Etude portant sur l'identification des moteurs de la perte de biodiversité et des secteurs clés impactant la biodiversité en Tunisie

Rapport Provisoire – V1

IMPACT DES SECTEURS ÉCONOMIQUES MARITIMES SUR L'EROSION DE LA BIODIVERSITÉ TUNISIENNE

Juin 2021

ORÉADE-BRÈCHE

Ingénierie de l'Environnement et du Développement

Siège social :

2480 L'Occitane - Regent Park 1 - Bât 2 - 31670 Labège – France
Tél. 33 (0)5 61 73 62 62 - Fax. 33 (0)5 61 73 62 90
www.oreade-breche.fr

Agence en charge de la mission :

Agence Ouest 5, rue des Eoliennes – 17220 Saint-Médard d'Aunis
Tél: 05 46 35 91 86 – Fax: 05 46 35 87 94
contact: s.rivain@oreade-breche.fr

SAS au capital de 50000€

TVA CEE 86 385 117 023 00023 – APE 7112B – NAF 142C
SIRET/SIREN : 385 117 023 00049 (siège) / agence 0007

Sommaire

1. Introduction 1
2. Impact de la pêche sur la biodiversité marine 2
2.1. Flottille de pêche au niveau national 2
2.2. Conséquence de l'intensification de la pression de pêche 7
2.3. Conséquences de l'intensification des pratiques de la pêche sur les Cétacés 13
3. Impact de l'aquaculture sur la biodiversité 15
3.1. Importance de l'aquaculture en Tunisie 15
3.2. Impact des fermes aquacole sur l'environnement marin 18
4. Transport maritime 19
5. Espèces introduites 20
5.1. Macrophytes introduites 20
5.2. Faune introduite 25
6. Impact de la pollution sur la biodiversité marine 29
6.1. Contexte général 29
6.2. Le cas du Golfe de Gabès 34
6.2.1. La pollution par le phosphogypse 34
6.2.2. Impact de la pollution chimique sur la repartions des herbiers de Posidonia oceanica 34
7. Changements climatiques 38
8. Conclusion 42

Bibliographie

Annexes

Table des Tableaux

Tableau 1 - Nombre et emplacement des ports de pêche par catégorie en Tunisie (JICA, 2020) 4
Tableau 2 - Nombre de cas de flagrant délit de pêche illicite, détectés- nombre de cas par an / pourcentage (JICA 2020) :.....8
Tableau 3 - nombre de bateau "Kiss" dans le Golfe de Gabès (Zerelli, 2018).....9
Tableau 4 - Paramètres de la distribution des diamètres des colonies du corail rouge C. rubrum par zone de pêche. Avec (N) nombre de colonies (Jaziri et al., 2016) : 10
Tableau 5 - Nombre des fermes aquacoles en Tunisie (DGPA, 2018) 15
Tableau 6 - Production des fermes aquacoles en Tunisie de 2007 à 2018 (DGPA, 2018).....15
Tableau 7 - Ports de commerce en Tunisie et leur trafic (1000T) 19
Tableau 8 - Évaluation des quantités des sédiments déversées dans le Golfe de Gabès (T) 20
Tableau 9 - Liste des espèces introduites dans le Golfe de Gabès (Hattour et Ben Mustapha, 2013) 24
Tableau 10 - Listes des espèces marines animales introduites signalée jusqu'à mars 2015. Les espèces envahissantes en Tunisie sont signalées par * (Ounifi- Ben Amor et al., 2015).....26
Tableau 11- Impact écologique des espèces animales invasives en Tunisie.....28
Tableau 12 - Résumé de l'impact des rejets en Mer sur la biodiversité de flore marine.....30
Tableau 13 - État quantitatif et qualitatif des rejets hydriques des activités industrielles de Gabès (Medhioub 2002 ; GCT 2015) 34
Tableau 14 - Nombre maximal d'espèces récolté dans la zone totale explorée de 45 000 ha.....34
Tableau 15 - Impact des changements climatiques sur les milieux marins et littoraux de Tunisie 40
Tableau 16 - Ratification de la flore marine dans les zones hotspots en Tunisie.....42
Tableau 17 - Résumé des lacunes des études du déclin de la biodiversité marine dans 7 zones hotspots en Tunisie. Nc : non concernée ; - : zones peu ou non étudiées et + : zones bien étudiées 43

Table des Figures

Figure 1 - Problèmes posés au milieu marin (Brini & al, 2007). 1
Figure 2 : Évolution annuelle de la production halieutique au niveau national par type de pêche (2000-2018) (Source : DGPA, 2018.....2
Figure 3 – Emplacement des ports de pêche par catégorie sur le littoral tunisien et évaluation de la biodiversité marine (Source Oréade-Brèche d'après JICA, 2020, IUCN 2020) 3
Figure 4 - Taux de capture par zones de pêche tunisiennes (JICA 2020). 4
Figure 5 - Évolution de la production totale dans le Golfe de Gabès entre 1950 et 2015 (Halouani et al., 2015). 6
Figure 6 - Évolution du rendement moyen de la pêche : Gabès et Tunisie (tonnes/bateau) (DGPA, 2018).....7
Figure 7 - Distribution spatiale des plongées professionnelles effectuées entre 2008 et 2013 (Jaziri et al, 2016)...10
Figure 8 - Cartographie des principaux peuplements et types de fonds dans la région des îles Kerkennah (Ben Hmida et al., 2014). 11
Figure 9 - La lagune El bihane avec le chenal central 11
Figure 10 - Variation par espèce des proportions moyennes mensuelles des captures dans la lagune d'El Bibane (2005-2014) (DGPA, 2014).....12
Figure 11 - Évolution annuelle de la production halieutique de la lagune El Bibane par type de pêche durant la période (1962-2016) (DGPA, 2015). 13
Figure 12 - Évolution de la production aquacole en Tunisie (2006-2016) (DGPA 2017).....16
Figure 13 - Évolution de la production aquacole tunisienne du bar, dorade et autres (en tonnes) (DGPA 2017). ...16
Figure 14 - Carte de localisation de la ferme piscicole à Bizerte (A), dans le gouvernorat de Nabeul (B), à Sousse (C), dans le gouvernorat de Monastir (D), dans le gouvernorat de Mahdia (E), dans le gouvernorat de Médenine (F) (Zaghdoud 2013). 17
Figure 15 - Impact de l'aquaculture sur la biodiversité en milieu marin.....18
Figure 16 - Pourcentage d'Espèces Non Indigènes (NIS) observées dans quelques pays méditerranéens (Galil et al., 2015).....20
Figure 17 - Répartition des macrophytes introduites en Tunisie (Sghaier et al., 2019).....21
Figure 18 - Courbes d'échauffement en mer (Golfe de Tunis) (Anonyme, 2013a). 33
Figure 19 - Cartographie de la flore benthique dans la baie de Monastir (Ben Said et al., 2007; APAL, 2009) 33
Figure 20 - Couvet végétal du Golfe de Gabès 1924 (Le Danois, 1924). 35
Figure 21 - Faciès des fonds marins (Clairefond et Cochet, 1978) 35
Figure 22 - Evolution schématique de la végétation benthique du Golfe de Gabès au cours des 100 dernières années sous la pression anthropique: 1- début de la pêche des éponges (gangaves); 2- début de la pêche des crevettes (chaluts lestés) ; 3- début des déversements en mer de phosphogypse (Zaouali, 1993). 36
Figure 23 - Distribution des espèces dominantes du couvert végétal du Golfe de Gabès (Posidonia, Cymodocea et Caulerpa) (Hattour et Ben Mustapha, 2013).....37
Figure 24 - Répartition des émissions brutes de GES (Gaz Effet de Serre) par source et type de gaz en Tunisie en 2012 (Anonyme, 2015). 38

1. Introduction

La Tunisie connait depuis ces dernières années une dégradation alarmante de la biodiversité marine. L'anthropisation importante du littoral, les rejets en Mer, la pollution chimique et organique, la surpêche, la pêche illégale et illicite, les espèces introduites envahissantes, les changement climatiques, l'aquaculture et le transport maritime constituent les principales causes de cette dégradation.

On se propose de montrer la nature de la déstructuration du milieu marin par une analyse de la flore et la faune marine, et de voir les conséquences de cette dégradation sur la biodiversité en Tunisie.

Néanmoins, Selon Brini & al (2007), les problèmes posés aux milieux matins sont complexes et surtout diversifiés (Figure 1)

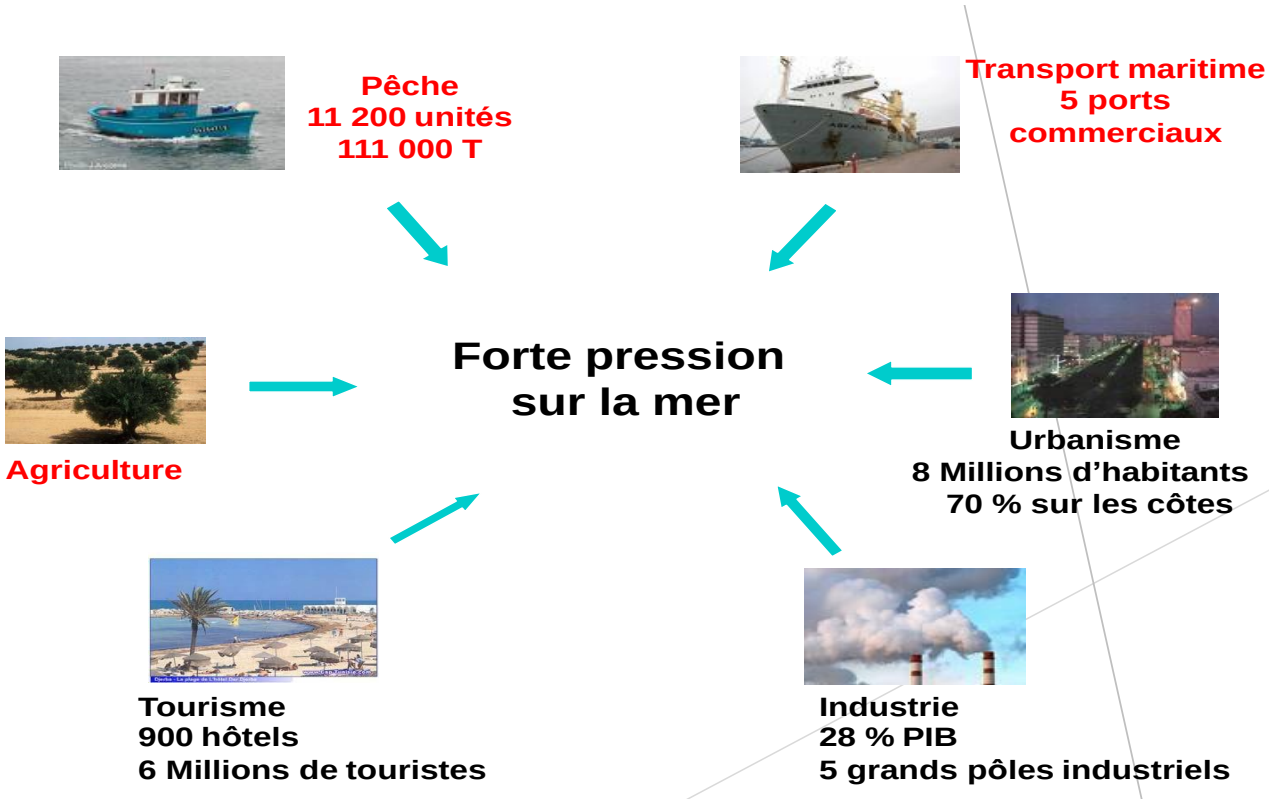


Figure 1 - Problèmes posés au milieu marin (Brini & al, 2007).

2. Impact de la pêche sur la biodiversité marine

2.1. Flottille de pêche au niveau national

D'après les statistiques de la Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture de 2018, la flottille de pêche dans les eaux tunisiennes comptait 14 521 unités (DGPA, 2018). La majorité de cette flottille est constituée de barques côtières (13 376 unités). Les chalutiers sont au nombre de 420 unités, suivis par les sardiniers avec 412 barques et 39 thoniers (annexe 1). En terme de production les poissons bleus sont les plus élevés (Fig. 2 ; Annexes 3a, b, c).

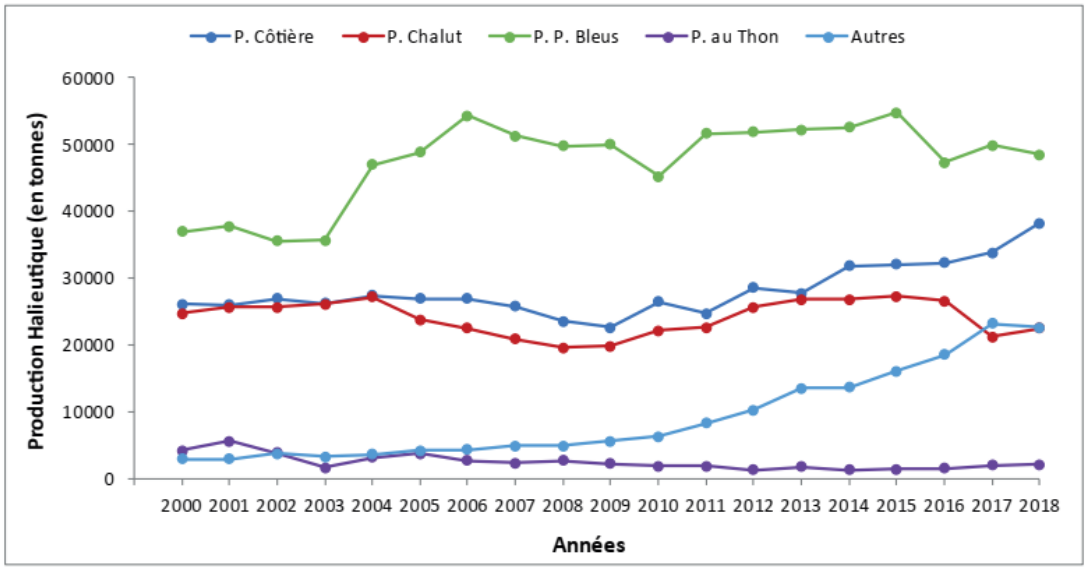


Figure 2 : Évolution annuelle de la production halieutique au niveau national par type de pêche (2000-2018) *(Source : DGPA, 2018)*

Les ports de pêche tunisiens sont au nombre de 42 dans l'ensemble du pays, et sont classés en trois catégories : (i) les ports hauturiers avec des quais d'une profondeur et longueur suffisantes, (ii) les ports côtiers d'une échelle inférieure, et (iii) les sites abris (figure 3 et tableau 1)

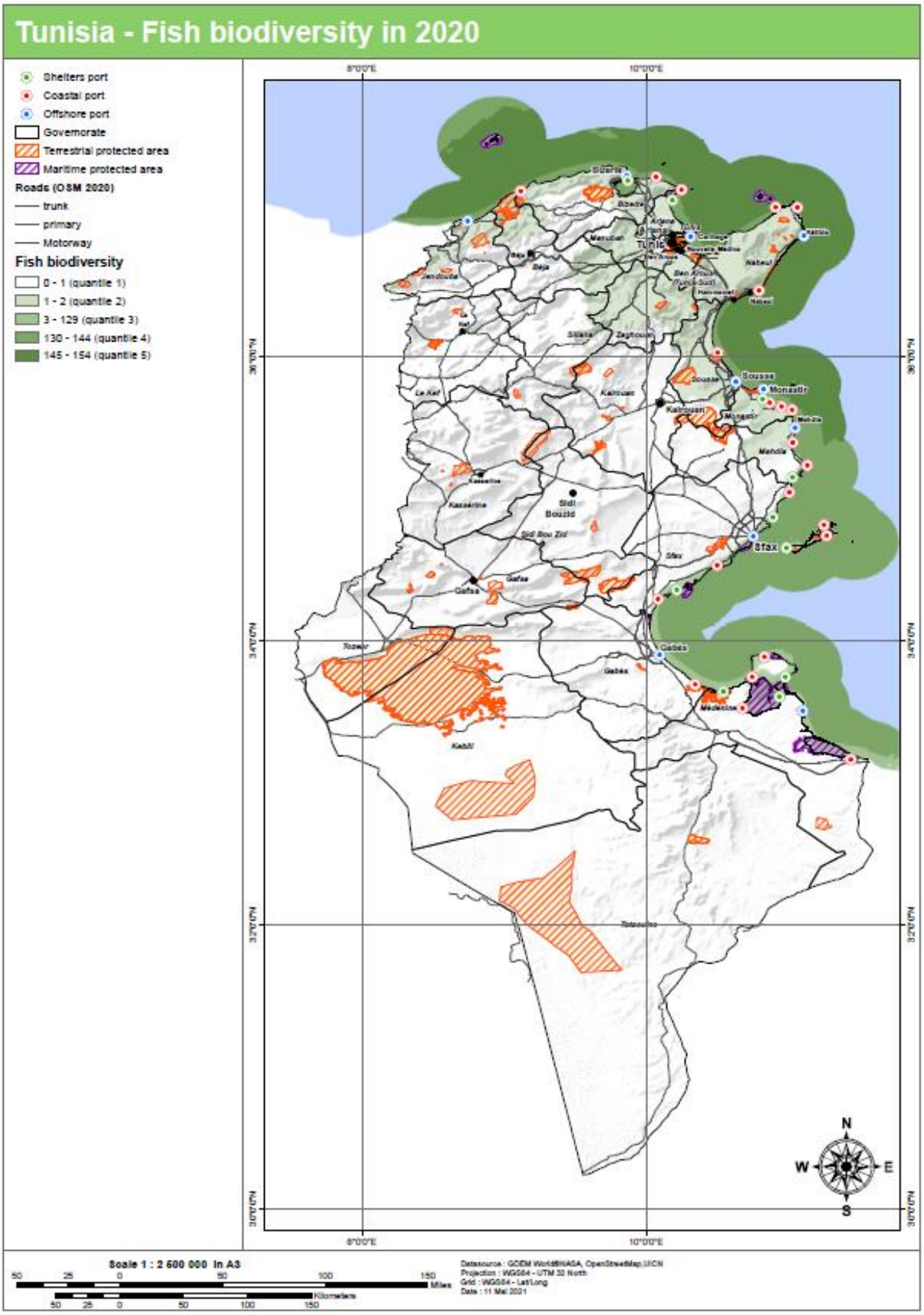


Figure 3 – Emplacement des ports de pêche par catégorie sur le littoral tunisien et évaluation de la biodiversité marine (Source Oréade-Brèche d'après JICA, 2020, IUCN 2020)

Tableau 1 - Nombre et emplacement des ports de pêche par catégorie en Tunisie (JICA, 2020)

Gouvernorat	Port Hauturier	Port côtier	Site abris	Total
Jendouba	1			1
Bizerte	1	3	1	5
Ariana			1	1
Tunis	1			1
Nabeul	1	3		4
Sousse	1	1		2
Monastir	1	3	1	5
Mahdia	1	2	1	4
Sfax	1	5	3	9
Gabès	1	1		2
Médenine	1	4	3	8
Total	10	22	10	42

Le taux des captures par zone maritime est 22 % pour la zone nord, 45 % pour la zone centre, et 33 % pour la zone sud (JICA 2020) (Figure 3).

