs spécifiques sont ajoutés à chaque puits :

Tableau 11: Réactifs de la Galerie API 20^E

Puits	Réactif
TDA	Une goutte de réactif TDA
IND	Une goutte de réactif de Kovacs
VP	Une goutte de réactif VP1 puis VP2

La lecture des réactions se fait en fonction des changements de couleur, et les résultats sont enregistrés dans une feuille Excel pour l'identification des espèces bactériennes associées aux colonies.

3.3.4 Biodiversité et habitats du site

- **Tri et identification du macrozoobenthos**

Les échantillons ont été traités au laboratoire d'Interaction Milieu Biodiversité Marine (IMBM) au niveau de la station de recherche de Sidi Fredj (Annexe de l'Enssmal).



Figure 28: Tri et identification des espèces benthiques

Le contenu des bocaux a été rincé sous un tamis d'un diamètre de 1 mm à l'aide d'un jet d'eau pour nettoyer efficacement le sédiment. Le refus du tamis a été placé dans un bac à fond blanc avec l'ajout d'une petite quantité d'eau pour une meilleure visualisation des espèces. Ensuite, à l'aide d'une pince, les espèces ont été triées et séparées par embranchement (Mollusques, Crustacés, Polychètes, et Divers pour d'autres embranchements) dans des piluliers en verre déjà remplis à un quart de formol dilué à 10 %. Une fois le tri terminé, nous avons procédé à l'identification des espèces en versant chaque pilulier dans une boîte de pétri et en examinant les détails de chaque espèce sous une loupe binoculaire et microscope optique. Des documents de systématiques nous ont permis d'identifier les différentes espèces en se basant sur les critères distincts de chaque embranchement (Fauvel, 1923) ; (Parenzan, 1974) ; (Riedl, 1991).

3.4 Résultats et discussion

Avant d'aborder les différents diagnostics, il convient de souligner l'importance des images satellitaires représentant les deux prélèvements effectués le 01 février et le 18 février 2024. L'image du 01 février illustre une surface aquatique relativement calme et claire en contraste avec celle du 18 février, où l'on observe une turbidité significative, notamment autour de la presqu'île de Sidi Fredj. Le 18 février, des vents de nord-ouest ont dirigé les rejets vers la plage ouest de Sidi Fredj, contribuant ainsi à cette turbidité accrue.

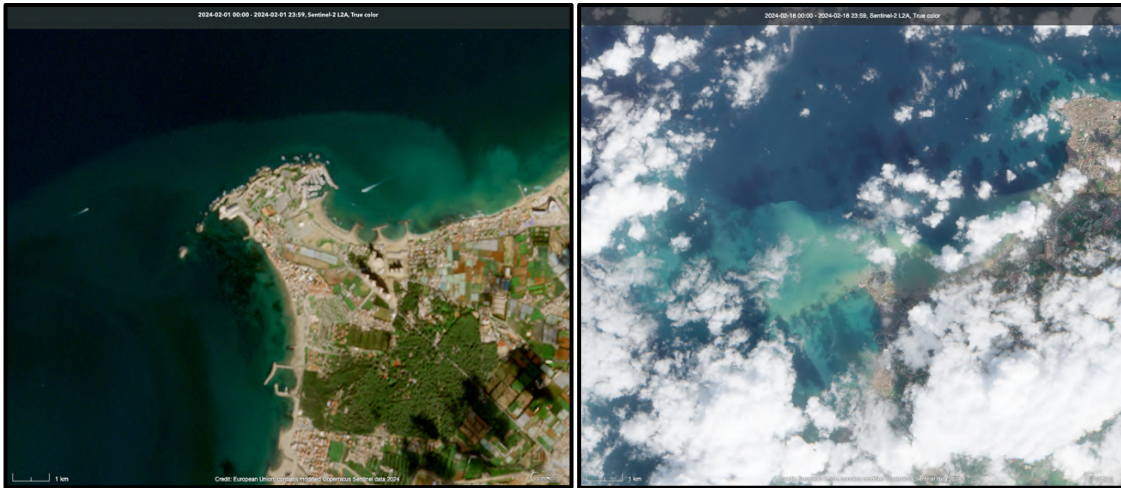


Figure 29: Image satellitaire de la région de Sidi Fredj (Gauche : 01/02/2024 ; Droite : 18/02/2024)

3.4.1 Diagnostic environnementale

- **Température**

Les données recueillies concernant la température affichent une moyenne de 16,75 °C, avec un écart type de 0,053.

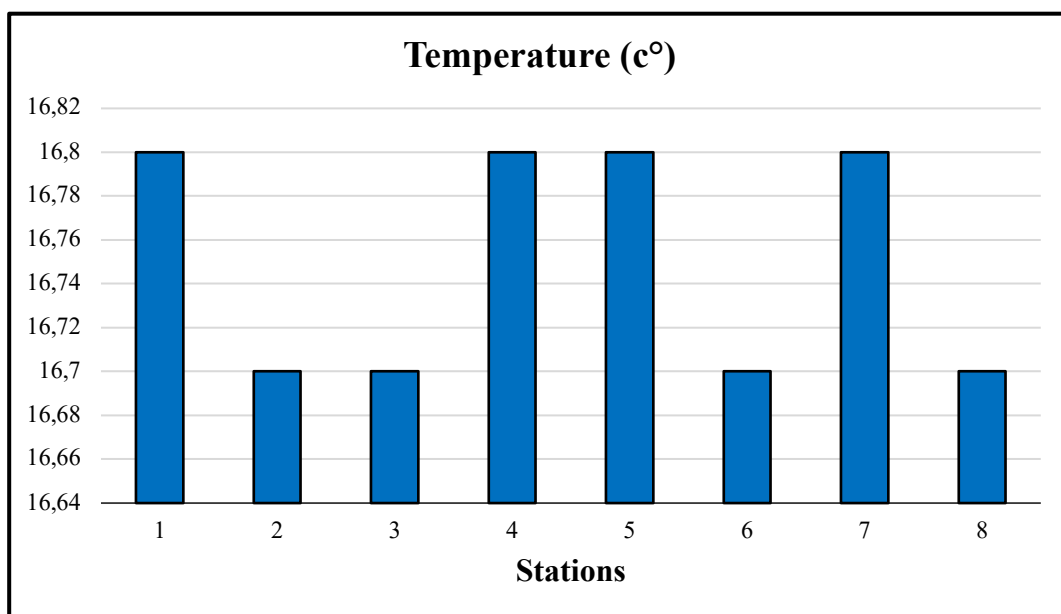


Figure 30: Variation de la température autour de l'îlot de Sidi Fredj

Les relevés de température effectués aux différentes stations ne révèlent pas de variations significatives. Dans l'ensemble, les températures enregistrées demeurent conformes aux attentes saisonnières de l'hiver, reflétant ainsi le régime thermique habituel de cette période.

- **Salinité**

Les prélèvements effectués révèlent une moyenne de salinité de 36,31 PSU, accompagnée d'un écart type de 0,30.

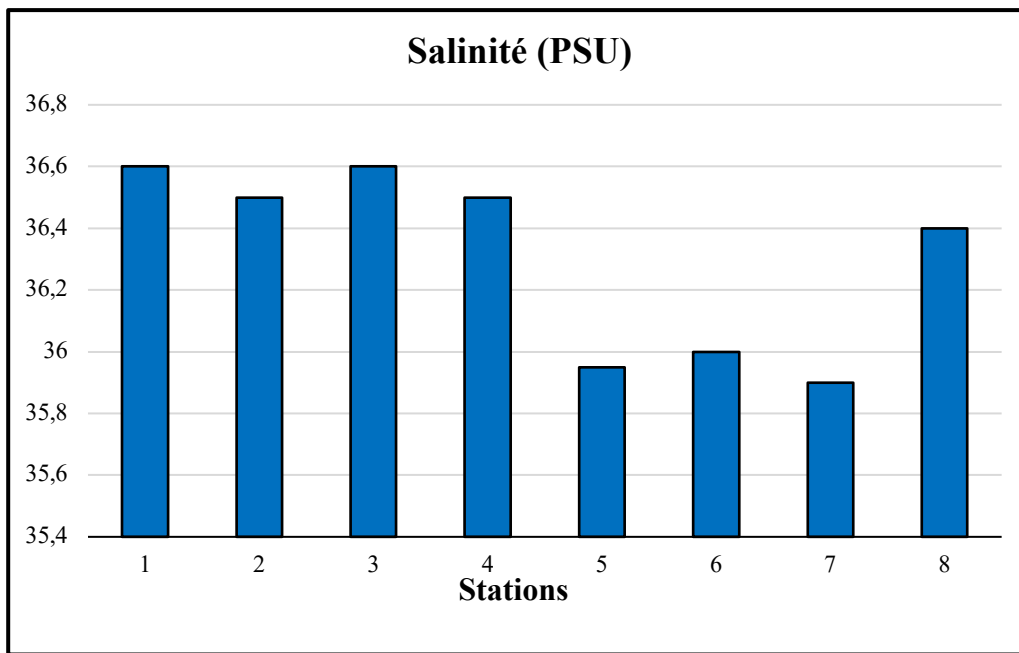


Figure 31: Variation de la salinité autour de l'ilot de Sidi Fredj

Aux abords des côtes méditerranéennes, la salinité usuelle oscille entre 36 et 37 PSU. Nos résultats sont conformes à cette norme établie. Toutefois, il est à noter que les valeurs enregistrées pour les stations 5 et 7 manifestent une légère déviation à la baisse par rapport à cette plage attendue soit moins de 36 PSU. Cette variation pourrait être attribuée aux précipitations survenues juste antérieurement au moment du prélèvement des échantillons pour ces stations spécifiques.

- **Potentiel d'hydrogène**

Les relevés de pH effectués aux différentes stations présentent une moyenne de 7,95 avec un écart type de 0,023.

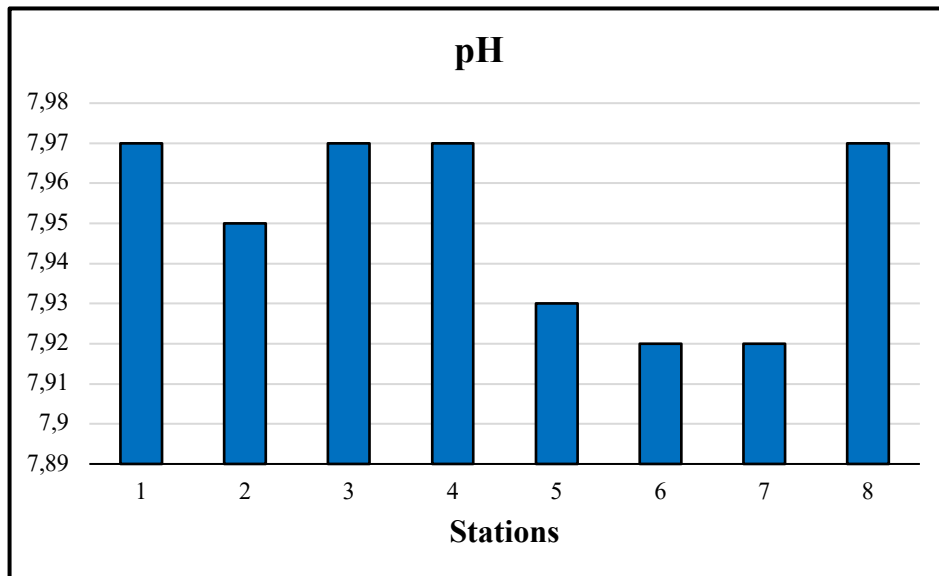


Figure 32: Variation du potentiel d'hydrogène autour de l'ilot de Sidi Fredj

Il est observé que les valeurs enregistrées [7,92- 7,93] pour les stations 5, 6 et 7 sont légèrement inférieures aux autres. Cette variation pourrait être attribuée aux conditions météorologiques, notamment à des précipitations intenses antérieures aux prélèvements effectués dans ces trois stations.

- **Matière en suspension**

Les concentrations en matières en suspension (MES) présentent une moyenne de 10,68 mg/l, avec un écart type de 2,27 (fig.33)

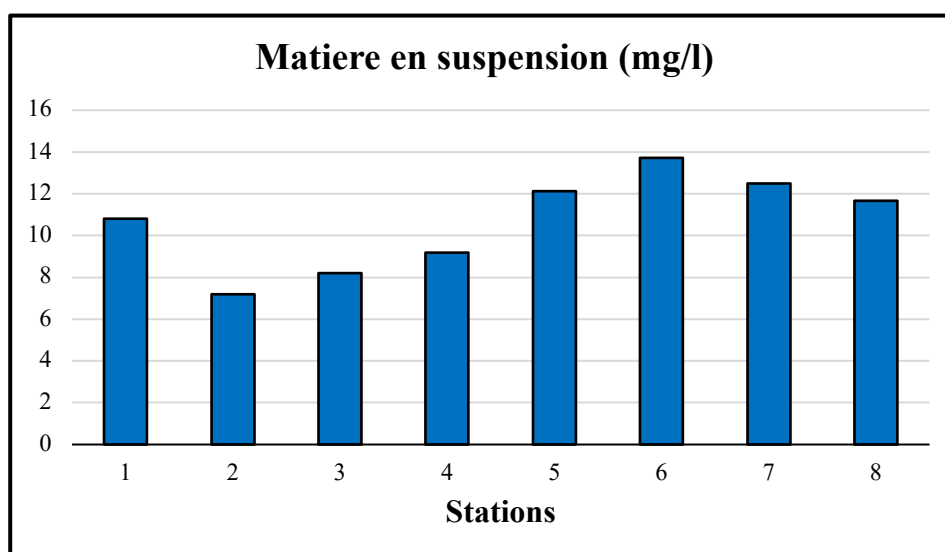


Figure 33: Variation de la matière en suspension autour de l'ilot de Sidi Fredj

Il est observé que les stations 2, 3 et 4 affichent des niveaux de matières en suspension n'excédant pas les 10 mg/l. Ce phénomène étant attribuable à une faible turbidité et à une bonne transparence des eaux de surface. En revanche, les stations 1 et 8 présentent des valeurs relativement élevées, en raison d'une turbidité légèrement plus marquée, associée à la présence de macrodéchets tels que des macro-plastiques, des roues de voiture, des tissus, et autres, remarqués au niveau des substrats peu profonds. Les stations 5, 6 et 7 enregistrent les concentrations les plus élevées en matières en suspension, attribuables à des courants forts, à une agitation prononcée et aux précipitations qui ont précédé les prélèvements dans ces zones.

- **Matière Organique**

La matière organique a été évaluée sur les stations 2, 3, 4 et 8, car les autres stations présentent des fonds rocheux non propices à des prélèvements de sédiments (Fig.34)

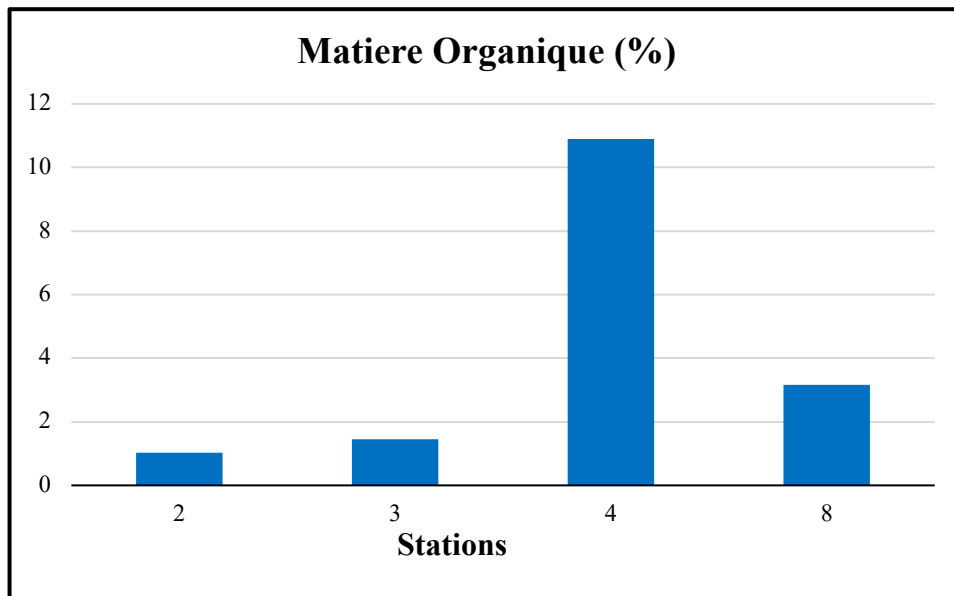


Figure 34: Variation de la matière organique autour de l'ilot de Sidi Fredj

Les résultats révèlent une moyenne de 4,13 %, accompagnée d'un écart type de 4,60. La station 4 affiche la valeur la plus élevée soit 11,66 %, en raison de la nature du sédiment composé de sable grossier contenant des débris de mollusques et de crustacés (balanes). Les stations présentant les valeurs les moins importantes sont les stations 2 et 3, caractérisées par une fraction de sédiment plus grossière, comprenant du gravier et de gros rochers pour la station 2, et du gravier grossier et fin pour la station 3. Quant à la station 8, elle se distingue par un sédiment sableux grossier, agrémenté de petites coquilles de mollusques et de tests d'échinodermes.

• **Carbone, Hydrogène, Azote et Soufre totale**

Les concentrations de carbone, d'hydrogène, d'azote et de soufre ont été déterminées aux stations 2, 3, 4 et 8 (fig.35)

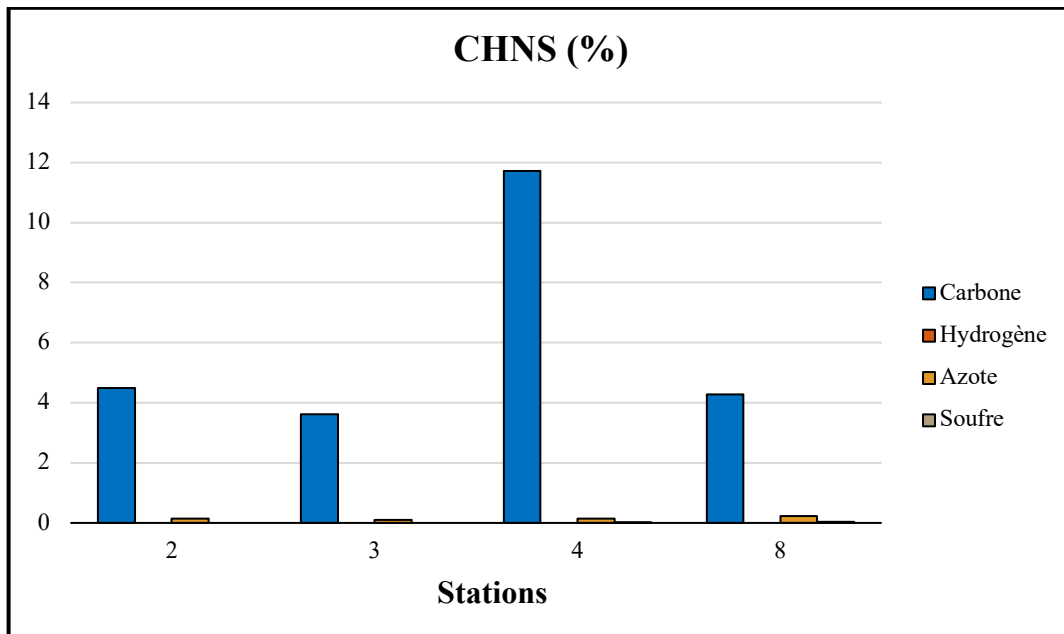


Figure 35: Variation du carbone, hydrogène, azote et soufre autour de l'îlot de Sidi Fredj

Pour le carbone, la concentration moyenne observée est de 3,81 %, avec un écart type de 6,03. Concernant l'azote, la moyenne s'établit à 0,15 %, accompagnée d'un écart type de 0,04. Pour le soufre, la moyenne est de 0,012 % et l'écart type est de 0,018. Aucune trace d'hydrogène n'a été détectée dans les échantillons analysés.

Il est à noter que la station 4 présente la concentration la plus élevée de carbone. Par ailleurs, les concentrations maximales d'azote et de soufre ont été enregistrées à la station 8.

● **Métaux lourds**

La mesure des métaux lourds a été évaluée au niveau des stations 2, 3, 4 et 8 afin de connaître le taux de contamination du milieu. Les résultats sont représentés par la figure 36.

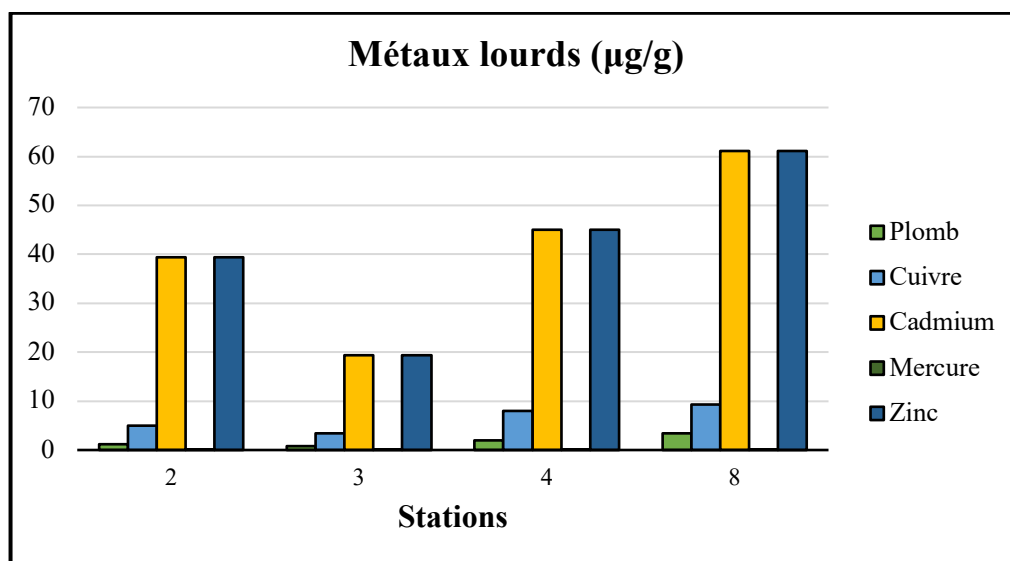


Figure 36: Variation des métaux lourds autour de l'îlot de Sidi Fredj

Lors de cette analyse, cinq métaux ont été pris en considération, à savoir le Plomb, le Cuivre, le Cadmium, le Mercure et le Zinc. Les résultats obtenus mettent en évidence que la station 8 présente les concentrations les plus élevées en métaux lourds. Les stations 4 et 2 affichent des résultats similaires, tandis que la station 3 présente le niveau de contamination le plus bas.

Pour évaluer ces résultats, les moyennes et les écarts ont été comparés aux valeurs des fonds géochimiques telles que définies par Taylor et McLennan (1985-1995) et Claisse et Raffin (1994).

Tableau 12: Résultats des métaux lourds et indices de pollutions

Nom	Fonds géochimiques (µg/g)				
	Pb	Cu	Cd	Zn	Hg
Valeurs fonds géochimiques	17	25	0,1	71	0,092
Moyenne obtenue (Présente étude)	1,87±1,16	6,42±2,69	0,13±0,07	41,20±17,21	0,09±0,03
Facteur de contamination (CF)	0,11	0,26	1,35	0,58	1,02
Indice de charge polluante (PLI)	0,468				

Enfin et afin de mieux apprécier l'état du milieu, nous avons calculé le facteur de contamination (Tableau 12) , qui indique une absence de pollution pour le Plomb, le Cuivre et le Zinc. En revanche, une pollution modérée est observée pour le Cadmium et le Mercure, car leurs valeurs se situent entre 1 et 3. Par ailleurs, l'indice de charge polluante confirme l'absence de pollution par les métaux lourds sur le site de Sidi Fredj, avec une valeur inférieure à 1.

- **Sels nutritifs**

Les sels nutritifs du milieu insulaire de Sidi Fredj ont été calculer et discuter (fig.37) ci-dessous :

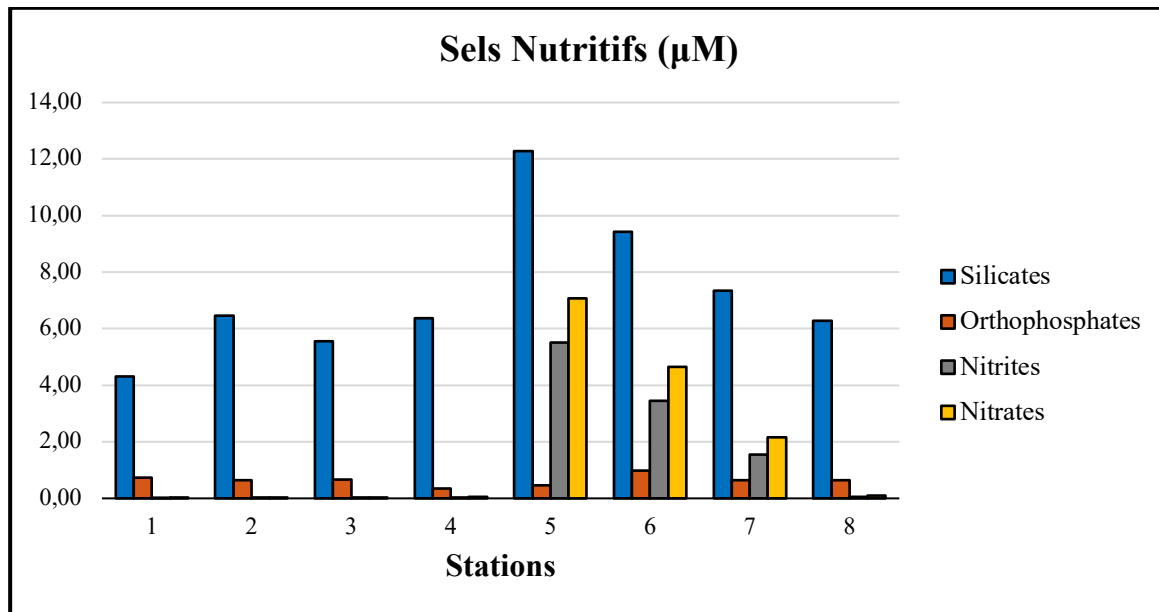


Figure 37: Variation des sels nutritifs autour de l'ilot de Sidi Fredj

a) Les nitrates (NO_3^-)

Les concentrations de nitrates obtenues pour l'ensemble des stations affichent une moyenne de $1,77 \mu\text{mol/l}$, avec un écart type de $2,71$. Les stations 5, 6 et 7 se distinguent par des valeurs particulièrement élevées, notamment la station 5, qui enregistre la valeur maximale. Cette observation pourrait être attribuée à une intense oxydation bactérienne des nitrites, favorisant leur accumulation, comme mentionné par (Geoffroy, 2008). En revanche, les concentrations relevées dans les autres stations sont nettement plus faibles, suggérant une activité photosynthétique intense et une régénération bactérienne limitée.

b) Les nitrites (NO_2^-)

Les concentrations de nitrites enregistrées pour les différentes stations présentent une moyenne de $1,34 \mu\text{mol/l}$, avec un écart-type de $2,09$. Les stations 5, 6 et 7 se distinguent par les concentrations les plus élevées parmi l'ensemble des sites d'échantillonnage. En particulier, la station 5 demeure celle affichant la plus forte concentration en nitrites, phénomène possiblement attribuable à la réduction des nitrates ou à l'oxydation de l'ammonium par des processus microbiens. Quant aux autres stations, elles présentent des concentrations très faibles, inférieures à $1 \mu\text{mol/l}$.

c) Les orthophosphates (PO_4^{3-})

Les concentrations en orthophosphates présentent une moyenne de $0,64 \mu\text{mol/l}$, avec un écart-type de $0,19$. Les valeurs observées sont généralement assez homogènes, bien que la station 6 affiche la valeur maximale. Cette observation pourrait être attribuée à la proximité de la station avec les rejets de la thalassothérapie. Il convient de noter que les concentrations en orthophosphates sont influencées par les rejets domestiques ainsi que par les lessivages des terres cultivées (Keraghel, 2022).

d) Les silicates (SiO_2)

Les mesures des concentrations en silicates dévoilent une moyenne de $7,25 \mu\text{mol/l}$ et un écart-type de $2,51$. Les stations 5 et 6 se distinguent par des valeurs particulièrement élevées, notamment la station 5 qui affiche la valeur maximale. Cette observation pourrait être attribuée aux apports côtiers, aux rejets, ou encore à la dissolution des tests siliceux. En revanche, les autres stations présentent des concentrations ne dépassant pas la moyenne. Il est possible que ces résultats soient expliqués par une forte consommation de silicates par les diatomées, entraînant ainsi une baisse des concentrations observées.

3.4.2 Diagnostic microbiologique

Un diagnostic microbiologique a été réalisé au niveau du milieu insulaire de Sidi Fredj, les résultats sont représentés ci-dessous :

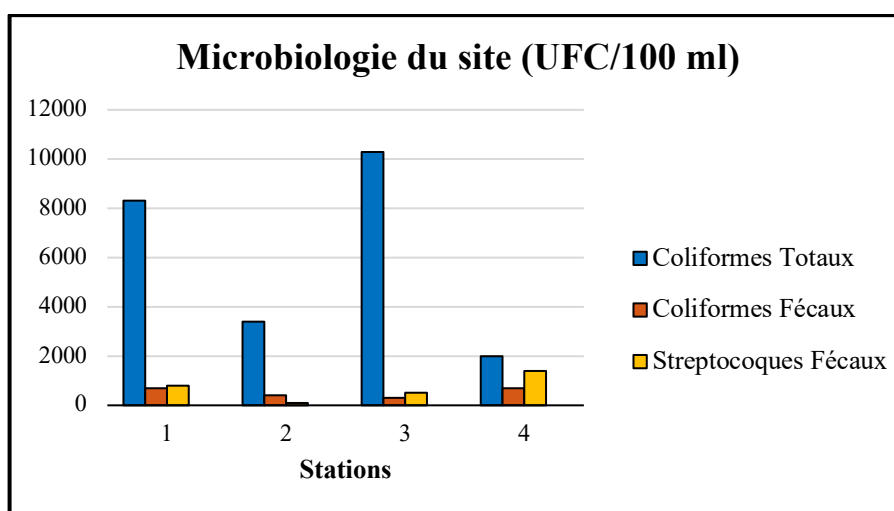


Figure 38: Variation des coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux autour de l'îlot de Sidi Fredj

- **Coliformes totaux et fécaux**

Les résultats des analyses révèlent des concentrations moyennes en coliformes totaux dans les échantillons d'eau de mer oscillant entre 2000 et 10300 UFC/100 ml. C'est valeurs sont à la fois au-dessus des valeurs préconisées par les normes algériennes de 500 UFC/100 ml et la limite maximale admise de 10000 UFC/100 ml. Il est à noter que la station 3 a enregistré la concentration maximale, dépassant cette dernière limite. De manière similaire, les concentrations en coliformes fécaux, variant entre 300 et 700 UFC/100 ml, excèdent la norme guide de 100 UFC/100 ml ainsi que la valeur maximale de 1000 UFC/100 ml. Les stations 1 et 4 présentent les concentrations les plus élevées en coliformes fécaux.

- **Enterococcaceae**

La présence de streptocoques fécaux dans les eaux de surface de toutes les stations atteint ou dépasse la valeur guide de 100 SF UFC/100 ml, avec la station 4 enregistrant la charge la plus élevée, atteignant 1400 SF UFC/100 ml. Conformément aux observations de Djahnit et al. (2023), les streptocoques fécaux se révèlent être des indicateurs fiables de la contamination fécale, en raison de leur robustesse dans le milieu marin.

- **Enterobacteriaceae**

Les résultats des analyses initiales sur milieu sélectif SS suggéraient la possible présence de salmonelles dans les échantillons provenant des stations 2, 3 et 4, caractérisée par l'observation de colonies transparentes avec un centre noir.

Cependant, après purification et une série d'analyses complémentaires incluant les tests de Gram, de catalase, TSI et l'identification par la galerie API 20E, il a été conclu que les micro-organismes en question ne correspondaient pas à des salmonelles mais à l'espèce *Raoultella ornithinolytica*.

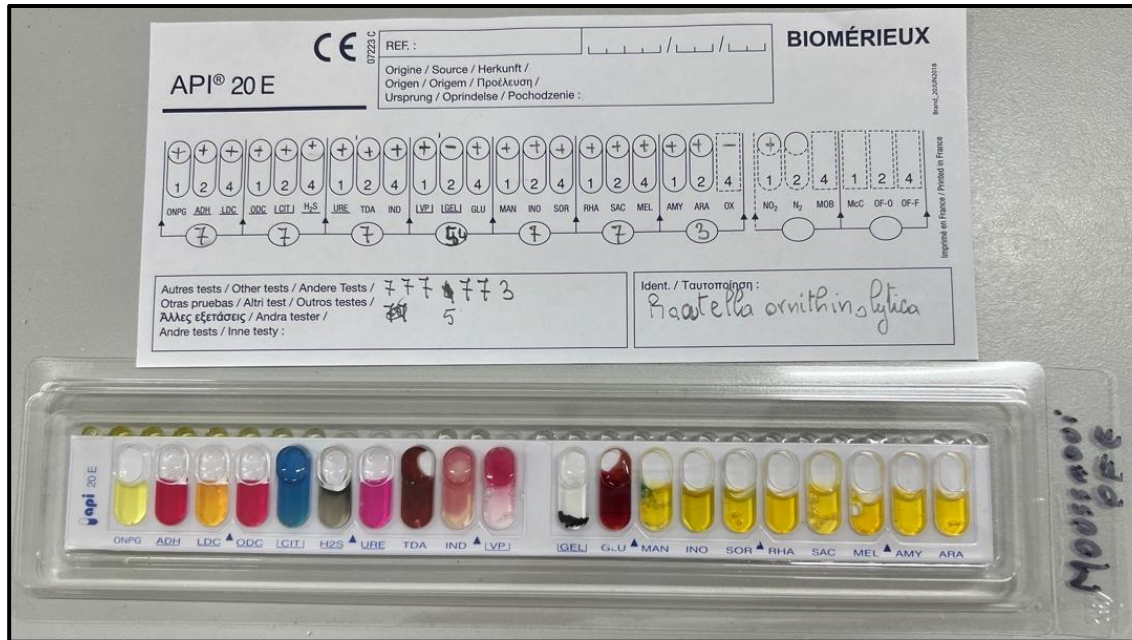


Figure 39: Résultats de la galerie API 20E

Conformément aux informations provenant du Centre Toulousain pour le Contrôle de Qualité en Biologie Clinique, cette bactérie démontre des propriétés pyogènes et est principalement impliquée dans des infections opportunistes. Son potentiel pathogène est jugé similaire à celui de *Klebsiella pneumoniae* et *Klebsiella oxytoca*, engendrant diverses pathologies telles que des infections broncho-pulmonaires, intra-abdominales, des surinfections de plaies, des infections urinaires, ainsi que des septicémies.

Les caractères de la souche sont décrits sur le tableau ci-dessous :

Tableau 13: Caractéristiques de la souche *Raoultella ornithinolytica*

Isolat	Source	Aspect	Forme	Gram	Catalase	Oxydase	TSI	Uréase
<i>Raoultella ornithinolytica</i>	Eau (S3)	Colonies, transparente a centre noir	Bacile	-	+	-	Pente rouge, culot jaune, Pas de Gaz, Pas d'H2S	+

En somme, ces constatations suggèrent une perturbation et une pollution significative de l'environnement marin, dépassant les normes établies pour les paramètres évalués.

3.4.3 Diagnostic écologique, biodiversité et inventaire

Après avoir identifier les espèces récoltées au niveau des stations prélevées et des plongées réalisées autour de l'îlot de Sidi Fredj, nous avons obtenu les résultats suivants :

- **Biodiversité et inventaire**

Nous avons recensé un nombre total de 160 espèces sur les cinq stations de substrat meuble prélevé avec 708 individus identifiés. La présente étude compte au total 67 espèces de mollusques gastéropodes, 35 espèces de mollusques bivalves, 2 espèces de mollusques scaphopodes, 20 espèces d'arthropodes malacostracés, 4 espèces d'arthropodes thecostracés, 29 espèces de polychètes annélides, 2 espèces d'échinodermes et 1 espèce de cnidaires.

Ce nombre d'espèces est reparti en : 29 Ordres, 72 Familles et 118 Genres

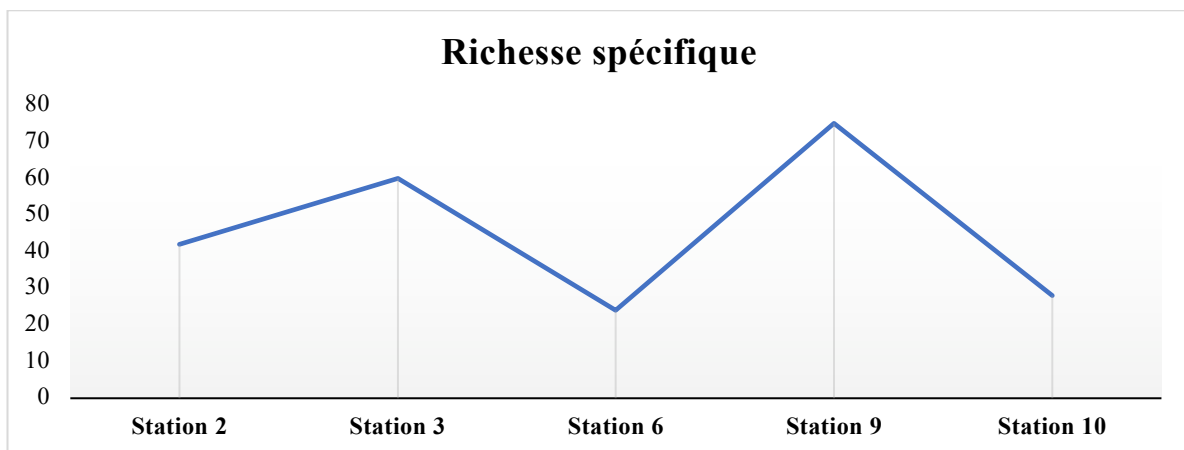


Figure 40: Richesse spécifique aux différentes stations prospectées autour de l'îlot de Sidi Fredj

La station 9, proche de thalassothérapie (tableau 14) représente le nombre le plus important d'espèces par rapport à l'ensemble des autres stations, soit 75 espèces.

Nous pouvons remarquer la présence d'espèces indicatrices de pollution au niveau des stations 6 et 9 comme *Cirriiformia tentaculata*, *Cirratulus cirratus* et *Capitella capitata* avec une densité totale de 5 individus. La présence de ces espèces confirme les taux élevés en matière organique et la charge bactérienne importante constatée lors de l'étude environnementale du milieu.

L'inventaire des espèces identifiées est réalisé pour chaque station sur les tableaux ci-dessous :

Tableau 14: Coordonnées géographiques des stations de prélèvement

Nom de la station	Coordonnées X	Coordonnées Y
Station 2	2°50'7.11"E	36°45'32.14"N
Station 3	2°50'7.11"E	36°45'30.08"N
Station 6	2°50'7.11"E	36°45'33.21"N
Station 9	2°50'12"E	36°45'39"N
Station 10	2°50'09"E	36°45'32"N

Tableau 15: Liste des espèces récoltées à la station 2

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce			
Annelida	Polychaeta	/	Orbiniidae	Orbinia	<i>Orbinia latreillii</i>			
		Eunicida	Onuphidae	Aponuphis	<i>Aponuphis bilineata</i>			
		Phyllodocida	Nereididae	Platynereis	<i>Platynereis coccinea</i>			
			Phyllodocidae	Eulalia	<i>Eulalia bilineata</i>			
		Spionida	Spionidae	Aonides	Pseudomystides	<i>Pseudomystides limbata</i>		
					Aonides	<i>Aonides oxycephala</i>		
		Terebellida	Cirratulidae	Chaetozone	<i>Chaetozone setosa</i>			
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Argissidae	Argissa	<i>Argissa sp.</i>			
			Maeridae	Elasmopus	<i>Elasmopus affinis</i>			
	Thecostraca	Balanomorpha	Balanidae	Perforatus	<i>Perforatus perforatus</i>			
Mollusca	Bivalvia	Arcida	Arcidae	Arca	<i>Arca noae</i>			
				Anadara	<i>Anadara gibbosa</i>			
				Tetrarca	<i>Tetrarca tetragona</i>			
		Cardiida	Cardiidae	Glycymerididae	Glycymeris	<i>Glycymeris glycymeris</i>		
				Donacidae	Donax	<i>Donax trunculus</i>		
				Papillicardium	Papillicardium	<i>Papillicardium papillosum</i>		
		Parvicardium	<i>Parvicardium exiguum</i>					
		Carditida	Carditidae	Cardita	<i>Cardita calyculata</i>			
		Nuculida	Nuculidae	Nucula	Nucula	<i>Nucula nucleus</i>		
		Pectinida	Pectinidae	Mimachlamys	<i>Mimachlamys varia</i>			
		Venerida	Veneridae	Venus	Venus	<i>Venus verrucosa</i>		
						<i>Venus casina</i>		
	Mesodesmatidae			Donacilla	<i>Donacilla cornea</i>			
	Mactridae			Mactrinula	<i>Mactrinula sp.</i>			
	Gastropoda	/	Pyramidellidae	Eulimella	<i>Eulimella ventricosa</i>			
					Parthenina	<i>Parthenina monozona</i>		
		Caenogastropoda incertae sedis	Cerithiidae	Cerithium	Cerithium	<i>Cerithium vulgatum</i>		
						Cerithiopsisidae	Cerithiopsis	<i>Cerithiopsis tubercularis</i>
		Lepetellida	Fissurellidae	Diodora	<i>Diodora graeca</i>			
		Littorinimorpha	Naticidae	Natica	Natica	<i>Natica pseustes</i>		
						Rissoidae	Alvania	<i>Alvania cimicoides</i>
								<i>Alvania lanciae</i>
					<i>Alvania lineata</i>			
Neogastropoda		Muricidae	Hirtomurex	<i>Hirtomurex sp.</i>				
Trochida		Calliostomatidae	Calliostoma	Calliostoma	<i>Calliostoma purpureum</i>			
					<i>Calliostoma zizyphinum</i>			
	Tristichotrochus				<i>Tristichotrochus unicus</i>			
	Phasianellidae	Tricolia	<i>Tricolia pullus</i>					
	Trochidae	Trochidae	Gibbula	Gibbula	<i>Gibbula drepanensis</i>			
Steromphala					<i>Steromphala umbilicalis</i>			

Tableau 16: Liste des espèces récoltées à la station 3

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce
Annelida	Polychaeta	/	Capitellidae	Notomastus	<i>Notomastus latericeus</i>
		Phyllodocida	Glyceridae	Glycera	<i>Glycera capitata</i>
			Nephtyidae	Nephtys	<i>Nephtys caeca</i>
			Nereididae	Hediste	<i>Hediste diversicolor</i>
			Phyllodocidae	Phyllodoce	<i>Phyllodoce maculata</i>
		Terebellida	Cirratulidae	Caulleriella	<i>Caulleriella alata</i>
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Caprellidae	Phtisica	<i>Phtisica marina</i>
		Decapoda	Thoridae	Eualus	<i>Eualus sp.</i>
	Thecostraca	Balanomorpha	Balanidae	Perforatus	<i>Perforatus perforatus</i>
Mollusca	Bivalvia	Arcida	Arcidae	Anadara	<i>Anadara gibbosa</i>
				Arca	<i>Arca noae</i>
			Glycymerididae	Glycymeris	<i>Glycymeris glycymeris</i>
		Cardiida	Cardiidae	Papillicardium	<i>Papillicardium minimum</i>
					<i>Papillicardium papillosum</i>
				Parvicardium	<i>Parvicardium exiguum</i>
			Tellinidae	Moerella	<i>Moerella distorta</i>
				<i>Moerella pulchella</i>	
				Oudardia	<i>Oudardia compressa</i>
		Carditida	Carditidae	Cardita	<i>Cardita calyculata</i>
		Lucinida	Lucinidae	Myrtea	<i>Glans trapezia</i>
					<i>Myrtea spinifera</i>
		Mytilida	Mytilidae	Mytilus	<i>Mytilus edulis</i>
					<i>Mytilus galloprovincialis</i>
		Nuculida	Nuculidae	Nucula	<i>Nucula nucleus</i>
	Pectinida	Anomiidae	Pododesmus	<i>Pododesmus patelliformis</i>	
	Venerida	Mactridae	Mactra	<i>Mactra sp.</i>	
			Spisula	<i>Spisula subtruncata</i>	
		Veneridae	Venus	<i>Venus verrucosa</i>	
	Gastropoda	/	Pyramidellidae	Parthenina	<i>Parthenina juliae</i>
		Caenogastropoda incertae sedis	Cerithiidae	Turbonilla	<i>Turbonilla acuta</i>
				Bittium	<i>Bittium lactescens</i>
				<i>Bittium reticulatum</i>	
		Cerithiopsis	Cerithiopsidae	Pirenella	<i>Cerithiopsis tubercularis</i>
					<i>Pirenella conica</i>
		Lepetellida	Fissurellidae	Diodora	<i>Diodora gibberula</i>
					<i>Diodora graeca</i>
		Littorinimorpha	Rissoidae	Alvania	<i>Alvania cimex</i>
					<i>Alvania discors</i>
				Rissoa	<i>Alvania lineata</i>
Neogastropoda		Columbellidae	Mitrella	<i>Rissoa membranacea</i>	
				Conus	<i>Mitrella scripta</i>
				Gibberula	<i>Conus ventricosus</i>
				Bela	<i>Gibberula miliaria</i>
	<i>Bela nebula</i>				
	Villiersiella			<i>Bela oceanica</i>	
Marginellidae	Volvarina	<i>Villiersiella attenuata</i>			
Raphitomidae	Raphitoma	<i>Volvarina mitrella</i>			
Trochida	Calliostomatidae	Calliostoma	<i>Raphitoma pupoides</i>		
			<i>Calliostoma conulus</i>		
			<i>Calliostoma granulatum</i>		
					<i>Calliostoma zizyphinum</i>

Chapitre 3

			Phasianellidae	Tricolia	<i>Tricolia pullus</i>
					<i>Tricolia tenuis</i>
			Trochidae	Gibbula	<i>Gibbula ardens</i>
				Phorcus	<i>Phorcus turbinatus</i>
				Steromphala	<i>Steromphala umbilicalis</i>
	Scaphopoda	Dentaliida	Dentaliidae	Antalis	<i>Antalis vulgaris</i>
				Fustiariidae	Fustiaria	Fustiaria rubescens

Tableau 17: Liste des espèces récoltées à la station 6

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce
Annelida	Polychaeta	/	Capitellidae	Capitella	<i>Capitella capitata</i>
		/	Opheliidae	Ophelia	<i>Ophelia neglecta</i>
		Eunicida	Lumbrineridae	Lumbrineris	<i>Lumbrineris latreilli</i>
		Phyllodocida	Glyceridae	Glycera	<i>Glycera capitata</i>
			Hesionidae	Syllidia	<i>Syllidia armata</i>
			Nephtyidae	Nephtys	<i>Nephtys caeca</i>
Spionida	Spionidae	Aonides	<i>Aonides oxycephala</i>		
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Argissidae	Argissa	<i>Argissa hamatipes</i>
			Caprellidae	Caprella	<i>Caprella mitis</i>
			Ischyroceridae	Centraloecetes	<i>Centraloecetes kroyeranus</i>
		Cumacea	Bodotriidae	Iphinoe	<i>Iphinoe inermis</i>
				Vaunthompsonia	<i>Vaunthompsonia cristata</i>
Mollusca	Bivalvia	Cardiida	Cardiidae	Cerastoderma	<i>Cerastoderma edule</i>
				Papillicardium	<i>Papillicardium minimum</i>
				Parvicardium	<i>Parvicardium exiguum</i>
	Venerida	Mactridae	Spisula	<i>Spisula subtruncata</i>	
	Gastropoda	Cycloneritida	Neritidae	Smaragdia	<i>Smaragdia viridis</i>
		Caenogastropoda incertae sedis	Cerithiidae	Bittium	<i>Bittium lactescens</i>
		Littorinimorpha	Rissoidae	Alvania	<i>Alvania discors</i>
		Neogastropoda	Mangeliidae	Bela	<i>Bela nebula</i>
				Villiersiella	<i>Villiersiella attenuata</i>
				Nassariidae	Tritia	Tritia pellucida
Trochida	Trochidae	Gibbula	<i>Gibbula ardens</i>		

Tableau 18: Liste des espèces récoltées à la station 9

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce
Annelida	Polychaeta	/	Capitellidae	Heteromastus	<i>Heteromastus filiformis</i>
		Eunicida	Dorvilleidae	Protodorvillea	<i>Protodorvillea kefersteini</i>
			Eunicidae	Eunice	<i>Eunice vittata</i>
		Phyllodocida	Glyceridae	Glycera	<i>Glycera capitata</i>
			Nereididae	Neanthes	<i>Neanthes acuminata</i>
		Spionida	Spionidae	Aonides	<i>Aonides oxycephala</i>
		Terebellida	Cirratulidae	Cirratulus	<i>Cirratulus cirratus</i>
Cirriformia	<i>Cirriformia tentaculata</i>				
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Caprellidae	Caprella	<i>Caprella equilibra</i>
					<i>Caprella grandimana</i>
					<i>Caprella mitis</i>
					<i>Caprella rapax</i>
			Phtisica	<i>Phtisica marina</i>	
			Gammaridae	Gammarus	<i>Gammarus aequicauda</i>
			Isaeidae	Isaea	<i>Isaea montagui</i>
	Liljeborgiidae	Liljeborgia	<i>Liljeborgia pallida</i>		
	Decapoda	Pinnotheridae	Pinnotheres	<i>Pinnotheres pisum</i>	
	Thecostraca	Balanomorpha	Balanidae	Balanus	<i>Balanus trigonus</i>
					<i>Balanus crenatus</i>
Megabalanus				<i>Megabalanus tintinnabulum</i>	
Perforatus	<i>Perforatus perforatus</i>				
Cnidaria	Hexacorallia	Scleractinia	Dendrophylliidae	Astroides	<i>Astroides calycularis</i>
Echinodermata	Echinoidea	Echinolampadacea	Fibulariidae	Echinocyamus	<i>Echinocyamus pusillus</i>
	Ophiuroidea	Amphilepidida	Amphiuridae	Acrocnida	<i>Acrocnida brachiata</i>
Mollusca	Bivalvia	Arcida	Arcidae	Anadara	<i>Anadara gibbosa</i>
				Arca	<i>Arca noae</i>
				Striarca	<i>Striarca lactea</i>
				Tetrarca	<i>Tetrarca tetragona</i>
		Cardiida	Cardiidae	Papillicardium	<i>Papillicardium papillosum</i>
			Tellinidae	Moerella	<i>Moerella donacina</i>
		Carditida	Carditidae	Glans	<i>Glans trapezia</i>
		Mytilida	Mytilidae	Mytilus	<i>Mytilus edulis</i>
					<i>Mytilus galloprovincialis</i>
		Pectinida	Pectinidae	Mimachlamys	<i>Mimachlamys varia</i>
	Venerida	Mactridae	Spisula	<i>Spisula subtruncata</i>	
Veneridae		Chamelea	<i>Chamelea gallina</i>		
Gastropoda	/	Patellidae	Patella	<i>Patella caerulea</i>	
	/	Pyramidellidae	Turbonilla	<i>Turbonilla gradata</i>	
	/	Ringiculidae	Ringicula	<i>Ringicula conformis</i>	

Chapitre 3

	Caenogastropoda incertae sedis	Cerithiidae	Bittium	<i>Bittium glareosum</i>
				<i>Bittium reticulatum</i>
			Cerithium	<i>Cerithium vulgatum</i>
		Cerithiopsidae	Cerithiopsis	<i>Cerithiopsis tubercularis</i>
		Epitoniidae	Epitonium	<i>Epitonium clathratulum</i>
		Potamididae	Pirenella	<i>Pirenella conica</i>
	Lepetellida	Fissurellidae	Diodora	<i>Diodora graeca</i>
			Fissurella	<i>Fissurella nubecula</i>
		Haliotidae	Haliotis	<i>Haliotis tuberculata tuberculata</i>
	Littorinimorpha	Naticidae	Euspira	<i>Euspira nitida</i>
			Notocochlis	<i>Notocochlis dillwynii</i>
			Payraudeautia	<i>Payraudeautia intricata</i>
		Rissoidae	Alvania	<i>Alvania cimex</i>
				<i>Alvania lanciae</i>
		Rissoa	<i>Rissoa parva</i>	
	Neogastropoda	Columbellidae	Mitrella	<i>Mitrella coccinea</i>
		Conidae	Conus	<i>Conus ventricosus</i>
		Costellariidae	Pusia	<i>Pusia tricolor</i>
		Mangeliidae	Bela	<i>Bela nebula</i>
			Mangelia	<i>Mangelia striolata</i>
			Villiersiella	<i>Villiersiella attenuata</i>
		Muricidae	Muricopsis	<i>Muricopsis cristata</i>
			Ocinebrina	<i>Ocinebrina aciculata</i>
			Urosalpinx	<i>Urosalpinx cinerea</i>
Nassariidae	Tritia	<i>Tritia corrugata</i>		
Siphonariida	Siphonariidae	Siphonaria	<i>Siphonaria pectinata</i>	
Trochida	Calliostomatidae	Calliostoma	<i>Calliostoma conulus</i>	
			<i>Calliostoma zizyphinum</i>	
	Phasianellidae	Tricolia	<i>Tricolia tenuis</i>	
	Trochidae	Steromphala	Gibbula	<i>Gibbula ardens</i>
			Jujubinus	<i>Jujubinus striatus</i>
			<i>Steromphala albida</i>	
			<i>Steromphala cineraria</i>	
<i>Steromphala umbilicalis</i>				
<i>Steromphala varia</i>				

Tableau 19: Liste des espèces récoltées à la station 10

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	Nephtys	<i>Nephtys hombergii</i>
					<i>Nephtys paradoxa</i>
		Terebellida	Cirratulidae	Caulleriella	<i>Caulleriella alata</i>
					<i>Caulleriella bioculata</i>
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Argissidae	Argissa	<i>Argissa sp.</i>
			Lysianassidae	Lysianassa	<i>Lysianassa pilicornis</i>
		Cumacea	Bodotriidae	Bodotria	<i>Bodotria gibba</i>
					<i>Bodotria pulchella</i>
Mollusca	Bivalvia	Arcida	Glycymerididae	Glycymeris	<i>Glycymeris glycymeris</i>
		Cardiida	Cardiidae	Parvicardium	<i>Parvicardium pinnulatum</i>
			Tellinidae	Moerella	<i>Moerella pulchella</i>
			Donacidae	Donax	<i>Donax trunculus</i>
		Nuculida	Nuculidae	Nucula	<i>Nucula nucleus</i>
		Pectinida	Anomiidae	Anomia	<i>Anomia sp.</i>
		Venerida	Mactridae	Mactra	<i>Mactra glauca</i>
				Spisula	<i>Spisula subtruncata</i>
			Veneridae	Chamelea	<i>Chamelea gallina</i>
				Venus	<i>Venus sp.</i>
	Gastropoda	Caenogastropoda incertae sedis	Cerithiidae	Bittium	<i>Bittium lactescens</i>
			Turritellidae	Turritella	<i>Turritella terebra</i>
		Littorinimorpha	Rissoidae	Alvania	<i>Alvania cimex</i>
				<i>Alvania scabra</i>	
		Neogastropoda	Muricidae	Ocinebrina	<i>Ocinebrina aciculata</i>
				Orania	<i>Orania fusulus</i>
			Nassariidae	Tritia	<i>Tritia corrugata</i>
<i>Tritia pellucida</i>					
Raphitomidae	Cyrellia	<i>Cyrellia linearis</i>			

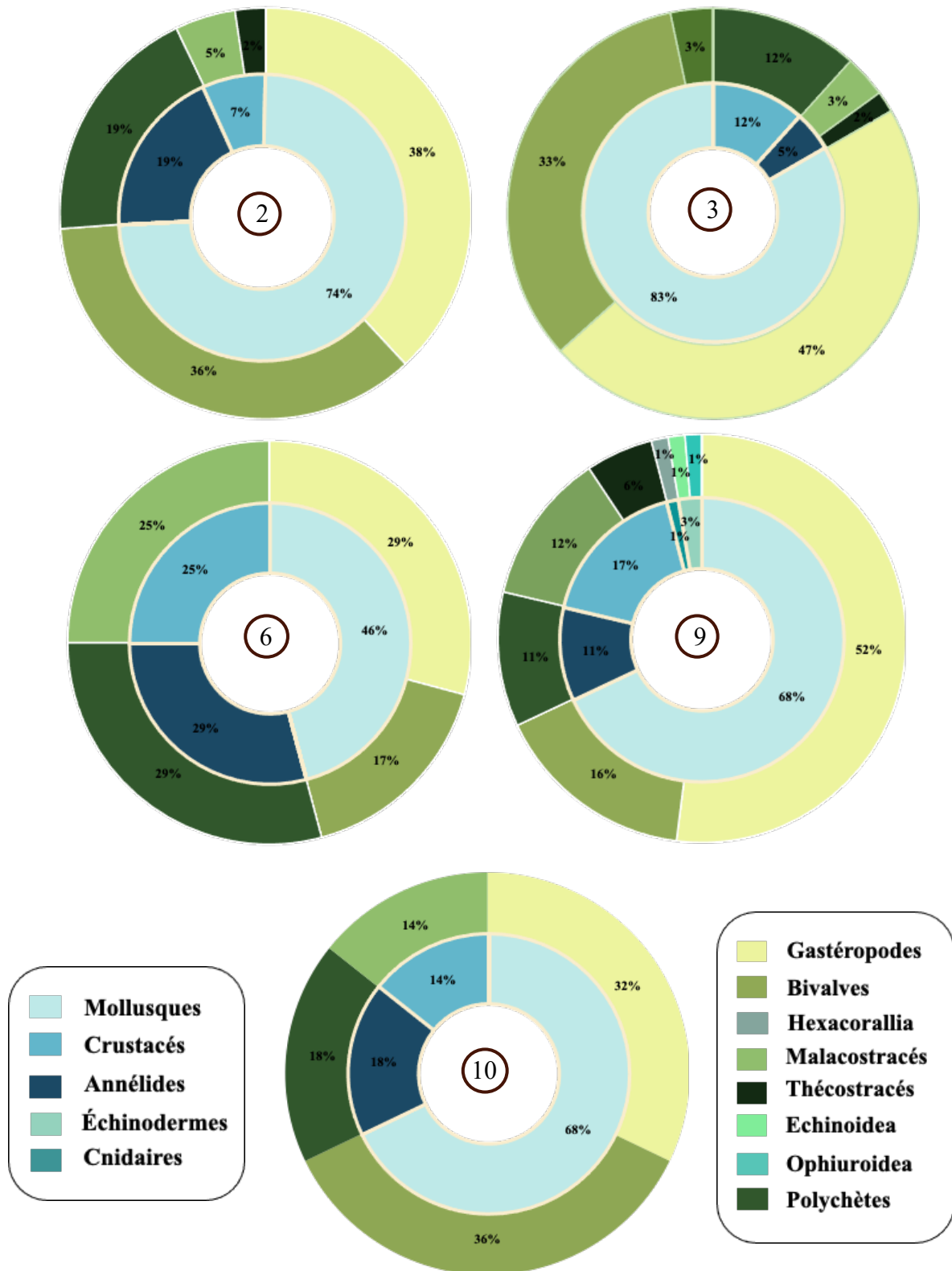


Figure 41: Proportion du macrozoobenthos sur les stations 2, 3, 6, 9 et 10

Les mollusques présentent la proportion la plus élevée dans la plupart des stations échantillonnées, avec une prédominance des gastéropodes suivis des bivalves.