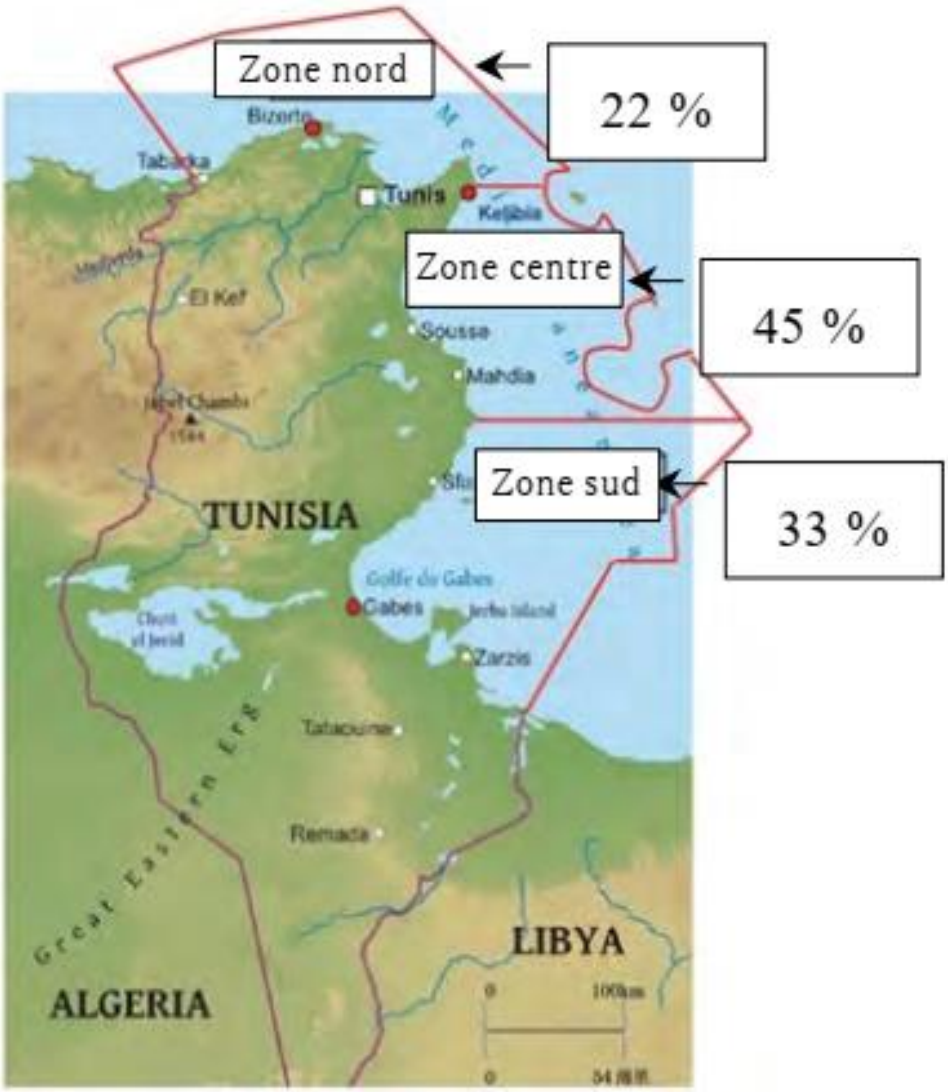


Figure 4 - Taux de capture par zones de pêche tunisiennes (JICA 2020).

- **Le Golfe de Tunis**

Les débarquements des embarcations côtières de la région du Golfe de Tunis s'effectuent principalement dans le port de La Goulette. En fait, durant l'année 2018, la production halieutique réalisée dans la région était estimée vers 9 625.57 tonnes contre 7 875.86 tonnes en 2017, enregistrant ainsi une augmentation d'environ de 1 749.71 tonnes (18.2 %), et ceci concernant tous les types de pêche présents dans la région (pêche côtière, chalutage benthique, pêche des petits pélagique et aquaculture). La flottille de pêche inscrite dans la région au titre de l'année 2018 est constituée de 1 491 unités ce qui représente 11 % du total national (DGPA, 2018).

Les productions des chalutiers benthiques, de l'ordre de 590 tonnes, sont débarquées en totalité dans le port de La Goulette. Ils sont constitués essentiellement de 4 espèces de poissons (2/3 des débarquements totaux et 3/4 des débarquements de poissons): merlu, le rouget blanc, le saurel et le pageot. Pour la majorité des espèces¸ les captures se font en grandes proportions sur des individus matures sauf pour le merlu où la majorité de l'effectif débarqué est constituée d'individus qui n'ont pas atteint la taille de première maturité sexuelle. Ceci constitue une dilapidation des ressources, et donc une perte de la biodiversité. En outre, les rejets des poissons, durant la campagne de chalutages expérimentaux sont estimés à environ 16 % des captures totales (Zarrad et al 2015).

Le rendement de la pêche du Golfe de Tunis, se caractérise par une évolution régressive, durant la campagne. La régression des rendements du chalutage benthique au cours de la campagne peut être due à l'effort important, où plus que 40 chalutiers, employés au début de la campagne exploitant les ressources benthiques du Golfe de Tunis, pendant l'année 1999, sont de l'ordre de 2 milles tonnes dont 70 % provenant de la pêche côtière qui mobilise 645 barques et qui débarquent essentiellement dans les ports de La Goulette (25%), de Sidi Daoud (19%) et de Ghar El Melh (15%) (Zarrad et al 2015).

- **Le Golfe de Gabès**

Le Golfe de Gabès représente la zone ayant la plus forte productivité (Jarboui et al., 2020). Il abrite la majorité de la biodiversité halieutique tunisienne, représentée par 247 espèces de poissons parmi 327 espèces recensées en Tunisie (Bradai et al., 2004). À partir des années 1970, le Golfe de Gabès a connu une intensification de l'effort de pêche, et une croissance importante du nombre d'unités de pêche. Le chalutage benthique est l'activité prédominante dans le Golfe de Gabès ; le nombre de chalutiers benthiques est passé de 72 unités en 1970 à 246 unités en 2017 (DGPA, 2018 ; annexe 1). Le chalutage benthique, la senne, et la pêche côtière (tableau 2) sont les activités principales dans le Golfe. Le nombre des chalutiers benthiques est resté relativement stable (autour de 260 chalutiers). Entre 2000 et 2010, la production totale annuelle au niveau du Golfe de Gabès a dépassé les 40 000 tonnes correspondant à 40% de la production nationale annuelle (DGPA, 2014).

A Gabès, le secteur halieutique est important du fait qu'il procure du travail à 5 227 marins (figure 4). La délégation de Gabès abrite deux ports de pêche, 120 unités de transports frigorifiques et 7 usines de fabrication de glace. En 2015, la flottille compte 529 engins avec 475 barques de pêche côtière artisanale (annexe 2), 53 sennes tournantes, et seulement 1 thonier alors qu'on dénombrait 11 en 2011. L'utilisation de la senne de plage est une pratique qui caractérise Gabès en particulier la région de Zarat. Cette pratique cible les petits pélagiques et les juvéniles des ressources démersales. Gabès a assuré la production totale de 7 229 tonnes de produits de la mer en 2012 contre 6 903 en 2015 dont principalement des sardines. Toutefois, des pêcheries de seiche, chiens de mer, raies, muges et saurels, petits pagres et rougets sont également présents (Anonyme, 2017).

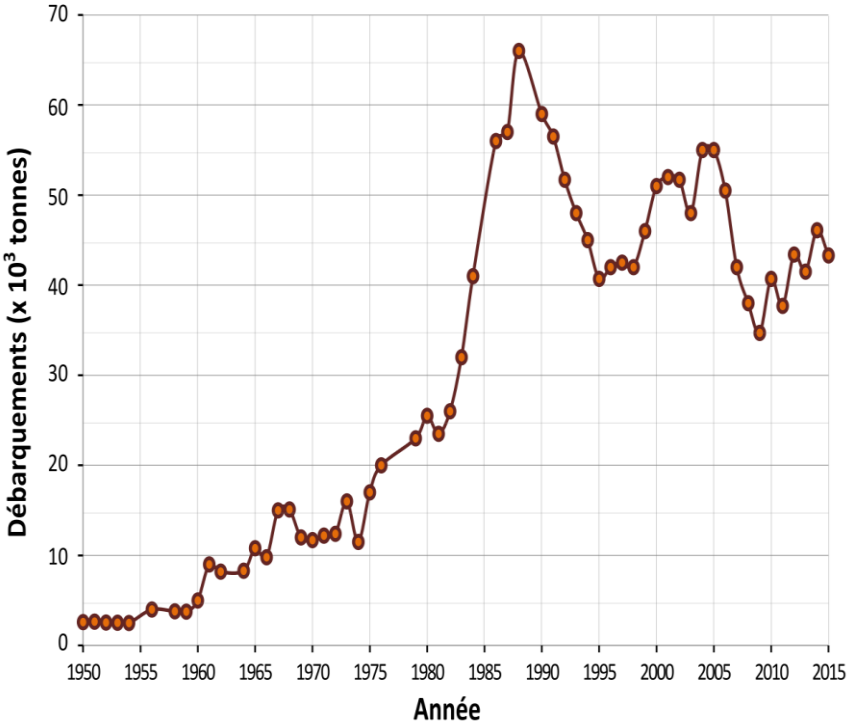


Figure 5 - Évolution de la production totale dans le Golfe de Gabès entre 1950 et 2015 (Halouani et al., 2015).

2.2. Conséquence de l'intensification de la pression de pêche

L'intensification des efforts de pêche a menacé la durabilité de la pêche et a engendré une baisse des ressources marines à partir des années 1990, suivie par le début de la surexploitation des stocks. Le rendement horaire moyen des chalutiers a chuté de 75 $kg.h^{-1}$ en 1971 à seulement 37 $kg.h^{-1}$ en 2001 (Gharbi and Zaarah, 2001). Les stocks continuent à diminuer en raison de la surpêche, du non-respect des zones de pêche réglementées et de l'utilisation de méthodes de pêche illégales (Verner, 2013). Dans le port de Djerba-Homet Souk, la période de pêche de septembre à novembre en 2011 a produit 120 tonnes, à comparer à la moyenne habituelle de 150 tonnes (Halouani et al., 2015). Le chalutage dans le Golfe de Gabès rejette souvent 50% des prises (prises accessoires, poissons de petite taille, algues, Posidonie, Cymodocée, etc.) (Jarboui et al., 2005). Le rendement moyen de la pêche par bateau dans le Golfe de Gabès est en baisse (Fig. 5).

Certaines espèces sont particulièrement menacées dont celles incluses dans la convention de Berne et la convention de Barcelone, comme *Epinephelus marginatus* (mérou), ou encore d'autre espèces *(Petromyzon marinus, Cethorinus maximus, Isurus oxyrinchus, Lamna nasus, Carcharodon carcharias, Mobula mobular, Raja alba, Acipenser sturio, Anguilla anguilla, Alosa fallax, Syngnathus abaster, Hippocampus hippocampus, H. guttulatus, Xiphias gladius)* (Anonyme, 2019). Dans le Golfe, les stocks de poissons sont déjà surexploités de 30 %, et la biodiversité recule parallèlement à la réduction de la couverture végétale aquatique submergée, à cause des méthodes invasives de pêche (Halouani et al., 2015). D'après Ben Meriem et al. (2005), l'évaluation des stocks des principales espèces exploitées a montré que les espèces de poissons *Merluccius merluccius, Mullus barbatus, Mullus surmuletus* et *Pagellus erythrinus* sont en surexploitation et que la mortalité par pêche de la fraction juvénile de la population est particulièrement élevée.

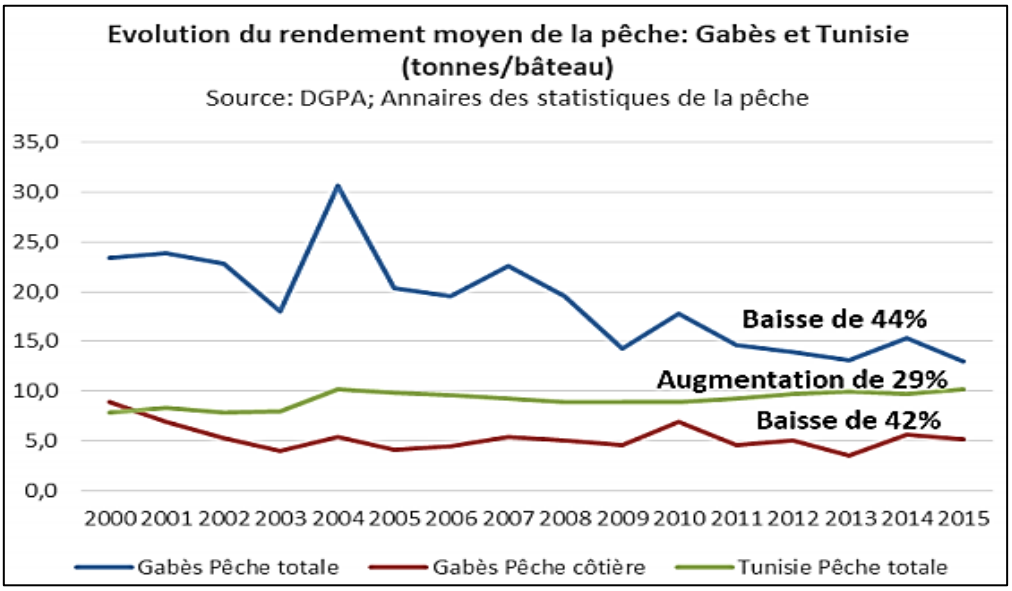


Figure 6 - Évolution du rendement moyen de la pêche : Gabès et Tunisie (tonnes/bateau) (DGPA, 2018).

Les conséquences de l'intensification de la pression de pêche vont au-delà du prélèvement de la ressource dans le milieu naturel. La pêche détruit les habitats, modifie les substrats des écosystèmes exploités ainsi que leurs structures et leurs fonctionnements. Les chaluts benthiques et les mini-chaluts qui raclent les fonds marins détruisent les peuplements benthiques (les éponges, les bryozoaires, les colonies de polychètes, les coraux profonds, etc.). Cette dégradation peut engendrer une réduction de la diversité des habitats et par conséquent, une diminution de la diversité des populations de poissons qui y habitent. Ces types de pêche augmentent la turbidité et modifient les processus d'échanges chimiques et physiques des fonds marins et des sédiments (Jarboui et al., 2005). Les prises accessoires ou accidentelles (poissons non ciblés à faible valeur commerciale) peuvent avoir un volume plusieurs fois supérieur à celui des prises d'espèces ciblés. Ces captures accessoires peuvent comprendre des juvéniles d'espèces de poissons de haute importance commerciale, écologique ou des animaux vulnérables : tortues de mer, requins, raies, etc. (Jarboui et al., 2020). Le chalutage benthique détruit directement les herbiers Posidonia oceanica en causant leur régression. Un chalutier typique, de taille moyenne, déracine environ entre 99

200 et 363 300 faisceaux (unité de croissance de la posidonie) de Posidonie par heure (Sánchez Lizaso et al., 1990). La modification de la physionomie du fond du Golfe de Gabès a induit un changement de la bionomie benthique, avec une perte du couvert végétal originel de l'ordre de 90% conduisant à l'installation de biocénoses caractérisées par une faune et une flore de milieux envasés et dégradés (Afli et al., 2005).

La pêche illicite est en augmentation depuis 2011 (tableau 2), nous citons les pratiques illégales suivantes :

- Le « kiss », filet traînant benthique ou semi pélagique ;
- La senne de plage « Hlig » et « Tilla », qui sont classés parmi les filets traînants. C'est un long filet de longueur comprise entre 400 mètres et 600 mètres et il opère à partir du rivage par faible profondeur ;
- Pêche avec des armes à feu ;
- Pêche avec des explosifs ;
- Pêche avec des produits chimiques ;
- Pêche au feu, sauf pour les poissons migrateurs comme les amphihalins (Anguille) ;
- En troublant l'eau par quelque moyen que ce soit ou en effrayant les espèces aquatiques pour les avoir dans les filets ;
- Pêche à l'aide des barrages à l'entrée ou à la sortie des oueds ;
- Pêche avec la gangave (une lourde barre de fer, associée à une pièce de bois, le tout relié à un filet, était traîné derrière le bateau) et la croix de Sain André (attachant les fauberts à deux poutres fixées en croix à un gros poids central) pour la pêche au corail

Tableau 2 - Nombre de cas de flagrant délit de pêche illicite, détectés- nombre de cas par an / pourcentage (JICA *2020) :*

Zone de pêche	2015		2016		2017		2018		Total des 4 années	
1 (Nord)	250	26%	228	21 %	272	24%	373	27%	1123	25 %
2 (Centre)	342	36%	350	33 %	328	29%	47S	35 %	1498	33 %
3 (Sud)	365	38%	498	46%	532	47 %	508	37%	1903	42 %
Total de cas	957		1076		1132		1359		4524	

L'utilisation des mini-chalut, appelé Kiss, dans le Golfe de Gabès surtout après 2011 (tableau 3) utilisant des bateaux de plus en plus puissants qui pêchent toujours plus près des côtes ont aujourd'hui un impact négatif considérable sur les herbiers de posidonie (Ben Hmida et al., 2014). En effet, le raclage continu ces mini- chaluts arrache un nombre important de faisceaux et mélange le fond, modifiant ainsi les taux de sédimentation. L'érosion de la matte et la réduction de la densité de l'herbier qui en découlent aggravent davantage l'action ultérieure des chaluts (Pergent et al., 1995). Les biomasses totales retenues (poids humide) dans les traits de mini-chalut effectués pendant la campagne de pêche montrent que la partie commercialisable ne dépasse pas 15 kg par trait de chalut et celle rejetée atteignant jusqu'à 355 kg. La partie rejetée correspond à plusieurs espèces benthiques (spongiaires, échinodermes, mollusques, etc.) mais 68% des rejets sont formés par *Posidonia oceanica* (feuilles, rhizomes, racines) qui constitue la plus grande biomasse (Ben Hmida et al., 2014). En revanche, une étude menée par Jarboui et al. (2005) sur les rejets des pêcheries industrielles tunisiennes au chalut de fond dans le Golfe de Gabès au cours desquelles 81 opérations de chalutage de fond avec un total de 125 heures d'effort de pêche d'un chalutier régulier à des profondeurs de chalutage légales ont été analysées, ont conclu que *Posidonia oceanica* compte pour seulement 28% du poids total des prises accessoires rejetées. Les dommages causés aux prairies de *Posidonia oceanica* dans le Golfe de Gabès par les opérations de chalutage illégales « Kiss » sont donc plus importants que les dommages causés par le chalutage régulier et légal en profondeur légalement accepté (Zerelli, 2018).

Tableau 3 - nombre de bateau "Kiss" dans le Golfe de Gabès (Zerelli, 2018).

Location	District	Date	Nombre de "Kiss"
Kerkennah Island	Sfax	25.09.2018	115
Sidi Mansour	Sfax	27.09.2018	89
Port Aouabed	Sfax	27.09.2018	2
Port Louza Louata	Sfax	27.09.2018	25
Port Sfax	Sfax	28.09.2018	147
Port Mahres	Sfax	28.09.2018	0
Port Skhira	Sfax	09.10.2018	28
Port Zabboussa	Sfax	28.09.2018	10
Port Gabès	Gabès	29.09.2018	0
Port Zarat	Gabès	30.09.2018	0
Port Ajim	Médenine	01.10.2018	0
Port Houmt Essouk	Médenine	01.10.2018	0
Port Aghir	Médenine	01.10.2018	0
Port Zarzis	Médenine	01.10.2018	0
Port Chebba	Mahdia	02.10.2018	0
TOTAL			416

- **Tabarka**

La ville de Tabarka est classée deuxième ville exportatrice du Corail au monde après la ville algérienne d'Annaba. Selon des études internationales, plus de 1 666 variétés de coraux existent actuellement dans le bassin ouest de la Méditerranée et les côtes de la ville de Tabarka. La production tunisienne du corail rouge avait augmenté de 92% durant les dernières années. Cette évolution s'explique par l'accroissement du nombre des sorties de pêche de 733 en 2013 à 1488 en 2014 (DGPA, 2014). En 2014, une quantité de 7616 kg de corail avaient été exportés vers le marché européen, notamment italien, d'une valeur totale estimée à 17 millions de dinars (DGPA, 2014).
Les récifs coralliens, dans ces régions, font face à plusieurs dangers menaçant leur pérennité. Ces dangers ont trait notamment à la pêche anarchique, l'utilisation de techniques de pêches illégales, outre la pollution causée par les embarcations de pêche et de loisirs, la hausse des taux de dioxyde de carbone (CO_2) dans les eaux de mer, l'élévation de la température de l'eau, sans oublier la contrebande. Le corail rouge *Corallium rubrum* est une espèce emblématique de la Méditerranée. L'exploitation du corail rouge (*Corallium rubrum* L.) est très ancienne, La première exploitation du corail de Tabarka date depuis 1446 par les catalans et elle a fait l'objet d'une pêche intensive surtout dans les profondeurs inférieures à 50 m (Fig. 6). En plus, 10 % des sites coralligènes sont considérés comme ravagés (Jaziri et al, 2016). En plus, 51 % des colonies ont des diamètres inférieurs à 7 mm (tableau 8) qui est la taille limite légale selon les recommandations de la Comité scientifique consultatif des pêches (CSC) et de la Commission générale des pêches pour la Méditerranée (CGPM).

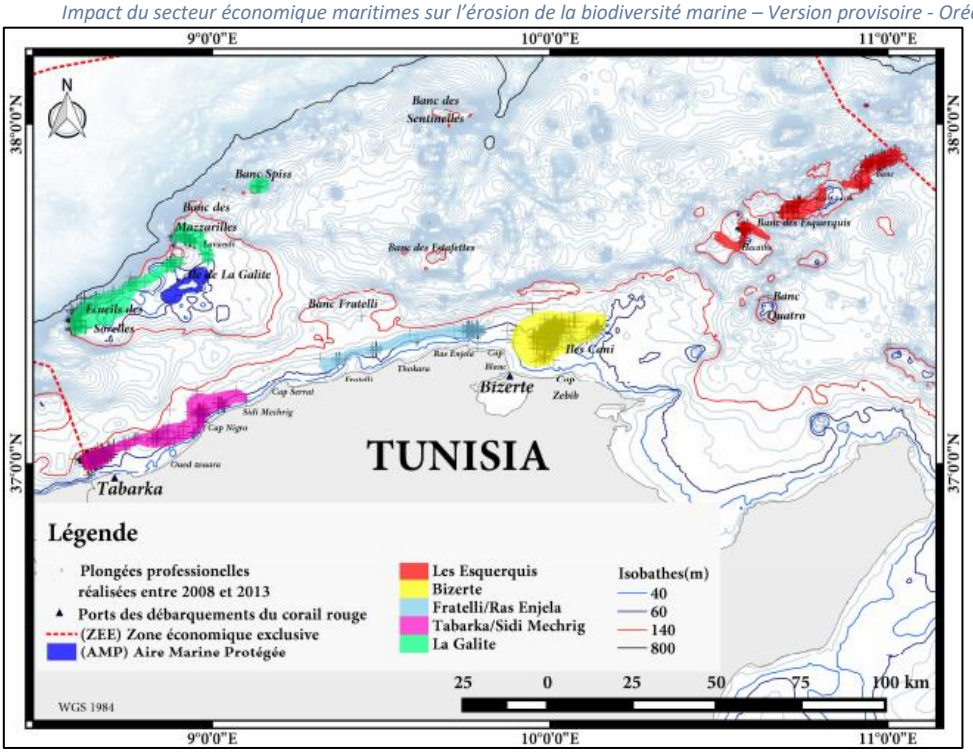


Figure 7 - Distribution spatiale des plongées professionnelles effectuées entre 2008 et 2013 (Jaziri et al, 2016).

L'analyse des structures démographiques des colonies montre que *C. rubrum* échantillonné dans les strates de profondeurs inférieures à 50 m dans les zones de Bizerte et Tabarka/Sidi Mechrig (tableau 8) possèdent les plus faibles diamètres (6,2 ± 1,6 et 6,57 ± 0,9 mm respectivement). Par contre, les plus grands diamètres des colonies sont observés dans les strates de profondeurs supérieur à 50 m notamment dans les bancs des Esquerquis où le diamètre moyen observé est de 8,83 ±3,2 mm (Santangelo et Abbiati, 2001, Jaziri et al, 2016).

Tableau 4 - Paramètres de la distribution des diamètres des colonies du corail rouge C. rubrum par zone de pêche. Avec (N) nombre de colonies (Jaziri et al., 2016) :

Zone N		Profondeur (m)		Diamètre basal (mm)	
		Minimale	Maximale	Moyenne	Ecart-type
Bizerte	6679	43.8	85	6.65	1.81
Esquerquis	1303	52	91	8.83	1.49
La Galite	2834	54	118	7.97	1.41
Fratelli/Ras Enjela	178	52	72	7.52	1.19
Tabarka/Sidi Mechrig	1868	38	110	8.13	1.85

- **Les îles Kerkennah**

L'herbier à *Posidonia oceanica* autour des îles Kerkennah représente une composante majeure de l'écosystème littoral des îles Kerkennah. Cet herbier comprend une structure unique appelée herbier tigré (Ben Brahim et al., 2014). Les résultats de Ben Hmida et al. (2014) au niveau de cette zone (Fig. 7) ont montré que 40% de la couverture de l'herbier est formée de mattes mortes perdues à cause des panneaux divergents utilisés pour garantir l'ouverture latérale du mimi-chalut (kiss). Les traces sont sous forme des sillons au niveau de l'herbier ayant une largeur identique correspondant aux traces du chalut. La posidonie tend à recoloniser ces surfaces perduse, mais elle est confrontée à la compétition des autres macrophytes exotiques à caractère invasif (ex. *Caulerpa racemosa var. cylindracea*) (Ben Hmida et al., 2014).

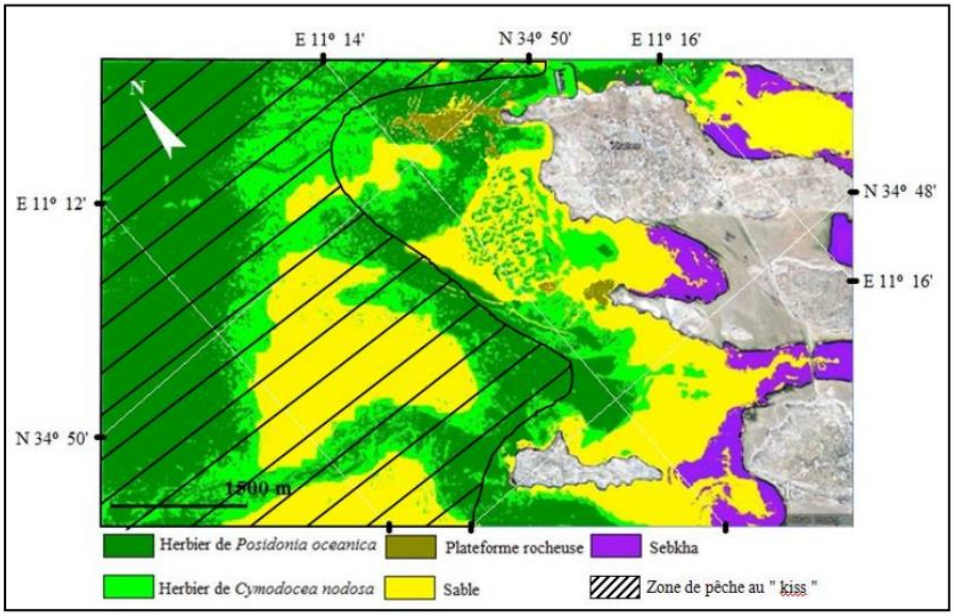


Figure 8 - Cartographie des principaux peuplements et types de fonds dans la région des îles Kerkennah (Ben Hmida et al., 2014).

Les effets de mouillage peuvent conduire, localement, à la régression de l'herbier en place. Les dégradations dues aux activités de pêche sont liées, d'une part, au déversement des macro-déchets directement dans le milieu marin, d'autre part, à la pollution apportée par les détergents, les hydrocarbures et les peintures anti-fouling (Pergent et al., 1995). De même, l'action mécanique directe des ancres et des systèmes de mouillage collectif sur les fonds constitue une forte menace pour la flore marine. En effet, un cycle complet d'ancrage peut arracher ou casser 45 faisceaux de posidonie dans le cas d'un bateau lourd (Francour et al., 1999). Il faut noter que suivant le type d'ancre utilisé ou la présence d'une chaine ou d'une corde, les dégâts peuvent être plus ou moins importants.

- **La lagune El Bibane**

La mer des Bibans ou Bahiret El Bibane a une superficie de 30 000 ha. Elle est classée en site Ramasar. La lagune est fermée du côté mer par une dune fossile partiellement démantelée et érodée en son milieu et en de nombreux endroits, laissant la place à fleur d'eau à des passes étroites, les portes (Biban), avec des profondeurs d'environ de moins de 2 m. Des pièges fixes ou bordigues permettant la capture des poissons à leur sortie de la lagune ont été installés au niveau du chenal central large de 800 m (Medhioub et Perthuisot, 1977 ; Lemoalle, 1986).

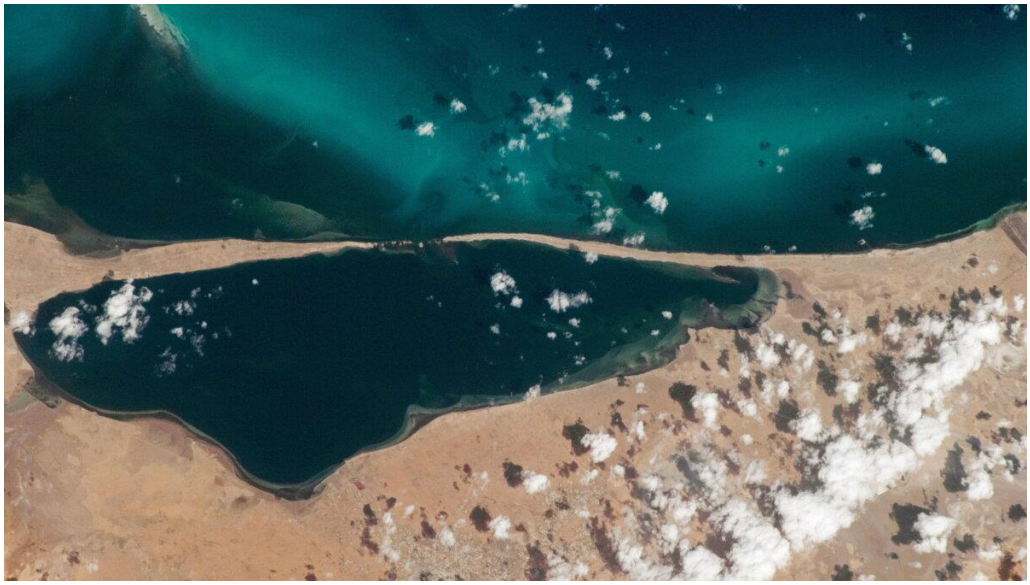


Figure 9 - La lagune El bihane avec le chenal central

Selon Djabou (2006) et Chouikhi (2010), la répartition de la macrofaune de la lagune suit celle de la végétation marines. Les statistiques halieutiques mentionnent la présence d'environ 60 espèces distribuées sur 31 familles avec la dominance de la famille des Sparidés (Djabou, 2006). Le groupe d'espèces le plus fréquent est représenté par les espèces migrantes (mer-lagune et vice versa) telles que *Diplodus annularis, Sparus auratus, Solea aegyptiaca, Lithognathus mormyrus, Sarpa salpa, Dicentrarchus labrax Dicentrarchus punctatus* ainsi que les Mugilidés. Les poissons sédentaires se limitent aux syngnathidés: *Syngnathus acus, Syngnathus typhle*, aux gobidés *Gobius niger* ainsi qu'au *Cyprinodon* dans les biotopes salés *Aphanius fasciatus* (Chouikhi, 2010).

Plusieurs méthodes et engins de pêche sont utilisées dans la lagune :

- La pêche à la ligne : Cette pratique s'effectue essentiellement dans le chenal principal qui s'ouvre sur la mer.
- La pêche par la bordigue : Les pêches se font par courant rentrant. Ayant pénétré dans la chambre de capture par une ouverture étroite, les poissons ne peuvent plus en ressortir.
- La Pêche au filet : (i) les filets maillants constitués d'une seule nappe de forme rectangulaire montée sur une corde de flotteurs et une ralingue de plomb, (ii) le filet trémail composé de trois nappes: deux externes d'un maillage plus grand et une nappe interne à maillage de taille plus petite et (iii) les filets encerclant : sont utilisés tout au long de l'année sauf au cours de la période de repos biologique (février-mars).

La pêche a fortement diminué dans la lagune. Les rendements étaient lors des années 70 de l'ordre de 120 kg/j et par barque pour environ 12 barques qui pratiquaient cette pêche. De nos jours, 9 barques et 9 pêcheurs fixes pratiquent cette activité. La production moyenne est d'environ 15 à 20 kg de daurade ou de loup par jour/barque (figure 8) soit 180 kg. Cela représente une baisse de 87,5% de la production aussi bien totales ou par engin de pêche (Fig. 9). Les causes possibles de la raréfaction de la ressource sont (i) la pêche anarchique et illégale (iii) non-respect du repos biologique (janvier – février de chaque année) (iv) la pollution de la lagune, lié surtout à l'urbanisation et qui pourrait avoir un effet néfaste sur ses ressources halieutiques et ses écosystèmes marins de la lagune El Bibane (vi) l'invasion du crabe bleu dans la lagune (vii) la régression de l'herbier de posidonie durant ces dernières années (Jarboui et al, 2018). Le manque d'études scientifiques particulièrement concernant l'évaluation des stocks, la courantologie, l'effet changement climatique et les interactions lagune – mer n'ont pas permis de prendre en compte les effets de ces pratiques et d'apporter des propositions de bonne gestion du stock de pêche.

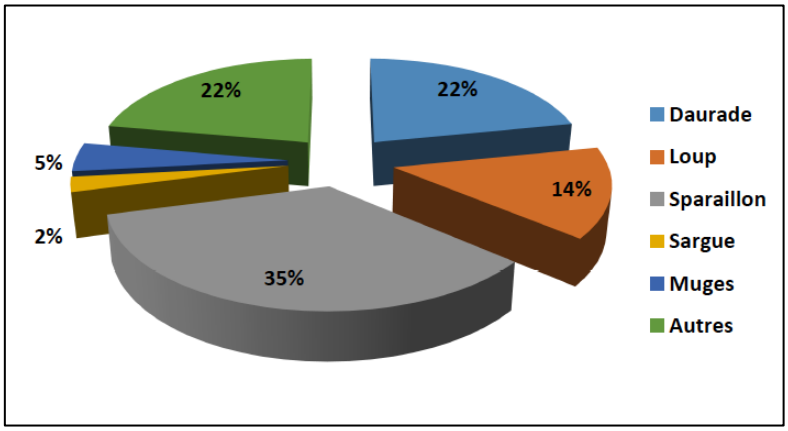


Figure 10 - Variation par espèce des proportions moyennes mensuelles des captures dans la lagune d'El Bibane (2005-2014) (DGPA, 2014).

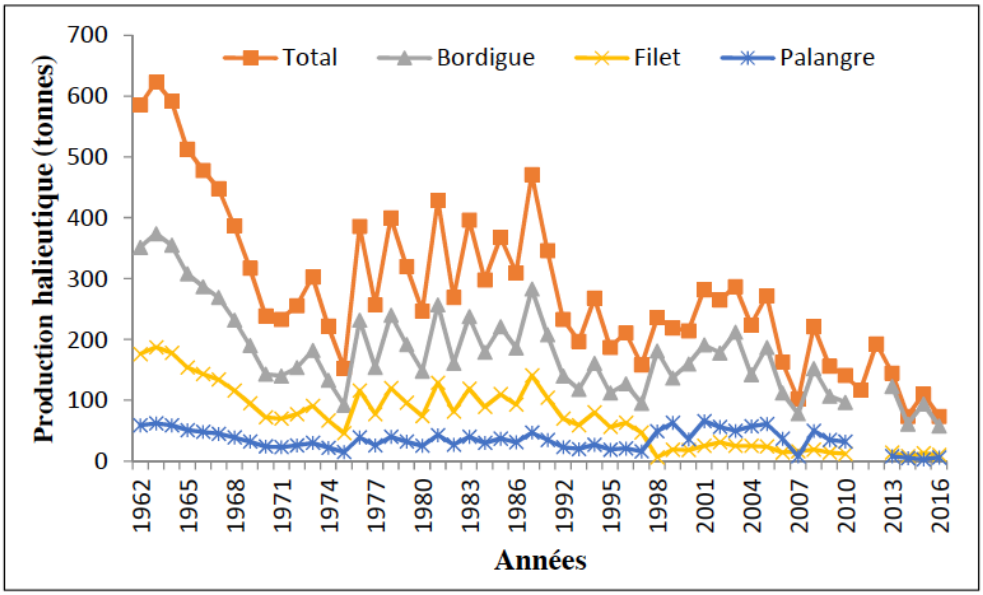


Figure 11 - Évolution annuelle de la production halieutique de la lagune El Bibane par type de pêche durant la période (1962-2016) (DGPA, 2015).

2.3. Conséquences de l'intensification des pratiques de la pêche sur les Cétacés

Étant au sommet de la chaine trophique marine et faisant partie majeure de l'histoire humaine grâce à leurs caractéristiques culturelles et esthétiques, les cétacés sont considérés parmi les espèces les plus importantes dans le monde vivant (Croll *et al.,* 1998). Ils jouent un rôle majeur en tant que modérateurs des écosystèmes marins où ils interagissent avec les autres maillons et s'impliquent au maintien de l'équilibre écologique de leur milieu aquatique (Croll *et al.,* 1998). En effet, les cétacés sont des super prédateurs et consommateurs à plusieurs niveaux trophiques en raison de leurs grandes tailles et leurs abondances (Croll *et al.,* 1998). Ces mammifères marins consomment d'énormes quantités de proies et affectent ainsi la répartition et l'abondance des espèces de poissons et peuvent par conséquent, servir à structurer les communautés marines (Croll *et al.,* 1998).

Malgré leur statut mondialement reconnu comme espèces à importance cruciale (Hooker et Gerber, 2004), les cétacés font face à des menaces très diverses en constante évolution, surtout durant les dernières décennies, et cela est due principalement aux activités de la pêche, les prises accidentelles, la pollution, le bruit anthropique, l'exploitation pétrolière, le développement du tourisme, la recherche scientifique, etc… (Hooker et Gerber, 2004). Ces auteurs soulignent que toutes ces menaces ont des impacts directs sur les cétacés qui sont multiples et bien souvent cumulatifs (Hooker et Gerber, 2004). Ces menaces sont à l'origine du déclin observé au niveau de certaines populations de cétacés, d'où la nécessité de déployer plus d'effort pour la protection et la conservation de cette faune (Hooker et Gerber, 2004). En Tunisie, les cétacés sont des espèces marines, parmi nombreuses autres, dont le statut de protection est « menacé » et qui encourent un danger d'extinction (Bradai, 2001). Consciente de l'importance des enjeux en matière de protection de l'environnement et de préservation des ressources naturelles, la Tunisie a ratifié la majorité des conventions relatives au sauvegarde de la faune et la flore marine.

Les inventaires Cétologiques montrent que nos côtes, qui sont constituées généralement d'une plate-forme de faible profondeur, qui sont préférées par les Cétacés, dont le régime alimentaire décrit en Méditerranée Occidentale est composé essentiellement d'espèces marines démersales, ou bien benthiques, vivantes dans ce plateau continental. Nos côtes sont couramment fréquentées par : le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), le rorqual à museau pointu (*Balaenoptera acutorostrata*), le cachalot (*Physeter macrocephalus*), le dauphin bleu et blanc (Stenella coeruleoalba), le dauphin de Risso (*Grampus griseus*), le globicéphale noir (*Globicephala melas*), le dauphin commun (*Delphinus delphis*) et le grand dauphin (*Tursiops truncatus*).