Les annélides (polychètes) sont également présents, mais à un pourcentage moindre entre 5% et 29%, suivis des crustacés de 7% à 25%, représentés par les classes des malacostracés et des thécostracés.

D'autres phylums, tels que les échinodermes et les cnidaires, apparaissent exclusivement au niveau de la station 9. Des graphiques en anneaux détaillant les pourcentages sont présentés en (fig.41).

● **Indices biotiques**

Afin de connaître la qualité du milieu nous avons procédé au calcul d'indices biotiques comme l'indice de Shannon et Weaver (H') et l'indice d'équitabilité de Pielou (J').

Nous avons calculé ces indices pour les différentes stations étudiées afin de connaître l'état écologique du milieu. Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau 20 suivant :

Tableau 20: Résultats obtenus des indices biotiques autour de l'îlot de Sidi Fredj

Station	H'	État écologique	Classification de la pollution	J'	Commentaires
N°2	4,80	Bon	Zone de transition	0,891	-Peuplement en équilibre.
N°3	5,05	Très bon	Site de référence	0,855	
N°6	3,82	Moyen	Modérément pollué	0,832	-Distribution équitabile des espèces.
N°9	5,362	Très bon	Site de référence	0,861	
N°10	4,22	Bon	Zone de transition	0,877	

Nous pouvons conclure que l'environnement insulaire de Sidi Fredj est globalement en bon état. La station 6 a montré une pollution modérée. La station 2 et 10 présente un bon état écologique et constitue une zone de transition pour les espèces. Quant aux stations 3 et 9, elles représentent des sites de référence avec un excellent équilibre entre les espèces.

● **Panorama de la biodiversité insulaire de Sidi Fredj**

Afin de compléter les listes exhaustives obtenues sur les substrats meubles de la zone insulaire de Sidi Fredj, nous avons réalisé un panorama de quelques espèces retrouvées sur les substrats durs et dans le milieu pélagique.

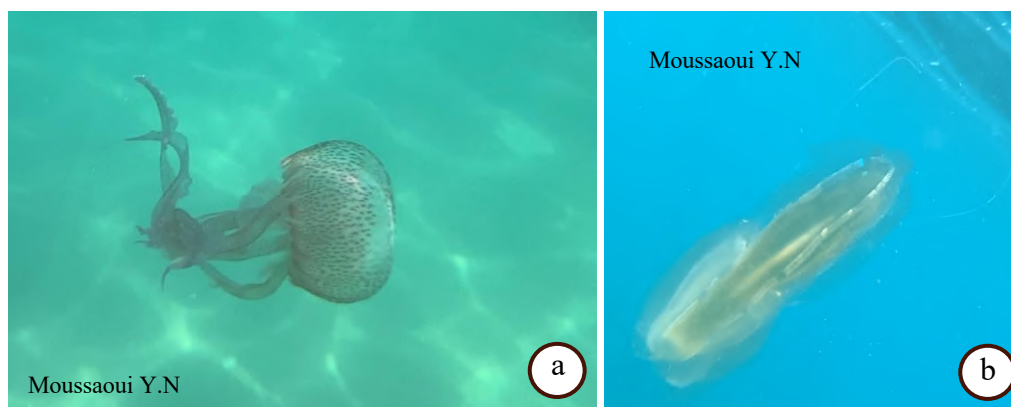


Figure 42: Espèces pélagiques rencontrés, a : *Pelagia noctiluca* (Méduse pélagique) ; b : *Leucothea multicornis*



Figure 43: Espèces récoltées et observées sur substrats durs, *a* : *Eunicella cavolini* ; *b* : *Eunicella singularis* ; *c* : *Astroides calycularis* ; *d* : *Botrylloides niger* ; *e* : *Hamigera hamigera* ; *f* : *Dardanus calidus* accompagné de l'anémone *Calliactis parasitica*

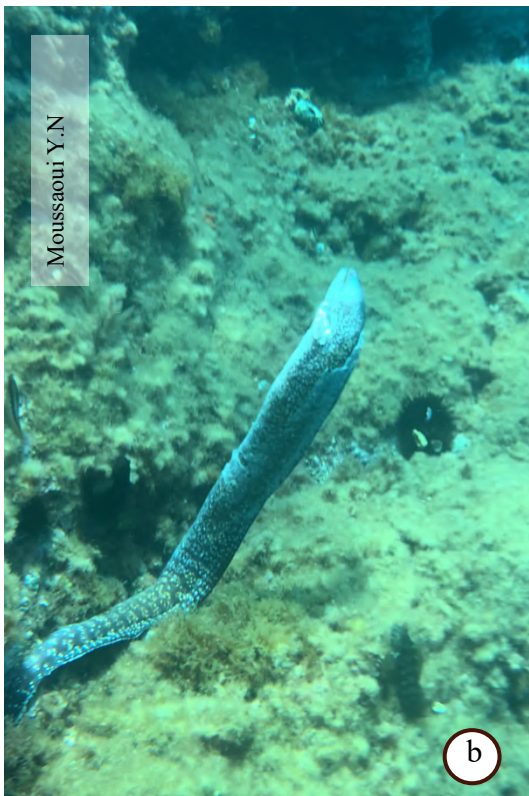


Figure 44: Espèces ichthyologiques récoltés et observés, *a* : *Bothus* sp. ; *b* : *Muraena helena* ; *c* : rassemblement de *Thalassoma pavo*

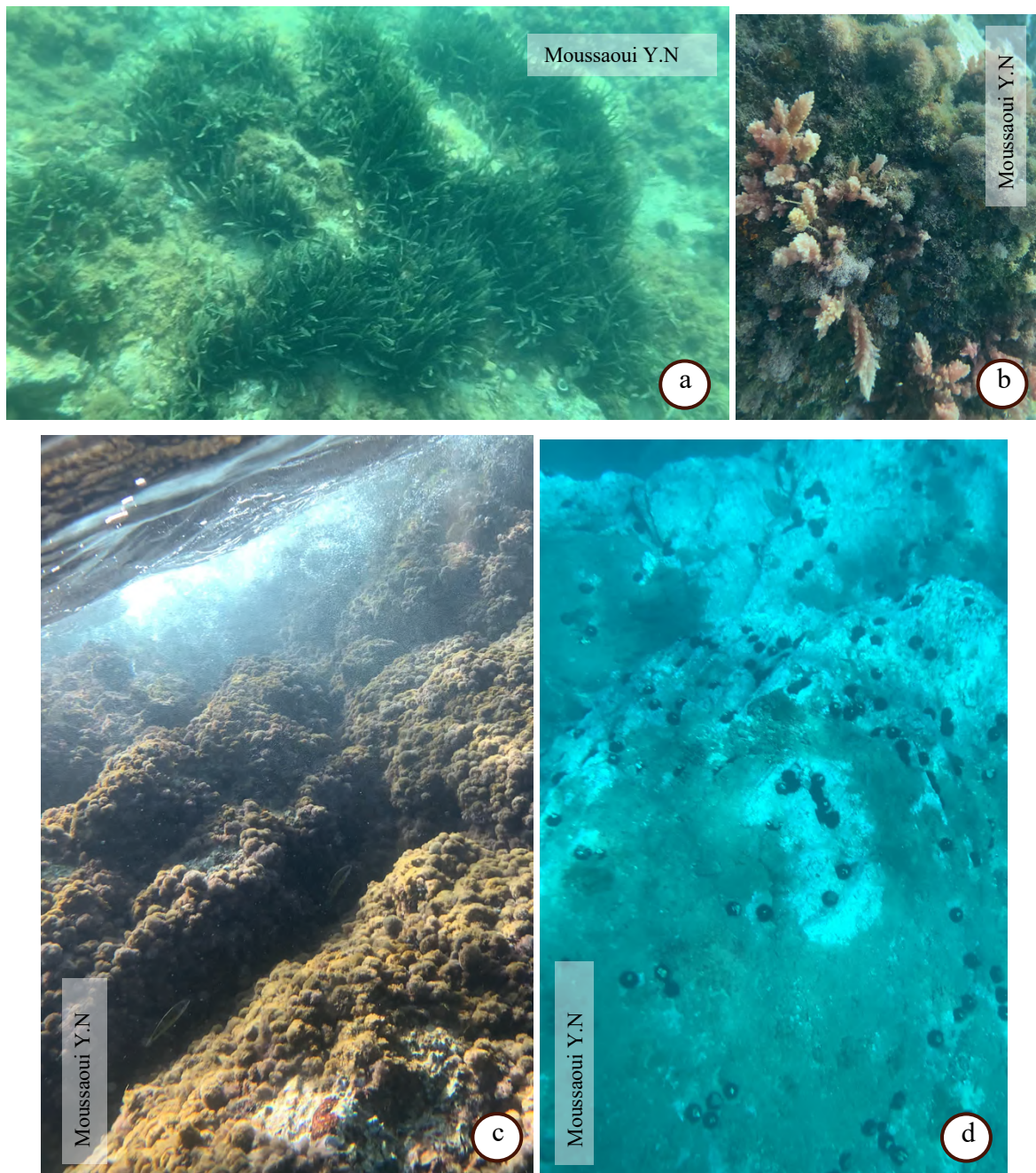


Figure 45: Habitats et substrats retrouvés autour de l'îlot de Sidi Fredj, *a* : *Posidonia oceanica* ; *b* : *Asparagopsis taxiformis* ; *c* : *Jania rubens* ; *d* : Roche mise à nu avec peuplement a rhodophycées calcaires encroûtantes et oursins (*Arbacia lixula*) (RCEO)

- **Microhabitats marins autour de l'îlot**

Pour mieux comprendre l'écosystème insulaire étudié, une carte de micro-répartition des habitats marins autour de l'îlot de Sidi Fredj a été réalisée. Cette carte met en évidence une diversité de microhabitats marins, chacun représenté par une couleur distincte.

Les différents types d'habitats comprennent des substrats durs recouverts d'Ochrophytes, des zones de *Cymodocea nodosa*, des substrats durs avec oursins, anthozoaires ou porifères, ainsi

que des grottes semi-obscurées. De plus, on trouve des zones de sable fin et grossier, des roches nues, des galets et cailloux, et des substrats sous couverts de Rhodophytes.

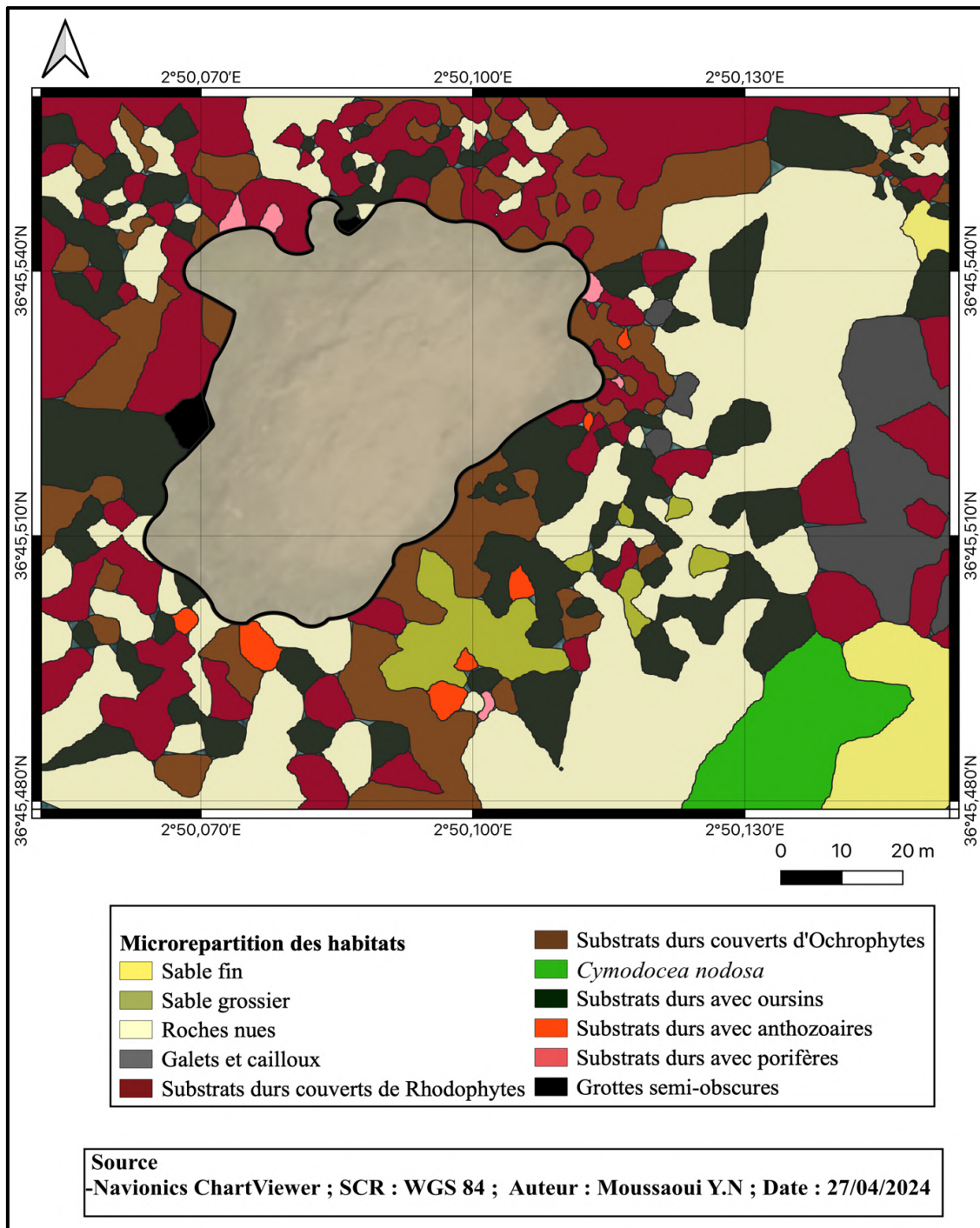


Figure 46: Carte de microrépartition des habitats marins de l'îlot de Sidi Fredj

Ce type de cartographie est essentiel pour comprendre la distribution spatiale des différents habitats marins autour des milieux insulaires, permettant ainsi de mieux évaluer la biodiversité et les écosystèmes de cette région spécifique.

Chapitre 4

*Analyse de vulnérabilité de l'îlot de
Sidi Fredj*

4 Analyse de vulnérabilité de l'îlot Sidi Fredj

Ce chapitre focalise sur l'analyse de la vulnérabilité de cet îlot en adoptant une approche multidisciplinaire qui intègre les aspects environnementaux et socio-économiques. Nous nous sommes appuyés sur divers travaux pour illustrer les approches méthodologiques tant quantitatives que qualitatives, en élargissant notre recherche au-delà du contexte méditerranéen afin d'englober les initiatives pertinentes à l'échelle mondiale. Nous détaillerons la méthodologie spécifique utilisée pour évaluer sa vulnérabilité, en mettant en lumière la collecte et l'analyse des données ainsi que la pondération des différents attributs. Enfin, nous présenterons les résultats de notre analyse, en les classant et les cartographiant pour permettre une meilleure compréhension et une gestion adaptative des risques propres aux environnements insulaires.

4.1 Définition de la vulnérabilité dans le milieu marin

4.1.1 Vulnérabilité environnementale

Le terme "vulnérabilité environnementale" est associé au risque de dommages à l'environnement naturel ou à un type d'écosystème particulier. Il représente le degré de sensibilité d'un système aux effets néfastes causés par un danger ou un facteur de stress spécifique (Zou and Yoshino, 2017).

4.1.2 Vulnérabilité d'une zone côtière

La vulnérabilité d'une zone côtière signifie le risque potentiel pour ses écosystèmes d'être affectés par divers types de dommages s'ils sont exposés à certaines pressions. On peut définir une zone vulnérable comme étant une zone à la fois sensible et exposée aux pressions anthropiques, où le degré de vulnérabilité dépend des degrés respectifs de sensibilité et de pression (Dutrieux et al., 2000 ; Henri et al., 2002).

4.1.3 Pression anthropique

La pression anthropique est une force générée par l'homme, exercée sur une surface donnée de l'environnement, pouvant provoquer des dommages et des bouleversements dans les écosystèmes littoraux (Daeden, 2015).

D'après ces définitions, il est clair que la vulnérabilité des milieux marins, incluant les zones côtières et les milieux insulaires, résulte de la sensibilité des écosystèmes aux pressions exercées par les activités humaines et les facteurs environnementaux. Cela engendre un risque potentiel de dommages pour ces écosystèmes. Une compréhension approfondie des interactions entre les

différents composants biologiques, physiques et socio-économiques est primordiale pour évaluer et gérer efficacement ces risques.

4.2 Quelques exemples pertinents de travaux sur la vulnérabilité des zones marines et côtières

Les recherches préalables sur l'évaluation de la vulnérabilité ont adopté diverses approches méthodologiques et ont été menées dans des contextes géographiques variés. Fattal et al. (2007) ont avancé une méthodologie intégrant un indice de vulnérabilité globale, harmonisant les dimensions environnementales et socio-économiques, pour évaluer la sensibilité côtière face à la contamination par les hydrocarbures. Li et al. (2009) ont utilisé une méthode d'analyse hiérarchique floue afin de sonder la vulnérabilité environnementale dans la région du réservoir de Danjiangkou, en Chine, en tenant compte d'une palette de paramètres incluant la couverture végétale, la température moyenne, et la densité de population. Yoo et al. (2014) ont développé une méthodologie pour appréhender la vulnérabilité environnementale dans une agglomération côtière indonésienne, à travers un indice intégrant des facteurs d'exposition, de sensibilité, et de capacité d'adaptation. Caniani et al, (2016) ont conçu un modèle de logique floue fondé sur les Systèmes d'Information Géographique (SIG) pour évaluer l'intégrité écologique des habitats et l'impact des activités anthropiques sur l'environnement. Zou et Yoshino (2017) ont quantifié la vulnérabilité environnementale dans la région de Daxing'anling en Chine, via une approche reposant sur les Composantes Principales Spatiales (CPS).

Enfin, He et al. (2018) ont élaboré une évaluation globale de la vulnérabilité écologique, amalgamant divers indicateurs environnementaux dans le dessein de guider les initiatives de conservation de la biodiversité et la gestion environnementale. En complément, l'étude de Yahia Meddah et al. (2023), a permis d'estimer l'indice de vulnérabilité côtière à l'aide d'une méthode de prise de décision multicritère (MCDM) appliquée au système socio-écologique côtier et insulaire de Rachgoun, dans l'ouest de l'Algérie. Cette approche a intégré plusieurs critères incluant la lithologie, la pente, l'élévation, la hauteur des vagues significatives, la densité de population, les changements du littoral, et d'autres paramètres environnementaux et socio-économiques. Un tableau récapitulatif est illustré ci-dessous :

Tableau 21: Recherche préalable et méthodologie sur l'évaluation de la vulnérabilité

Auteurs	Année	Contribution pour l'analyse de vulnérabilité	Zone	Indice et méthode utilisé	Attributs/Paramètres utilisé	Lien
Fattal et al.	2007	Évaluation de la vulnérabilité côtière face à la pollution par les hydrocarbures, avec une application spécifique à l'île de Noirmoutier.	Ile Noirmoutier (France)	Indice de vulnérabilité globale $Vg = (Ve + Vse) / 2$	Variables pondérées associées à la météo marine ; le type de polluant ; l'exposition globale ; la sensibilité biologique ; la vulnérabilité des infrastructures, des activités, des patrimoines, et la gestion.	https://doi.org/10.4000/tem.551
Li et al.	2009	Utilisation d'une approche d'analyse hiérarchique floue pour évaluer la vulnérabilité environnementale dans la région du réservoir de Danjiangkou, en Chine.	Danjiangkou (Chine)	Analyse hiérarchique floue (FAHP) Vulnérabilité écoenvironnementale $V = CCI * R$	La Couverture végétale, la proportion de superficie cultivée, le type de sol, la température moyenne, les températures accumulées, précipitations moyennes, l'indice d'aridité, l'indice d'humidité, l'altitude, l'inclinaison de la pente, les conditions géologiques, la densité de population, le PIB par habitant et la densité routière.	https://doi.org/10.1016/j.ecolmo.2009.09.005
Yoo et al.	2014	Développement d'une méthodologie pour évaluer la vulnérabilité environnementale dans une ville côtière, avec une application à Jakarta, en Indonésie.	Jakarta (Indonésie)	Indice de vulnérabilité environnementale EVI = Exposure indicator + Sensitivity indicator - Adaptive capacity indicator	Inondation, pollution, Densité de population, population des bidonvilles, superficie de système naturel géré et superficie de système naturel non géré, la sensibilisation à l'environnement, le fondement politique, la situation économique et les infrastructures.	https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.09.018
Caniani et al.	2016	Création d'un modèle de logique floue basé sur les SIG pour évaluer l'intégrité écologique des habitats et l'impact environnemental des activités anthropiques.	Basilicata (Sud Italy)	ACP et Indice flou de vulnérabilité écologique intrinsèque	Indice de forme (SHAPE), dimension fractale (degré de convolution) FRAC, distance minimale entre polygones (isolation) ENN	https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.038
Zou and Yoshino	2017	Évaluation de la vulnérabilité environnementale en utilisant une approche basée sur les composantes principales spatiales dans la région de Daxing'anling, en Chine.	Daxing'anling (Chine)	ACP et l'indice intégré de vulnérabilité environnementale $E = r_1Y_1 + r_2Y_2 + r_3Y_3 + \dots + r_nY_n$	Élévation, dénivelé de la pente, fragmentation du paysage, indice de végétation amélioré, densité de population, taux d'alphabétisation, proportion des personnes vulnérables, revenu par habitant, densité du volume forestier, investissement pour la protection des forêts, matière organique des sols, précipitations totales annuelles, température moyenne annuelle.	https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2017.03.039
He et al.	2018	Évaluation de la vulnérabilité écologique pour la conservation de la biodiversité et la gestion environnementale.	Chine	Valeur de vulnérabilité écologique générale $EV = \sum(G_1 * W_1 + G_2 * W_2 + G_3 * W_3 + G_4 * W_4)$	L'indice écologique, la proportion de réserve naturelle par circonscription administrative, les ressources en eau par habitant, l'infrastructure écologique, l'intensité des apports pro-environnement, le taux d'élimination inoffensive des déchets municipaux, l'intensité des apports de RD, le Plan Directeur de Protection de l'Environnement, la concentration annuelle moyenne de PM 2.5, la concentration annuelle moyenne de PM 10, la concentration annuelle moyenne de SO ₂ , la concentration annuelle moyenne de NO ₂ , le taux qualifié de qualité des eaux de surface, le taux qualifié de qualité de l'eau potable, la densité de population et le pourcentage de groupes vulnérables	https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2017.11.059
Yahia Meddah et al.	2023	Estimation de l'indice de vulnérabilité côtière à l'aide d'une prise de décision multicritère : le système socio-écologique côtier de Rachgoun, ouest de l'Algérie	Ain Témouchent (Algérie)	Méthode MCDM : ICVI = CVI^N + CVI^S	Lithologie, la pente, l'élévation, la hauteur significative des vagues, la proximité de la côte, la distance à la rivière, le changement du littoral, la densité de population, la couverture terrestre, le réseau routier, la conscience du peuple, les zones de conservation désignées, le patrimoine culturel, la densité touristique.	https://doi.org/10.3390/su151712838

4.3 Méthodologie

4.3.1 Collecte des données

Une sélection méticuleuse des attributs les plus pertinents a été opérée lors de la collecte des données. À cet effet, une matrice a été élaborée, intégrant les attributs environnementaux et socio-économiques afin de caractériser la vulnérabilité de l'îlot de Sidi Fredj. Les critères choisis pour cette analyse sont considérés comme les plus significatifs et cruciaux pour une évaluation exhaustive et réaliste de la vulnérabilité. Cependant, certains autres paramètres importants n'ont pas été inclus dans cette étude, car ils ne revêtent pas une importance primordiale pour la région en question.

- **Indice de sensibilité du milieu environnementale (ISME)**

L'environnement marin et côtier est confronté à une multitude de problèmes, notamment la pollution des eaux côtières, la diminution des ressources biologiques, la dégradation des habitats naturels, la perte de biodiversité, ainsi que les changements climatiques (Silhadi, 2021). Cette diversité de défis souligne l'importance de prendre en compte les aspects environnementaux dans l'évaluation de la vulnérabilité des milieux insulaires.

- a) Température**

Cet attribut évalue le nombre d'anomalies thermiques enregistrées par an pour analyser les changements de température au niveau de la colonne d'eau. Cette donnée est cruciale pour l'étude de la vulnérabilité, car les variations de température peuvent avoir un impact significatif sur les écosystèmes marins et côtiers (Crisci, 2011).

- b) Potentiel d'hydrogène**

Le potentiel d'hydrogène (pH) est une mesure fondamentale de l'acidité ou de la basicité d'un milieu, jouant un rôle important dans le maintien de l'équilibre chimique des écosystèmes marins et côtiers (Ouahil, 2017). Dans le cadre d'une analyse de vulnérabilité, le pH offre un aperçu précieux de la santé et de la stabilité des habitats marins.

- c) Les sels nutritifs**

Les sels nutritifs, tels que les nitrites, les nitrates, les orthophosphates et les silices, sont des composés chimiques essentiels dans les écosystèmes marins et côtiers. Leur surveillance est cruciale dans une analyse de vulnérabilité, car ils fournissent les éléments nutritifs nécessaires à la croissance des organismes marins. Des concentrations excessives de sels nutritifs peuvent entraîner une eutrophisation, compromettant la qualité de l'eau et menaçant la biodiversité marine (Pinay et al., 2018).

d) Matière en suspension / Matière organique

La présence de matière en suspension et de matière organique dans les écosystèmes marins et côtiers sont des indicateurs clés de leur santé et de leur vulnérabilité. La matière en suspension peut altérer la transparence de l'eau, perturbant ainsi la photosynthèse des organismes et leur alimentation, tandis que la matière organique peut influencer le cycle des éléments nutritifs et conduire à une eutrophisation, compromettant ainsi la qualité de l'eau et la biodiversité marine. (Monaco & Prouzet, 2014)

e) Les métaux lourds

L'inclusion des éléments tels que le plomb, le mercure, le zinc, le cuivre ou le cadmium dans cette étude de vulnérabilité est primordiale. Leurs effets toxiques sur les écosystèmes marins et côtiers, ainsi que sur la santé humaine lorsqu'ils s'accumulent dans la chaîne alimentaire, soulignent leur importance critique dans l'évaluation des risques environnementaux et sanitaires (Beliaeff et al., 2011).

f) Microbiologie

La microbiologie marine, représentée par des indicateurs tels que les coliformes fécaux, les coliformes totaux, les streptocoques fécaux et les entérobactéries, est d'une grande importance dans l'évaluation de la qualité de l'eau des écosystèmes côtiers. Leur présence peut indiquer une contamination fécale, pouvant entraîner des risques sanitaires pour les populations et les écosystèmes marins (Bensaber & Berichi, 2020).

● **Indice socio-économique et pression anthropique (ISECPA)**

Les rivages du monde sont connus pour abriter des populations denses et une intense activité socio-économique, comme l'ont souligné Small et Nicholls en 2003. Cette croissance démographique exerce une pression significative sur les écosystèmes côtiers et marins, qui sont à la fois dynamiques et fragiles. Ces changements entraînent souvent des problèmes majeurs et des tensions sociales, en grande partie dus à la perte des services écosystémiques essentiels tels que la pêche et le tourisme, comme le notent De Andrés et al, (2018).

a) Pêche à la ligne

La pêche à la ligne est une activité récréative pratiquée par les êtres humains pour capturer des espèces marines, à la fois pour se nourrir et se divertir. Cette pratique revêt une importance significative dans l'analyse de la vulnérabilité, car le nombre de pêcheurs par jour peut avoir un impact notable sur l'environnement.

b) Pêche aux petits métiers

La pêche au petit métier est une pratique traditionnelle qui se caractérise par l'utilisation de techniques simples et d'engins de pêche rudimentaires. Elle est menée par des pêcheurs locaux sur de petites embarcations. Cette activité peut avoir des impacts néfastes sur l'environnement marin notamment en raison de la surpêche et de l'utilisation de filets non sélectifs, mettant en péril la biodiversité marine.

c) Pêche au chalut

La pêche au chalut, une méthode de pêche industrielle utilisant de grands filets traînants, est pratiquée par des navires équipés de moteurs puissants. Cette technique diffère de la pêche artisanale en raison de son ampleur et de son intensité. Un nombre considérable de traits de chaluts peut être réalisé par ces navires, entraînant souvent une surpêche et des captures non désirées, cela peut indiquer le niveau de pression exercé sur les stocks de poissons et les habitats marins.

d) Plongée sous-marine

La plongée sous-marine est une activité d'exploration des fonds marins, est mesurée comme une variable du nombre de plongées par an dans cette étude de vulnérabilité, indiquant l'intensité de l'impact humain sur les écosystèmes marins sensibles et fournissant des informations pour la gestion durable des zones de plongée.

e) Tourisme

Le tourisme, regroupant une variété de formes telles que le tourisme balnéaire, culturel, écologique, et d'aventure, est étudié en tant que variable dans cette analyse de vulnérabilité. L'attribut permet d'évaluer les impacts spécifiques de chaque type de tourisme sur les écosystèmes et les communautés locales.

f) Industrie

La variable vise à évaluer l'impact des activités industrielles sur les écosystèmes marins. Les rejets industriels, tels que les produits chimiques et les déchets, peuvent être des sources potentielles de pollution marine. En évaluant la présence et les types d'industries, il est possible de quantifier et d'analyser les risques associés à ces émissions industrielles sur la biodiversité marine.

g) Agglomération urbaine

La variable est sélectionnée pour évaluer la pression urbaine sur les zones côtières. L'expansion urbaine peut entraîner des modifications importantes dans les habitats marins et augmenter la charge de pollution due aux activités humaines. En examinant le nombre d'habitants par kilomètre carré, il devient possible de comprendre comment ce facteurs influent sur la vulnérabilité de la zone étudiée et de ces écosystèmes marins.

h) Centre de thalassothérapie

L'inclusion de cette variable vise à évaluer l'impact des établissements médicaux côtiers, tels que les centres de thalassothérapie, sur la santé des écosystèmes marins. Les rejets médicaux peuvent constituer une source potentielle de pollution marine, nécessitant une évaluation minutieuse de leur impact sur la biodiversité.

i) Ports

L'intégration de la variable port permet d'examiner les répercussions des activités portuaires sur les écosystèmes marins. Les divers types de ports peuvent engendrer des impacts variés tels que la pollution de l'eau, les perturbations physiques liées au trafic maritime, et d'autres facteurs nécessitant une attention particulière dans l'évaluation de la vulnérabilité.

j) Rejets

Cette variable complémentaire évalue le nombre de rejets d'eaux usées versées dans les milieux marins, apportant une perspective quantitative sur le stress exercé sur les écosystèmes côtiers.

4.3.2 Conception du modèle de vulnérabilité

Après la sélection des attributs, la méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité intègre une approche combinant l'analyse décisionnelle multicritères et l'analyse spatiale au sein d'un Système d'Information Géographique (SIG). La méthode MCDA permet de traiter des données provenant de multiples sources et d'attribuer des poids à chaque attribut en fonction de leur importance respective. Le SIG est alors employé pour mener une analyse spatiale détaillée, aboutissant à la création d'une carte globale de vulnérabilité, offrant ainsi une représentation visuelle et géospatiale des zones les plus vulnérables (Li et al, 2009).

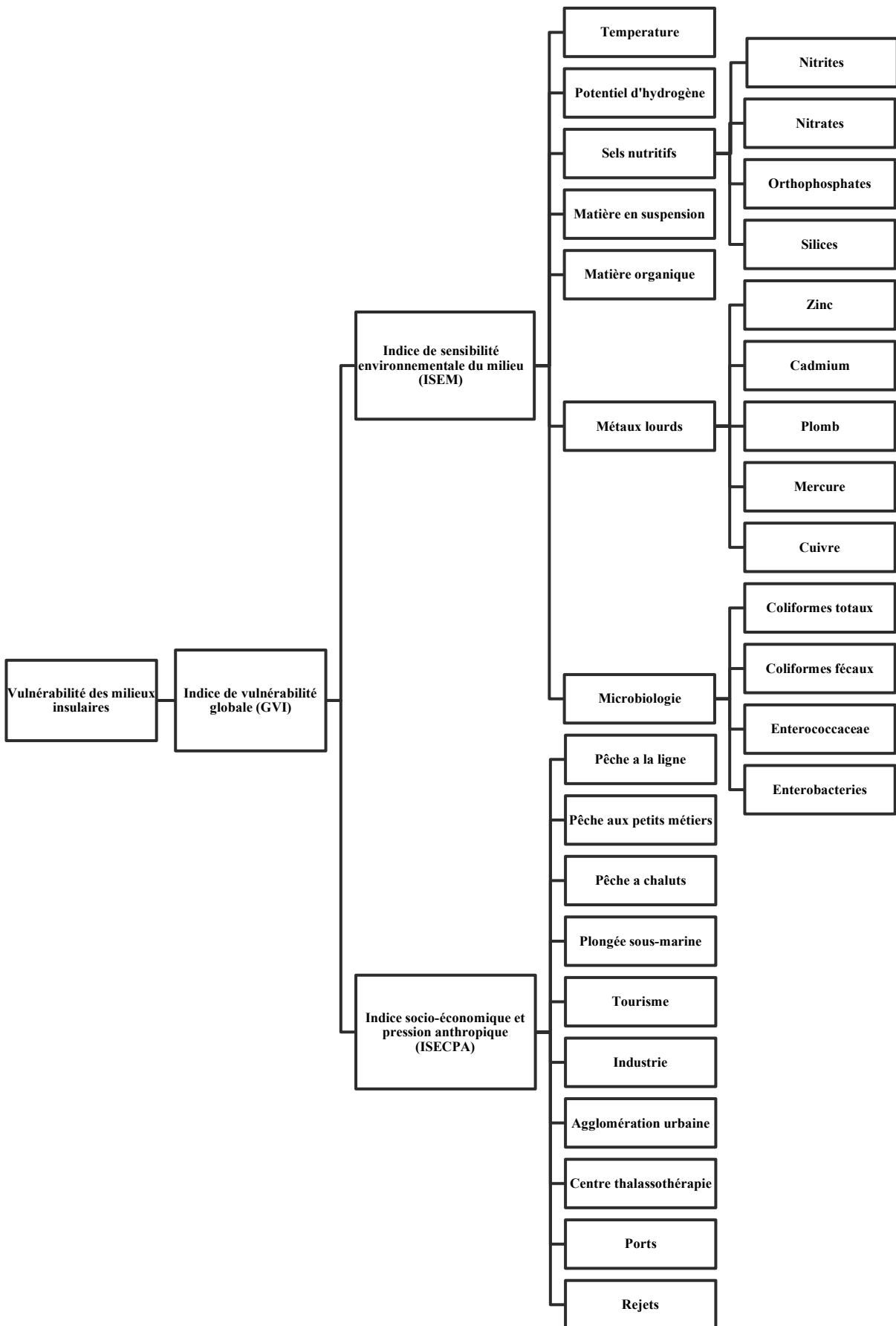


Figure 47: Modèle conceptuel proposé pour l'évaluation de la vulnérabilité des milieux insulaires

4.3.3 Normalisation des données

Dans la conception de notre modèle de vulnérabilité de l'îlot de Sidi Fredj, nous avons adopté une approche impliquant la classification des attributs selon plusieurs normes gouvernementales préalablement établies dans des documents scientifiques. Une fois les attributs classés, nous avons mis en place un système de scorisation pour chaque classe, utilisant la méthode de normalisation. La normalisation, telle que définie dans la littérature, consiste à transformer les valeurs des indicateurs, mesurées sur des échelles différentes et avec des unités de mesure variées, en valeurs sans unité sur une échelle commune (Fritzsche et al., 2017). Pour ce faire, nous appliquons la formule (1) de redimensionnement largement utilisée pour normaliser les données, basé sur la gamme de données, indépendante de l'écart type (Noorbakhsh, 1998; Yoo et Kim, 2014; Asare-Marfo et al., 2013) :

$$Score (X) = \frac{(X - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})} \text{ Avec } Score (X) \in [0,1]$$

Cette normalisation permet d'harmoniser les données pour les rendre comparables, renforçant ainsi la robustesse de notre analyse. Pour les attributs présentant une tendance qualitative, notamment les aspects socio-économiques, nous nous appuyerons sur l'expertise d'un spécialiste pour attribuer les scores en fonction du nombre de classes défini. Cette approche intégrée garantit la précision et la fiabilité de notre modèle, fournissant une base solide pour évaluer la vulnérabilité de l'îlot de Sidi Fredj face aux pressions environnementales et socio-économiques.

4.3.4 Pondération des attributs par la méthode d'analyse décisionnelle multicritère

La méthode d'analyse décisionnelle multicritère (MCDA) émerge comme un outil essentiel dans l'évaluation des risques environnementaux (Topuz et Van Gestel, 2016). Elle permet de décomposer un problème complexe en une structure hiérarchique, offrant ainsi une approche systématique pour attribuer des poids aux différents attributs (Li et al., 2009). Dans notre étude sur la vulnérabilité de l'îlot de Sidi Fredj, nous avons recours à la technique AHP (Analytic Hierarchy Process), l'une des méthodes les plus éprouvées de MCDA.

Le processus de pondération des attributs par la méthode AHP comprend cinq étapes, basées sur les travaux de Saaty (1980), Saaty et Vargas (2001), et Nguyen et al. (2016) :

- Décomposition hiérarchique du problème de prise de décision : Tout d'abord, le problème est décomposé en une structure hiérarchique. La couche supérieure représente l'objectif principal, à savoir la "vulnérabilité globale". Cette couche est ensuite décomposée en sous-catégories telles que l'indice de sensibilité environnementale et l'indice socio-économique et pression anthropique. Chaque sous-catégorie est à son tour décomposée en attributs correspondants.

- Création de tableaux de décision : Ce tableau de décision est établi pour des comparaisons par paires. Ces comparaisons sont réalisées en utilisant une échelle de préférences numériques de 1 à 9, où 9 indique une importance maximale et 1/9 une importance minimale.
- Construction de matrices de jugement : Une matrice de jugement est élaborée pour chaque couche en utilisant les données des tableaux de décision. Sur cette matrice, la valeur diagonale est toujours égale à 1, et les valeurs en dehors de la diagonale sont des comparaisons entre les différents attributs.
- Détermination des poids des attributs : Les poids des attributs sont calculés à partir de la matrice de jugement. Ces valeurs sont obtenues en résolvant l'équation caractéristique associée à la matrice, conformément à la méthode AHP.
- Agrégation des pondérations individuelles : Une fois les poids attribués à chaque attribut, l'agrégation de ces pondérations spécifiques est réalisée pour obtenir le poids global de l'indice des deux groupes correspondants.

4.3.5 Intégration de l'indice de vulnérabilité globale insulaire

Cette phase s'attache à fusionner les deux indices de groupe en un unique indice de vulnérabilité globale (GVI). Dans cette analyse, Le GVI est dérivée à partir des données normalisées de tous les paramètres en jeu, chacun pondéré selon son importance respective, comme indiqué dans l'équation (2) :

$$GVI = ISME + ISECPA$$

Chaque indice de groupe est représenté par la multiplication du poids avec le score de chaque attribut, comme décrit dans l'équation (3) :

$$\sum_{i=x=1}^n S_x W_i$$

Ou S_x est la valeur de normalisation de chaque attribut, W_i est le poids local de chaque attribut, n est le nombre de paramètres utiliser et le $i= 1, 2, 3, \dots, n$.

4.3.6 Génération des cartes de vulnérabilité

Pour évaluer le degré de vulnérabilité des points environnant l'îlot de Sidi Fredj, il est nécessaire d'appliquer une classification en classes de vulnérabilité, allant d'un niveau de vulnérabilité moindre à un niveau extrêmement élevé, conformément à la méthode adoptée par Li et al, (2009). Pour la présente étude, cinq classes de vulnérabilité globale ont été établies et appliquées au cas de d'étude de l'îlot de Sidi Fredj. Les différentes classes sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 22: Évaluation de la vulnérabilité

Classe de vulnérabilité	Description	Intervalle GVI
1	Peu vulnérable	$0 < \text{GVI} \leq 0,2$
2	Moyennement vulnérable	$0,2 < \text{GVI} \leq 0,4$
3	Vulnérable	$0,4 < \text{GVI} \leq 0,6$
4	Très Vulnérable	$0,6 < \text{GVI} \leq 0,8$
5	Extrêmement vulnérable	$0,8 < \text{GVI} \leq 1$

Cette table de classification associe la valeur de GVI de chaque station à une description et à une classe spécifique. Lorsque le GVI est faible, cela signifie que le milieu est moins vulnérable, tandis qu'un GVI élevé indique une vulnérabilité accrue. Ces valeurs et classes sont ensuite intégrées dans un logiciel SIG (Système d'Information Géographique) pour visualiser les résultats de la vulnérabilité globale du milieu insulaire sous forme de carte thématique.

4.4 Résultats de l'analyse de vulnérabilité

4.4.1 Normalisation des données

La normalisation des données s'est opérée à partir de classes recueillies auprès de diverses sources. Les attributs ont été classés selon des documents officiels, des normes et des recherches scientifiques. Dans certains cas, des classes ont été créées pour certains attributs socio-économiques en raison du manque de données et de travaux de recherche dans ce domaine. Par exemple, les anomalies thermiques ont été réparties en quatre classes allant de 0 à plus de 5 selon (Marec, 1995). Quant au potentiel hydrogène, il a été divisé en cinq classes, selon les normes environnementales du Ministère de l'Environnement japonais, débutant avec une valeur inférieure à 6 jusqu'à 9.

Les sels nutritifs, comprenant la silice, les orthophosphates, les nitrites et les nitrates, ont été classés en trois classes variant pour chaque attribut comme la silice qui est classée sur une échelle de 5 à 25 $\mu\text{mol/l}$ selon le Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec (2016), tandis que les orthophosphates sont classés de 0,5 à 2 $\mu\text{mol/l}$, et les nitrites et nitrates de 0,2 à 20 $\mu\text{mol/l}$ selon (Beliaeff et al, 2011).

En ce qui concerne les métaux lourds, (Silhadi et al., 2021) les ont classés en trois catégories distinctes : le cadmium entre 1 et 5 $\mu\text{g/g}$, le plomb entre 35 et 460 $\mu\text{g/g}$, le zinc entre 120 et 460 $\mu\text{g/g}$, le cuivre entre 26 et 40 $\mu\text{g/g}$ et le mercure entre 0,2 et 0,4 $\mu\text{g/g}$. Quant à la matière organique, elle a été répartie en quatre classes allant de 5 à 100% selon (Meinesz, 2021). Pour la

microbiologie, selon les normes du Journal Officiel de la République Algérienne (1993), les coliformes fécaux et totaux ont été classés en quatre catégories respectivement de 0 à 10 000 UFC/100ml et de 0 à 2000 UFC/100ml. Les enterococcaceae ont été répartis entre 0 et 100 UFC/100ml, et les entérobactéries de 0 à une valeur supérieure à 1 UFC/1L.

Les attributs socio-économiques, tels que le tourisme et l'industrie, ont été abordés par (Silhadi et al., 2020), qui ont défini plusieurs catégories et classes en fonction de leur impact. Les autres attributs socio-économiques ont été classés en fonction de notre expertise et de nos connaissances dans le domaine, par exemple le nombre de pêcheurs par jour pour la pêche à la ligne, avec sept classes allant de 0 à 50, ou le nombre d'habitants par km² pour l'agglomération urbaine, avec six classes allant de 50 à 1000.

Le reste des attributs socio-économiques ont été catégorisés selon notre expertise et nos connaissances dans le domaine. Par exemple, le nombre d'embarcations par jour pour les petits métiers a été réparti en sept classes de 0 à 50. De même, le nombre de traits de chaluts par jour pour la pêche au chalut a été classé en quatre catégories de 50 à 200. Quant à la plongée sous-marine, le nombre de plongées par an a été divisé en quatre classes allant de 50 à 200. Pour l'agglomération urbaine, le nombre d'habitants par kilomètre carré a été réparti en six classes de 50 à 1000. En ce qui concerne le centre de thalassothérapie, le flux de curistes a été classé en trois classes de 50 à 100. Pour les ports, le type de port a été classé en six catégories, allant de l'absence de port au port mixte, représentant le maximum. Enfin, le nombre de rejets a été réparti en cinq classes de 0 à 10 rejets. Après application de l'équation (1) à l'ensemble des données collectées, nous avons obtenu des résultats de normalisation compris dans une échelle de 0 à 1. La normalisation est représentée sur le tableau suivant :

Tableau 23: Normalisation des attributs de la vulnérabilité

Attributs	Class	Références	Description	Score
Situation Environnementale				
Température (Anomalie thermique/ an)	0	MAREC, L. (1995). Température de surface de la mer et anomalies en Atlantique tropical de mai à juillet 1995. Sea surface temperature and anomalies in the tropical Atlantic from May to July, 5-8.	Très bonne Qualité	0
	[1-3[		Qualité Moyenne	0,4
	[3-5[		Mauvaise qualité	0,8
	≥ 5		Très mauvaise qualité	1
pH	< 6	Annexe 2 Normes environnementales pour la conservation du cadre de vie (espaces marins) -Ministère de l'environnement Japonais	Mauvaise qualité	1
	[6-7,8[		Qualité Moyenne	0,5
	[7,8-8,3[		Très bonne Qualité	0
	[8,3-9[		Qualité Moyenne	0,5
	≥ 9		Mauvaise qualité	1
Silice (µmol/l)	< 5	Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, 2016	Mauvaise qualité	1
	[5-25[		Très bonne Qualité	0
	≥ 25		Mauvaise qualité	1
	< 0,5		Très bonne Qualité	0
Orthophosphates (µmol/l)	[0,5-2[	Beliaeff B., G. Bouvet, J.-M. Fernandez, C. David, T. Laugier. 2011. Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Le Nickel. 169 pages.	Qualité Moyenne	0,5
	≥ 2		Mauvaise qualité	1
Nitrites (µmol/l)	< 0,2		Très bonne Qualité	0
	[0,5-20[		Qualité Moyenne	0,51
Nitrates (µmol/l)	≥ 20		Mauvaise qualité	1
	< 0,2		Très bonne Qualité	0
	[0,5-20[		Qualité Moyenne	0,51
	≥ 20		Mauvaise qualité	1
Matière en suspension (mg/L)	< 2		Très bonne Qualité	0
	[2-25[		Qualité Bonne-Moyenne	0,24
	[25-38[		Qualité Moyenne	0,61
	[38-50[		Qualité Moyenne-Mauvaise	0,88
	≥ 50		Mauvaise qualité	1
Zinc (µg/g)	< 120	Silhadi, M. A., Refes, W., & Mazouzi, S. (2020). Assessment of coastal ecosystems vulnerability to pollution: Algiers coast, Algeria. Environmental Science and Pollution Research, 27(34), 42670-42684.	Très bonne Qualité	0
	[120-460[		Qualité moyenne	0,5
	≥ 460		Mauvaise qualité	1
Cadmium (µg/g)	< 1		Très bonne Qualité	0
	[1-5[		Qualité moyenne	0,5
	≥ 5		Mauvaise qualité	1
Plomb (µg/g)	< 35		Très bonne Qualité	0
	[35-460[		Qualité moyenne	0,5
	≥ 460		Mauvaise qualité	1
Cuivre (µg/g)	<26		Très bonne Qualité	0

		[26-40[	Meinesz, A. (2021). Chapitre 4. Les atteintes au milieu marin les plus redoutées par l'Homme. Dans : , Protéger la biodiversité marine (pp. 115-184). Paris: Odile Jacob.	Qualité moyenne	0,5	
		≥40		Mauvaise qualité	1		
	Mercure (µg/g)	<0,2		Tres bonne Qualité	0		
		[0,2-0,4[		Qualité moyenne	0,5
	Matière organique (%)	≥0,4		Mauvaise qualité	1		
		< 5		Qualité Moyenne	0,3		
[5-40[		Très bonne Qualité	0		
[40-100[		Mauvaise qualité	0,6		
Microbiologie	Coliformes totaux (UFC/100ml)	>100	JORA, 1993	Très mauvaise qualité	1		
		0		Très bonne Qualité	0		
		]0-500[		Bonne Qualité	0,025
		]500-10000[		Qualité Moyenne	0,525
	Coliformes fécaux (UFC/100ml)	>10000		Très mauvaise qualité	1		
		0		Très bonne Qualité	0		
		]0-100[		Bonne Qualité	0,025
		]100-2000[		Qualité Moyenne	0,525
	Streptocoques fécaux (UFC/100ml)	>2000		Très mauvaise qualité	1		
		0		Très bonne Qualité	0		
		]0-100[		Qualité Moyenne	0,5
	Entérobactéries (UFC/1L)	>100		Très mauvaise qualité	1		
		0		Bonne Qualité	0		
		≥ 1		Tres mauvaise qualité	1		
	Situation Socio-économique						
	Pêche a la ligne (Nombres de pêcheurs/j)			0	/	Milieu non perturbé	0
				[1-5[Milieu faiblement perturbé	0,06
				[5-10[Milieu modérément perturbé	0,15
[10-20[			Milieu moyennement perturbé	0,3	
[20-30[			Milieu perturbé	0,5	
[30-50[			Milieu très perturbé	0,8	
>50			Milieu extrêmement perturbé	1			
Petits métiers (Nombres d'embarcations/j)		0	/	Milieu non perturbé	0		
		[1-5[		Milieu faiblement perturbé	0,06
		[5-10[		Milieu modérément perturbé	0,15
		[10-20[		Milieu moyennement perturbé	0,3
		[20-30[		Milieu perturbé	0,5
		[30-50[		Milieu très perturbé	0,8
		>50		Milieu extrêmement perturbé	1		
Chaluts (Nombres traits de chaluts/j)		<50	/	Milieu non perturbé	0		
		[50-100[		Milieu modérément perturbé	0,167
		[100-200[		Milieu perturbé	0,667
		≥ 200		Milieu très perturbé	1		

Plongée sous-marine (Nombres de plongées/an)	<50	/	Milieu non perturbé	0
	[50-100[		Milieu modérément perturbé	0,167
	[100-200[		Milieu perturbé	0,667
	≥ 200		Milieu très perturbé	1
Tourisme (Type de tourisme)	Absence	Silhadi, M. A., Refes, W., & Mazouzi, S. (2020). Assessment of coastal ecosystems vulnerability to pollution: Algiers coast, Algeria. Environmental Science and Pollution Research, 27(34), 42670-42684. (Modifié)	Milieu non perturbé	0
	Tourisme culturel, écotourisme		Milieu modérément perturbé	0,4
	Micro- entreprises, (hôtel moyenne capacité, tourisme individuelle petit groupe, tourisme chez l'habitant non encadrer)		Milieu perturbé	0,8
	Tourisme de masse (Grandes stations de villégiature, grands hôtels ...)		Milieu très perturbé	1
Industrie (Type d'industrie)	Absence	/	Milieu non perturbé	0
	Établissement classé de 1ère catégorie		Milieu modérément perturbé	0,4
	Établissement classé de 2ème catégorie		Milieu perturbé	0,8
	Établissement classé de 3ème catégorie		Milieu très perturbé	1
Agglomération Urbaine (Habitants/Km2)	<50	/	Milieu non perturbé	0
	[50-100[		Milieu faiblement perturbé	0,02
	[100-250[		Milieu moyennement perturbé	0,13
	[250-500[		Milieu perturbé	0,34
	[500-1000[		Milieu très perturbé	0,74
	≥ 1000		Milieu extrêmement perturbé	1
Centre de Thalassothérapie (Flux curistes)	<50	/	Milieu non perturbé	0
	[50-100[		Milieu modérément perturbé	0,5
	≥ 100		Milieu perturbé	1
Port (Type de port)	Absence	/	Milieu non perturbé	0
	Petits ports/Mouillages, abris de pêche, plage d'échouage		Milieu faiblement perturbé	0,2
	Ports de pêche/plaisance		Milieu moyennement perturbé	0,4
	Port de commerce		Milieu perturbé	0,6
	Port pétrolier		Milieu très perturbé	0,8
	Port mixte		Milieu extrêmement perturbé	1
Rejets (Nombres)	0	/	Milieu non perturbé	0
	[1-3[		Milieu faiblement perturbé	0,2
	[3-5[		Milieu moyennement perturbé	0,4
	[5-10[		Milieu perturbé	0,75
	≥ 10		Milieu très perturbé	1

4.4.2 Pondérations des attributs

La méthode AHP a permis d'établir des poids globaux (W_i) pour chaque attribut, donnant ainsi 0,5179 pour l'indice de sensibilité environnementale du milieu (G_1) et 0,4821 pour l'indice socio-économique et de pression anthropique (G_2), montrant ainsi une répartition quasi-égale des poids entre ces deux groupes. L'attribut des Entérobactéries détient le poids le plus élevé, atteignant 0,1209, en raison de leur présence qui témoigne d'une pollution et d'une perturbation extrêmes de l'environnement dépassant les normes établies par la J.O.R.A, (1993). Les attributs suivants sont associés à diverses activités socio-économiques et présentent des poids significatifs allant de 0,0805 à 0,0423, soulignant leur importance dans l'évaluation de la vulnérabilité. Il s'agit notamment des ports, Centre de thalassothérapie, industries, petits métiers, pêche à la ligne, tourisme et agglomération urbaine. Les attributs relatifs aux métaux lourds et à la microbiologie affichent également des poids considérables, révélant leurs effets néfastes sur l'environnement. Bien que moins prononcés, le reste des attributs conservent néanmoins leur importance dans cette analyse, bien qu'ils aient des poids inférieurs à ceux précédemment mentionnés.

Tableau 24: Pondération des attributs de vulnérabilité

Indice globale	Indice de groupe (G_i)	Poids global (W_i)	Indice de sous-groupes	Attributs (A_i)	Poids local (w_i)
Indice de vulnérabilité globale (GVI)	Indice de sensibilité environnementale du milieu (ISEM) (G_1)	0,5179		Température	0,0152
				Potentiel d'hydrogène	0,0152
			Sels nutritifs	Silices	0,0057
				Orthophosphates	0,0121
				Nitrites	0,0105
				Nitrates	0,0105
				Matière en suspension	0,0086
			Métaux lourds	Zinc	0,0385
				Cadmium	0,0385
				Plomb	0,0385
	Cuivre	0,0385			
	Mercur	0,0385			
		Matière Organique	0,0096		
	Microbiologie	Coliformes Totaux	0,0391		
		Coliformes Fécaux	0,0391		
		Enterococcaceae	0,0393		
		Entérobactéries	0,1209		
			Pêche à la ligne	0,0482	
	Indice socio-économique et pression anthropique (ISECPA) (G_2)	0,4821		Pêche aux petits métiers	0,0484
				Pêche aux chaluts	0,0290
			Plongée sous-marine	0,0264	
			Tourisme	0,0445	
			Industrie	0,0544	
			Agglomération Urbaine	0,0423	
			Centre de Thalassothérapie	0,0747	
			Ports	0,0805	
			Nombres de rejets	0,0337	

4.4.3 Vulnérabilité insulaire

Les résultats obtenus pour la vulnérabilité de l'îlot de Sidi Fredj ont été émis grâce à l'équation 3, où la multiplication des scores et des poids nous a fourni des valeurs comprises entre 0 et 1, représentant la vulnérabilité globale de chaque point échantillonné. À l'aide du système d'information géographique QGIS, nous avons établi des cartes de vulnérabilité pour les deux sous-groupes, ainsi que la vulnérabilité globale de l'îlot en intégrant les résultats obtenus de l'équation.

- **Indice de sensibilité environnementale du milieu**

Il est observé que l'ISEM présente une vulnérabilité environnementale très légère du côté faisant face au large de l'île.