Le recensement des Cétacés en Tunisie se fait soit lors des campagnes de prospections soit lors des échouages le long des côtes tunisiennes. Les diverses espèces de cétacés recensées échouées appartiennent soit au sous-ordre des Odontocètes soit au sous-ordre des Mysticètes. L'étude faite par Karaa (2005) a pu mettre en évidence la présence des Cétacés durant toutes les saisons, avec des aires de répartition différentes. L'auteur pensait même

que la présence des mammifères marins n'est pas due à des phénomènes de migrations ou de déplacements à la quête de la nourriture, mais qu'il existe une éventuelle population qui abonde les côtes tunisiennes. Karaa (2005) ajoute que la composition des groupes de delphinidés échoués le long des côtes tunisiennes est formée principalement d'adultes, mais aussi de nouveau- nés et de juvéniles. Ces observations ont permis à l'auteur de supposer que les côtes tunisiennes peuvent être une zone de reproduction des Cétacés (Karaa, 2005).

Pour ce qui est des campagnes de prospection et d'observation des cétacés faites par l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM), une première campagne a été établi durant l'automne 2001 « Thapsus 2001 » et avait permis de couvrir les côtes entre Sousse et la Chebba. Ces premiers efforts de prospection ont été suivis par une deuxième campagne « Aspis 2003 » couvrant les côtes entre Kélibia et Zarzis et une troisième campagne réalisée à la Galite 2005 et a permis de couvrir les côtes Nord. Les résultats de ces campagnes confirment la présence de quatre espèces de cétacés présentes les eaux tunisiennes (Ben Naceur, 2005). Ces espèces sont respectivement: *Tursiops Truncatus, Delphinus delphis, Stenella coeruleoalba* et *Grampus griseus*.

D'autres travaux de monitoring de certaines espèces de cétacés complètent les travaux réalisés par l'INSTM. Indépendamment du fait que les nouveaux travaux sont ponctuels et circonscrits, ils représentent une importante contribution à l'étude de certaines populations. Benmessaoud (2008; 2014) a étudié de près la population du grand dauphin dans la région de Kélibia. L'auteur a mis en évidence l'existence d'une population résidente dans cette zone où elle alloue la majorité de son budget comportemental dans des activités de prédation, socialisation et déprédation. L'auteur a mis en évidence l'existence d'une affinité sociale entre les individus de la même population, et dont la taille n'excède pas 6 individus (Benmessaoud, 2014). Dans la même zone, Benmessaoud *et al.,* (2018; 2021), ont mis en exergue l'occurrence synaptique de deux espèces de delphinidés; le grand dauphin et le dauphin commun. Cet effort d'observation, ainsi que le suivi à long-terme de *Tursiops* au large de la région de Kélibia ont permis de retenir cette zone comme « *Important Marines Mammals Area* » (IMMA) pour *Tursiops,* du fait qu'il s'agit à la fois d'une aire de répartition, d'alimentation et de reproduction pour cette espèce (IUCN-MMPATF, 2017 ; Benmessaoud *et al.,* 2017).

Le même auteur, a mené des prospections dans la région Est de la Tunisie, où des observations de *Tursiops* et de *Stenella* ont été faites dans la région de Teboulba durant l'année 2017 -2018 (Benmessaoud *et al.,* 2021). Une population résidente de *Tursiops* a été aussi suivie autour d'une ferme aquacole sise au large de Teboulba. Les groupes de *Tursiops* observés contenaient à la fois des adultes et des immatures. Ces groupes ont été observés durant toute l'année 2020-2021 (Benmessaoud *et al.,* 2021).

L'étude de la présence du grand dauphin *Tursiops truncatus* a été mise en évidence dans la lagune de Bizerte par Aïssi et Daly Yahia (2011). Des campagnes automnales (2008 et 2010) ont permis de parcourir 310 km et de recenser un total de soixante-douze individus.

En été 2018, l'Accord sur la Conservation des Cétacés de la Mer Noire, de la Méditerranée et de la zone Atlantique Adjacente (ACCOBAMS), a lancé *l'ACCOBAMS Survey Initiative* (ASI). Ce projet a mis en œuvre le recensement des cétacés moyennant un suivi aérien et par bateau par la méthode des transects en lignes, et des relevés acoustiques. En somme, l'effort de prospection aérien a couvert 70 000 Km, et 22 000 Km en voilier (ACCOBAMS, 2018). Les résultats préliminaires de cette grande campagne ont mis en évidence une richesse écologique et biologique importante de la Méditerranée, et a permis de cartographier les zones d'abondance des différentes espèces de cétacées, observées durant de cette campagne. L'effort d'observation aérien des côtes tunisiennes montre une forte abondance de l'espèce de *Tursiops truncatus,* interagissant avec des activités anthropiques (ACCOBAMS, 2021). Il est à noter que cette question d'interactions avec les activités humaines et surtout celles reliées à l'activité de pêche a fait l'objet de plusieurs projets coordonnés par les secrétariats exécutifs d'ACCOBAMS et CGPM avec la collaboration du SPA/RAC, INSTM et INAT. Ces projets cherchent à la fois d'évaluer soit la déprédation de *Tursiops* au niveau des pêcheries des petits pélagiques ou la prise accidentelle des cétacés dans les engins de pêche et à atténuer ces deux phénomènes afin d'éviter toute bavure écologique et économique.

3. Impact de l'aquaculture sur la biodiversité

3.1. Importance de l'aquaculture en Tunisie

Le premier projet piscicole en mer ouverte d'élevage de bar européen (Dicentrarchus labrax) et de dorade royale (Sparus aurata) en cages flottantes est apparu vers l'année 2006. Jusqu'à 2019, il existe plus de 32 installations piscicoles le long du littoral tunisien (Tableau 9 et 10, Fig. 10, carte 1) qui ont différents types d'activités :

- La production d'alevins qui se répartit dans trois écloseries de production artificielle d'alevins de poissons marins : celle de l'INSTM au Centre National d'Aquaculture de Monastir (500 000 alevins/an), celle de la société d'Aquaculture Tunisienne à Hergla (20 millions d'alevins de loup et de dorade) et celle la société Sud Aquaculture Tunisienne à Boughrara,Médenine, (3 million d'alevins de loup).
- Le grossissement en bassins en mode intensif : Aquaculture Tunisienne de Hergla, Sud Aquaculture tunisienne de Médenine et la Skala à Monastir
- Le grossissement en cages : Depuis 2007 l'élevage en cage off-shore a connu une croissance importante avec 25 sociétés actives en 2015
- Le grossissement semi-intensif : la société TUNISPECHE
- La pisciculture continentale : est pratiquée en extensif dans les barrages et en intensif dans les bassins alimentés par les eaux géothermales du sud du pays.
- L'exploitation des retenues de barrage : 31 barrages sont en exploitation en 2014 dans le Nord et le Centre du pays. Des espèces endémiques: barbeau, anguille (espèce captive appelée à disparaître faute de pouvoir se reproduire). Des espèces introduites dans quelques barrages: carpe commune, sandre, silure, black bass, gardon, rotengle.
- La pisciculture en eaux géothermales : Actuellement seul 2 projets sont actifs avec la production de tilapia du Nil O. niloticus.

Tableau 5 - Nombre des fermes aquacoles en Tunisie (DGPA, 2018)

Milieu	Nombre et nature
Marin	26 Fermes de Pisciculture marine 6 fermes d'engraissement de thon rouge 16 fermes conchylicoles 1 Fermes d'élevage de crevette
Eau douce	7 fermes de Pisciculture en eau douce 10 Fermes d'élevage d'algues
On shore	3 Écloseries de poissons marins 3 Écloseries de poissons d'eau douce 1 Écloseries de crevettes 3 usines de fabrication d'aliments pour poissons

Tableau 6 - Production des fermes aquacoles en Tunisie de 2007 à 2018 (DGPA, 2018)

Année	2007	2009	2011	2013	2015	2018
Production (tonne)	2 142	3 345	6 199	11 964	14 269	20 761

Le secteur piscicole est régi par un cadre réglementaire et législatif qui impose les critères d'installation des fermes aquacoles. Toutefois, aucun intérêt n'est accordé aux impacts négatifs de ces fermes sur l'écosystème environnant. La limite de profondeur imposée par la législation est comprise entre 30 m comme valeur minimale et 50 m comme valeur maximale tenant compte de la gamme de profondeur où la Posidonie se développe (de 2 m à 40 m), et dont les herbiers doivent êtrre épargnés de toute conséquence de ces fermes aquacoles.

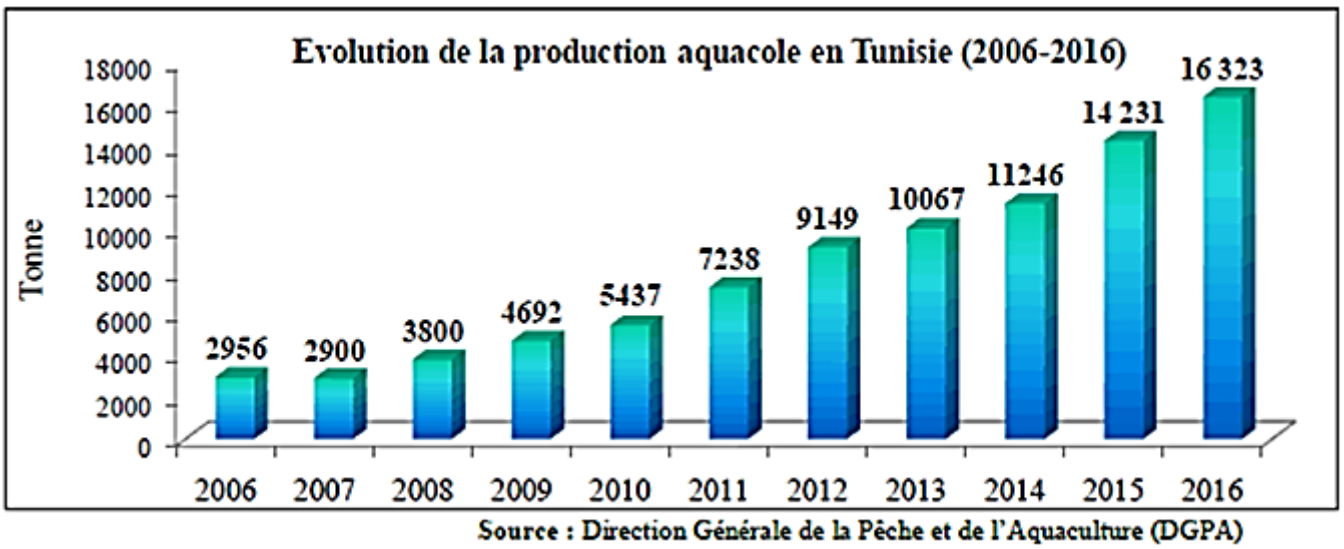


Figure 12 - Évolution de la production aquacole en Tunisie (2006-2016) (DGPA 2017).

Les espèces les plus cultivées sont essentiellement le bar européen (Dicentrarchus labrax) et la dorade royale (Sparus aurata) et ceci à côté du thon rouge de l'Atlantique (Thunnus thynnus) qui est produit à travers des actions d'engraissement de poissons prélevés du milieu naturel. En conchyliculture, l'huître creuse du Pacifique (Crassostrea gigas) a été introduite en Tunisie depuis les années 70 (Figure 11).

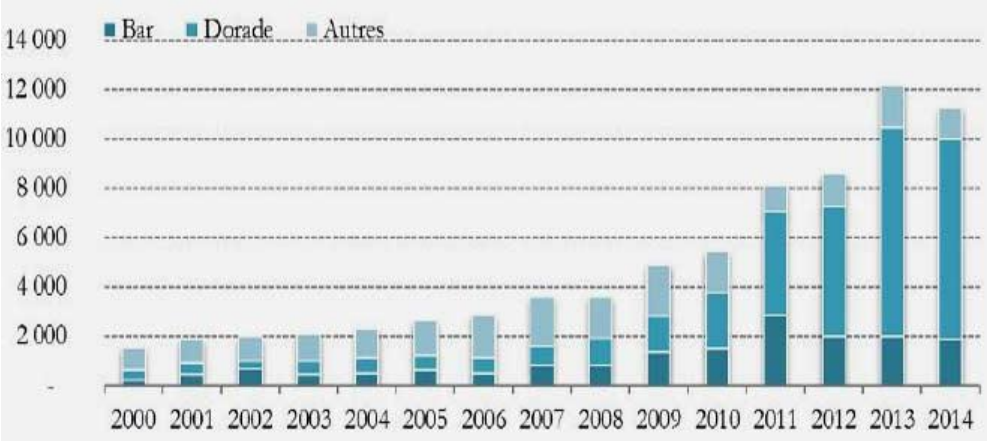


Figure 13 - Évolution de la production aquacole tunisienne du bar, dorade et autres (en tonnes) (DGPA 2017).

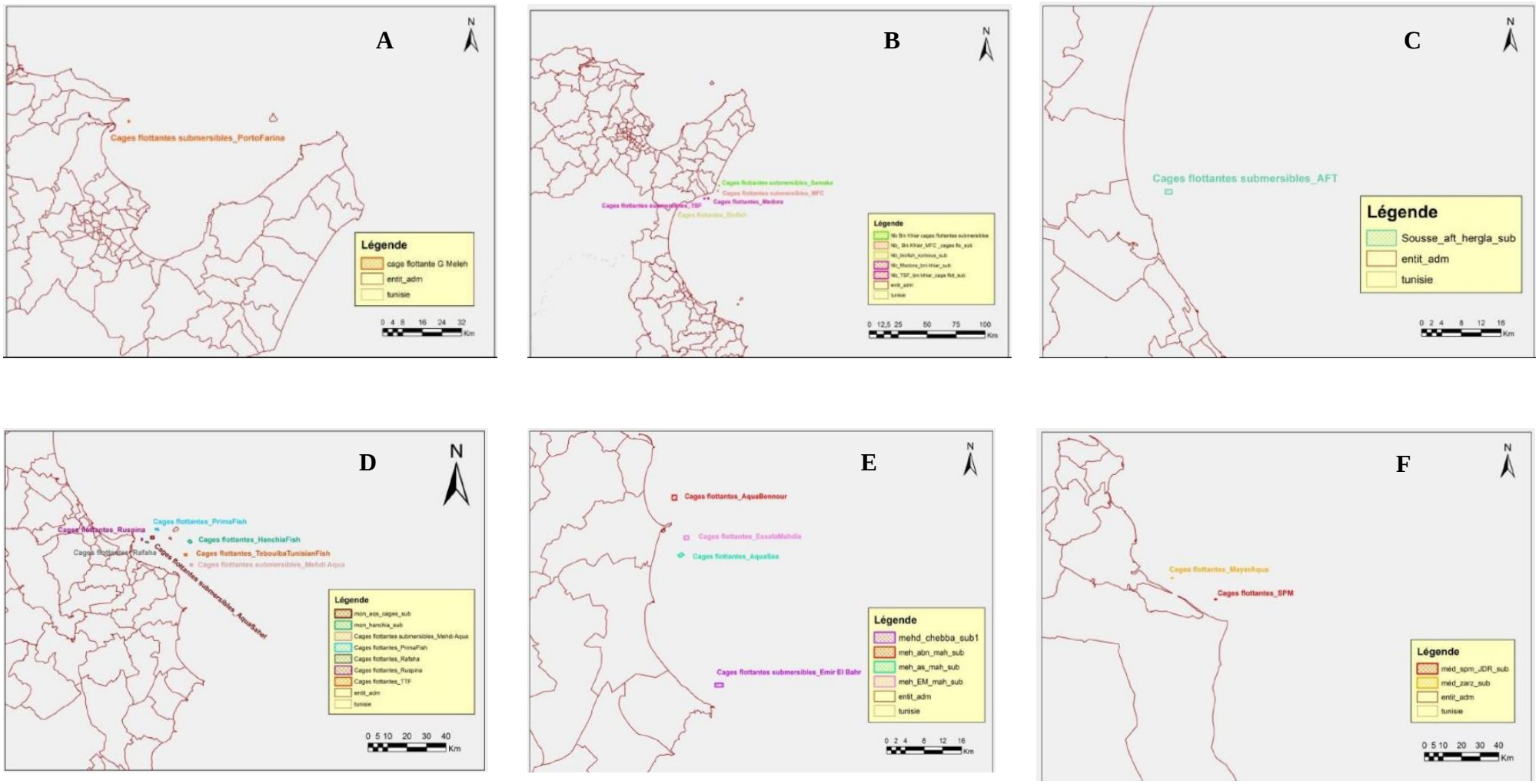


Figure 14 - Carte de localisation de la ferme piscicole à Bizerte (A), dans le gouvernorat de Nabeul (B), à Sousse (C), dans le gouvernorat de Monastir (D), dans le gouvernorat de Mahdia (E), dans le gouvernorat de Médenine (F) (Zaghdoud 2013).

3.2. Impact des fermes aquacole sur l'environnement marin

L'aquaculture comporte le risque d'impacts environnementaux négatifs en raison de sa relation étroite avec l'environnement immédiat. Ces risques peuvent découler de la pollution génétique des ressources naturelles et des émissions de polluants et de déchets, ainsi que d'impacts locaux spécifiques tels que la transmission de maladies, la dispersion d'espèces non indigènes et le rejet d'antibiotiques et produits pharmaceutiques dans l'eau (Delgado et al., 1999; Cancemi et al., 2003 ; Jebara et al., 2020). L'aquaculture peut également influencer les écosystèmes et la biodiversité (figure 15).

Figure 15 - Impact de l'aquaculture sur la biodiversité en milieu marin.

Par exemple, l'installation des fermes piscicoles dans l'environnement benthique augmente les charges organiques et modifie les caractéristiques des sédiments (Challouf et al., 2017). Les assemblages benthiques à proximité des fermes aquacoles présentent des symptômes de perturbation et une diminution de la biodiversité.

L'accroissement de la charge des eaux côtières en particules en suspension, en nutriments et en matière organique provoquerait leur accumulation au niveau de la zone aquacole et les zones voisine ce qui pourrait favoriser la prolifération des organismes planctoniques. La transparence de l'eau diminue réduisant ainsi le taux d'éclairement par la quantité de sédiments déposés (Cancemi et al., 2003).

Les fermes piscicoles situées à proximité d'un herbier à Posidonia oceanica ont un impact fort sur celui-ci : les teneurs en matière organique en azote et en phosphore au niveau des sédiments augmentent à proximité des fermes piscicoles ce qui nuit à la vitalité de l'herbier : diminution de la densité des faisceaux et baisse de la production primaire de la plante.

La dégradation des herbiers de Posidonie, qui est un refuge pour une multitude d'espèces animales et végétales benthiques, provoque la dégradation de tout l'écosystème environnant. Ainsi, les conditions seront propices à l'apparition d'espèces opportunistes tolérantes à la pollution et à la disparition des espèces autochtones (Pergent et al., 1995).

Peu d'études ont été réalisées afin d'évaluer l'impact des fermes aquacoles sur la biodiversité marine en Tunisie malgré que la majorité de fermes piscicoles ne répondent pas à un critère de l'installation

de projets piscicoles en mer ouverte : non-respect de la profondeur minimale de 30 m. Par exemple, dans la baie de Monastir, la valeur minimale enregistrée pour les fermes piscicoles dans cette zone est de 22 m de profondeur (Zaghdoudi, 2013). Les résultats de Challouf et al. (2017) ont révélé que l'aquaculture piscicole dans la baie de Monastir est devenue une source supplémentaire de nutriments dans la baie qui a provoqué la modification de la nature et de la composition chimique du sédiment le long des îles Kuriat ce qui pourrait nuire à la nidification des œufs de la tortue caouanne Caretta caretta (Zaghdoudi, 2013).

4. Transport maritime

En Tunisie, huit ports de commerce (Tableau 11 et 12) sont à l'origine d'un important trafic maritime méditerranéen et transocéanique, augmentant ainsi le risque d'introduction des espèces exotiques et invasives.

Tableau 7 - Ports de commerce en Tunisie et leur trafic (1000T)

Port	2017	2018
La goulette	356	768
Rades	3 553	3 305
Bizerte-menzel bourguiba	2 410	2 477
Sousse	1 127	1 421
Sfax-Sidi Youssef	2 306	2 298
La Skhira	3 319	3 102
Gabès	1 564	1 506
Zarzis	396	585
Trafic portuaire	15 031	15 462

Source : Ministère du Transport et de la Logistique, Tunisie MTLT, 2018

Tableau 11: Nombre de navire dans tous les ports de commerce en Tunisie

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Trafic des navires (escales)	7 588	6 139	6 094	6 199	5818	5291

Source : MTLT, 2018

Les ballasts sont d'énormes réservoirs d'eau situés à des endroits spécifiques tout autour du navire qui permettent d'augmenter le poids du navire afin de maintenir la ligne de flottaison optimale. Lorsque le navire a été chargé, si son poids total est inférieur à son poids maximum, les ballasts doivent être remplis jusqu'à ce qu'ils contiennent suffisamment d'eau pour atteindre la ligne de flottaison optimale. Le problème a lieu lorsque ces eaux de ballasts sont rejetées libérant ainsi des espèces invasives. Ces espèces sont qualifiées « d'invasives » car elles n'ont aucun prédateur dans l'environnement où elles ont été rejetées. Elles se propagent donc et peuvent causer d'énormes dégâts mais aussi des maladies.

D'après l'Australian Quarantine and Inspection Service, A.Q.I.S. (1993), les grands vraquiers peuvent transporter jusqu'à 100 000 tonnes d'eau. En Tunisie 9 ports commerciaux sont édifiés, augmentant ainsi le risque d'introduction des espèces exotiques et invasives, surtout que notre pays ne présente pas de législation nationale en matière de prévention des introductions. Environ 2,53 millions de tonnes d'eau de ballast et 65 tonnes de sédiments sont déversées chaque année dans le Golfe de Gabès (tableau 12 : Hattour et Ben Mustapha, 2015). Ces sédiments qui stagnent au fond des tanks et contiennent aussi bien des espèces ayant une grande capacité de résistance, des kystes, ou encore des organismes benthiques au stade adulte (Hattour et Ben Mustapha, 2013). Les eaux et sédiments de ballast, pompées, là où le navire a livré sa cargaison renferment divers types d'espèces à différents stades de vie, incluant les bactéries Vibrio cholerae, (McCarthy et Khambaty 1994), champignons

(Drake et al, 2007), microalgues dinoflagellés toxiques (Hallegraeff, 1998), petits invertébrés, œufs, spores, graines, kystes et larves d'espèces aquatiques animales et végétales (Raaymakers, 2002).

Tableau 8 - Évaluation des quantités des sédiments déversées dans le Golfe de Gabès (T)

Ports/Sédiments (t)	2005	2006	2007	2008	moyennes
Sfax	14,667	15,164	16,865	14,273	15,24
La Skhira	33,358	32,400	29,860	37,864	33,37
Gabès	11,445	11,128	11,543	9,401	10,88
Zarzis	4,179	3,081	3,327	3,963	3,64
Total Golfe de Gabès	63,648	61,773	61,594	65,501	63,13

Source : Hattour et Ben Mustapha, 2015

Les eaux de ballast déversées dans le Golfe de Gabès proviennent des ports tunisiens (14%), des ports italiens (33%) ou des ports de la Méditerranée occidentale (Algérie, France, Espagne : 27%). Les eaux de ballast chargées dans un port non méditerranéen représentent environ 14% des volumes totaux d'eaux de ballast (Hattour et Ben Mustapha, 2015).

5. Espèces introduites

Les espèces envahissantes marines (Fig. 12) sont considérées comme l'une des principales causes de la perte de biodiversité en Méditerranée (Galil, 2015), modifiant potentiellement tous les aspects des écosystèmes marins et des autres écosystèmes aquatiques. En effet, elles peuvent déplacer les espèces autochtones, réduire la biodiversité des communautés, changer la composition et l'abondance des espèces dans les différents habitats, modifier la structure des habitats et occasionner des réactions en chaîne ou des changements au sein du réseau trophique pouvant engendrer d'importants impacts négatifs sur l'écosystème.

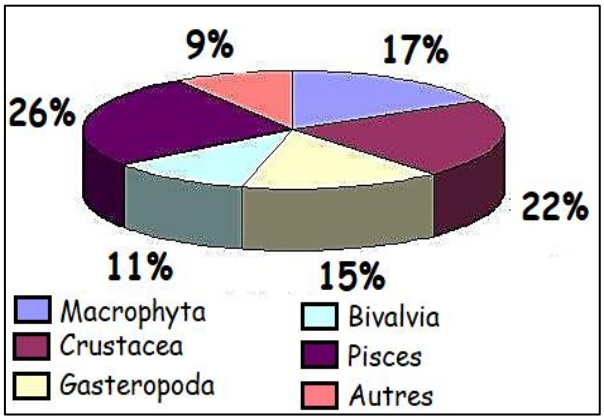


Figure 16 - Pourcentage d'Espèces Non Indigènes (NIS) observées *dans quelques pays méditerranéens (Galil et al., 2015).*

5.1. Macrophytes introduites

Le nombre d'espèces introduites dans les mers tunisiennes (carte 2) a considérablement augmenté ces dernières années. Certaines espèces introduites sont qualifiées d'envahissantes car leur nouvel environnement est exceptionnellement favorable à l'expansion de leurs populations. Ces espèces envahissantes menacent la biodiversité. La Tunisie appartient à une mer où le pourcentage d'espèces introduites (par rapport aux espèces indigènes) est le plus élevé (Sghaier et al., 2019). Le fouling, les eaux de ballast, l'évasion d'espèces aquacoles, espèces accompagnatrices d'espèces aquacoles et les aquariums constituent les principales voies d'introduction des espèces (Zenetos et al., 2003). Au total, 11 espèces sont considérées comme envahissantes ou potentiellement envahissantes en mer Méditerranée: *Acrothamnion preissii, Asparagopsis armata, A. taxiformis, Hypnea cornuta,*

Lophocladia lallemandii, Womersleyella setacea, Caulerpa chemnitzia, C. cylindracea, C. taxifolia, Codium fragile subsp. fragile et *Halophila stipulacea* (Ramos Esplá et al., 2011).

La répartition géographique des espèces envahissante est la suivante (carte 2) :

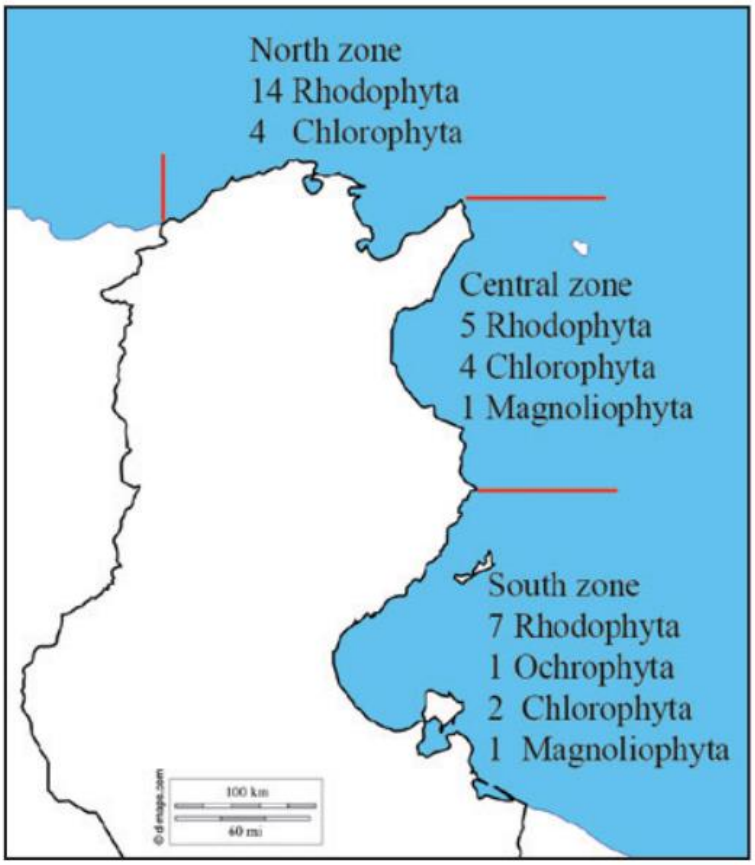


Figure 17 - Répartition des macrophytes introduites en Tunisie (Sghaier et al., 2019)

- Nord de la Tunisie : Tabarka, Bizerte et Golfe de Tunis

La zone nord a reçu le plus grand nombre de macrophytes introduites (18 espèces : tableau) par rapport à la zone centrale (9 espèces) et la zone sud (11 espèces: sept Rhodophyta, une Ochrophyta, deux Chlorophyta et un Magnoliophyta) (tableau 13).

Tableau 13 : Listes des macrophytes introduites dans le nord de la Tunisie : Tabarka ; Bizerte et Golf de Tunis (Ramos Esplá et al., 2011)

Phylum	Espèces
Rhodophyta	*Asparagopsis armata Harvey*
	Asparagopsis taxiformis (Delile) Trevisan de Saint-Léon
	Bonnemaisonia hamifera Hariot
	Chondria coerulescens (J.Agardh) Falkenberg
	Gracilaria arcuata Zanardini
	Griffithsia corallinoides (Linnaeus) Trevisan
	Polysiphonia atlantica Kapraunand J.N. Norris
	Polysiphonia fucoides (Hudson) Greville
	Anotrichium okamurae Baldock
	Womersleyella setacea (Hollenberg)R.E. Norris
	Neosiphonia sphaerocarpa (Børgesen) M.S. Kim & I.K. Lee
Ochrophyta	*Leathesia marina (Lyngbye) Decaisne*

Phylum	Espèces
	Padina boryana Thivy
Chlorophyta	*Caulerpa chemnitzia (Esper) J.V.Lamouroux*
	Caulerpa cylindracea Sonder
	Caulerpa taxifolia (Vahl) C. Agardh
	Codium fragile subsp. fragile (Suringar) Hariot
	Ulva lactuca Linnaeus

- Le Golfe de Hammamet

Le Golfe de Hammamet demeure une zone peu étudiée. En effet le recensement des espèces introduites est assez ponctuel et fragmenté. Quelques espèces ont été enregistrées à Mahdia et dans la marina de Hammamet à proximité d'une zone de bateaux de plaisance (Sghaier et al., 2019). Les macrophytes introduites sont listés dans le tableau 14.

Tableau 14: Listes des macrophytes introduites dans le Golfe de Hammamet (Ramos Esplá et al., 2011)

Phyllum	Espèces
Rhodophyta	*Asparagopsis armata Harvey*
	Asparagopsis taxiformis (Delile) Trevisan de Saint-Léon
	Colaconema codicola (Børgesen) H. Stegenga
	Colaconema codicola (Børgesen) H. Stegenga
	Polysiphonia fucoides (Hudson) Greville
Chlorophyta	*Caulerpa chemnitzia (Esper) J.V.Lamouroux*
	Caulerpa taxifolia (Vahl) C. Agardh
	Codium fragile subsp. fragile (Suringar) Hariot
	Ulva lactuca Linnaeus

- Baie de Monastir

Le nombre d'espèces introduites dans la baie de Monastir était 13 espèces en 2016. Ce nombre ne cesse d'augmenter avec le temps. En effet, en 2019, Sghaier et al. (2019) ont dénombré 24 espèces dont 11 constituent de nouvelles mentions pour la baie de Monastir, ce qui représente 33,3% du total des espèces introduites signalés. Les infrastructures marines artificielles telles que les ports, les marinas et les fermes aquacoles peuvent accroître les opportunités de niche pour les espèces introduites. Ces infrastructures artificielles sont fréquemment visitées par des navires, ce qui augmente les chances d'arrivée et de propagation des propagules d'espèces introduites et des larves. Les assemblages différaient selon les types de substrats, les NIS étant plus abondants dans les substrats artificiels que dans les substrats naturels. En ce qui concerne les emplacements, le port de plaisance de Cap Monastir était le site le plus envahi, le plus traversé par les navires et le seul visité par la voile internationale. Par conséquent, cette marina constitue la principale zone à risque à surveiller, bien que les ports de pêche et les fermes de pêche dans la lagune semi-fermé de la baie de Monastir puissent également être considérés comme des zones à risque. Néanmoins, des efforts de recherche supplémentaires sont nécessaires dans la baie de Monastir afin de mettre à jour les enregistrements des espèces introduites et cryptogéniques et d'accroître la compréhension de l'évolution écologique de ces espèces et de leurs impacts connexes sur les communautés naturelles et les ressources marines. En ce qui concerne les macrophytes introduites, 10 espèces ont été recensées (Tableau 15).

Tableau 15: Listes des macrophytes introduites dans la baie de Monastir (Sghaier et al., 2016 ; 2019) :

Phyllum	Espèce	Origine probable
Chlorophyta	*Codium fragile* (Suringar) Hariot	Ocean Pacifique
	Caulerpa cylindracea Sonder	Indo-Pacifique
	Caulerpa chemnitzia (Esper) J.V. Lamououx	Pantropicale / mer Rouge

	Caulerpa taxifolia (M.Vahl) C.Agardh,1817	Indo-Pacifique
Rhodophyta	*Lophocladia lallemandii* (Montagne) F.Schmitz,	Indo-pacifique et Mer rouge
	Asparagopsis armata Harvey, 1855	Pacifique sud-ouest
	Asparagopsis taxiformis (Delile) Trevisan de Saint Léon, 1845	Indo-Pacifique
	Hypnea cornuta (Kützing) J.Agardh 1851	Pantropicale / mer Rouge
Magnoliophyta	*Halophila stipulacea* (Forsskål) Ascherson,	Mer rouge/ océan indien

- Le Golfe de Gabès

Dans Golfe de Gabès 91 espèces exotiques (flore et faune) sont observées ou rapportées dans la littérature. La composition des taxons se présente comme suit: les Poissons viennent en tête avec 27 espèces soit 30% du total, suivi par 19 espèces de Crustacés (21,1%). Les Mollusques sont au nombre de 18 soit 20% du total, 15 espèces Macrophytes se sont introduites dans le Golfe de Gabès en plus de quatre (4) Annélides, quatre (4) Eponges, deux (2) Ascidie, un (1) Ophiure et un (1) Cnidaire (tableau 12 : Hattour et Ben Mustapha, 2015). La composante la plus importante des espèces introduites est d'affinité chaude avec un fort groupe d'origine indopacifique (61,8% des espèces), suivi par le groupe d'espèce d'origine Atlantique (18,4%). L'intrusion dans les eaux tunisiennes d'espèces de l'Atlantique tropical et de l'océan Indopacifique s'accélère. Ceci serait le résultat de réchauffement des eaux méditerranéennes (Hattour et Ben Mustapha, 2015).

Le Golfe de Gabès représente une région favorable à l'installation des espèces introduites (Bradai et al., 2004) par son hydrographie (eaux tempérées chaudes) et son important trafic maritime (ports de Skhira, Gabès et Zarzis). Soixante (67) espèces exotiques ont été inventoriées en 2010 dans le Golfe de Gabès, le nombre d'espèces exotiques s'élève à 91 espèces en 2015. La principale composante est d'origine indopacifique (57,1%), suivi par celle d'origine Atlantique (24,7%). Les circumtropical-cosmopolite ne représentent que 18,7% (Hattour et Ben Mustapha, 2015).
Sur les 128 Macrophytes exotiques signalées en Méditerranée (Zenetos et al., 2003) quinze (15) sont recensées dans le Golfe de Gabès (tableau 16), ce qui représente un ratio de 11,7%. Parmi elles trois en l'occurrence (*Lophocladia lallemandii, Caulerpa racemosa et Halophila stipulacea*) sont sur la liste des dix-neuf espèces phytobenthiques considérées par Streftaris et Zenetos (2003) comme ayant le plus grand pouvoir invasif en Méditerranée. La Rhodophyte ceramiale *Lophocladia lallemandii*, déjà signalée dans le Golfe de Gabès par Ben Maiz et al, (1987), présente une répartition inégale dans le Golfe (très abondante dans le Sud-ouest de Kerkennah et l'Ouest et l'Est de Djerba) et parait en expansion. L'espèce *Caulerpa taxifolia* n'a pas été observée dans le Golfe de Gabès (Hattour et Ben Mustapha, 2015).

- Archipel de Kerkennah

La Chlorophyte *Caulerpa racemosa* est abondante dans le Sud de Kerkennah et l'Ouest de Djerba sur l'herbier dégradé de *Posidonia*, entre 0 et 22 m de profondeur, mais rare dans le reste du Golfe. La Phanérogame *H. stipulacea*, est fréquente depuis la Chebba jusqu'à Mahrès (Hattour et Ben Mustapha, 2013).

Tableau 9 - Liste des espèces introduites dans le Golfe de Gabès (Hattour et Ben Mustapha, 2013)

Phyllum	Nom	Origine	Mode d'introduction	Présence dans le Golfe de Gabès
Ochrophyta	*Pylaiella littoralis*	Atlantique Indopacifique	Fouling sur la coque des bateaux, à travers le détroit de Gibraltar	Observée au nord du Golfe de Gabès, et sur tout le littoral central et septentrional
Rhodophyta	*Acrochaetium codicola*	Espèce Indopacifique Atlantique oriental	Fouling sur la coque des bateaux ou par l'aquaculture d'huîtres japonaises	Elle occupe tout le littoral tunisien, exceptée la partie centrale et sud du Golfe de Gabès
	Asparagopsis taxiformis	Espèce tropicale et subtropicale	Par les courants, à partir du détroit de Gibraltar	Signalée dans le Golfe de Gabès
	Anotrichium okamurae	Indopacifique (Japon)	Introduite en Méditerranée par l'aquaculture des huîtres japonaises	Signalée dans le Golfe de Gabès Présence discutée
	Bryopsis plumosa	Cosmopolite (tempérée)		Golfe de Gabès
	Chondria coerulescens	Nord-est Atlantique	Par les courants, à partir du détroit de Gibraltar	Partie septentrionale et centrale de la Tunisie Golfe de Gabès, la lagune d'El Bibane
	Lophocladia lallemandii	Espèce indopacifique	Fouling et à travers le canal de Suez	Dans le Golfe de Gabès (Ben Maiz (1995).
	Polysiphonia atlantica	Atlantique oriental	Par les courants, à partir du détroit de Gibralta	Dans le Golfe de Gabès, signalée par Ben Maiz ,1995).
	Polysiphonia fucoides	Atlantique oriental	Par les courants, à partir du détroit de Gibraltar	Dans le Golfe de Gabès, signalée par Ben Maiz ,1995).
	Polysiphonia elongella	Atlantique-est	Par les courants, à partir du	Dans le Golfe de Gabès, signalée à Nakta (Hattour et Ben Mustapha, 2013).