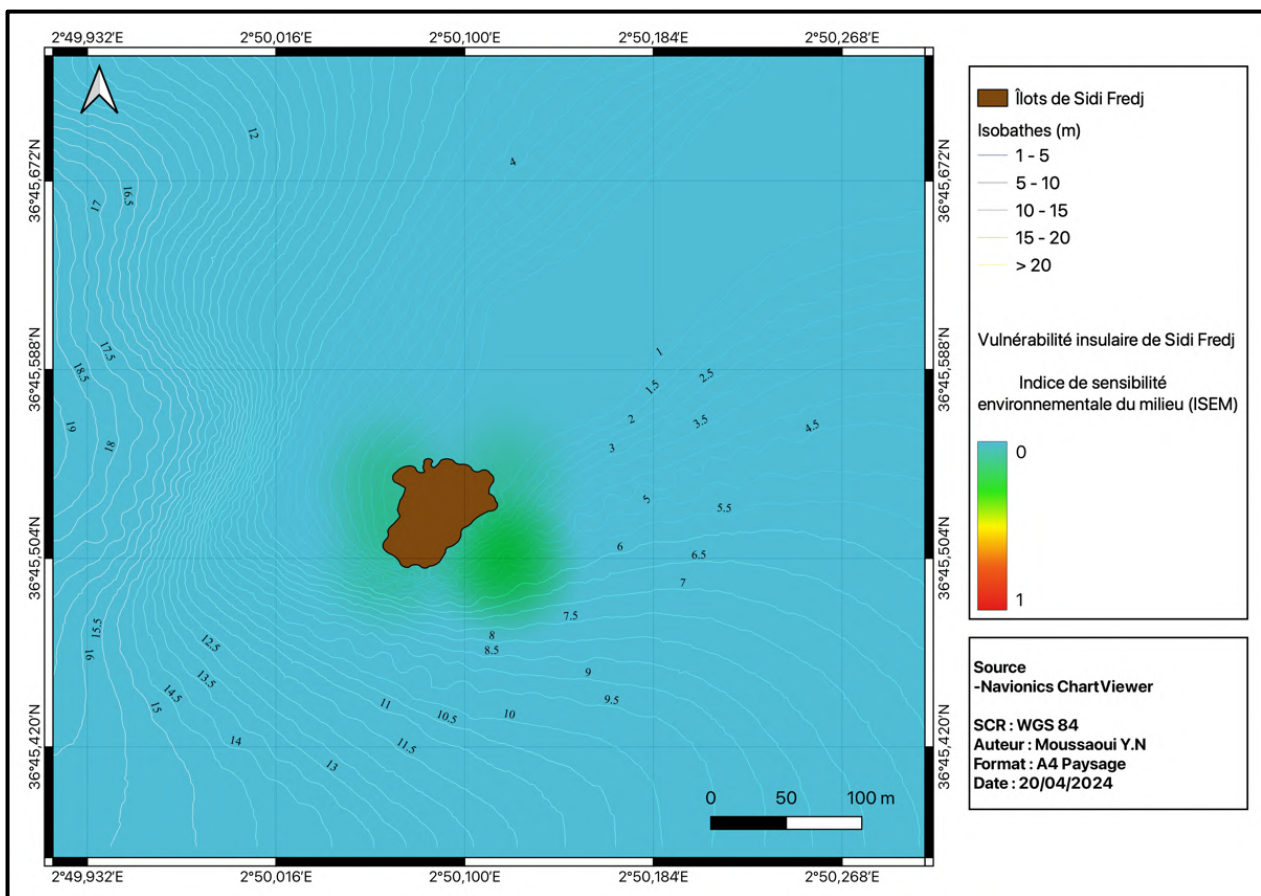


Figure 48: Cartographie de l'indice de sensibilité environnementale du milieu

En revanche, du côté faisant face à la côte, une intensité plus prononcée est constatée, bien qu'elle demeure relativement moyenne en termes de vulnérabilité. Ces résultats peuvent être interprétés par la présence d'activités multiples le long de la côte, lesquelles ont un impact environnemental sur l'île.

● **Indice socio-économique et pression anthropique**

Selon les résultats obtenus sur la carte présentant l'ISCEPA, une intensité de moyennement vulnérable est observée tout autour de l'îlot.

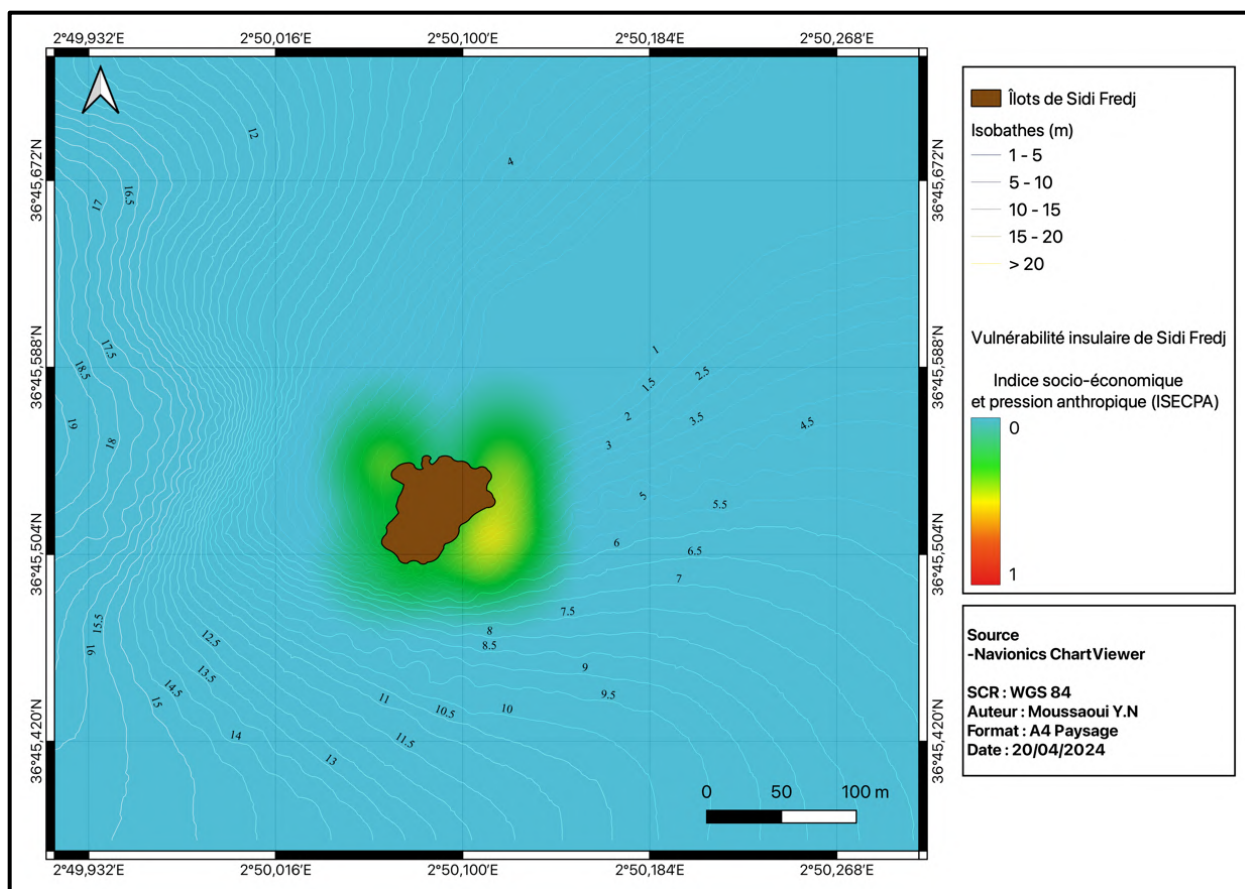
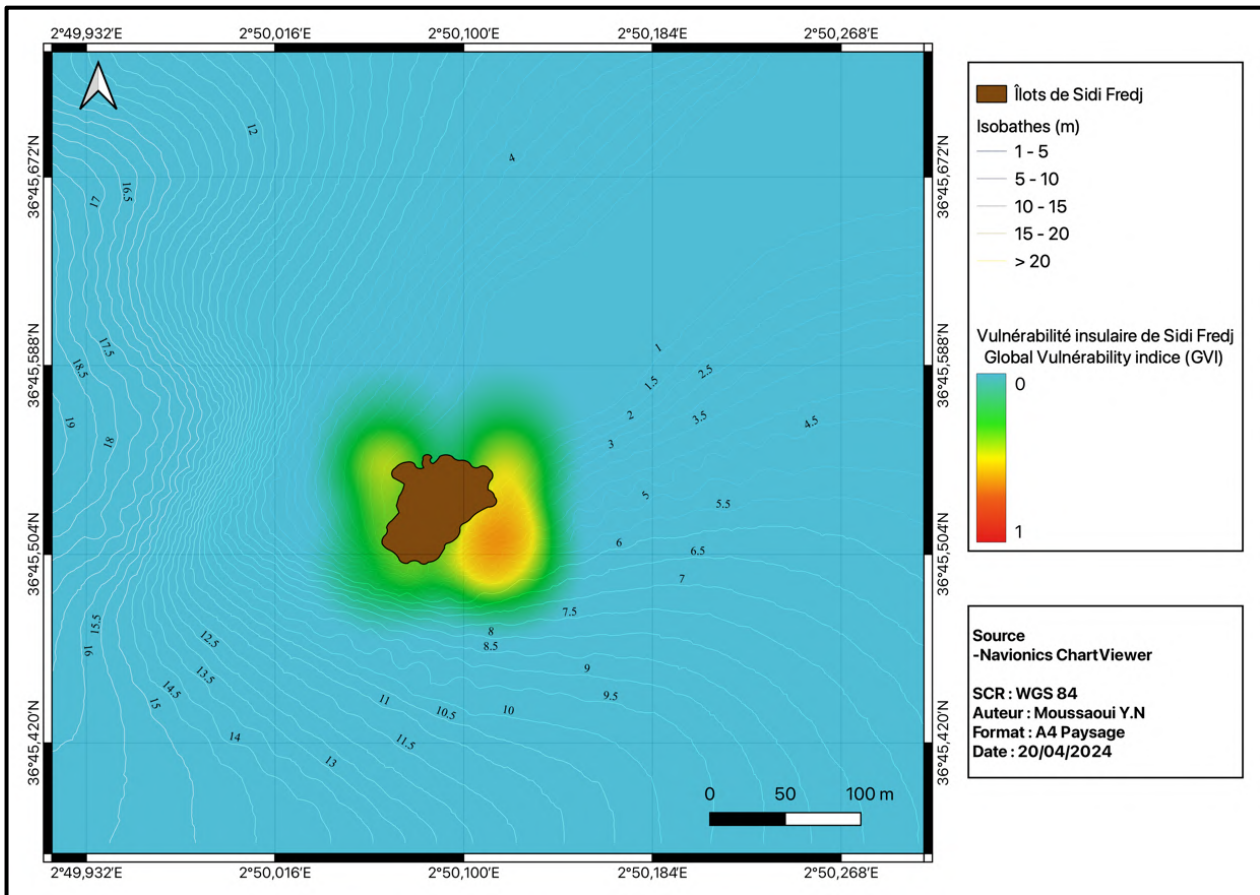


Figure 49: Cartographie de l'indice socio-économique et pression anthropique du milieu

Une intensité légèrement plus importante est également remarquée du côté faisant face à la côte. Ces résultats semblent logiques étant donné que de nombreuses activités socio-économiques sont situées le long de la côte de la commune de Staoueli et sont en constante activité.

● **Indice de vulnérabilité globale**

L'indice global de vulnérabilité, intégrant les sous-indices ISEM et ISCEPA, révèle une variation de vulnérabilité plutôt importante autour de l'îlot.



La région autour de la station 4, la plus distante de la côte, est catégorisée comme « moyennement vulnérable ». À proximité du centre de la thalassothérapie, la vulnérabilité est perçue comme « moyennement vulnérable » à « vulnérable », ce qui illustre l'influence de cette infrastructure sur l'écosystème insulaire.

Pour les stations situées face à la côte, l'intensité de la vulnérabilité s'accroît nettement, évoluant d'une faible à une forte intensité de « vulnérable ». Cette hausse est directement attribuable à l'activité humaine intense dans la zone, incluant l'accumulation de déchets, les émissions industrielles, et la densité élevée de la population, facteurs qui exacerbent la pression environnementale sur l'îlot.

***Conclusion et
perspectives***

Ce travail de recherche, inscrit dans le cadre du mémoire de fin d'études de l'École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, vise à étudier la vulnérabilité des milieux insulaires avec un focus particulier sur l'îlot de Sidi Fredj.

Les objectifs initiaux fixés étaient de réaliser une synthèse bibliographique sur les milieux insulaires, de créer une base de données géoréférencée pour la côte algérienne, de mener une étude biologique et environnementale exhaustive sur un site pilote, et d'évaluer la vulnérabilité de cet îlot.

Les principaux résultats obtenus sont la mise en place d'une base de données géoréférencée couvrant les aspects topographiques, biologiques, et socio-économiques des milieux insulaires de la côte algérienne, constituant un outil essentiel pour la gestion et la conservation des écosystèmes insulaires ; l'évaluation détaillée de la vulnérabilité de l'îlot de Sidi Fredj, utilisé comme site pilote, avec un diagnostic biologique, environnemental, et écologique incluant la cartographie des habitats et un inventaire exhaustif des espèces recensées ; et un diagnostic complet mettant en évidence la diversité biologique et les pressions environnementales sur l'îlot, avec des mesures des paramètres environnementaux tels que la température, la salinité, et les niveaux de pollution, fournissant un aperçu complet de l'état de santé de cet écosystème.

Ce travail fait partie intégrante des efforts de recherche plus vastes menés par l'équipe de l'**IMBM** au sein du laboratoire **LCVRM**, contribuant à l'enrichissement des connaissances sur la biodiversité et la vulnérabilité des milieux insulaires en Algérie.

Certaines perspectives de recherche n'ont pas pu être réalisées en raison de contraintes temporelles, comme un suivi annuel du site pilote pour observer de près la vulnérabilité saisonnière de l'îlot. Il serait également pertinent de réaliser des études de vulnérabilité des grandes îles algériennes et de créer des cartes des microhabitats des milieux insulaires, similaires à celles réalisées dans le cadre du MED KEY HABITATS pour les îles Habibas (UNEP/MAP-SPA/RAC, 2020) et l'île Rachgoun (PNUE/PAM-CAR/ASP, 2016), appliquées également à d'autres îles de la côte algérienne telles que l'île Aguessou, l'île des Pisans, et les îles Cavallo. De plus, l'indisponibilité d'un courantomètre a limité la capacité à mieux comprendre la distribution de la pollution, ce qui aurait permis d'obtenir une idée plus précise de la vulnérabilité insulaire.

Conclusion et perspectives

Les résultats de ce mémoire peuvent être exploités pour la recherche scientifique, fournissant une référence précieuse pour les futurs travaux sur les milieux insulaires, et pour la prise de décision, guidant la gestion environnementale, la conservation de la biodiversité, et le développement durable des zones côtières et insulaires.

Ce travail contribue également à l'initiative **BANBIOM**, visant à centraliser les données sur les milieux insulaires pour soutenir les futures recherches et actions de conservation, et les connaissances acquises dans cette étude seront essentielles pour les prochaines étapes des travaux sur la biodiversité marine en Algérie.

1. **A.I.E.A., 1998.** Programme préliminaire pour MEP POL sur l'analyse des métaux traces dans les échantillons biologiques et les sédiments. IAEA-MEL, Laboratoire sur l'étude de l'environnement marin, Monaco, 53 p.
2. **Abdi, W., Azzoune, A., et al. (2009).** Inventaire de la faune et de la flore de la zone intertidale de l'îlot de Bordj-Blida Wilaya de Jijel (Thèse de Doctorat). Université de Jijel.
3. **Ademe. (2012).** Indicateurs de vulnérabilité d'un territoire au changement climatique. [En ligne]. [Consulté le 27/12/2023]. Disponible sur le site web : <https://librairie.ademe.fr>.
4. **Alem, S. (2016).** Étude des eaux épurées de la station d'épuration de Beni Messous en vue de leur utilisation agricole. (Mémoire de master). Alger, ENP.
5. **Asare-Marfo, D., Birol, E., et al. (2013).** Prioritizing countries for biofortification interventions using country-level data. International Food Policy Research Institute (IFPRI).
6. **Audouin, J. (1965).** Répartition bathymétrique des crevettes sur les côtes algériennes entre les îles Zaffarines et les îles Habibats. Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée, 18, (p.p.171-174).
7. **Bachari Houma, F. (2009).** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire (Thèse de Doctorat). France, Université Paris Est.
8. **Bachetarzi, R., Zahaf, C. R., Benabdi, M. (2016, September).** Biodiversity marine assessment of "Agueli Island"(Wilaya of Algiers), Algeria. In 41st CIESM Congress (p.p. 12-16).
9. **Bahri, N. (2017).** Contribution à la connaissance de la macrofaune benthique associée à *Caulerpa racemosa* dans la plage ouest de Sidi Fredj. (Thèse de Doctorat). Dely Brahim, ENSSMAL.
10. **Bakalem, A. (2008).** Contribution à l'étude des peuplements benthiques du plateau continental Algérien. (Thèse de Doctorat). Alger : USTHB.
11. **Balzan, M. V., Potschin-Young, M., Haines-Young, R. (2018).** Island ecosystem services: Insights from a literature review on case-study island ecosystem services and future prospects. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management, 14(1), (p.p. 71-90).
12. **Belbacha, S., Semroud, R., & Esplà, A. A. R. (2011).** Inventaire des peuplements du coralligène de l'aire marine de Taza. MEDPAN SUD. Universités Jijel-Alicante, Dely Brahim : ENSSMAL.
13. **Beliaeff, B., Bouvet, G., Fernandez, J., et al. (2011).** Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. (Thèse de Doctorat, CNRT Nickel et son environnement).
14. **Benabdi M., Ben Hadj S., Charbonnel E., et al, (2016).** État de référence de l'ichtyofaune de la réserve marine des îles Habibas (Algérie). Initiative PIM pour les Petites Iles de Méditerranée. Conservatoire du littoral. p. 28.
15. **Benabdi, M., Cherif-Louazani, L. A., Belmahi, A. E., et al. (2019).** Morphometric data and allometric relationships of the gorgonian *Eunicella singularis* (Esper, 1791)(Anthozoa Gorgoniidae) of Paloma Island, Algeria. Biodiv. J., 10(3), p.p. 185-194.
16. **Benabdi, M., Grimes, S., Mouffok, S., et al. (2018).** Size distribution, density and disturbance level on the gorgonian *Eunicella singularis* (Esper, 1791)(Cnidaria, Octocorallia) around Paloma Island, Algeria (southwestern Mediterranean). In 3rd Mediterranean Symposium on the conservation of Coralligenous & other Calcareous Bio-Concretions p. 111.
17. **Benali, M., Djebri, I., Bellouis, D., et al. (2019).** First record of drifting *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt thalli on the Algerian coasts of Cherchell and Sidi Fredj. *BioInvasions Records*, 8(3), p.p. 575-581).

18. **Bensaber, A., Berichi, N. (2020).** Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville de Ain Temouchent (Mémoire de master). Dely Brahim, ENSSMAL.
19. **Benzohra M., 1993.** Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes. Centre d'Océanologie de Marseille, (p. 33).
20. **Bernard, F., Medail, F., Vela, E. (2008).** Élaboration d'une base de données et premiers éléments de gestion. Les Petites Iles de Méditerranée (Initiative PIM).
21. **Bevan, A., Conolly, J. (2013).** Mediterranean islands, fragile communities and persistent landscapes: Antikythera in long-term perspective. Cambridge University Press.
22. **Bianchi, C. N., Morri, C. (2000).** Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine pollution bulletin*, 40(5), (p.p. 367-376).
23. **Bost, R. (2018).** Algorithmes de recherche sur bases de données chiffrées (Thèse de Doctorat, Rennes 1).
24. **Bouamar, R. (2024).** Lithostratigraphie du Miocène supérieur et du Quaternaire de Mersat Zouanif, rive gauche de la basse Tafna (Algérie Nord-occidentale). Thèse de Doctorat. University of Tlemcen.
25. **Bouderbala, M., Larbi-Doukara, K., Terkmani ,F., et al. (2015).** Rapport d'avancement du projet. Document non publié.
26. **Boudjellal-Kaïdi, N., Grimes, S., (1996).** Note préliminaire sur la diversité de la macrofaune benthique des fonds meubles d'un site unique des côtes Ouest algériennes : les îles Habibas. Journ. Sci. & Environ. (la biodiversité). *Soc. Hist.Nat. d'Afrique du Nord (SHNAN)*/Poster, 27.02. Alger.
27. **Boudjellal-Kaidi, N. (2003).** Étude de la faune carcinologique des fonds meubles de l'île Rachgoun (Beni-Saf, ouest Algérien). Mémoire d'ingénieur d'état en océanographie (écologie marine), ISMAL, Alger, (p.65).
28. **Boudjellal-Kaidi, N., Kerfouf, A., (2015).** Influence d'une zone humide sur les caractéristiques d'un écosystème benthique de la côte algéroise: le lac de Réghaia (Est algérois). Thèse de Doctorat.
29. **Boughanem, H., Nait Tayeb, A. (2012).** Mise en place d'un carré permanent dans l'herbier a *Posidonia oceanica* de la plage de la thalassothérapie (Sidi Fredj). Mémoire d'ingénieur. ENSSMAL.
30. **Boumediene, H. K., & Lotfi, B. T. (2019).** First Record of Invasive Green Algae *Caulerpa racemose* var. *cylindracea* in Oran Bay (western Alegria). *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 48(3), p.p. 335-342.
31. **Bouras, D., & Ramdani, M. (2013).** Évaluation écologique de l'île Rachgoun en vue d'un classement en aire marine protégée (ouest algérien). Rapports et procès-verbaux des réunions Commission internationale pour l'exploration scientifique de la Mer Méditerranée, p.p.1- 40.
32. **Bouyacoub, N., Djilali, H. (2021).** Évaluation de la qualité des sédiments superficiels du port de Sidi Fredj en vue d'une opération de dragage. (Mémoire d'ingénieur), ENSSMAL.
33. **Caloz, R., & Collet, C. (2011).** Analyse spatiale de l'information géographique. PPUR Presses polytechniques.
34. **Caniani D, Labella A, Lioi DS, et al .(2016).** Habitat ecological integrity and environmental impact assessment of anthropic activities: A GIS-based fuzzy logic model for sites of high biodiversity conservation interest. *Ecol Indic* 67:238–249. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.038>.

35. **CAR/ASP - PNUE/PAM, 2015.** Plan de gestion de la future réserve naturelle de Réghaia en Algérie.
36. **Carlson, R. R., Evans, L. J., Foo, S. A., et al. (2021).** Synergistic benefits of conserving land-sea ecosystems. *Global Ecology and Conservation*, 28, e01684.
37. **Casetta, E., & Delord, J. (2018).** La biodiversité en question : enjeux philosophiques, éthiques et scientifiques. Éditions Matériologiques.
38. **Ciampi, C., & Berland, N. (2019).** Usages des technologies et dissolution du contrôle social: cas de l'appropriation d'une base de données à visée collaborative. *Revue Internationale de Psychosociologie et de gestion des Comportements Organisationnels*, 25(2), p.p. 25-59.
39. **Claisse, D., & Raffin, B. (1994).** Surveillance du milieu marin(travaux du réseau national d'observation de la qualité du milieu marin). *RNO. Réseau national d'observation de la qualité du milieu marin*.
40. **Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Ben Rais Lasram, F., Aguzzi, J., ... & Voultziadou, E. (2010).** The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PloS one*, 5(8), e11842.
41. **Comité scientifique du colloque intégration de la photogrammétrie et de la télédétection dans les SIG. (1990),** Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection SFPT, Strasbourg.
42. **Convention sur la diversité biologique. (1992).** *Convention sur la diversité biologique.* Nations Unies. [En ligne]. Disponible sur <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>
43. **Crisci, C. (2011).** Effets du changement climatique sur les écosystèmes littoraux de la Mer Méditerranée Nord-occidentale : étude de la relation entre les conditions de température et la réponse biologique pendant les événements de mortalité massive.
44. **Daeden, J. (2015).** Analyse des pressions anthropiques sur l'environnement littoral européen et français. Université de La Rochelle.
45. **Dagany, R., Mars, J.I., Luc, F. (2001).** Analyse de données multicomposantes et caractérisation du fond marin : Traitement physique du signal et de l'image.
46. **De Andrés M., Barragán JM., Scherer, M. (2018).** Urban centres and coastal zone definition: Which area should we manage? *Land use policy* 71:121–128. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.038>.
47. **Décret exécutif n° N°1844 du 2 novembre 1999 (partie terrestre)**
48. **Décret n°03.147 du 26 Moharrem 1424 correspondant 29 Mars 2003**
49. **Degrigny, C., Jeanneret, R., Guido, K., Laroche, F., & Baudin, C. (2017, April).** SCHEMATEC: une méthodologie utilisant des outils basés sur le virtuel et une base de données au service de la conservation-restauration des objets scientifiques et techniques patrimoniaux. In 6ème congrès de la SFHST.
50. **Delanoë O., Montmollin B., Olivier L. (1996).** Conservation of Mediterranean Island Plants 1. Strategy for action. IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, UK. p.106.
51. **Delye, G. (1957).** Crustacés Décapodes récoltés au cours de la croisière du Comité local d'océanographie et d'études des côtes d'Algérie aux îles Habibas, par G. Délye. Impr. nationale.
52. **Desse, M. (2015).** Les îles et la territorialisation des espaces océaniques.
53. **Djahnit, N., Otmani, H., Lounas, R., Abd El Motaleb, A. Y. B., Chamma, N., DJERRA, N., & Berkani, M. (2023).** Évaluation de la qualité microbienne de l'eau de mer et des moules d'une ferme conchylicole algérienne. *Geo-Eco-Marina*, 29, p.p. 39-50.

54. **Dutrieux E, Canovas S, Denis J, et al. (2000).** Methodological Guide for the Elaboration of Vulnerability Maps of the Coastal Zones of the Indian Ocean. Réalisé par Créocéan, Ifremer et Arvam pour le compte de l'UNESCO/IOC et le PRE-COI/UE.
55. **Ed. CAR/ASP - Projet MedMPAnet, Tunis: p.120.**
56. **Fattal P, Robin M, Pottier P.(2007).** Évaluation de la vulnérabilité côtière face aux pollutions par hydrocarbures: Application à l'île de Noirmoutier. Territ en Mouv p.p. 54–69. <https://doi.org/10.4000/tem.551>.
57. **Fédération Française des Sociétés de Science Naturelles. Office Central de Faunistique, & Fauvel, P. (1923).** Faune de France (Vol. 5). Lechevalier.
58. **Friedlander, A. M., Ballesteros, E., Caselle, J. E., et al. (2016).** Marine biodiversity in Juan Fernández and Desventuradas Islands, Chile: global endemism hotspots. PLoS One, 11(1), e0145059.
59. **Fritzsche K, Schneiderbauer S, Bubeck P, et al. (2017).** Guide de référence sur la vulnérabilité Concept et directives pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées. Berlin.
60. **Gardarin, G. (2003).** *Bases de données*. Paris : Editions Eyrolles.
61. **Geoffroy, V., (2008).** Aquaculture. Edit. Relectures et couverture. p. 1264.
62. **Giret, A. (1993).** Les étapes magmatiques de l'édification des îles Kerguelen, océan Indien. *Mémoires de la Société géologique de France (1833), 163*, p.p. 273-282.
63. **Grabherr, G., Bertrand, P. (1999).** Guide des écosystèmes de la terre: les écosystèmes continentaux naturels, semi-naturels et artificiels, présentés d'un point de vue biogéographique. Les Éditions Eugen Ulmer.
64. **Grant, C., Faille, G., Beauchesne, D. (2014).** Étude concernant une aire marine protégée aux Îles de la Madeleine: atlas cartographique des Îles de la Madeleine: volume 3.
65. **Grimes, S. (2004).** Biodiversité marine et littorale Algérienne.
66. **Grimes S., Semroud R., Bakalem A., et al. (2005).** Les îles Habibas : Pôle de la biodiversité de la région méditerranéenne, espace à protéger. *International workshop proceedings: Marine and coastal protected Areas*, Meknès - Morocco, 23-25 March, 2005, Edt. A. Chouikhi & M. Menioui, p.p. 101-111.
67. **Grimes, S., Benabdi, M., Babali, N., et al. (2018).** Biodiversity changes along the Algerian coast (Southwest Mediterranean basin): from 1834 to 2017: A first assessment of introduced species. *Mediterranean Marine Science*, 19(1), p.p. 156-179.
68. **Haddou-Dekhir, A., Boutiba, Y., Abid-Kachour, S., et al . (2019).** The benthic stands of the soft and rocky substrates of the Paloma Island, Algeria. *Biodiversity Journal*, 10(4), p.p. 343-352.
69. **Hafferssas, A., Khames, Y. G. (2013).** Peuplements macrozooplanctoniques des îles habibas (mer alboran): biodiversité et composition.
70. **Hafrat, A., Toumi, M. E., Chaouadi, M. (2022).** Etude écologique du mésozooplancton des côtes Ouest Algériennes (Iles Habibas): Biodiversité taxonomique, groupes trophiques et indicateurs hydrologiques et bathymétriques (Thèse de Doctorat).
71. **Hainaut, J. L. (2009).** Bases de données : Concepts, utilisation et développement-Collection Sciences Sup, Paris : DUNOD, 2009, 2010.
72. **He L, Shen J, Zhang Y. (2018).** Ecological vulnerability assessment for ecological conservation and environmental management. *J Environ Manage* 206:1115–1125. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2017.11.059>.