Phyllum	Nom	Origine	Mode d'introduction	Présence dans le Golfe de Gabès
			détroit de Gibraltar	
Chlorophyta	*Caulerpa racemosa*	Espèce indopacifique	Canal de Suez Les eaux de ballast, le fouling et l'aquariophilie	Toute la Tunisie excepté la lagune d'El Bibane
	Codium fragile subsp. tomentosoides	Indopacifique	Commerce des espèces de Mollusques, coques de bateaux, les citernes de ballast. -Dispersion secondaire par flottaison	Golfe de Gabès notamment à La Chebba, Louza, autour de l'île Djerba à El Ketf
	Ulva fasciata Delile	Indopacifique	Fouling sur la coque des bateaux au travers du canal de Suez	Elle est signalée dans le Golfe de Gabès
Magnoliophytes	*Cymodocea angustata*	Indopacifique tropical		Mahrés, Zarat, El Bibane
	Halophila stipulacea	Indopacifique	Par le canal de Suez	Golfe de Hammamet et de Gabès

5.2. Faune introduite

Les principaux groupes de faune exotique en Tunisie sont les mollusques, les crustacés, les poissons, les polychaètes et les cnidaires. Parmi les 136 espèces exotiques, 60 ont été signalées dans le nord et 76 dans le centre et le sud du littoral de la Tunisie (tableau 17). 66 de ces espèces exotiques (48,5%) se concentrent dans e Golfe de Gabès . Entre le cap Bon et Ras Kapudia, seuls six enregistrements ont été trouvés : 3 espèces de mollusques (*Gibberulus gibberulus albus* et *Nerita sanguinolenta* à Hergla et *Sepioteuthis Lessoniana* à Mahdia), et 3 espèces de poissons (*Equulites klunzingeri, Priacanthus hamrur* et *Saurida lessepsian* également enregistré à Mahdia) (Ounifi- Ben Amor et al., 2015).
Les impacts écologiques des espèces animales invasives sont résumés dans le tableau 18.

*Tableau 10 - Listes des espèces marines animales introduites signalée jusqu'à mars 2015. Les espèces envahissantes en Tunisie sont signalées par * (Ounifi-Ben Amor et al., 2015)*

Groupe	Espèces
Protozoaires	Marteilia refringens
	Perkinsus olsenii
Foraminifera	Amphistegina lobifera
	Coscinospira hemprichii
	Pseudolachlanella slitella
	Sorites variabilis
Hydrozoaires	Coryne eximia
	Eucheilota paradoxica
	Fabienna oligonema
	Scyphozoa
	Phyllorhiza punctata
	Rhopilema nomadica
	Stomolophus meleagris
Anthozoaires	Oculina patagonica
Platyhelminthes	Tetrancistrum polymorphum
	Tetrancistrum suezicum
Polyplacophora	Acanthopleura gemmata
Stomatopodes	Erugosquilla massavensis
Bryozoaires	Tricellaria inopinata
	Amathia verticilla*
Echinodermes	Ophiactis savignyi
Cephalopodes	Sepioteuthis lessoniana
	Tremoctopus gracilis

Groupe	Espèces
Bivalves	Anadara transversa
	Arcuatula senhousia
	Crassostrea gigas
	Fulvia fragilis*
	Pinctada imbricata radiata*
	Saccostrea cucullata
	Ruditapes philippinarum*
Gastropodes	Acteocina mucronata
	Alvania dorbignyi
	Bursatella leachii*
	Cellana rota
	Cerithium scabridum*
	Chromodoris quadricolor
	Crepidula fornicata
	Diodora ruppellii
	Erosaria turdus
	Favorinus ghanensis
	Melibe viridis
	Mitrella psilla
	Monetaria annulus
	Nerita sanguinolenta
	Polycerella emertoni
	Tayuva lilacina
	Tornus jullieni

Groupe	Espèces
Polychaetes	Diopatra hupferiana monroi
	Eunice floridana
	Eunice tubifex
	Ficopomatus enigmaticus*
	Hydroïdes dianthus*
	Hydroides dirampha*
	Hydroïdes elegans*
	Hyboscolex longiseta
	Isolda pulchella
	Metasychis gotoi
	Naineris setosa
	Notomastus aberans
	Pista unibranchia
Nematodes	Anguillicoloides crassus
Cirripediens	Amphibalanus eburneus
Copepodes	Paracartia grani
Amphipodes	Caprella scaura
	Cymadusa filosa
	Elasmopus pectenicrus
	Hamimaera hamigera
	Gammaropsis togoensis
	Stenothoe gallensis

Tableau 17 (suite).

Groupe	Espèces
Isopodes	*Anilocra pilchardi*
	Paracerceis sculpta
	Paradella dianae
	Sphaeroma walkeri
Decapodes	*Alpheus inopinatus*
	Elamena mathoei
	Eucrate crenata
	Grapsus granulosus
	Hemigrapsus sanguineus
	*Libinia dubia**
	Menaethius monoceros
	Necora puber
	*Percnon gibbesi**
	Pilumnopeus vauquelini
	Plagusia squamosa
	*Portunus (Portunus) segnis**
	Rhithropanopeus harrisii
	*Metapenaeus monoceros**
	Metapenaeus stebbingi
	Rimapenaeus similis
	*Trachysalambria curvirostris**
Ascidies	*Cystodytes philippinensis*
	Microcosmus exasperatus
	Trididemnum savignii
	Microcosmus squamiger

Groupe	Espèces
Actinopterygiens	*Acanthopagrus bifasciatus*
	Alepes djedaba
	Atherinomorus forskalii
	Equulites klunzingeri
	Fistularia commersonii
	Hemiramphus far
	Hyporhamphus affinis
	Lagocephalus sceleratus
	Lagocephalus guentheri
	Pampus argenteus
	Parexocoetus mento
	Pempheris rhomboidea
	Priacanthus hamrur
	Saurida lessepsianus
	Scomberomorus commerson
	Siganus luridus
	Siganus rivulatus
	Sphyraena chrysotaenia
	Stephanolepis diaspros
	Upeneus pori
Elasmobranches	*Glaucostegus halavi*

Tableau 11- Impact écologique des espèces animales invasives en Tunisie

Espèces	Impact écologique	
Siganus luridus *S. rivulatus* (poisson-lapin)	Concurrence avec Sarpa salpa pour prendre possession des ressources alimentaires et de l'habitat. peuvent entraîner une forte diminution de la biomasse algale, éradiquant localement certaines algues comme les forêts de Cystoseira spp.	Otero et al., 2013.
Stephanolepis diaspros	Probablement en concurrence avec la faune locale.	Zouari-Ktari et Bradai, 2011. Otero et al., 2013.
Metapenaeus monoceros (La crevette mouchetée)	En concurrence avec la crevette Melicertus kerathurus autochtone pour la nourriture et de l'espace.	Ben Hadj Hamida-et al., 2009. Otero et al., 2013.
Percnon gibbesi (crabe)	En concurrence avec d'autres animaux alguivores au sein de son habitat (comme les oursins) mais l'exclusion des crabes autochtones peut se produire dans certaines zones. Son habitat se chevauche avec celui du crabe Pachygrapsus marmoratus autochtone, une espèce omnivore qui se nourrit aussi d'algues filamenteuses, et celui du crabe verruqueux Eriphia verrucosa, une espèce carnivore se nourrissant de mollusques et de polychètes.	Otero et al., 2013.
Microcosmus squamiger (ascidie solitaire)	Peut former des agrégats denses dans la zone subtidale peu profonde et altère les communautés autochtones locales.	Otero et al., 2013.
Atherinomorus forskalii (poisson)	Consommateur de plancton (petits crustacés et des œufs et larves d'autres espèces), son impact pourrait être important.	Otero et al., 2013.
Lagocephalus sceleratus, Lagocephalus spadiceus, Lagocephalus suezensis (poissons-ballons)	Envahissantes en Méditerranée La consommation de ces espèces est très dangereuse car leur chair est toxique. Le Lagocephalus sceleratus attaque les poissons pris dans les filets	Otero et al., 2013.
Parexocoetus mento (poisson)	Elle se nourrit de zooplancton (larves de poissons et d'invertébrés pélagiques et de petits poissons). Elle pourrait avoir un impact considérable sur les autres espèces commerciales.	Otero et al., 2013.
Pempheris vanicolensis (Le poisson-hachette)	Concurrence avec l'espèce Apogon imberbis	
Pinctada radiata	Cette huître constitue aussi l'une des principales épibiontes massivement fixés sur les rhizomes de Posidonia oceanica	Otero et al., 2013. Ben Souissi, 2015
Crabes invasifs *Libinia dubia*	Ils sont qualifié de véritable peste par les pêcheurs traditionnels de la région. Ce	Mili et al., 2020 Otero et al., 2013.

Espèces	Impact écologique	
Portunus segnis *Callinectes sapidus*	Décapode colmate leurs filets, dégrade la qualité des prises et réduit drastiquement les captures (-30%). fortement compétitive avec la faune locale.	
Rhopilema nomadica	Espèces exotiques toxiques et potentiellement dangereuses	Ben Souissi et al., 2015
Fulvia fragilis	Une forte capacité à concurrencer Acanthocardia paucicostata et le mollusque pionnier du lagon Cerastoderma glaucum il a presque éradiqué le bivalve indigène Acanthocardia paucicostata dans la lagune de Bizerte	Rifi et al., 2011
Percnon gibbesi	Concurrent potentiel des crabes indigènes pour les ressources et les habitats	(Sghaier et al., 2011b)

6. Impact de la pollution sur la biodiversité marine

6.1. Contexte général

La pollution marine constitue une menace majeure pour les écosystèmes marins et côtiers. Les principales conséquences environnementales du modèle de développement adopté par la Tunisie ont été la raréfaction ou la dégradation de certaines ressources naturelles notamment l'eau et les espaces côtiers, une gestion insuffisante des déchets aussi bien domestiques qu'industriels (Anonyme, 2007). La faune et la flore marines sont gravement menacées par le déversement et le rejet croissants de polluants toxiques dans l'environnement marin. Les eaux usées et les déchets solides peuvent être dangereux sur l'environnement. Les régressions des écosystèmes marins sont généralement imputées à l'action des polluants chimiques (hydrocarbures, PCB, métaux lourds). Toutefois, il ne faut pas négliger les rejets de nutriments qui ont fortement augmenté ces dernières décennies suite à l'utilisation massive d'engrais pour l'agriculture. Ces apports de matière organique dans les zones côtières provoquent une augmentation de la turbidité des eaux qui entraîne d'une part, une diminution de la photosynthèse en profondeur et qui favorise, d'autre part, une eutrophisation des eaux responsable de l'apparition d'efflorescences phytoplanctoniques de plus en plus importantes.

L'état de cet écosystème et plus particulièrement dans le Sud Est du littoral de la Tunisie est fragilisé du fait de la pollution marine à laquelle s'ajoutent plusieurs menaces qui accentuent la pression : Remblayage de l'estran de la région de Sfax, extensions des salines à Sfax et de phosphogypses à Gabès (Ben Mustapha et al., 2002).

Plusieurs études sur les effets de la pollution sur la flore marines ont été effectuées en Tunisie. Le tableau suivant présente une synthèse des différents types de polluants venant détériorer la qualité des eaux du littoral. A titre d'exemple, le chapitre suivant présentera plus en détails les effets des pollutions dans le cas du golfe de Gabès.

Tableau 12 - Résumé de l'impact des rejets en Mer sur la biodiversité de flore marine

Zones	Risque	Impact sur la biodiversité de la flore marine	Références
KNISS, baie de Monastir	Aménagement littoral réalisé: - Le port de Ksibét el Médyouni - Zone la plus polluée se situe au niveau des villes de Khniss (drain de Khniss) et de Ksibét El Médyouni - Les multiples points de rejet d'eaux pluviales - Deux stations d'épuration (Lamta et Frina) implantées au début des années 1990 et actuellement largement au-delà de leur capacité théorique de traitement évaluée à 4 600 m³ d'eau par jour tandis que certains jours, plus de 16 000 m³ d'eau polluée transitent par ces deux stations-	- Apport des sédiments fins . - Pollution des nappes phréatiques par des rejets chimiques industriels riches notamment en Nitrates et Phosphates, à l'origine de phénomènes d'eutrophisation amplifiée en été, entraînant une prolifération d'algues vertes à la surface de l'eau (figure 7), appelées « salades vertes » par les habitants de Ksibet El Mediouni, dégageant une quantité importante de sulfure d'hydrogène (H2S). - Déversement des rejets d'eau industrielle et ménagère insuffisamment traitées des stations dans l'oued Khniss dont l'exutoire se situe sur la façade maritime de Ksibét El Médyouni, entraînant des phénomènes d'eutrophisation et de prolifération d'algues vertes. - Consommation de la majorité de l'oxygène de l'eau par les algues vertes dans un secteur du littoral à faible courant marin, menaçant une grande partie de la faune marine s'en retrouve menacée. - Appauvrissement de la faune marine (2007) : uniquement 43 espèces de faune marine dont 33 espèces de mollusque entre 0,3 et 7,2 m de profondeur. Raréfaction de la Grande Nacre (*Pinna nobilis*) avec 1 seul individu observé et abondance élevé de *Pinctada radiata*, espèce invasive. - Changement de l'assemblage phytoplanctonique et abondance d'algues opportunistes et nitrophiles *Ulva rigida, Chaetomorpha linum, les cladophores Abondances d'espèces sciaphiles Jania rubens, Liagora et Lithophyllum incrustans*. - Disparition de près de la moitié des espèces d'algues (par rapport à la liste des algues répertoriées en 1970). - *Posidonia oceanica* : décalage de la limite supérieure ; diminution de recouvrement et de vitalité, le déchaussement des rhizomes indiquant une rupture d'équilibre sédimentaire	El Asmi-Djellouli et al., 2001 Ben Said et al. (2007) APAL, 2009 FTDES, 2013 Sellami, 2017

Zones	Risque	Impact sur la biodiversité de la flore marine	Références
Mahdia (Golfe de Hammamet)	Eaux usées	- Dégradation de l'herbier de Posidonie - Changement de l'assemblage épiphytes des feuilles et des rhizomes de *Posidonia oceanica*	Mabrouk et al., 2013 ; 2014 Ben Brahim et al., 2014
	Eaux usées, plastifiants, PCB	- Pollution marine : Présence des polluants dans les feuilles de posidonie et dans les épiphytes des feuilles	Jebara, 2021. Jebara et al, 2020
Mahdia, La Chebba	Utilisation des antibiotiques en aquaculture	- Présences de bactéries multi résistantes aux antibiotiques	Jebara, 2020
Sfax, Golfe de Gabès	Rejet de phosphogypse	- Dégradation de l'herbier de Posidonie - Pollution par les métaux lourds	El Zrelli et al., 2015 ; 2017
Gabès, Golfe de Gabès	Rejet de phosphogypse Les rejets de phosphogypses dans le Golfe de Gabès par le complexe de fabrication d'engrais de Ghannouch (70 millions de tonnes en 25 ans)	- Etalement de la pollution par le phosphogypse sur environ 60 km² - Recul des herbiers de posidonie au profit de la caulerpe et diminution de la macrofaune des fonds (perte des deux tiers) associée à ces herbiers	Béjaoui et al., 2004 Hamza et El Abed, 1994Ayadi et al., 2014 El Zrelli et al., 2015 ; 2017
Gabès, Golfe de Gabès	Rejets liquides (EM) de refroidissement de lavage de gaz	- Réchauffement de l'eau de mer et possibilité de contamination de la zone de rejet par micropolluants organiques et inorganiques.	Anonyme, 2018
	Effluents chargés en Phosphogypse	- Formation de sédiments marins à partir du sulfate de calcium chargés en Fluor, en Phosphore, en matière organique et métaux lourds (Cadmium, Chrome), en particuliers aux abords des sources d'émission des effluents - Teneurs élevées en Chrome (Cr) ou en Zinc (Zn) à très élevé en Cadmium (Cd) dans les sédiments , supérieures aux seuils de contamination tolérables - Absence de vie et de végétation marine au niveau des points de rejet. Les premières réapparitions de la faune commencent à partir de 2 à 3,3 km au large.	Anonyme, 2018
	Ammoniac (NH3)	- Emissions d'ammoniac qui selon les caractéristiques physicochimiques des eaux entraîne un enrichissement en azote ou une acidification avec disparition de la faune et de la flore dans les cas extrêmes (modification du phytoplancton et du zooplancton ainsi que des communautés benthiques).	Anonyme, 2018

Zones	Risque	Impact sur la biodiversité de la flore marine	Références
	Oxydes d'Azote (NOx)	- Acidification des eaux a des effets négatifs sur la biodiversité aquatique. Les crustacés et les mollusques sont particulièrement vulnérables à l'acidification.	Anonyme, 2018
	Fluorure d'hydrogène (HF)	- Intoxication aiguë au fluorure des poissons.	Anonyme, 2018
	Dioxyde de soufre (SO2)	- Acidification des eaux affectant les organismes les plus sensibles à l'acidité tels que certains poissons et invertébrés (altération des capacités reproductrices, taux élevé de mortalité durant les stades précoces du cycle de vie de certaines populations de poissons) et les crustacés et mollusques sont particulièrement vulnérables.	Anonyme, 2018
Golfe de Tunis	Action anthropique en croissance (industrie, transport maritime, tourisme, etc.) sur la côte la plus urbanisée de la Tunisie	- Nombreux rejets d'effluents pollués - Eaux des oueds (Medjerda, le canal El Khlij, la Méliane et l'Oued El Bey) du bassin versant du Golfe de Tunis sont le plus souvent de qualité physico-chimique et bactériologique médiocre et sujette à des variations importantes et brutales - Polluants sous différents états, dissous, en suspension ou absorbés par des particules. - Pollution thermique se traduit par des modifications écologiques qui impactent la faune et la flore (Fig. 13) - Accumulation de métaux toxiques dans les sédiments pouvant se remettre en suspension à cause des courants marins	Anonyme, 2013a Ouelhazi et al, 2009

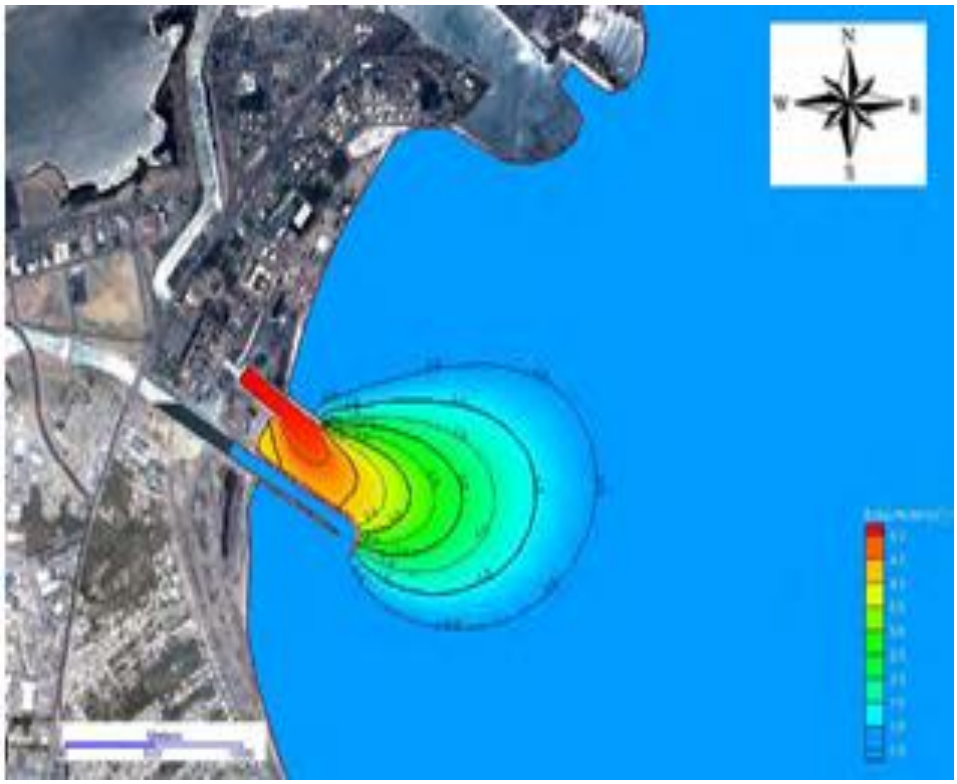


Figure 18 - Courbes d'échauffement en mer (Golfe de Tunis) (Anonyme, 2013a).

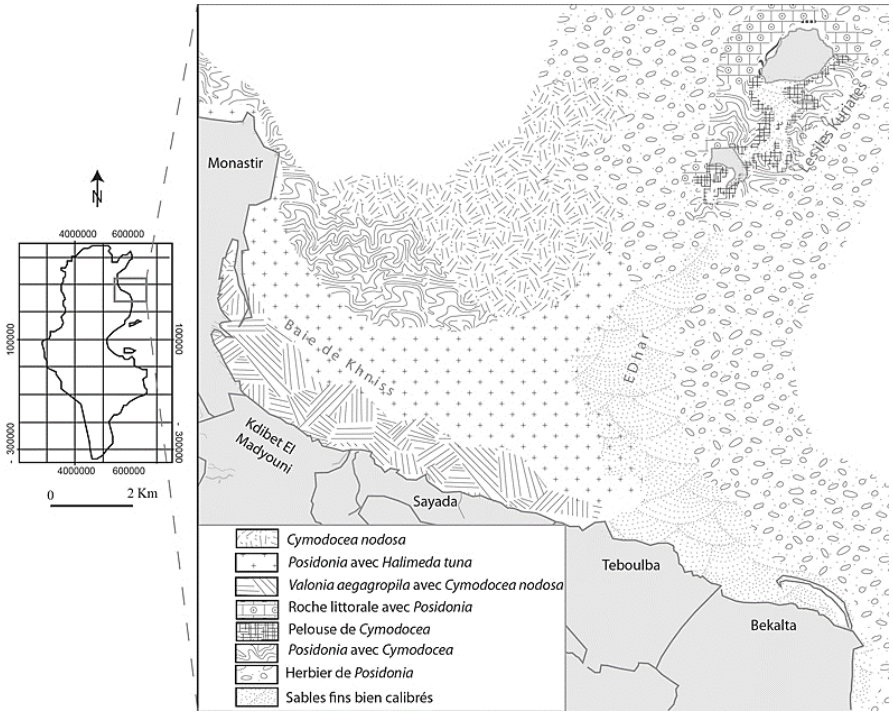


Figure 19 - Cartographie de la flore benthique dans la baie de Monastir (Ben Said et al., 2007; APAL, 2009)

6.2. Le cas du Golfe de Gabès

6.2.1. La pollution par le phosphogypse

Le secteur du golfe de Gabès fait face depuis des décennies à de multiples pressions dont la surexploitation des ressources marines par la pêche indiscriminée et intensive entraînant le déséquilibre de l'écosystème marin et la pollution provoquée par le déchargement du phosphogypse en mer. Ces effluents évacués vers la mer sont considérés qualitativement et quantitativement comme les rejets les plus significatifs en termes de pollution du fond marin. Ils sont issus de 5 unités de productions qui se répartissent sur trois zones industrielle :Ghannouch, El Hamma et Metouia qui occupent respectivement 50%, 42% et 10% des 36 ha accordés pour les zones industrielles (Anonyme, 2017). Ces effluents sont mélangés à l'eau de mer puis rejetés dans le Golfe de Gabès avec un débit d'environ 40 000 m^3/j en moyenne et correspondant à 14000 t/j exprimé en solide sec (tableau 19). Ces déchets impactent en premier lieu le littoral, entrainant un impact destructeur de l'écosystème marin (GCT, 2015).

Tableau 13 - État quantitatif et qualitatif des rejets hydriques des activités industrielles de Gabès (Medhioub 2002 ; GCT 2015)

Polluants	Valeur
Effluents chargés de phosphogypse (GCT)	5 100 Mt/an
Rejets eau de mer refroidissement et lavage gaz (GCT)	350 Mm^3/an
Rejets liquides (ICF)	30 000 m^3/an
Rejets eaux usées industrielles (activités chimiques)	16 Mm^3/an
Rejets eaux industrielles (activités manufacturières)	190 000 m^3/an

Les résultats d'une étude mené par l'Institut National des Sciences et des Technologies de la Mer (INSTM) ont montré que le milieu marin de Gabès est dépourvu de toute présence floristique sur un rayon de 2,5 km à partir des côtes et les premières réapparitions de la faune commencent à partir de 2 à 3,3 km au large avec un nombre très faible d'espèces par rapport au zones voisines (tableau 20) (Anonyme 2013b).

Tableau 14 - Nombre maximal d'espèces récolté dans la zone totale explorée de 45 000 ha

	Sfax	Skhira	Gabès
Flore	29	33	14
Faune	206	206	91

6.2.2. Impact de la pollution chimique sur la repartions des herbiers de Posidonia oceanica

Les herbiers à *P. oceanica* sont particulièrement soumis aux rejets anthropiques apportés par les rivières ou directement rejetés en mer, qu'ils soient d'origine urbaine ou industrielle. Depuis de nombreuses années, des régressions massives des herbiers ont été répertoriées aux alentours des grands centres urbains et industriels autour du bassin méditerranéen (Zaouali, 1993). L'origine de ces régressions est généralement imputée à l'action des polluants chimiques (hydrocarbures, PCB, métaux lourds) qui réduisent le développement des feuilles et la croissance des rhizomes de P. oceanica (Balestri et al., 2004).

Ces apports de matière organique font augmenter la turbidité des eaux qui entraîne la diminution de la photosynthèse et favorise l'eutrophisation et l'apparition des blooms phytoplanctoniques importante (Mabrouk et al., 2013). Ces apports de nutriments favorisent la croissance des épiphytes

entraînant la diminution de la croissance des feuilles de *P. oceanica* et pouvant entrainer la mort des feuilles de P. *oceanica* (Mabrouk et al., 2014).

En Tunisie, la plus ancienne carte (carte 3) de répartition de *Posidonia oceanica* a été réalisée par Le Danois (1925). Clairefond et Cochet (1978) ont donné une nouvelle répartition des herbiers à *Posidonia oceanica* (carte 4) le long du Golfe de Gabès. Ces cartes montrent une localisation entendue des herbiers. Zaouali (1993), dans une synthèse, a résumé l'ensemble de carte (carte 5) durant les 100 dernières années sous la pression anthropique (début de la pêche des éponges, début de la pêche par les chaluts lestés et début des déversements en mer de phosphogypse). Ces cartes montrent une régression assez poussée dans le Golfe de Gabès. Hattour et Ben Mustapha (2013) ont actualisé la répartition de herbiers de posidonie (carte 6) montrant une nette régression aux niveaux des zones de rejet du phosphogypse et au nord de Djerba (effet de chalutage).

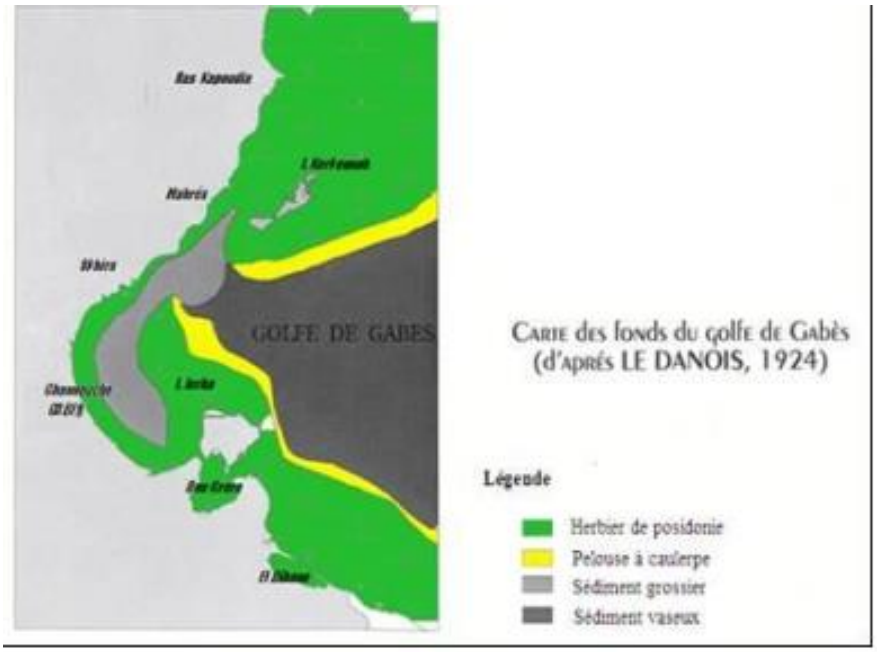


Figure 20 - Couvet végétal du Golfe de Gabès 1924 (Le Danois, 1924).

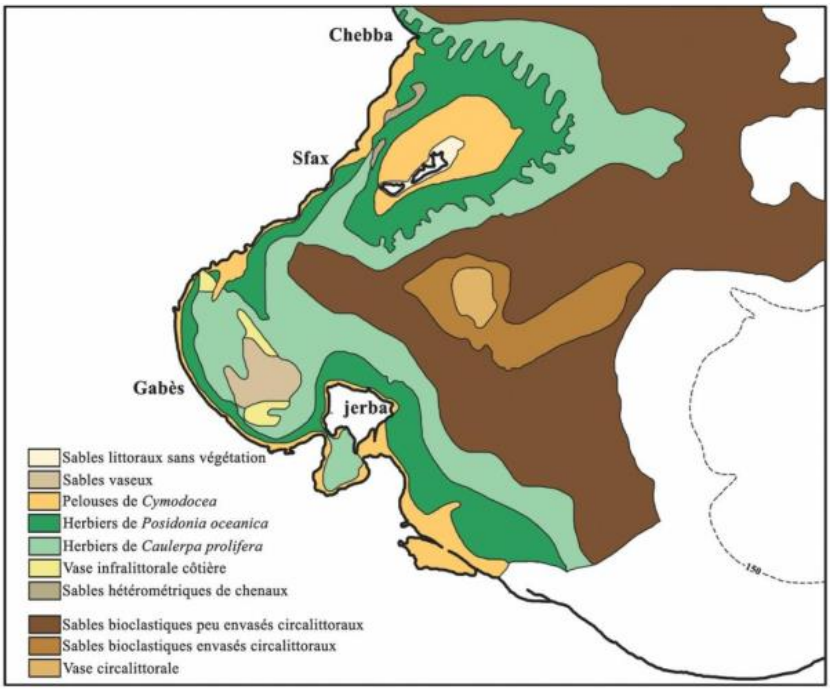


Figure 21 - Faciès des fonds marins (Clairefond et Cochet, 1978)

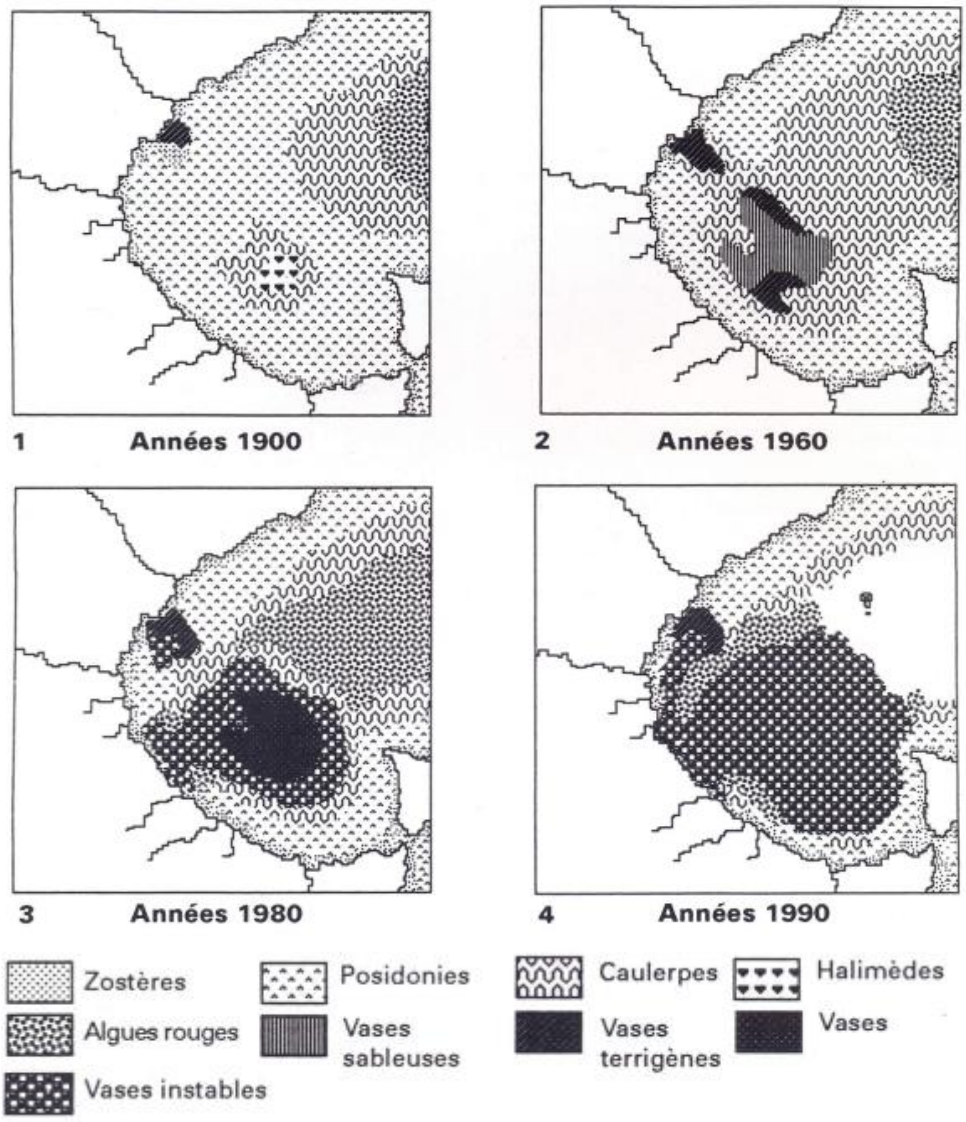


Figure 22 - Evolution schématique de la végétation benthique du Golfe de Gabès au cours des 100 dernières années sous la pression anthropique: 1- début de la pêche des éponges (gangaves); 2- début de la pêche des crevettes (chaluts lestés) ; 3- début des déversements en mer de phosphogypse (Zaouali, 1993).

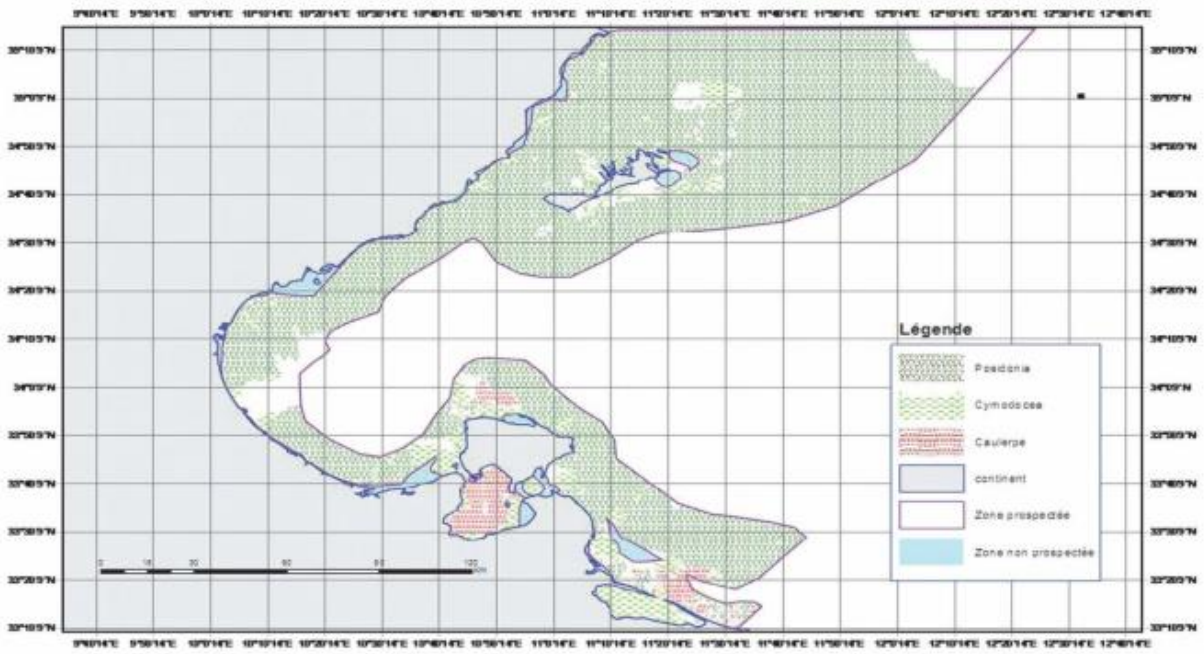


Figure 23 - Distribution des espèces dominantes du couvert végétal du Golfe de Gabès (Posidonia, Cymodocea et Caulerpa) (Hattour et Ben Mustapha, 2013).

7. Changements climatiques

L'Afrique du Nord est vulnérable aux impacts du changement climatique, en particulier les régions méditerranéennes ont été qualifiées de « point chaud du changement climatique » (Giorgi, 2006). La Tunisie occupe la 74ème place du classement des pays selon leurs émissions CO_2, celles-ci s'élevaient en 2011 à 25643 kilotonnes, soit 0,8% des émissions mondiales de la même année, très éloignée des pays tels que la Chine (9 019 518) ou les États-Unis (5 305 570) (Anonyme, 2015) (Fig. 14).

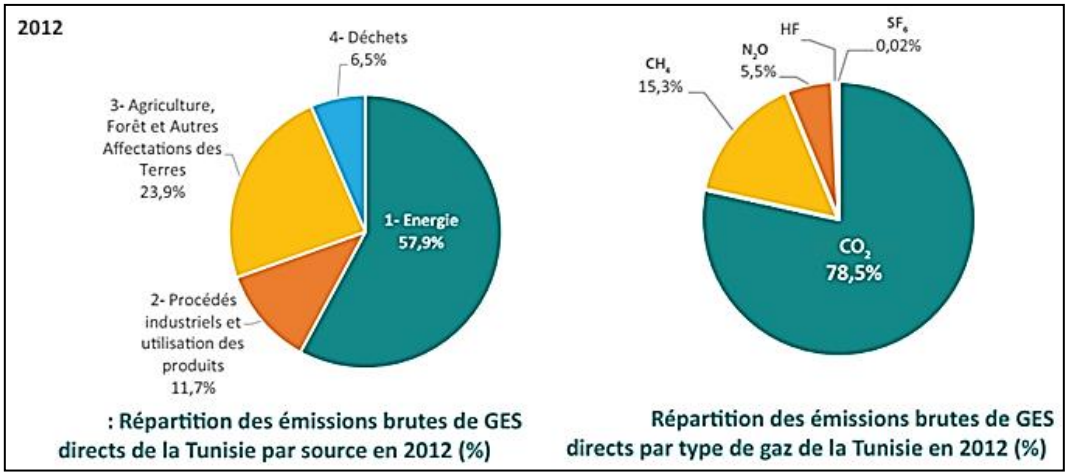


Figure 24 - Répartition des émissions brutes de GES (Gaz Effet de Serre) par source et type de gaz en Tunisie en 2012 (Anonyme, 2015).

La localisation géographique de la Tunisie le rend particulièrement vulnérable au changement climatique (Vicente-Serrano, 2006). Ces changements sont déjà ressentis (Fig. 15). D'après les simulations réalisées par les climatologues sur la base des scénarios du GIEC (2007), il est prévisible qu'à l'horizon 2100, une augmentation potentielle de la température de 1,3 à 2,5 ° C, une élévation du niveau de la mer de 38 cm à 55 cm se produira et les précipitations pourraient se réduire de -5% à -15%.