73. **Henri É, Singh B, André P. (2002).** Vulnérabilité de la zone côtière du Bénin à un rehaussement relatif du niveau marin : état de la question et préconisations / Vulnerability of the Coastal Zone of Benin to a Relative Sea Level Rise : State of the Problem and Recommendations. *Ann Geogr* 16: p.p. 25–40.
74. **JORA, 1993.** Journal Officiel de la République Algérienne, n°46. P 12.
75. **Kallouche, M. E. M., Benaïssa, N., Rouane-Hacene, et al. (2020).** The endangered status of *Patella ferruginea* in a limpet assemblage hotspot (Plane Island: South West Alboran, Mediterranean Sea): local distribution factors and species abundance. *Journal of Marine and Island Cultures*, 9, p.p. 1-21.
76. **Katlane, R., Berges, J. C., Beltrando, G., et al. (2014).** Traitement de données thématique mapper pour la cartographie multi temporelle du plateau sous-marin autour des îles KerKennah (Tunisie). Photo-Interprétation. *European Journal of Applied Remote Sensing*, 50(3-4), p.p. 100-107.
77. **Keraghel, M.A. (2022).** Pollution chimique [Support de cours Pollution marine et anthropisation].
78. **Khames, G. E. Y., Hafferssas, A. (2019).** Abundance and species composition of gelatinous zooplankton in Habibas Islands and Sidi Fredj (Western Mediterranean Sea). *Cahier de Biologie Marine*, 60, p.p. 143-152.
79. **Khettou, M., Belala, S. (2021).** Les paramètres physico-chimiques dans l'eau de mer et les sédiments dans le port de Sidi Fredj. (Mémoire d'ingénieur). ENSSMAL.
80. **Laaribi, A. (2000).** SIG et analyse multicritère (No. BOOK). Hermès.
81. **Lambert, M., Arnaud, A., Claeys, C. (2019).** Justice climatique et démocratie environnementale - Les inégalités d'accès au droit des populations vulnérables aux risques littoraux – quelques éléments de comparaison. Vertigo.
82. **Lamouti S. (2006).** Essai de cartographie des herbiers à posidonie dans la zone du PAC (plage de la thalassothérapie Sidi Fredj), Mém. Ing., ISMAL, p. 50 + annexes.
83. **Laporte, J. P. (2006).** Siga et l'île de Rachgoun. Carocci editore.
84. **Lasserre, G. (2012).** Îles et insularité, Dossier documentaire: Connaissances générales. Compilé par J.M. Dauriac – professeur de géographie CPGE – Lycée Michel Montaigne – Bordeaux, 227 p.
85. **Leclerc, C. (2019).** Biodiversité endémique insulaire face aux changements globaux: état des lieux dans un contexte de conservation (Doctoral dissertation, Université Paris Saclay (COMUE)).
86. **LEM (LABORATOIRE DES ÉTUDES MARITIMES) (1998).** Étude de délimitation d'une zone d'extraction de Sable sur la baie d'Alger.
87. **Levrel, H., Thébaud, O., Weber, J. (2010).** Biodiversité en environnement marin. Synthèse et recommandations en sciences environnementale et sociale: Rapport à l'Ifremer.
88. **Li L, Shi Z, Yin W, et al. (2009).** A fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to eco-environmental vulnerability assessment for the danjiangkou reservoir area, China. 220:3439–3447. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.09.005>
89. **Magnin, H. (2018).** Le Parc national de la Guadeloupe: un territoire insulaire unique dédié à la protection de la biodiversité. *Études caribéennes*, (41).
90. **Mahtout, D., & Meghlaoui, B. (2016).** La diversité herpétologique des milieux insulaires dans la région de Béjaïa (Algérie).
91. **Mansar, S., Melzi, A. (2011).** Les paramètres physico-chimiques et biologiques de la zone ouest de Sidi Fredj. Mém. Ing., ENSSMAL.

92. **Marec, L. (1995).** Température de surface de la mer et anomalies en Atlantique tropical de mai à juillet 1995. *Sea surface temperature and anomalies in the tropical Atlantic from May to July*, p.p. 5-8.
93. **Marins, O. (1992).** Groupement D'intérêt Scientifique, Oiseaux marins. 8^{ème} réunion nationale Brest, pp. 26-31
94. **Martínez, A., Di Domenico, M., Leasi, F., et al. (2019).** Patterns of diversity and endemism of soft-bodied meiofauna in an oceanic island, Lanzarote, Canary Islands. *Marine Biodiversity*, 49, p.p. 2033-2055.
95. **Megartsi, M. (1985).** Le volcanisme Mio-Plio-Quaternaire de l'Oranie nord-occidentale. *PhD, Alger University*.
96. **Meinesz, A. (2021).** Chapitre 4. Les atteintes au milieu marin les plus redoutées par l'Homme. Dans : , Protéger la biodiversité marine pp. 115-184. Paris: Odile Jacob.
97. **Merven, R., Appadoo, C., Florens, F. B. V., et al. (2023).** Dependency on Mangroves Ecosystem Services is Modulated by Socioeconomic Drivers and Socio-Ecological Changes—Insights From a Small Oceanic island. *Human Ecology*, 51(6), p.p. 1141-1156.
98. **Mettler, E., Clyde-Brockway, C. E., Honarvar, S., et al. (2019).** Migratory corridor linking Atlantic green turtle, *Chelonia mydas*, nesting site on Bioko Island, Equatorial Guinea to Ghanaian foraging grounds. *Plos one*, 14(6), e0213231.
99. **Mezali, K. (1998).** *Contribution à la systématique, la biologie, l'écologie et à la dynamique des populations de cinq espèces d'holothuries aspidochirotes (Holothuria tubula, Ho. polii, H. stellati, H. forskali et H. sanstori) de l'herbier à Posidonia oceanica (L.) Delile de (Doctoral dissertation, Alger).*
100. **Moigne, M.L., Fabri, M.C., Gerigny, O. (2016).** Consignes de saisie Quadrigé² - Microdéchets & microplastiques. Surveillance du milieu DCSMM indicateur microdéchets D10C2.
101. **Monaco, A., & Prouzet, P. (2014).** Vulnérabilité du système océanique (Vol. 2). ISTE Group.
102. **Montmollin B. et Strahm W. (2005).** The Top 50 Mediterranean Island Plants. UICN/SSC Mediterranean Island Plants Specialist Group: p. 109.
103. **Morin, M., & Bouchard, J. F. (2009).** Concepts de base en sécurité civile. Sécurité civile Québec.
104. **Moulaï, R., & Aissat, L. (2010).** Contribution à l'analyse de la diversité entomologique des milieux insulaires de la région de Jijel (Algérie). *Entomologie faunistique-Faunistic Entomology*. Volume 63 - Numéro 3
105. **Moulaï, R., Bougaham, F. A., Aissat, L., et al. (2015).** Faune vertébrée de quelques milieux insulaires d'Algérie : Diversité et aspects de conservation. In *Proceeding of the international congress on Estuaries and costal protected area* p.p. 183-190.
106. **Mouret, V. (2008).** Mission de terrain Réserve Naturelle des îles Habibas. *Petites îles de Méditerranée*, 8.
107. **Naze, M. (2022).** Écologie des semences pour la reconquête de la biodiversité insulaire tropicale: étude de quatre espèces indigènes et de trois espèces endémiques de La Réunion dans différents étages de végétation (Doctoral dissertation, Université de la Réunion).
108. **Nguyen, A. K., Liou, Y. A., Li, M. H., Tran, T. A. (2016).** Zoning eco-environmental vulnerability for environmental management and protection. *Ecological Indicators*, 69, 100-117.
109. **Nguyen, G. T. (1986).** *Quelques fonctionnalités de bases de données avancées* (Doctoral dissertation, Université Joseph-Fourier-Grenoble I).


110. **Noorbakhsh, F. (1998)**. A modified human development index. *World development*, 26(3), 517-528.
111. **Ocean Biodiversity Information System (2024)**. About OBIS. [En Ligne]. [17/12/2023]. Disponible sur le site web : <https://obis.org/>.
112. **Oquendo, F. (1990)**. Contribution à l'étude des bases de données pour le génie logiciel: modèle et fonctionnalités d'un système de gestion d'objets pour environnement de génie logiciel assisté par ordinateur (Doctoral dissertation, Université Pierre Mendès France (Grenoble; 1990-2015)).
113. **Ouahil, A. (2017)**. Etat de la pollution par matières particulaires et dissoutes dans le système fluvio-marin d'Oued Mazafran-embouchure (baie de Bousmail) (Doctoral dissertation).
114. **Oueslati, A. (2016)**. Les îles de la côte orientale de la Tunisie. Des caractéristiques de leur évolution géomorphologique récente et de leur intérêt pour l'étude géoarchéologique de l'évolution des paysages et de la vulnérabilité aux variations positives du niveau marin.
115. **Ould-Ahmed, N. (2015)**. Étude de la flore algale des côtes algériennes (Doctoral dissertation, ENSA).
116. **Parenzan, P. (1974)**. Carta d'identità della conchiglie del Mediterraneo: Bivalvi.
117. **Pietrolungo, G., Martín-Montalvo, B. Q., Ashok, K., et al. (2022)**. Combining Monitoring Approaches as a Tool to Assess the Occurrence of the Mediterranean Monk Seal in Samos Island, Greece. *Hydrobiology*, 1(4), 440-450.
118. **Pinay, G., Gascuel, C., Ménesguen, A., et al. (2018)**. *L'eutrophisation* (p. 176). Éditions Quae.
119. **Plan, B. (2024)**. Proposal of Mediterranean conceptual framework for coastal observation. GEF MedProgramme Child Project 2.1
120. **Porro, B., Alloncle, N., Bierne, N., Arnaud-Haon, S. (2019)**. Connectivité et protection de la biodiversité marine: Dynamique spatiale des organismes marins. Quae.
121. **QGIS.org**, QGIS Geographic Information System. QGIS Association [En Ligne]. [30/12/2023]. Disponible sur le site web: <http://www.qgis.org>.
122. **Quenault, B., Pigeon, P., et al. (2011)**. Vulnérabilités et résilience au changement climatique en milieu urbain: vers de nouvelles stratégies de développement urbain durable? (Thèse de Doctorat Programme Interdisciplinaire de recherche Ville et Environnement (MEDDAT-CNRS); Maison des Sciences de l'Homme de Bretagne (MSHB)).
123. **Ramos Esplá, A., Benabdi, M., Sghaier, Y. R., et al. (2016)**. Algérie: Île de Rachgoun. Cartographie des habitats marins clés de Méditerranée et initiation de réseaux de surveillance.
124. **Riedl, R. (1991)**. Fauna e flora del Mediterraneo. Dalle alghe ai mammiferi; una guida sistematica alle specie che vivono nel mar Mediterraneo.
125. **Rufin-Soler, C. (2004)**. *Évolutions environnementales des littoraux des atolls coralliens dans les océans Indien et Pacifique: le cas des archipels maldivien et tuvaluan* (Thèse de Doctorat), Université de Bretagne occidentale-Brest.
126. **Saaty, T. L. (1980)**. The analytic hierarchy process (AHP). *The Journal of the Operational Research Society*, 41(11), (p.p. 1073-1076).
127. **Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2001)**. Models, methods, concepts & applications of the Analytic Hierarchy Process—Kluwer Academic Publishers. *Boston/Dordrecht/London*.
128. **Sadaoui, M., Chabi, A. (2011)**. Diagnostic et paramètres environnementaux du littoral ouest de Sidi Fredj. (Mémoire d'ingénieur). ENSSMAL.
129. **Saucède, T., Motreuil, S., Mathieu, O., et al. (2018)**. Changement climatique et suivi de la biodiversité marine côtière aux Iles Kerguelen.


130. **Silhadi, M. A., Refes, W., Mazouzi, S. (2020).** Assessment of coastal ecosystems vulnerability to pollution: Algiers coast, Algeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(34), 42670-42684.
131. **Skalar Analytical (1998).** User manual San Plus. SA1050 Random Access Auto Sampler, Numéro de la publication : 0101003 c,(p. 23).
132. **Small C, Nicholls R.J. (2003).** A global analysis of human settlement in coastal zones. *J Coast Res* 19: (p.p. 584–599). <https://doi.org/10.2307/4299200>.
133. **Steiner, F. (1973).** Multilingual dictionary of technical terms in cartography. Ed. International Cartographic Association. Commission II: Definition, Classification and Standardization of Technical Terms in Cartography. Wiesbaden, 83, 573.
134. **Tahiti Le Blog. (s.d.).** Formation des îles et atolls de Polynésie. *Tahiti Le Blog*. <https://tahitileblog.fr/histoire-geographie/formation-iles-atolls-polynesie/>.
135. **Taibi, A., Oubaziz, B., Ghermaoui, M., et al. (2014).** Etude de la biométrie de la Patelle géante *Patella ferruginea* à l'île de Rachgoun. *Proceedings of BEL*, 3, (p.p. 26-28).
136. **Taylor, S. R., McLennan, S. M. (1985).** The continental crust: its composition and evolution.
137. **Taylor, S. R., McLennan, S. M. (1995).** The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of geophysics*, 33(2), (p.p. 241-265).
138. **The Global Biodiversity Information Facility (2024).** What is GBIF?. [En ligne].[consulté le 17/12/2023]. Disponible sur le site web: <https://www.gbif.org/what-is-gbif>.
139. **Topuz, E., van Gestel, C. A. (2016).** An approach for environmental risk assessment of engineered nanomaterials using Analytical Hierarchy Process (AHP) and fuzzy inference rules. *Environment international*, 92, (p.p. 334-347).
140. **Ughetto, P. (2013).** Utiliser une base de données en organisation: La recherche de l'instrument. *Réseaux*, (2), (p.p. 197-222).
141. **Véla, E. (2017).** Commentaires sur la flore de l'île Rachgoun (Nord-Ouest Algérie). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 72(3), (p.p. 258-268).
142. **Wimart-Rousseau, C. (2021).** Dynamiques saisonnière et pluriannuelle du système des carbonates dans les eaux de surface en mer Méditerranée (Thèse de Doctorat, Aix-Marseille).
143. **WoRMS Editorial Board (2024).** World Register of Marine Species. [En Ligne]. [17/12/2023]. Disponible sur le site web: <https://www.marinespecies.org>.
144. **Yahia Meddah, R., Ghodbani, T., Senouci, R., et al. (2023).** Estimation of the Coastal Vulnerability Index Using Multi-Criteria Decision Making: The Coastal Social–Ecological System of Rachgoun, Western Algeria. *Sustainability*, 15(17), 12838.
145. **Yahiaoui, R. (2015).** Inventaire taxonomique des espèces marines de la région de Sidi Fredj. (Mémoire d'ingénieur). ENSSMAL.
146. **Yoo G, Kim AR, Hadi S. (2014).** A methodology to assess environmental vulnerability in a coastal city: Application to Jakarta, Indonesia. *Ocean Coast Manag* 102 (p.p. 169–177). <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.09.018>.
147. **Zou T, Yoshino K. (2017).** Environmental vulnerability evaluation using a spatial principal components approach in the Daxing'anling region, China. *Ecol Indic* 78(p.p.405–415). <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2017.03.039>.
148. **Zouatine, M. (2019).** Approche à l'étude d'une stratégie de développement durable des ressources hydriques cas du lac de Réghaïa. (Mémoire de master). Université de Biskra.


Annexe 1


Stations Espèces	Iles Habibas																Ile Rachgoun		Ile Plane		Ile Agueli			Iles Cavallo																												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14															
Annelida																																																				
<i>Chone dumeri</i>																	X	X																																		
<i>Chone filicaudata</i>																	X																																			
<i>Filograna implexa</i>																										X																										
<i>Hilbigneris gracilis</i>																	X																																			
<i>Hyalinoecia tubicola</i>																							X																													
<i>Lumbrineris latreilli</i>																	X	X																																		
<i>Nephtys hombergi</i>																		X																																		
<i>Sabella pavonina</i>																																																				
<i>Sabella spallanzani</i>																																																				
<i>Stermaspis succata</i>																	X																																			
Arthropoda																																																				
<i>Anamathia rissoana</i>																							X																													
<i>Aristaeomorpha foliacea</i>																							X																													
<i>Aristeus antennatus</i>																							X																													
<i>Brachynotus atlanticus</i>																																																				
<i>Dardanus arrosor</i>																																																				
<i>Monodaeus couchii</i>																							X																													
<i>Palinurus elephas</i>																																																				
<i>Palinurismauritanicus</i>		X				X											X						X																													
<i>Parapenaeus longirostris</i>																							X																													
<i>Pasiphaea multidentata</i>																										X																										
<i>Plesionika edwardsii</i>																																																				
<i>Plesionika gigliolii</i>																							X																													
<i>Plesionika heterocarpus</i>																										X																										
<i>Pollicipes pollicipes</i>																																																				
<i>Robustosergia robusta</i>																										X																										
<i>Scyllarides latus</i>																																																				
<i>Upogebia stellata</i>																	X																																			
Bryozoa																																																				
<i>Adeonella calveti</i>																																																				
<i>Amathia verticillata</i>																							X																													
<i>Chartella tenella</i>																																																				
<i>Fron dipora verrucosa</i>																																																				
<i>Hornera frondiculata</i>																																																				
<i>Margaretta cereoides</i>																																																				
<i>Myriapora truncata</i>																																																				
<i>Pentapora fascialis</i>																																																				
<i>Reteporella grimaldii</i>																																																				
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>																																																				
<i>Schizomavella (Schizomavella) linearis</i>																																																				


Annexe 2

Nom du site Iles Habibas	Coordonnées Géographiques 35°43'19''N, 1°08'28''W et 35°43'56''N , 1°07'00''W		
Nom en Arabe جزر حبيب			
Superficie : 50,35 ha	Linéaire insulaire : 12,9 km	Orientation : SE-NO	
	Hauteur : 105m		
Statut Légal National Reserve naturelle marine depuis 2003 (Décret exécutif n° 03-147 du 29 mars 2003)		Statut Légal International ASPIM depuis 2005 (Annexe I du Protocole ASP/DB)	
Gestionnaire du site Gestion partielle par le CNL (Commissariat National du Littoral)	Existence d'un schéma directeur <input checked="" type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input type="checkbox"/> Non encore élaboré	Existence d'un Plan de gestion <input checked="" type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input type="checkbox"/> Non encore élaboré	
Description Sommaire et forme générale	L'archipel des îles Habibas se compose de deux îles principales, El Cherguia et El Gharbia, entourées de rochers. Il est situé à l'ouest du bassin algérien, en face de la plage de Medagh dans la wilaya d'Oran. Les îles sont principalement formées de roches volcaniques et les fonds marins environnants sont riches en roches et argiles rares à proximité des hauts fonds.		
Principaux Habitats Terrestre	Oiseaux, reptiles, mammifères, végétation terrestre diversifiée.		
Principaux Habitats Marin	Posidonie, zones accidentées formant un environnement propice à l'ichtyologie.		
Espèces à Statut	<i>Dentex dentex</i> (UICN), <i>Diplodus cervinus</i> (UICN), <i>Epinephelus marginatus</i> (UICN), <i>Palinurus mauritanicus</i> (UICN).		
Activités autour de l'île	Description des Activités		
<input checked="" type="checkbox"/> Tourisme <input checked="" type="checkbox"/> Pêche de Plaisance <input checked="" type="checkbox"/> Plongée sous-marine <input type="checkbox"/> Aquaculture	<input checked="" type="checkbox"/> Pêche Chalutière <input checked="" type="checkbox"/> Senneurs <input checked="" type="checkbox"/> Petits métiers		Sur fréquentation des touristes et plongeurs sous-marin pour la beauté des paysages. Pêche de plaisance et professionnelle exercée aux alentours.

Nom du site Ile Rachgoun	Coordonnées Géographiques 35°19'03''N, 1°28'57''W et 35°19'35''N , 1°28'30''W		
Nom en Arabe جزيرة رشقون			
Superficie : 27,08 ha	Linéaire insulaire : 4,99Km	Orientation : SN	
	Hauteur : 68m		
Statut Légal National Réserve naturelle marine en projet		Statut Légal International Zone humide d'importance internationale RAMSAR depuis 2011 (RAMSAR site n=°1961)	
Gestionnaire du site Commissariat National du Littoral	Existence d'un schéma directeur <input type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input checked="" type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input type="checkbox"/> Non encore élaboré	Existence d'un Plan de gestion <input type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input checked="" type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input type="checkbox"/> Non encore élaboré	
Description Sommaire et forme générale	L'île de Rachgoun, aussi connue sous le nom de Leila, se trouve au nord-ouest du bassin algérien, à 3 km au large de la côte près du cap Acra, dans la wilaya d'Ain Témouchent. Elle est principalement constituée de roches volcaniques, typiques de la région de Tafna, et son sol est principalement composé de sables fins et moyens.		
Principaux Habitats Terrestre	Oiseaux, mammifères, végétation terrestre diversifiées de plus de 50 espèces de plantes vasculaires.		
Principaux Habitats Marin	Posidonie et couverture algale qui forme un écosystème intéressant et qui abrite plusieurs espèces animales.		
Espèces à Statut	<i>Cystoseira amentacea</i> (Convention de Berne), <i>Larus audouinii</i> (Convention Barcelone et Journal officiel Algérie), <i>Palinurus mauritanicus</i> (UICN), <i>Posidonia oceanica</i> (Convention de Barcelone, UICN).		
Activités autour de l'île	Description des Activités		
<input checked="" type="checkbox"/> Tourisme <input checked="" type="checkbox"/> Pêche de Plaisance <input checked="" type="checkbox"/> Plongée sous-marine <input type="checkbox"/> Aquaculture	<input checked="" type="checkbox"/> Pêche Chalutière <input checked="" type="checkbox"/> Senneurs <input checked="" type="checkbox"/> Petits métiers		Sur fréquentation des touristes et plongeurs sous-marin pour la beauté des paysages. Pêche de plaisance et professionnelle exercée aux alentours.

Nom du site Ile Plane	Coordonnées Géographiques 35°46'13''N, 0°54'19''W et 35°46'20''N, 0°53'56''W	
Nom en Arabe جزيرة بالوما		
Superficie : 3,28 ha	Linéaire insulaire : 2,07 Km Hauteur : 17m	Orientation : OE
Statut Légal National Réserve naturelle marine (CCWO, 2018. Classification commission of the wilaya of Oran, Wali decision No4961 of 17/09/2018)		Statut Légal International
Gestionnaire du site Domaine public de l'état	Existence d'un schéma directeur <input type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input checked="" type="checkbox"/> Non encore élaboré	Existence d'un Plan de gestion <input type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input checked="" type="checkbox"/> Non encore élaboré
Description Sommaire et forme générale	L'île Plane, également connue sous le nom de Paloma dans la région, est un petit îlot entouré de rochers, situé dans la wilaya d'Oran, près de la plage de Bousfer, dans la baie des Andalouses. Sa composition se caractérise par des fonds marins mixtes, alliant des zones rocheuses aux sédiments meubles, avec une pente sous-marine abrupte s'étendant sur 15 mètres au sud-est de l'île, allant de 0 à 34 mètres de profondeur.	
Principaux Habitats Terrestre	Oiseaux, reptiles, espèces arbustives et herbacées, spécialement adaptées aux conditions d'embruns, de vents et de sécheresse climatique de l'île.	
Principaux Habitats Marin	Espèces de patelles intéressantes : <i>Patella ferruginea</i> .	
Espèces à Statut	<i>Palinurus mauritanicus</i> (UICN), <i>Patella ferruginea</i> (Convention Barcelone et Journal officiel Algérie).	
Activités autour de l'île <input type="checkbox"/> Tourisme <input checked="" type="checkbox"/> Pêche de Plaisance <input checked="" type="checkbox"/> Plongée sous-marine <input type="checkbox"/> Aquaculture		Description des Activités Pêche de plaisance et professionnelle exercée aux alentours de l'île pour sa diversité ichtyologique. Site choisi par les plongeurs pour la beauté de l'île.
	<input checked="" type="checkbox"/> Pêche Chalutière <input checked="" type="checkbox"/> Senneurs <input checked="" type="checkbox"/> Petits métiers	

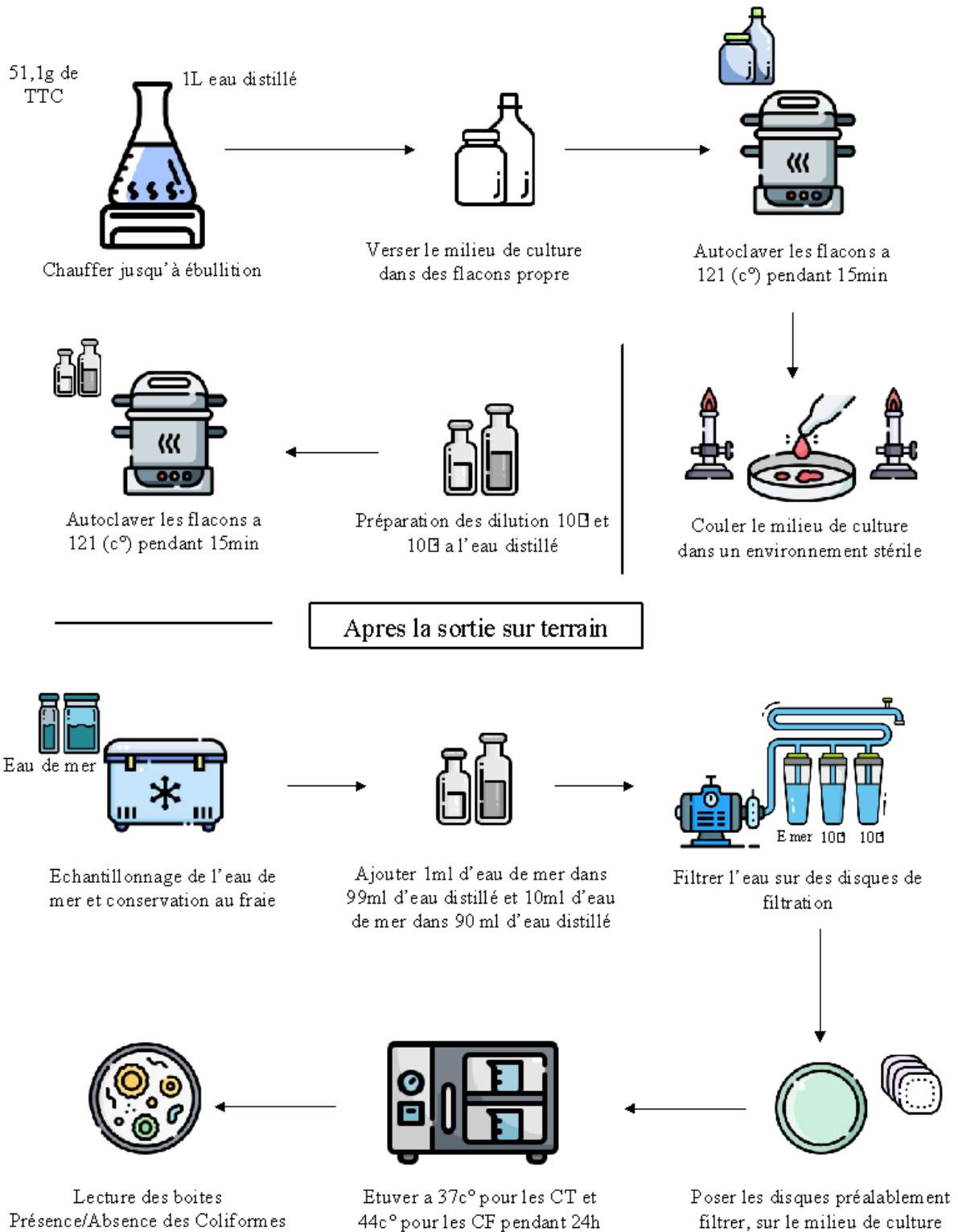
Nom du site Ile Agueli	Coordonnées Géographiques 36°47'32''N, 3°21'00''E et 36°47'50''N, 3°21'17''E		
Nom en Arabe حجرة بونطاح			
Superficie : 1,17 ha	Linéaire insulaire : 1,75 Km		Orientation : SE-NO
	Hauteur : 18m		
Statut Légal National Réserve naturelle marine		Statut Légal International Zone humide d'importance internationale par la convention RAMSAR depuis 2002 ; Aire littorale protégée en Méditerranée (Décret exécutif N°1844 du 2 novembre 1999)	
Gestionnaire du site Commissariat National du Littoral	Existence d'un schéma directeur <input type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input checked="" type="checkbox"/> Non encore élaboré	Existence d'un Plan de gestion <input type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input checked="" type="checkbox"/> Non encore élaboré	
Description Sommaire et forme générale	L'île Agueli, également connue sous le nom de Hadjrat Bountah, se trouve dans le secteur marin du centre algérien, près de la wilaya d'Alger, au large de la commune de Réghaïa. Elle est caractérisée par un complexe rocheux entouré de fonds sédimentaires comprenant du sable, des graviers calcaires et des dépôts de Bryozoaires, avec des profondeurs allant de 10 à 30 mètres.		
Principaux Habitats Terrestre	Nids d'espèces d'oiseaux terrestre		
Principaux Habitats Marin	Zone de frayère et de nurserie peuplements mégabenthiques et ichtyologiques de la région		
Espèces à Statut	<i>Asparagopsis armata</i> (Invasive), <i>Caulerpa cylindracea</i> (Invasive), <i>Cystoseira amentacea</i> (Convention de Berne), <i>Posidonia oceanica</i> (Convention de Barcelone, UICN)		
Activités autour de l'île <input type="checkbox"/> Tourisme <input checked="" type="checkbox"/> Pêche de Plaisance <input type="checkbox"/> Plongée sous-marine <input type="checkbox"/> Aquaculture		Description des Activités Sur fréquentation de l'île par les habitants de la région pour divertissement et plongée en PMT. Pêche de plaisance et professionnelle exercée autour de l'île.	
		<input checked="" type="checkbox"/> Pêche Chalutière <input checked="" type="checkbox"/> Senneurs <input checked="" type="checkbox"/> Petits métiers	

Nom du site Ile des Pisans	Coordonnées Géographiques 36°49'25''N, 4°59'36''E et 36°49'41''N, 5°00'01''E		
Nom en Arabe جزيرة البيزان			
Superficie : 2,13 ha	Linéaire insulaire : 1,93 Km	Orientation : OE	
	Hauteur : 30m		
Statut Légal National		Statut Légal International	
Gestionnaire du site	Existence d'un schéma directeur <input type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input type="checkbox"/> Non encore élaboré	Existence d'un Plan de gestion <input type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input type="checkbox"/> Non encore élaboré	
Description Sommaire et forme générale	L'île des Pisans, également appelée l'île Djerba, se trouve au nord-ouest de la wilaya de Bejaia, en face de la plage de Boulimat. Elle a historiquement été un lieu de rencontre pour les marchands européens, en particulier ceux de Pise, où des échanges commerciaux avaient lieu. L'île est principalement constituée de roches.		
Principaux Habitats Terrestre	24 espèces d'invertébrées, 3 espèces de reptiles, 5 espèces d'oiseaux, 1 espèce de mammifère		
Principaux Habitats Marin	Nd		
Espèces à Statut	Nd		
Activités autour de l'île <input type="checkbox"/> Tourisme <input type="checkbox"/> Pêche de Plaisance <input type="checkbox"/> Plongée sous-marine <input type="checkbox"/> Aquaculture		Description des Activités Nd <input type="checkbox"/> Pêche Chalutière <input type="checkbox"/> Senneurs <input type="checkbox"/> Petits métiers	

Nom du site Iles Cavallo	Coordonnées Géographiques Grand Cavallo: 36°47'00''N, 5°36'21''E et 36°47'13''N, 5°36'39''E		
Nom en Arabe جزر العوانة	Petit Cavallo: 36°47'56''N, 5°38'54''E et 36°48'11''N, 5°39'19''E		
Superficie : Grand Cavallo: 5,42 ha; Petit Cavallo: 4,77 ha	Linéaire insulaire :	Orientation : Grand Cavallo: SO-NE Petit Cavallo: OSO-ENE	
	Grand Cavallo: 1,32 Km Petit Cavallo: 2,31 Km		
	Hauteur :		
Grand Cavallo: 50m Petit Cavallo: 10m			
Statut Légal National Aire marine protégée en projet		Statut Légal International Réserve de Biosphère par l'UNESCO programme (MAB) prévue en 2003. Proposé pour la liste des ASPIM	
Gestionnaire du site Commissariat National du Littoral	Existence d'un schéma directeur <input checked="" type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input type="checkbox"/> Non encore élaboré	Existence d'un Plan de gestion <input checked="" type="checkbox"/> Validé et opérationnel <input type="checkbox"/> Validé et non opérationnel <input type="checkbox"/> En cours de validation <input type="checkbox"/> En cours d'élaboration <input type="checkbox"/> Non encore élaboré	
Description Sommaire et forme générale	Les îles Cavallo, aussi appelées îles d'El Aouana, se situent à l'ouest du littoral de Jijel, près de la commune d'El Aouana. L'archipel se compose d'une grande île, le Grand Cavallo, caractérisée par sa composition de feldspath et de mica blanc de texture grenue, et d'une petite île, le Petit Cavallo, constituée de grès moyen à ciment dolomitique. Les fonds marins alentour présentent des sables coquilliers et des zones rocheuses, avec une profondeur allant jusqu'à 25 mètres.		
Principaux Habitats Terrestre	Pistachier lentisque, Filaire et d'Olivier sauvage. Coléoptères et les Hyménoptères.		
Principaux Habitats Marin	Écosystème de coralligène et de Posidonie avec plusieurs espèces qui les utilisent comme habitat		
Espèces à Statut	<i>Eunicella cavolini</i> (UICN), <i>Apogon imberbis</i> (UICN), <i>Centrostephanus longispinus</i> (Convention Barcelone, Journal officiel Algérie, Convention Berne), <i>Chromis chromis</i> (UICN)		
Activités autour de l'île		Description des Activités	
<input checked="" type="checkbox"/> Tourisme <input checked="" type="checkbox"/> Pêche de Plaisance <input checked="" type="checkbox"/> Plongée sous-marine <input type="checkbox"/> Aquaculture	<input checked="" type="checkbox"/> Pêche Chalutière <input checked="" type="checkbox"/> Senneurs <input checked="" type="checkbox"/> Petits métiers	Île connue et squattée par les habitants de la région pour camping (Tourisme). Plongée sous-marine exercer aux alentours des deux îles. Pêche professionnelle et de plaisance exercer pour la faune diversifiée sur le site.	

Annexe 3

Protocole de préparation du milieu de culture TTC et dénombrement des coliformes dans l'eau de mer



Protocole de préparation du milieu de culture Slanetz et BEA et dénombrement des Streptocoques Fécaux dans l'eau de mer



Autoclaver les flaons vide a 115 (c°) pendant 12min

41,5g Slanetz



Chaulfer jusqu'à ébullition

1L eau distillé



Verser le milieu de culture dans des flaons stérile



Autoclaver les flaons a 121 (c°) pendant 15min



Préparation des dilution 10⁻¹ et 10⁻² a l'eau distillé



Couler le milieu de culture dans un environnement stérile

Même processus pour le milieu BEA (56,65g /1L)

Après la sortie sur terrain



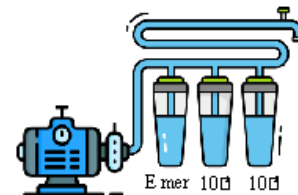
Eau de mer



Echantillonnage de l'eau de mer et conservation au fraie



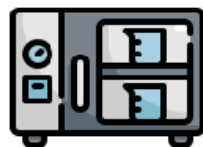
Ajouter 1ml d'eau de mer dans 99ml d'eau distillé et 10ml d'eau de mer dans 90 ml d'eau distillé



Filtrer l'eau sur des disques de filtration



Lecture des boites Présence/Absence des Streptocoques



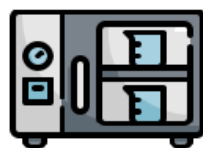
Etuver a 37c° pendant 24h



Poser les disques préalablement filtrer, sur le milieu de culture Slanetz



Strier les colonies trouver sur le milieu BEA pour confirmation

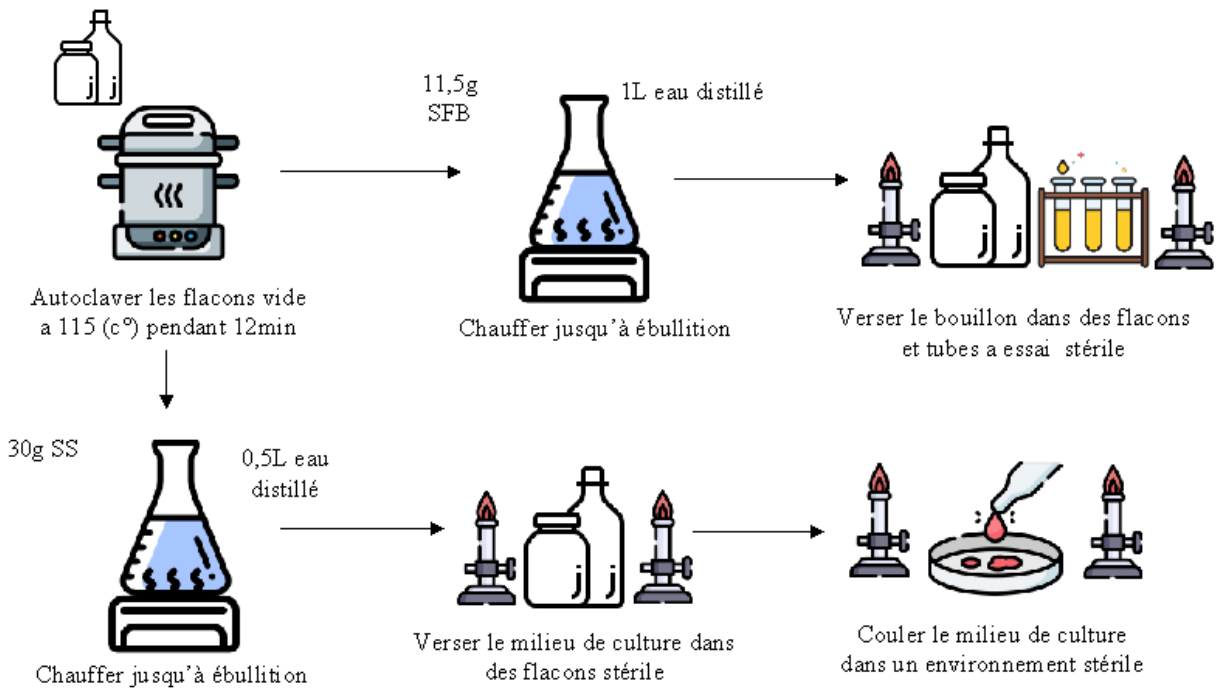


Etuver a 37c° pendant 24h

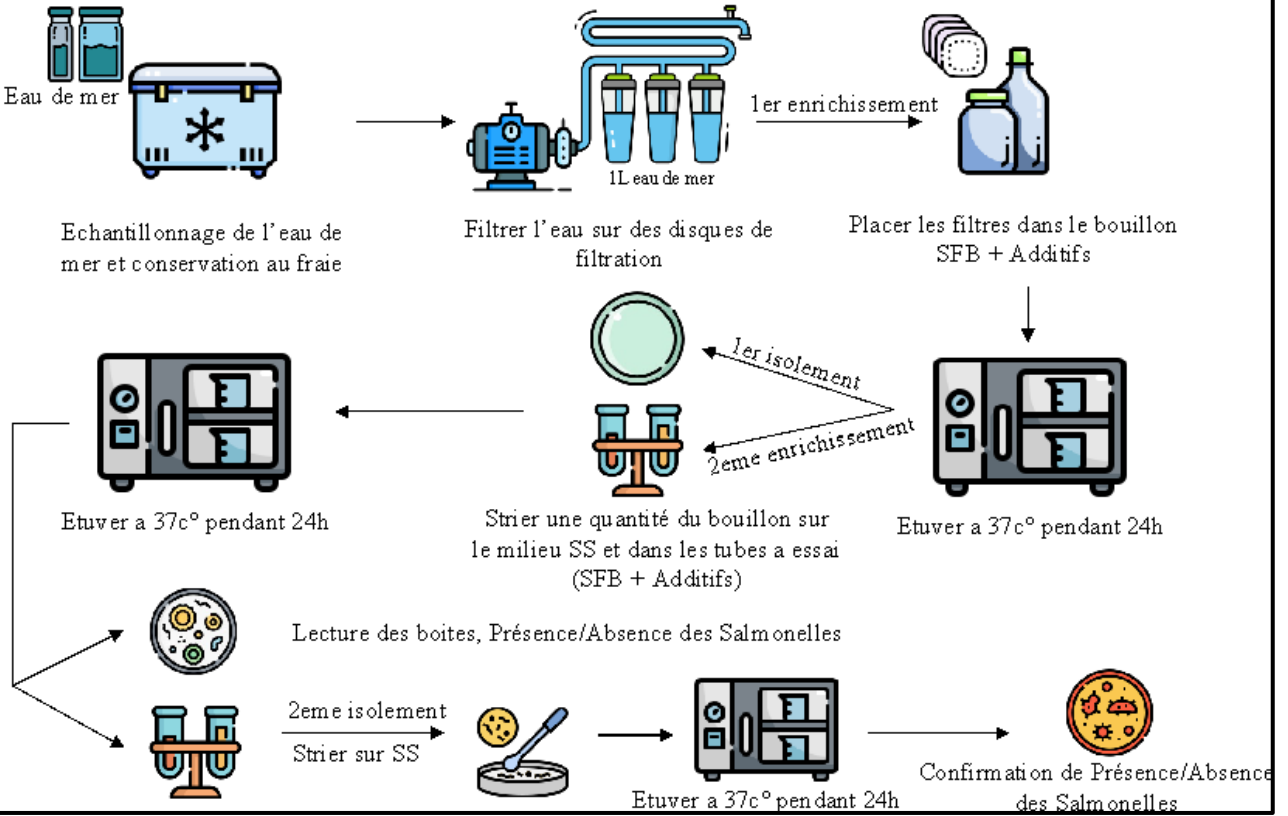


Lecture des boites, Confirmation de présence des streptocoques

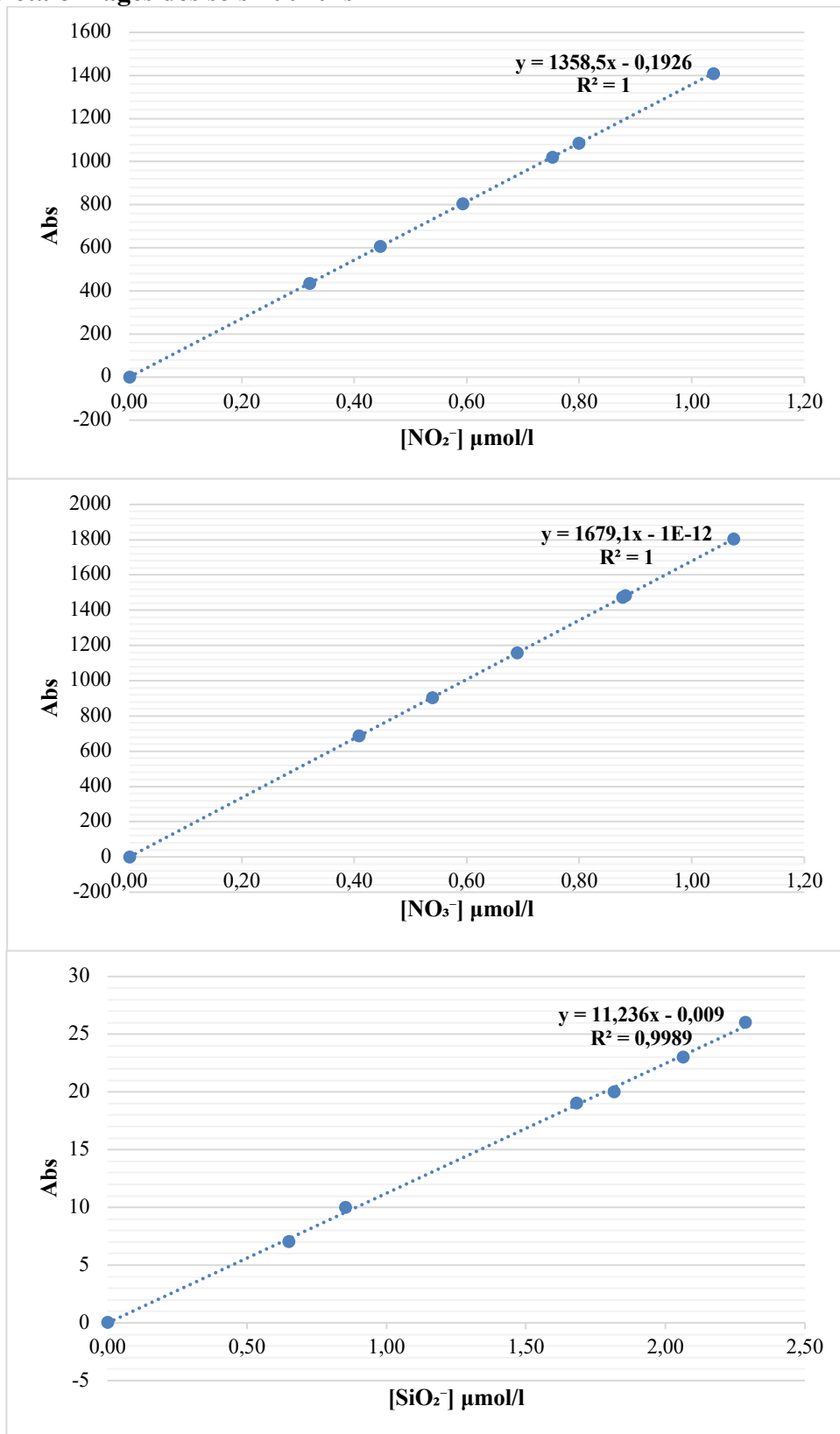
Protocole de préparation du milieu de culture SFB et SS et dénombrement des Salmonelles dans l'eau de mer

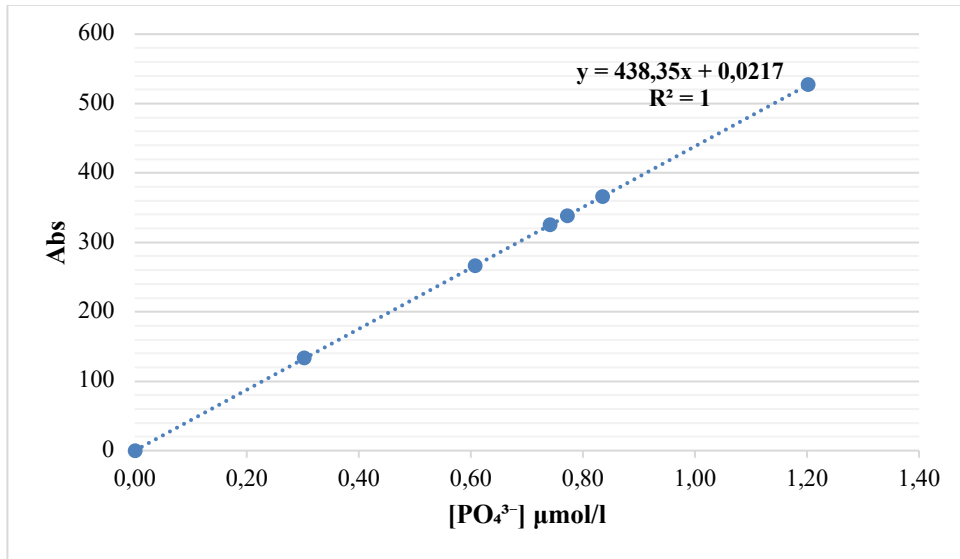


Après la sortie sur terrain

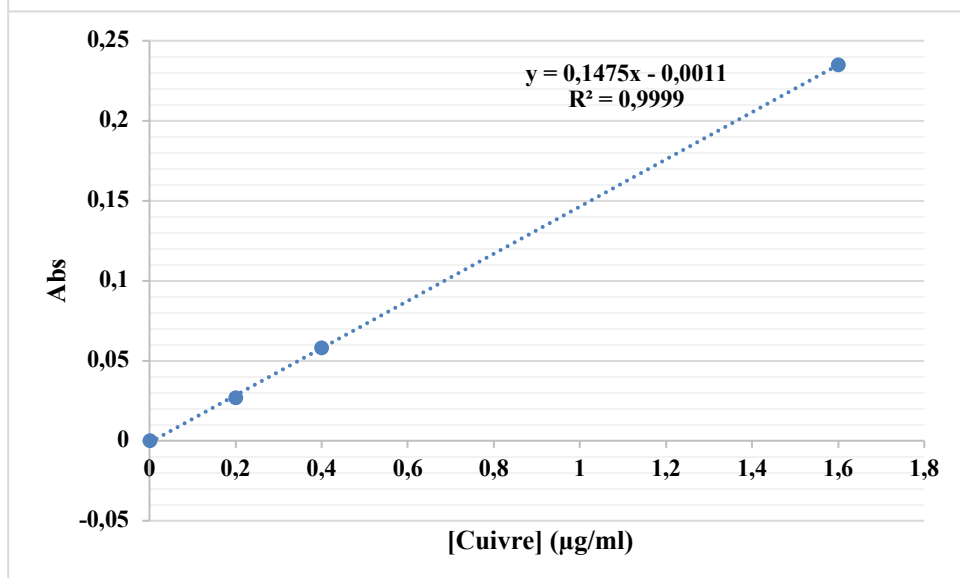
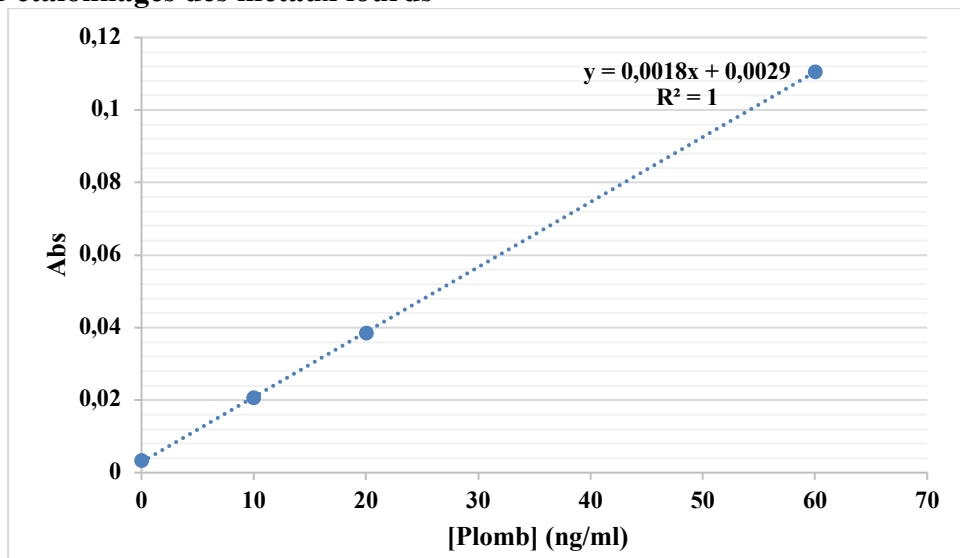


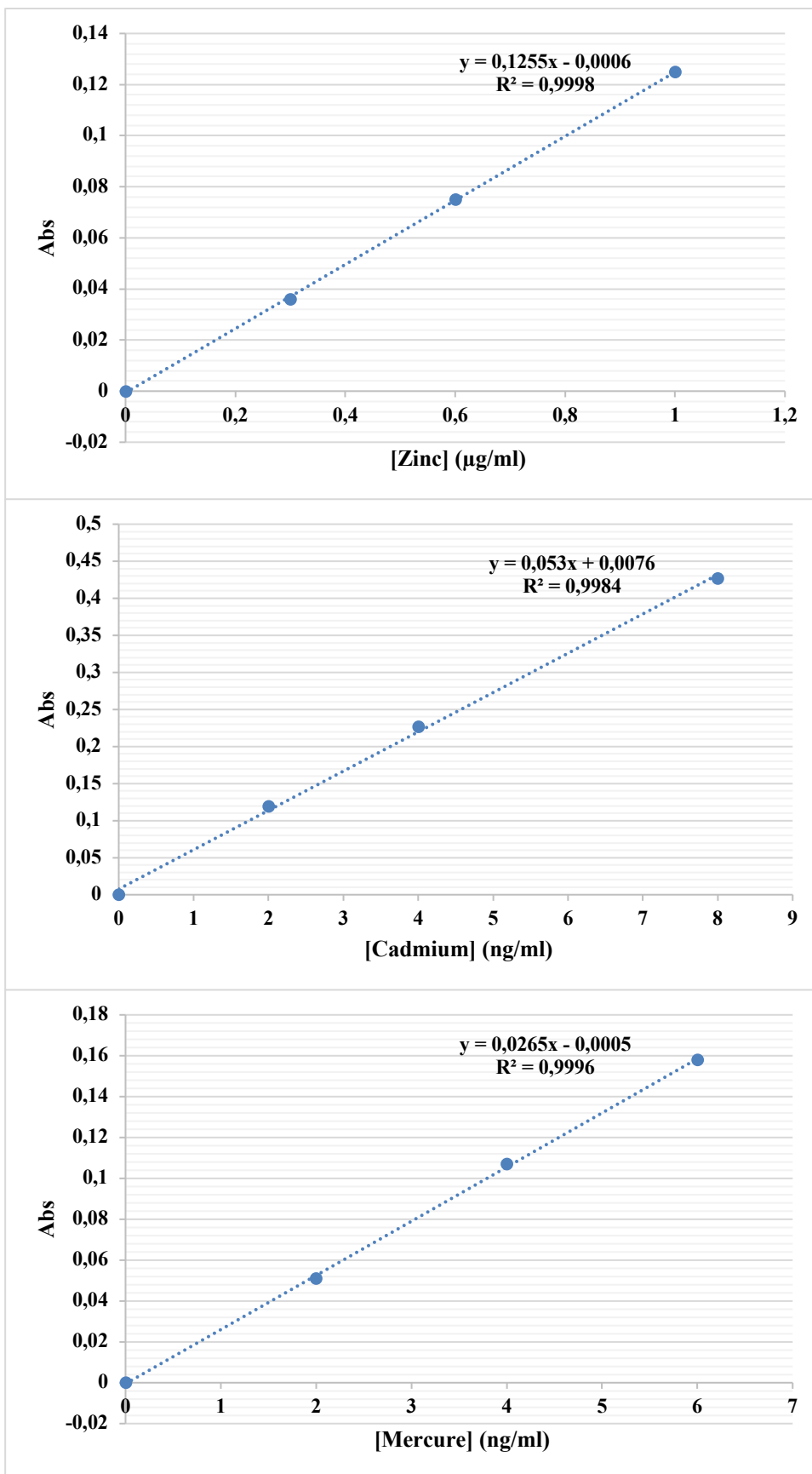
Annexe 4 Courbes d'étalonnages des sels nutritifs





Courbes d'étalonnages des métaux lourds





Outil d'aide à la prise de décision dans la gestion des risques côtiers

- **Introduction**

Les zones côtières du monde entier sont confrontées à une vulnérabilité croissante en raison des effets combinés du changement climatique, de l'urbanisation rapide et de la pression anthropique. Ces régions, souvent densément peuplées, subissent des risques accrus d'érosion, d'inondations, de tempêtes et de montée du niveau de la mer. Ces phénomènes mettent en péril non seulement les infrastructures, mais aussi les écosystèmes côtiers et les moyens de subsistance des communautés locales. Dans ce contexte critique, il devient indispensable de développer des outils innovants pour évaluer et gérer ces vulnérabilités de manière efficace et durable.

I. Présentation du Projet

Notre projet vise à créer un outil avancé d'étude de vulnérabilité côtière, intégrant des technologies de pointe telles que la modélisation numérique, l'analyse de données géospatiales et les systèmes d'information géographique (SIG). Cet outil sera conçu pour fournir une évaluation précise et dynamique des risques côtiers, prenant en compte les variables climatiques, géomorphologiques et socio-économiques.

- **Valeur Ajoutée du Projet**

1. **Précision et Fiabilité** : Grâce à l'intégration de données en temps réel et à des algorithmes sophistiqués, notre outil offre une précision inégalée dans la modélisation des risques côtiers.

2. **Accessibilité** : Développé pour être utilisé par un large éventail de parties prenantes, y compris les décideurs politiques, les urbanistes, les chercheurs et les communautés locales, cet outil est intuitif et facilement accessible.

3. **Prévention et Adaptation** : En fournissant des prévisions détaillées et des scénarios de risque, l'outil permet de planifier des stratégies de prévention et d'adaptation sur le long terme, réduisant ainsi les impacts négatifs des phénomènes côtiers extrêmes.

4. **Sensibilisation et Éducation** : En rendant les données sur la vulnérabilité côtière plus compréhensibles et disponibles, notre projet contribue également à sensibiliser le public et à éduquer les communautés sur les mesures à prendre pour se protéger.

5. **Support à la Décision** : En offrant une base solide d'informations et d'analyses, notre outil aide les décideurs à prendre des décisions éclairées et à prioriser les investissements dans les infrastructures et les mesures de protection côtière. En conclusion, ce projet ambitionne non seulement de répondre à une problématique urgente mais aussi d'apporter une solution durable et innovante pour la protection des zones côtières, assurant ainsi la résilience des communautés et des écosystèmes face aux défis climatiques actuels et futurs.

En conclusion, ce projet ambitionne non seulement de répondre à une problématique urgente mais aussi d'apporter une solution durable et innovante pour la protection des zones côtières, assurant ainsi la résilience des communautés et des écosystèmes face aux défis climatiques actuels et futurs.

- **L'objectif du projet**

L'objectif principal de cet outil d'étude de vulnérabilité côtière serait de fournir une évaluation précise et dynamique des risques auxquels les zones côtières sont exposées, afin de permettre une planification, une gestion et une prévention efficaces de ces risques. Plus spécifiquement, cet objectif peut être décomposé en plusieurs **sous-objectifs** :

1. **Évaluation Précise des Risques Côtiers** : Offrir une analyse détaillée des différentes vulnérabilités côtières (érosion, inondations, tempêtes, montée du niveau de la mer) basée sur des données actuelles et historiques.

2. Aide à la Prise de Décision : Fournir des informations et des analyses claires pour aider les décideurs à élaborer des stratégies de gestion des risques et de protection des infrastructures côtières.

3. Prévention et Adaptation : Identifier et proposer des mesures préventives et des stratégies d'adaptation pour minimiser l'impact des risques côtiers sur les communautés et les écosystèmes.

4. Sensibilisation et Éducation : Éduquer les parties prenantes et les communautés locales sur les risques côtiers et les mesures à prendre pour se protéger.

5. Planification Durable : Intégrer les évaluations des risques dans les plans d'urbanisme et les projets de développement pour garantir une croissance durable et résiliente des zones côtières.

6. Surveillance Continue : Assurer un suivi régulier des conditions côtières pour détecter les changements et ajuster les stratégies en conséquence.

II. Aspects innovants

• Les activités clés

Les activités clés fournies par cet outil d'étude de vulnérabilité côtière seront diverses et centrées sur l'évaluation, la prévention, et la gestion des risques côtiers :

1. Collecte et Intégration de Données :

- Récupération de données climatiques, géologiques, hydrologiques et socio-économiques.
- Intégration de données en temps réel provenant de capteurs et de satellites.

2. Modélisation et Analyse des Risques :

- Utilisation de modèles numériques pour simuler les phénomènes côtiers tels que l'érosion, les inondations et les tempêtes.
- Analyse des scénarios futurs en fonction des variations climatiques et de l'élévation du niveau de la mer.

3. Cartographie des Zones à Risque :

- Création de cartes interactives et dynamiques des zones vulnérables.
- Identification des infrastructures critiques et des zones résidentielles à haut risque.

4. Évaluation des Scénarios d'Impact :

- Analyse des impacts potentiels sur les écosystèmes et les communautés locales.
- Modélisation des pertes économiques possibles et des coûts de réparation ou de protection.

5. Développement de Stratégies d'Adaptation et de Mitigation :

- Proposition de mesures préventives pour réduire la vulnérabilité des zones côtières.
- Élaboration de plans d'adaptation pour les infrastructures et les habitats naturels.

6. Suivi et Surveillance Continue :

- Surveillance continue des conditions côtières pour détecter les changements et les nouvelles menaces.
- Mise à jour régulière des modèles et des cartes en fonction des nouvelles données collectées.

7. Formation et Sensibilisation :

- Organisation de sessions de formation pour les utilisateurs de l'outil, notamment les décideurs, les urbanistes et les responsables communautaires.
- Campagnes de sensibilisation pour les communautés locales sur les risques côtiers et les mesures de prévention.

8. Support à la Prise de Décision :

- Fourniture de rapports détaillés et de tableaux de bord personnalisés pour aider à la prise de décision.
- Outils d'aide à la décision pour prioriser les interventions et les investissements en fonction des risques identifiés.

9. Collaboration et Partage d'Information :

- Facilitation de la collaboration entre les différentes parties prenantes (gouvernements, organisations non gouvernementales, communautés locales).
- Plateforme de partage d'information pour promouvoir la transparence et l'échange de bonnes pratiques.

III. Analyse stratégique du marché

● Segments de marché

1. Gouvernement et Institutions Publiques :

- Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables : Pour la planification et la mise en œuvre des politiques environnementales et de gestion des risques.
- Ministère des Ressources en Eau : Pour l'évaluation et la gestion des risques liés aux inondations côtières.
- Ministère de l'Urbanisme et de la Ville : Pour intégrer les risques côtiers dans les plans d'urbanisme et les projets de développement.
- Agences de Protection du Littoral : Pour la surveillance et la gestion des zones côtières.

2. Collectivités Locales et Régionales :

- Wilayas et communes côtières : Pour la planification locale, la gestion des infrastructures et la mise en œuvre de mesures de prévention des risques.

3. Organisations de Recherche et Universités :

- Centres de recherche en environnement et en géosciences : Pour des études académiques et la recherche appliquée sur les vulnérabilités côtières.
- Universités et instituts techniques : Pour des programmes éducatifs et des projets de recherche.

4. Secteur Privé :

- Entreprises de construction et d'ingénierie : Pour la conception et la construction d'infrastructures résilientes aux risques côtiers.
- Compagnies d'assurance : Pour évaluer les risques et développer des produits d'assurance adaptés.
- Industries du tourisme : Pour protéger les zones touristiques et planifier des stratégies de gestion des risques.

5. Organisations Non Gouvernementales (ONG) et Associations :

- ONG environnementales : Pour la protection de l'environnement côtier et la sensibilisation des communautés.
- Associations de pêcheurs et de communautés locales : Pour la protection des moyens de subsistance et des habitats naturels.

6. Institutions Financières et Donateurs Internationaux :

- Banques de développement : Pour financer des projets d'infrastructure et de résilience côtière.
- Organisations internationales : (comme la Banque Mondiale, le Programme des Nations Unies pour le Développement), Pour soutenir des projets de développement durable et de réduction des risques de catastrophe.

● Canaux de Distribution et de Communication

1. Présentations et Démonstrations Directes :

- Ateliers et Séminaires
- Rencontres Individuelles : Planifiez des rencontres individuelles avec des responsables clés dans les ministères, les agences de protection côtière, et les entreprises privées.

2. Partenariats Stratégiques :

- Collaboration avec des Institutions Académiques et de Recherche
- Partenariats avec des Organisations Non Gouvernementales (ONG)

3. Plateformes en Ligne et Digitales :

- Site Web Dédié : Créez un site web détaillé où les utilisateurs peuvent accéder à des informations sur notre outil, des études de cas, des tutoriels et des démonstrations en ligne.
- Webinaires et Conférences en Ligne : Organisez des webinaires pour démontrer l'utilisation de votre outil et répondre aux questions des participants.
- Présence sur les Réseaux Sociaux : Utilisez les réseaux sociaux professionnels (comme LinkedIn) pour atteindre un public plus large, publier des mises à jour et partager des succès d'utilisation de notre outil.

4. Publications et Médias :

- Articles Scientifiques et Techniques
- Communiqués de Presse

5. Expositions et Conférences :

- Participation à des Conférences : Participez à des conférences nationales et internationales sur l'environnement, le climat et la gestion des risques pour présenter notre outil.
- Stands d'Exposition : un stand dans les salons professionnels et les foires pour démontrer en direct notre outil aux visiteurs.

6. Programmes de Formation et de Certification :

- Formation des Utilisateurs : Proposez des programmes de formation pour les utilisateurs potentiels afin de les familiariser avec l'outil et de démontrer son utilisation pratique.
- Certification des Utilisateurs : Offrez des certifications pour les utilisateurs qui complètent votre programme de formation, augmentant ainsi leur crédibilité et leur engagement envers notre produit.

7. Support et Assistance Technique :

- Service Client Dédié
- Documentation Complète : Fournir des manuels d'utilisation, des guides de démarrage rapide et des FAQ pour faciliter l'adoption de l'outil.

● Types de Relations avec les Clients

1. Support Personnalisé :

- Assistance Dédiée : Offrir un support technique personnalisé pour aider les clients à résoudre les problèmes spécifiques qu'ils pourraient rencontrer. Cela peut inclure une hotline, une adresse e-mail dédiée ou des sessions de support en direct.
- Gestion de Compte : Désigner des gestionnaires de compte pour les clients importants (gouvernements, grandes entreprises, institutions) afin de fournir un service personnalisé et de répondre à leurs besoins spécifiques.

2. Formation et Éducation :

- Programmes de Formation : Proposer des formations pour les nouveaux utilisateurs et des sessions de mise à niveau pour les utilisateurs existants afin qu'ils puissent tirer le meilleur parti de l'outil.
- Webinaires et Tutoriels : Organiser régulièrement des webinaires et publiez des tutoriels en ligne pour expliquer les fonctionnalités et les mises à jour de l'outil.

3. Communauté et Collaboration :

- Forums et Groupes de Discussion : Crée des forums en ligne ou des groupes de discussion où les utilisateurs peuvent échanger des idées, partager des expériences et poser des questions.
- Réseaux de Partenariat : Établir des réseaux de partenariat avec des institutions académiques, des ONG et des entreprises pour encourager la collaboration et l'échange de connaissances.

4. **Feedback et Amélioration Continue :**

- Enquêtes de Satisfaction* : Mener régulièrement des enquêtes de satisfaction auprès de vos clients pour recueillir des feedbacks et identifier les domaines à améliorer.
- Propositions d'Amélioration : Encourager les utilisateurs à soumettre des suggestions d'amélioration et intégrez ces retours dans les mises à jour futures de l'outil.

5. **Contrats de Maintenance et de Mise à Jour :**

- Abonnements et Contrats de Service : Proposer des contrats de maintenance qui incluent des mises à jour régulières, des correctifs et un support continu.
- Mises à Jour Proactives : Informer les clients des nouvelles fonctionnalités et des mises à jour de l'outil de manière proactive et expliquez comment elles peuvent bénéficier de ces améliorations.

6. **Valeur Ajoutée :**

- Rapports Personnalisés : Fournir des rapports personnalisés et des analyses spécifiques aux besoins de chaque client.
- Études de Cas et Bonnes Pratiques : Partager des études de cas et des exemples de bonnes pratiques pour montrer comment d'autres clients utilisent efficacement l'outil.

7. **Transparence et Fiabilité :**

- Communication Régulière : Maintenir une communication régulière avec vos clients à travers des bulletins d'information, des mises à jour de blog, et des notifications in-app.
- Transparence sur les Performances : être transparent sur les performances de l'outil, y compris ses limites, et comment vous travaillez à les surmonter.

IV. **Plan de production et organisation**

● **Processus de production**

- Étapes : Collecte de données, modélisation des risques, analyse des scénarios, développement de stratégies d'adaptation.
- Ressources : Serveurs, logiciels de SIG, capteurs et données de télédétection.

● **Approvisionnement**

- Politique : Achat de données climatiques, géologiques, hydrologiques et socio-économiques.

● **Besoins**

1. **Équipe et Compétences**

- Développeurs de Logiciels : Experts en programmation et en développement de logiciels pour créer l'outil.
- Spécialistes en SIG (Systèmes d'Information Géographique) : Pour la gestion et l'analyse des données géospatiales.
- Experts en Modélisation Climatique et Océanographique : Pour élaborer des modèles précis des phénomènes côtiers.
- Analystes de Données : Pour interpréter les données collectées et produire des analyses utiles.
- Gestionnaires de Projet : Pour coordonner les différentes parties du projet et assurer le respect des délais et du budget.
- Consultants en Environnement et Urbanisme : Pour apporter une expertise sur les impacts environnementaux et la planification urbaine.

2. **Ressources Technologiques**

- Serveurs et Infrastructure Cloud : Pour stocker et traiter de grandes quantités de données en temps réel.
- Logiciels de SIG et de Modélisation : Outils spécifiques pour la cartographie, la modélisation des risques et l'analyse des données géospatiales.

- Capteurs et Données de Télédétection : Accès à des données satellitaires et à des capteurs pour surveiller les conditions côtières en temps réel.

- Bases de Données : Accès à des bases de données environnementales, climatiques et socio-économiques.

3. Partenariats et Collaboration

- Universités et Centres de Recherche : Pour obtenir des données et des conseils scientifiques.

- Agences Gouvernementales : Pour accéder à des données locales et obtenir des autorisations nécessaires.

- Organisations Non Gouvernementales (ONG) : Pour la collaboration sur des projets de sensibilisation et de protection environnementale.

4. Financement

- Subventions et Fonds Publics : Recherche de subventions de la part des gouvernements et des institutions internationales.

- Investissements Privés : Attrait d'investissements de la part d'entreprises intéressées par la résilience côtière.

- Partenariats Public-Privé : Collaboration avec le secteur privé pour partager les coûts et les bénéfices du projet.

5. Marketing et Communication

- Stratégie de Communication : Élaboration d'une stratégie de communication pour promouvoir l'outil auprès des segments de marché cibles.

- Matériel Promotionnel : Création de brochures, de vidéos explicatives, et de démonstrations en ligne.

- Participation à des Événements : Présentation de l'outil lors de conférences, de salons professionnels et d'ateliers.

6. Formation et Support

- Programmes de Formation : Développement de programmes de formation pour les utilisateurs afin qu'ils puissent utiliser efficacement l'outil.

- Support Technique : Mise en place d'une équipe de support pour aider les utilisateurs à résoudre les problèmes techniques et à répondre à leurs questions.

7. Surveillance et Amélioration Continue

- Collecte de Feedback : Mise en place de mécanismes pour recueillir les retours des utilisateurs et identifier les domaines d'amélioration.

- Mises à Jour Régulières : Planification de mises à jour régulières pour améliorer les fonctionnalités de l'outil et intégrer les nouvelles données et technologies.

V. Plan financier

Catégorie	Détail	Coût (DZD)
Développement de Logiciels	4 développeurs à 200,000 DZD/mois chacun (12 mois)	9,600,000
Infrastructure Technologique	Serveurs et cloud (annuel)	1,200,000
	Logiciels de SIG et modélisation (annuel)	1,000,000
	Capteurs et données de télédétection (coût unique)	1,500,000
Collecte et Gestion des Données	Achat de données climatiques, géologiques, etc.	2,000,000
Formation et Support	Sessions de formation initiale	500,000
	Support technique annuel	600,000
Marketing et Communication	Stratégie de communication et matériel promotionnel	1,500,000
	Participation à des événements (annuel)	300,000
Partenariats et Collaborations	Coûts de collaboration avec des partenaires clés (unique)	1,000,000
Frais de Gestion	Salaires des gestionnaires et consultants (300,000/mois)	3,600,000
Total des Coûts et Charges	/	22,800,000
Revenus	Vente de licences (10 licences à 2,000,000 DZD/an)	20,000,000
	Services de consultation	5,000,000
	Partenariats public-privé	5,000,000
	Total des Revenus	30,000,000
Résultats Financiers	Chiffre d'affaires	30,000,000
	Coûts et charges	22,800,000
	Bénéfice net	7,200,000

Business Model Canvas

<p>Partenaires Clés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fournisseurs de données : Universités, centres de recherche, agences gouvernementales. - Institutions académiques : Collaboration pour la recherche et le développement. - Organisations non gouvernementales : Partenariat pour la sensibilisation et la mise en œuvre des projets. - Incubateurs universitaires : Soutien au développement et à la croissance du projet. - Structures de financement : Banques et investisseurs pour le financement du projet. 	<p>Activités Clés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Collecte et intégration de données : Données climatiques, géologiques, hydrologiques et socio-économiques. - Modélisation et analyse des risques : Utilisation de modèles numériques pour simuler les phénomènes côtiers. - Cartographie des zones à risque : Création de cartes interactives et dynamiques des zones vulnérables. - Évaluation des scénarios d'impact : Analyse des impacts potentiels sur les écosystèmes et les communautés locales. - Développement de stratégies d'adaptation et de mitigation : Propositions de mesures préventives et plans d'adaptation. - Suivi et surveillance continue : Surveillance des conditions côtières et mise à jour des modèles et cartes. - Formation et sensibilisation : Sessions de formation et campagnes de sensibilisation. - Support à la prise de décision : Fourniture de rapports détaillés et de tableaux de bord personnalisés. - Collaboration et partage d'information : Facilitation de la collaboration entre parties prenantes et partage de bonnes pratiques. <p>Ressources Clés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Équipe et compétences : Développeurs de logiciels, spécialistes en SIG, experts en modélisation climatique, analystes de données. - Ressources technologiques : Serveurs et infrastructure cloud, logiciels de SIG et de modélisation, capteurs et données de télédétection, bases de données environnementales. - Partenariats et collaborations : Universités, centres de recherche, agences gouvernementales, ONG. 	<p>Proposition de Valeur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Précision et fiabilité des données. - Accessibilité et facilité d'utilisation pour divers acteurs. - Prévention et adaptation grâce à des prévisions et scénarios détaillés. - Sensibilisation et éducation des communautés locales. - Support à la décision pour une gestion proactive des risques côtiers. 	<p>Relation Client</p> <ul style="list-style-type: none"> - Support personnalisé : Assistance technique dédiée, gestion de compte pour les grands clients. - Formation et éducation : Programmes de formation continue, webinaires et tutoriels. - Communauté et collaboration : Forums en ligne, groupes de discussion et réseaux de partenariat. - Feedback et amélioration continue : Enquêtes de satisfaction, propositions d'amélioration. - Contrats de maintenance et de mise à jour : Abonnements pour mises à jour régulières et support continu. - Valeur ajoutée : Rapports personnalisés, études de cas et bonnes pratiques. - Transparence et fiabilité : Communication régulière, transparence sur les performances et améliorations continues. <p>Canaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Présentations et démonstrations directes : Ateliers, séminaires, rencontres individuelles. - Partenariats stratégiques : Collaborations avec institutions académiques, ONG, organisations de recherche. - Plateformes en ligne et digitales : Site web dédié, webinaires, présence sur les réseaux sociaux. - Publications et médias : Articles scientifiques, communiqués de presse. - Expositions et conférences : Participation à des conférences, stands d'exposition. - Programmes de formation et de certification : Sessions de formation pour les utilisateurs, certifications. - Support et assistance technique : Service client dédié, documentation complète. 	<p>Segments Clients</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gouvernement et institutions publiques : Ministère de l'Environnement, Ministère des Ressources en Eau. - Collectivités locales et régionales : Wilayas et communes côtières. - Organisations de recherche et universités : Centres de recherche, universités. - Secteur privé : Entreprises de construction et d'ingénierie, compagnies d'assurance, industries du tourisme. - ONG et associations : ONG environnementales, associations de pêcheurs et communautés locales. - Institutions financières et donateurs internationaux : Banques de développement, organisations internationales.
<p>Structure de Coûts</p> <ul style="list-style-type: none"> - Développement de logiciels : 9,600,000 DZD - Infrastructure technologique : 3,700,000 DZD - Collecte et gestion des données : 2,000,000 DZD - Formation et support : 1,100,000 DZD - Marketing et communication : 1,800,000 DZD - Partenariats et collaborations : 1,000,000 DZD - Frais de gestion : 3,600,000 DZD Total des coûts et charges : 22,800,000 DZD 		<p>Flux de revenus</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vente de licences : Abonnements annuels ou mensuels pour l'accès à l'outil. - Services de consultation : Formation, support personnalisé et analyses spécialisées. - Partenariats public-privé : Financement partagé avec le secteur privé pour des projets spécifiques. 		



Comparing Mediterranean coastal marine biodiversity in emblematic ecosystems: the case studies of Lipsi (Greece) and Habibas (Algeria) islands



Archipelagos
Institute of Marine Conservation

Authors: Moussaoui Yalout Navel¹, Anastasia Miliou², Laura Macrina^{2,3,4}, Grimes Samir¹

1. CVRM Laboratory, National School of Marine Science and Coastal Planning
2. Archipelagos, Institute of Marine Conservation – Greece
3. Marine Science Program, Biological and Environmental Science and Engineering Division, King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Thuval 23955-6900, Saudi Arabia
4. KAUST Red Sea Research Center, King Abdullah University of Science and Technology, Thuval 23955-6900, Saudi Arabia

Abstract

The study compares the coastal environments of Lipsi Island in Greece's Aegean Sea and Habibas Islands in Algeria's southwestern Mediterranean. It focuses on marine biodiversity and key habitats, emphasizing the role of island environments in conserving marine life. Lipsi exemplifies unique island ecosystems, while the Habibas are emblematic Algerian marine protected areas with a regional SPAMI status. The research involved a comparative analysis with the Habibas Islands to enhance our understanding of these ecosystems and their biodiversity. Both islands host various marine habitats, including seagrass meadows and rocky reefs, which were the subjects of the study. Data collection in Lipsi was conducted by the Archipelagos Institute of Marine Conservation, with methods such as Transect and Quadrat for monitoring coastal marine biodiversity. The study revealed the rich marine diversity around Lipsi and compared it with the Habibas Islands. It also explored the different ecosystems on both islands and highlighted specific species of interest, including endemics and invasive non-natives, along with their interactions.

Introduction

The insular landscape of the Mediterranean plays a pivotal role in shaping the biodiversity of this iconic and ecologically significant region (Bevan et Conolly, 2013). These island ecosystems house a wide variety of marine species and make a substantial contribution to the biological network of the Mediterranean (Bianchi et Morri, 2000). Our research is focused on the comparative exploration of two distinct island regions within this vast and biodiverse sea: the Greek Lipsi Islands and the Algerian Habibas Islands. Islands throughout the Mediterranean have long been the subject of research by several scientists such as (Ramos Espi et al., 2016), (Pietrobono et al., 2022), and (Rindi et al., 2022), as they provide unique opportunities to decipher the complexity of biodiversity in these confined environments. In-depth studies conducted by researchers in Greece (Fios et al., 2017; Servomat, 2015) and in Algeria (Mouret, 2008; Khames et al., 2019; Vela et al., 2013) have revealed the fascinating biodiversity that characterizes these island habitats. In this study, we concentrate on specific taxonomic groups and ecosystems with the intention of comparing both their composition and function between two selected sites: Lipsi in Greece and Habibas in Algeria. These two study areas are not only geographically separated by distance but also exhibit significant environmental differences (Androulidakis et al., 2022; Khames et al., 2019). The first site is located at the extreme eastern part of the Mediterranean and is influenced by the adjacent Red Sea through the Suez Canal, resulting in a tropical climate, increased salinity, and higher temperatures (Katsanevakis et al., 2020). Conversely, the second study site, located closer to the Strait of Gibraltar at the extreme western part of the Mediterranean, features lower salinity and milder temperatures, regulated by the influence of the Atlantic Ocean (Moulet, 2019).

Geographical location

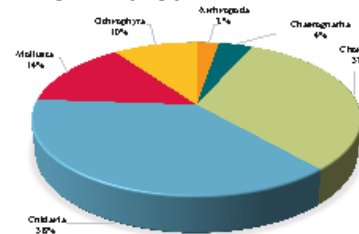
The Habibas Islands form an archipelago consisting of two main islands: El Cherguia and El Gharbia, as well as several surrounding rocks. They are located in the Province of Oran West in the Algerian Basin, between the coordinates 35°43'19"N, 1°08'28"W and 35°43'56"N, 1°07'00"W, with an area of 5035 hectares. Lipsi Island, on the other hand, is located in Greece and is part of the Dodecanese Islands in the Aegean Sea. It primarily consists of one main island, surrounded by several picturesque islets and rocks. It is situated between the coordinates 37°20'00"N, 26°41'58"E and 37°15'44"N, 26°48'44"E, covering an area of approximately 1,580 hectares.

Fig 1. Map representing the study areas

Results and discussion

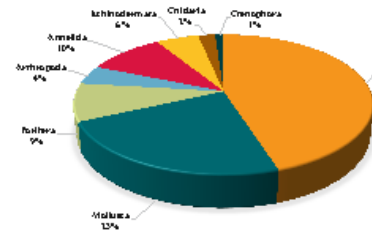
Several authors such as Kheifi-Touhami et al., 2007; Khames et al., 2022; Grimes, 2010; Mezah, 2008; Eherchouche Ait Oudour, 2014; Chabane et al., 2018; have documented the fauna and flora of the Habibas Islands with approximately 422 sightings and 100 identified species on hard, sandy, and muddy substrates, yielding the results shown in Figure 1:

Fig 2. Diversity of phytoms in the habibas islands



The samplings carried out by the Archipelagos team around the island have resulted in the recording of 438 observations of fauna and flora. More specifically, 136 species were reported on hard substrates, such as Posidonia seagrass beds and fine sandy areas, which yielded the results presented in Figure 2:

Fig 3. Diversity of phytoms in lipsi island



The presence of Invasive Alien Species (IAS) was detected around the island of Lipsi (Miliou, 2013). For example, species like *Synaptula reciprocans* and *Pecten miles* were recorded by scientists from the Archipelagos Institute of Marine Conservation (Unpublished reports) and by researchers such as Buchet, 2015; Zenetos et al., 2015. These invasive species alter the natural food balance in the area by overexploiting the resources of endemic species like *Scorpa scabra* (Linnaeus, 1758) and *Scorpa scorpa* (Linnaeus, 1758) (Azamro et al., 2007; Gakouli, 2014). Lefkaditou et al., proposed in 2011 that there is an increasing presence of these species in the Mediterranean, possibly due to the influence of climate change.

Conclusion

In conclusion, our study of the Greek Lipsi Islands and the Algerian Habibas Islands highlights the rich biodiversity of Mediterranean insular ecosystems. These islands, located at opposite ends of the Mediterranean, exhibit distinct environmental characteristics, influencing their respective marine life. Despite the geographic differences, both regions support diverse marine species. The Habibas Islands in the west showcase approximately 422 documented sightings, while Lipsi Island in the east recorded 438 observations of fauna and flora, emphasizing the remarkable variety of life in both areas. Our research also reveals the presence of Invasive Alien Species (IAS) in Lipsi, a growing concern in the Mediterranean, possibly linked to climate change. These invasive species can disrupt the natural balance in the ecosystem, emphasizing the need for monitoring and conservation efforts. In conclusion, our study of the Greek Lipsi Islands and the Algerian Habibas Islands underscores their rich biodiversity despite differing geographic and hydrological conditions.

Methodology

We conducted a bibliographic data collection for the Habibas Islands and a field data collection for Lipsi Island. We documented significant biodiversity during our snorkeling dives using quadrat and transect methods on some of Lipsi Island's beaches (Papandaria and Vroulia). These sightings were observed on sandy, rocky, and *Posidonia oceanica* seagrass substrates.

Références

1. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

2. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

3. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

4. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

5. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

6. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

7. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

8. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

9. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

10. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

11. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

12. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

13. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

14. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

15. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

16. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

17. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

18. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

19. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

20. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

21. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

22. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

23. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

24. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

25. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

26. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

27. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

28. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

29. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

30. Grimes S, Fios E, Moullet C, Eddy M, Grimes P. 2010. The impact of climate change on the Mediterranean archipelagos: a review of the current state of knowledge and the need for a coordinated approach. *Journal of Marine Research* 68(4): 401-414.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و نهضة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Attestation de Participation

Je soussignée, la Directrice de l'ENSSMAL, Professeur BOUTEKRABT Lynda certifie que :

Moussaoui Y.N., Miliou A., Macrina L. & Grimes S.

Ecole Nationale des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (Algiers) – Archipelagos, Institute of Marine Conservation – Greece – Marine Science Program, Biological and Environmental Science and Engineering Division, King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Thuwal 23955-6900, Saudi Arabia - KAUST Red Sea Research Center, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal 23955-6900, Saudi Arabia.

Ont participé au 4^{ème} Workshop International sur la biodiversité et la gestion des écosystèmes exploités, qui a eu lieu à l'ENSSMAL les 28 et 29 octobre 2023 par la présentation d'une communication affichée intitulée : **Comparing Mediterranean coastal marine biodiversity in emblematic ecosystems: the case studies of Lipsi (Greece) and Habibas (Algeria) islands.**

Fait à Dely Ibrahim, le 24/10/2023

La Directrice de l'ENSSMAL

Partenaires :



الأستاذة: ليندة بن خليفة
المديرة

Summary

This thesis aims to assess the vulnerability of insular environments, with a particular focus on the islet of Sidi Fredj on the Algerian coast. An exhaustive literature review was conducted to highlight the specific characteristics of Mediterranean insular environments. A georeferenced database incorporating topographical, biological, and socio-economic data of Algerian insular environments was also developed. The environmental assessment of the islet of Sidi Fredj includes habitat mapping and a comprehensive inventory of present species. The analyses reveal significant biological diversity and various environmental parameters were measured, providing a comprehensive overview of the ecosystem's health. The results show notable vulnerability to anthropogenic pressures and environmental changes.

Research perspectives, such as annual monitoring to observe seasonal vulnerability, the study of larger Algerian islands, and the creation of microhabitat maps, were identified. The results of this thesis are intended to be utilized for scientific research and decision-making in environmental management and ecosystem conservation.

Keywords

Insular vulnerability, islet of Sidi Fredj, marine biodiversity, georeferenced database, environmental assessment, anthropogenic pressures, environmental management, ecosystem conservation, Mediterranean, Algeria.

ملخص الأطروحة

الهدف من هذا العمل هو تقييم هشاشة البيئات الجزرية، مع التركيز بشكل خاص على جزيرة سيدي فرج على الساحل الجزائري. تم إجراء مراجعة شاملة للأدبيات لتحديد السمات المحددة لبيئات الجزر في البحر الأبيض المتوسط. كما تم تجميع قاعدة بيانات جغرافية مرجعية جغرافية تتضمن بيانات طبوغرافية وبيولوجية واجتماعية واقتصادية عن بيئات الجزر الجزائرية.

ويشمل التقييم البيئي لجزيرة سيدي فرج رسم خرائط الموائل وجرد شامل لأنواع الموجودة فيها. وتكشف التحليلات عن تنوع بيولوجي كبير وتم قياس مختلف البارامترات البيئية، مما يوفر نظرة عامة شاملة عن الحالة الصحية لهذا النظام البيئي. أظهرت النتائج أن النظام البيئي معرض بشدة للضغوط البشرية والتغير البيئي.

وقد تم تحديد آفاق البحث، مثل الرصد السنوي لمراقبة الضعف الموسمي، ودراسة الجزر الجزائرية الكبيرة، وإنتاج خرائط الموائل الدقيقة. ومن المقرر استخدام نتائج هذا العمل في البحث العلمي وصنع القرار في الإدارة البيئية والحفاظ على النظم الإيكولوجية الجزرية.

الكلمات المفتاحية

هشاشة الجزر، جزيرة سيدي فرج، التنوع البيولوجي البحري، قاعدة بيانات جغرافية مرجعية، التشخيص، الضغوط البشرية، الإدارة البيئية، البحر الأبيض المتوسط، الجزائر.

Résumé

Ce mémoire vise à évaluer la vulnérabilité des milieux insulaires, avec un focus particulier sur l'îlot de Sidi Fredj, sur la côte algérienne. Une synthèse bibliographique exhaustive a été réalisée pour recenser les particularités des milieux insulaires en Méditerranée. Une base de données géoréférencée intégrant des données topographiques, biologiques et socio-économiques des milieux insulaires algériens a également été élaborée.

Le diagnostic environnemental de l'îlot de Sidi Fredj inclut la cartographie des habitats et un inventaire exhaustif des espèces présentes. Les analyses révèlent une diversité biologique significative et divers paramètres environnementaux ont été mesurés, fournissant un aperçu complet de l'état de santé de cet écosystème. Les résultats montrent une vulnérabilité notable face aux pressions anthropiques et aux changements environnementaux.

Des perspectives de recherche, telles que le suivi annuel pour observer la vulnérabilité saisonnière, l'étude des grandes îles algériennes, et la réalisation de cartes des microhabitats, ont été identifiées. Les résultats de ce mémoire sont destinés à être exploités pour la recherche scientifique et la prise de décision en matière de gestion environnementale et de conservation des écosystèmes insulaires.

Mots clés

Vulnérabilité insulaire, îlot de Sidi Fredj, biodiversité marine, base de données géoréférencée, diagnostic, pressions anthropiques, gestion environnementale, Méditerranée, Algérie.