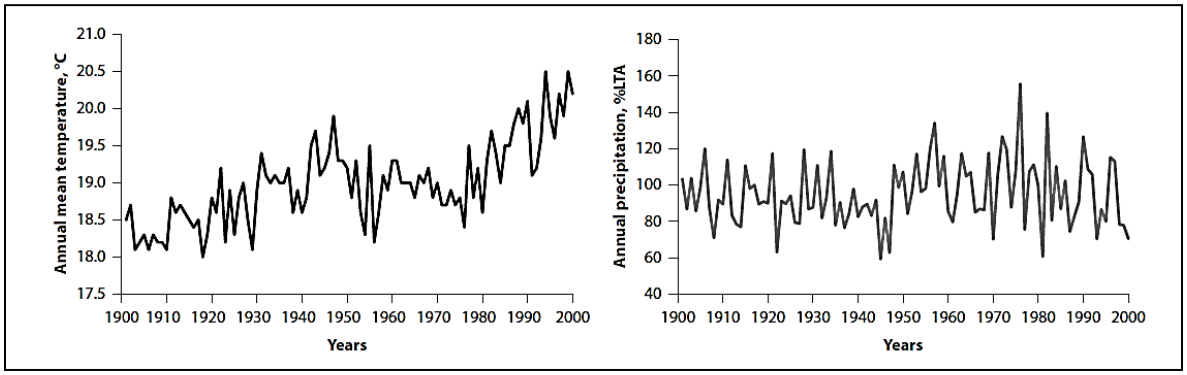


Figure 15 : Températures Moyennes du XXe Siècle (à gauche) et Précipitations (à droite), Tunisie (Verner, 2013)

Les réductions futures des précipitations découleraient d'un déplacement vers le nord de la trajectoire des tempêtes méditerranéennes. Transposées à échelle égale à l'échelle méditerranéenne, ces mêmes hypothèses de réchauffement climatique et d'élévation du niveau de la mer pourraient profondément affecter les systèmes naturels et aménagés. L'élévation accélérée du niveau de la mer peut avoir des

conséquences néfastes importantes sur divers secteurs économiques liés à la mer ou au littoral, ainsi que sur l'environnement côtier physique et biologique et sur les établissements humains (Radhouane, 2013). Cela pourrait augmenter le risque d'intrusion d'eau salée dans les aquifères côtiers. Les risques liés à cette élévation se manifestent en effet par l'accélération et l'aggravation du phénomène d'érosion qui constitue déjà une sérieuse menace pour un grand nombre de segments côtiers (Touzi et al, 2015). Plus de 3 000 hectares de zones urbaines sont jugées vulnérables et menacées de submersion du fait de l'élévation de niveau de la mer. Plus de la moitié de ces terres potentiellement submersibles sont des zones urbaines résidentielles localisées essentiellement dans la ville de Tunis et dans la ville de Sfax. Les zones vulnérables incluent également, 781 hectares de zones industrielles localisées essentiellement à Tunis et à Sfax et 560 hectares de zones touristiques localisées en grande partie sur la façade Est de l'île de Djerba (Fig. 16) (Anonyme, 2015). De nombreuses régions méditerranéennes courraient alors un risque majeur d'être submergées et érodées; parmi ceux-ci, on peut citer les cas extrêmes des archipels de Kerkennah et Kneiss en Tunisie (Ministère de l'environnement, 2001).

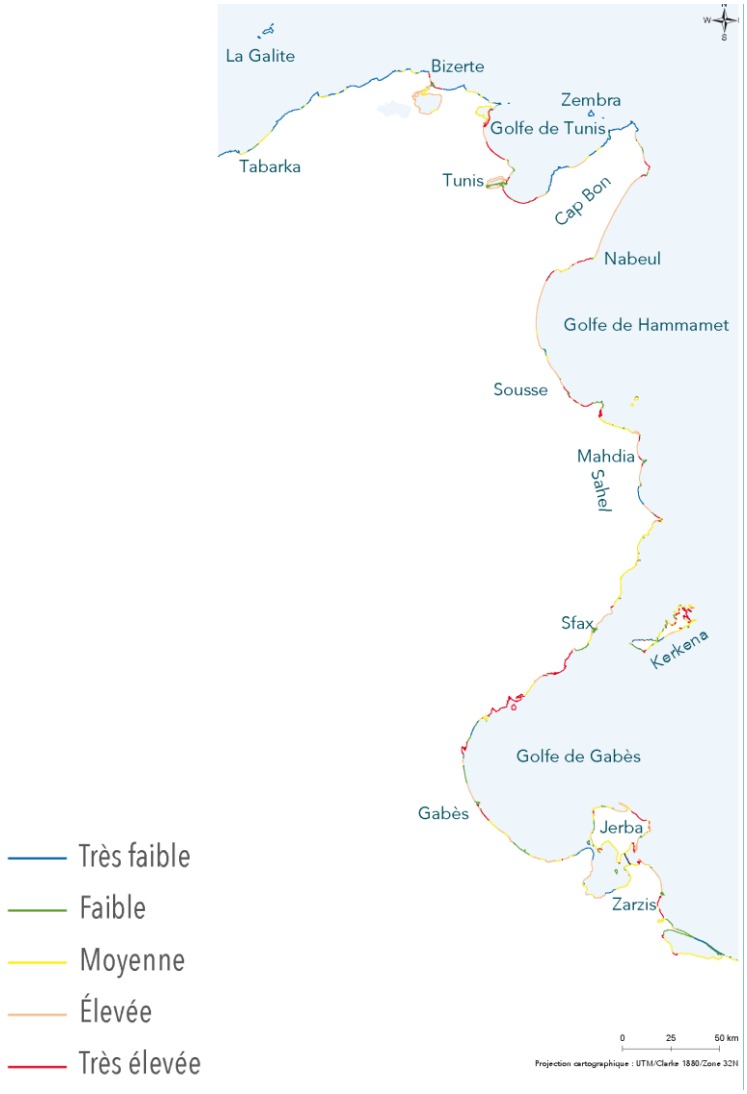


Figure 16 : Vulnérabilité des plages à une élévation du niveau de la mer (Oueslati et al., 2015).

Les changements climatiques ont des effets remarquables sur la biodiversité en provoquant la raréfaction des espèces. Dans le tableau 22, nous résumons certaines conséquences de l'élévation de la température, l'élévation du niveau de la mer et de l'augmentation de la salinité des eaux dans les hotspots de la biodiversité en Tunisie.

Tableau 15 - Impact des changements climatiques sur les milieux marins et littoraux de Tunisie

Zones	Risques	conséquences	Références
Tabarka (Récifs corallien)	Élévation de la température	Baisse de la pêche des coraux	Anonyme, 2014
Lagune de Bizerte, lagune de Ghar el Melh, sebkhas de Kalaat el Andalous	Élévation de la température	Augmentation de la productivité des zones lagunaires et sebkhas	Radhouane, 2013
Golfe de Tunis	Élévation du niveau de la mer	Les zones potentiellement submersibles sont estimées à 781 hectares de zones industrielles localisées essentiellement à Tunis	Travers et al., 2010
Plages de sable : Golfe de Hammamet, baie de Monastir	Élévation du niveau de la mer	Dégradation du littoral et risque sur le tourisme balnéaire. Il est ainsi attendu un recul progressif du trait de côte.	Anonyme, 2014 Radhouane, 2013
Golfe de Gabès	Diminution des nitrates et de l'ammonium Augmentation des phosphates	Perturbation de la dynamique du phytoplancton et des plantes marines : algues et magnoliophytes	Lamon et al., 2013
	Élévation du niveau de la mer devrait être plus élevée dans la zone du Golfe de Gabès qu'en Méditerranée (2 vs 1,7 mm / an)	Dégradation du littoral	Lamon et al., 2013 Rizzi et al., 2016
	Augmentation de la Température de l'eau d'environ 2 C, et tendance de la salinité à être constante (période 2071–2100).	Migration vers les mers du nord de la Tunisie Prolifération de certaines espèces thermophiles	Lamon et al., 2013 Rizzi et al., 2016
	Augmentation de la vitesse du vent Augmentation de la température atmosphérique jusqu'à 4 C pendant les mois d'été dans le Golfe de Gabès dans la période 2071–2100.	Inondations dues aux ondes de tempête. Les zones potentiellement exposées sont les zones adjacentes au rivage et de faibles altitudes Migration des espèces vulnérables vers les mers du nord de la Tunisie Prolifération d'espèces thermophiles de la flore marine	Lamon et al., 2013
	Elévation de la température Augmentation de la salinité des eaux	Prolifération des algues dans le lagon de Boughrara (eau peu profonde et la circulation des eaux lente), phénomène important très associé à la hausse des températures	Verner, 2013

Zones	Risques	conséquences	Références
	Elévation de la température Augmentation de la salinité des eaux	2 000 tonnes de sardines ont été perdues dans l'été de 2008 Car l'espèce pond ses œufs près de la côte et est probablement influencée par les fluctuations des températures suite à une prolifération d'algues	Verner, 2013
Archipel de Kerkennah.	Élévation du niveau de la mer	La pérennité des pratiques de pêches (pêche à pied, pêche des Charfia) est menacée. Le littoral de basse altitude et les îles sont extrêmement vulnérables à l'érosion côtière et aux inondations dues à une élévation même modérée du niveau de la mer.	Anonyme, 2014 Radhouane, 2013
	Augmentation de la salinité des eaux	Dégradation des écosystèmes accompagnée d'une prolifération d'espèces exotiques envahissantes	Anonyme, 2014
Ile de Djerba	Élévation du niveau de la mer	560 hectares de zones touristiques localisées en grande partie sur la façade Est de l'île de Djerba seront inondés La pêche côtière menacée	Travers et al., 2010
Zones côtières de basses altitudes	Élévation du niveau de la mer	Les zones côtières les plus vulnérables sont probablement les lagunes, les sébkhas et les marais côtiers les plus bas, qui seront inondés par l'élévation du niveau de la mer. L'érosion du rivage le long des côtes de la lagune est également probable.	Travers et al., 2010 Radhouane, 2013
Zones de pêche	l'élévation de la température	Migration vers les mers du nord de la Tunisie Prolifération de certaines espèces thermophiles qui étaient inféodées exclusivement au Golfe de Gabès (Sud de la Tunisie). Baisse des niveaux de prises des pêcheurs La pêche lagunaire sera touchée par l'augmentation des températures et par l'élévation du niveau de la mer Perte de la pêche côtière traditionnelle (qui se pratique à une profondeur de 1 à 50 m) et de la pêche artisanale (pêche à pied, pêche des Charfia). Invasion d'espèces introduites exemple : le crabe bleu Portunis segnus, le crabe tropical atlantique Libinia dubia et la fausse crevette de la Mer Rouge Erugosquilla massavensis	Anonyme, 2014 Ministère de l'Equipement et de l'Environnement, 2013 Anonyme, 2015 APAL et PNUD, 2012

8. Conclusion

Le déclin de la biodiversité marine en Tunisie est évident. La pollution (surtout par le rejet du phosphogypse), le chalutage hors les zones de pêche, le mini-chalutage (Kiss) et les changements climatiques sont les principaux facteurs de ce déclin (tableau 23).

Beaucoup d'efforts ont été développés afin d'étudier le déclin de la biodiversité marine en Tunisie. La zone la plus prospectée est le Golfe de Gabès grâce aux efforts de la Faculté des Sciences de Sfax et de l'Institut Supérieur des Sciences et des Technologie de la Mer (INSTM). Cependant plusieurs zones demeurent peu étudiées et constituent des lacunes qu'il faut combler (tableau 24).

Nous recommandons de renforcer les travaux déjà accomplis en réalisant des inventaires systématiques des espèces dans les zones sensibles. Les zones peu étudiées doivent être prospectées afin de détecter un éventuel déclin de la biodiversité, et de classer certaines zones en tant qu'aire marine et côtière protégée AMCP.

Tableau 16 - Ratification de la flore marine dans les zones hotspots en Tunisie

Zone	Espèces raréfiées	causes possibles	références
Tabarka	Pas de données		
Golfe de Tunis	Cystoseira mediterranea Cystoseira elegans	-Enrichissement des fonds en carbone organique -Ralentissement du courant -Accumulation de déchets	Zaouali, 2011
	Récif barrière de P. oceanica	Anthropisation	Hachani et al., 2016
Golfe de Hammamet	Fonds à maërl	Chalutage et invasion de Caulerpa racemosa et Fabiola petiola	Ben Mustapha et Afli, 2007
Baie de Monastir	Cymodocea nodosa	Invasion de Halophila stipulacea	Sghaier et al., 2011a ; 2014
	Cystoreira spinosa Posidonia oceanica Cymodocea nodosa Zostera noltii	Espèces invasives : Digenea simplex Caulerpa racemosa, Valonia aegagropila, Falkenbergia rufolanosa, Ulva fasciata. - Forte détérioration de la qualité des eaux (baisse des salinités, fortes teneurs en N et P - Pressions halieutiques et plaisancières (ancrages trop fréquents, trop nombreuses visites dites récréatives au niveau des ilots de Monastir et des iles Kuriat) avec, notamment, formation de mini nappes d'hydrocarbure.	Zaouali, 2009
	14 espèces d'algues	Eutrophisation	Ben Amor et al., 2020 Sellami, 2017
Golfe de Gabès	Posidonia oceanica Cystoseira sp. Cymodocea nodosa	- Pollution par le phosphogypse - Surpêche - Chalutage et Mini-chalutage (Kiss)	El Kateb et al., 2018 El Zrelli et al., 2017
Archipel de Kerkennah	Posidonia oceanica	- Encrage des bateaux -Mini-chalutage (Kiss)	Ramos-Esplá et al., 2000 Ben Brahim et al., 2014 Chatenoux et al., 2015
Lagune El Bibane	Pas de données		

Tableau 17 - Résumé des lacunes des études du déclin de la biodiversité marine dans 7 zones hotspots en Tunisie. Nc : non concernée ; - : zones peu ou non étudiées et + : zones bien étudiées

	Tabarka	Golfe de Tunis	Golfe de Hammamet	Baie de Monastir	Golfe de Gabès	Archipel de Kerkennah	Lagune El Bibane
Pêche	-	-	-	-	+	+	-
Aquaculture	Nc	-	-	+	-	Nc	Nc
Espèces introduites	-	-	-	+	+	+	-
Transport maritime	-	-	-	Nc	+	-	Nc
Changement climatique	-	+	+	-	+	+	-
Pollution et aménagement littorale	-	-	-	+	+	+	-

Références

A.Q.I.S., 1993. Australian Quarantine and Inspection Service. Shipping ballast water trials on the bulk carrier M.V. "Iron Whyalla" AQIS. Ballst Water Resherch Series, report 2, 123 pp

Afli A, Ben Mustapha K, Jarboui O, Baradai MN, Hattour A, Langar H. Sadok S . 2005. La biodiversité marine en Tunisie. Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie et l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer. 20p.

Anonyme 2013a. Etude d'impact environnemental & social de la centrale : cycle combine de rades. Société tunisienne de l'électricité et du gaz. Décembre 2013.

Anonyme, 2007. Mission d'Identification et de Formulation du Programme Environnement en Tunisie. EuropeAid/119860/C/SV/Multi. Demande de services n° 2007/135004- Version 2. European Commission. EuropeAid Cooperation Office.

Anonyme, 2013b. Etude de caractérisation environnementale des milieux marins au voisinage des sites des usines du groupe chimique tunisien et recherches de solutions de remédiation viables aux nuisances occasionnées. IHE (Société Ingénierie de l'Hydraulique et de l'Environnement) et INSTM (Institut National des Sciences et Technologies de la Mer).

Anonyme, 2014. 5ème Rapport National sur la Diversité Biologique. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable. www.undp.org

Anonyme, 2015. Troisième Communication Nationale de la Tunisie au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). Ministère des Affaires Locales et de l'Environnement, Programme des nations unies pour le développement (PNUD).

Anonyme, 2017. Etude d'impact de la pollution industrielle sur l'économie de la région de Gabès. Rapport final. Contrat cadre bénéficiaires 2013 europeaid/132633/c/ser/multi. 140p.

Anonyme, 2018. Etude d'impact de la pollution industrielle sur l'économie de la région de Gabès, Requête n°2016/372829-1. Projet mis en œuvre par Particip Gmbh et ETI Consulting. Rapport final. 175pp.

Anonyme, 2019. Sixième Rapport National sur la Biodiversité en Tunisie. Octobre 2019.Tunis

APAL et PNUD, 2012.Etude de la carte de la vulnérabilité du littoral tunisien à l'élévation du niveau de la mer due aux changements climatiques. Rapport de la Phase 2

APAL, 2009. Étude de la frange littorale de Monastir-Stratégie de réhabilitation-phase 1, Tunis, ministère de l'Environnement et du Développement durable, 432 p.

Ayadi, N., Aloulou, F., Bouzid, J., 2014. Assessment of contaminated sediment by phosphate fertilizer industrial waste using pollution indices and statistical techniques in the Gulf of Gabès (Tunisia). Arab. J. Geosci. 8, 1755–1767.

Balestri, E., Benedetti-Cecchi, L., Lardicci, C., 2004. Variability in patterns of growth and morphology of P. oceanica exposed to urban and industrial wastes: contrasts with two reference locations. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 308: 1-21.

Ben Amor, R., Jerbi, H., Abidi, M., & Gueddari, M. (2020). Assessment of trace metal contamination, total organic carbon and nutrient accumulation in surface sediments of Monastir Bay (Eastern Tunisia, Mediterranean Sea). Regional Studies in Marine Science, 101089.

Ben Brahim M., Mabrouk L., Hamza A., Mahfoudi M., Bouain A., Aleya L., 2014. Bathymetric variation of epiphytic assemblages on Posidonia oceanica leaves in relation to anthropogenic disturbance in the southeastern Mediterranean. Environmental Science and Pollution Research, 21(23): 13588–13601

Ben Hadj Hamida-Ben Abdallah, O., Hamida N. B. H., Jarboui O., Fiorentino F., Missaoui H., 2009. Reproductive biology of the speckled shrimp Metapenaeus monoceros (Fabricius, 1798) (Decapoda: Penaeidae) in the gulf of Gabès (Southern Tunisia, Eastern Mediterranean). Cahiers de Biologie Marine, 50(3) : 231-240.

Ben Hmida A., Shili A., Sghaier Y.R., Rais C., 2014. Impact De La Pêche Par Mini-Chalut Benthique Sur Les Herbiers A Posidonia oceanica Dans Le Secteur Nord-Est Des Iles Kerkennah (Tunisie). 5ème Symposium Méditerranéen sur la Végétation Marine, Portorož, Slovénie, 27-28 octobre 2014.

Ben Meriem, S., Gharbi, H., Bedoui, R., 2005. Les pêcheries multispécifiques du Golfe de Gabès : Etat d'exploitation des principales espèces benthiques et éléments d'aménagement. In: Du court au long terme : échelles d'analyse et de gestion des pêches - 7ème Forum Halieumétrique. Nantes. France.

Ben Mustapha K. et El Abed A., 2002. Herbiers de posidonie, éponges et mégabenthos importants du Golfe de Hammamet. In Élaboration d'une étude de création d'aires marines protégées et de récifs artificiels. III - Golfe de Hammamet (183 pp). MEATINSTM, Salammbô, Tun. : 91-128.

Ben mustapha, K. and Afli, A. (2007). Quelques traits de la biodiversité marine de Tunisie. Proposition d'aires de conservation et de gestion. In: Report of the MedSudMed Expert Consultation on Marine Protected Areas and Fisheries Management. MedSudMed Technical Documents, N° 3, GCP/RER/010/ITA/MSM-TD-03, 32-55.

Ben Mustapha, K., Riveill, S. et El Abed. A. 2002. Données récentes sur la présence de l'herbier à posidonie, de la biocénose coralligène et des démosponges signalées au Golfe de Tunis et dans les zones adjacentes. In : Elaboration d'une étude de création d'aires marines protégées et de récifs artificiels 2. Le Golfe de Tunis. pp. 63-77.

Ben Said R., Romdhane M., EL Abed A., M'rabet R., 2007. La rhodophycée Gelidium Spinosum (S.G. Gmelin) P.C. Silva, des cotes de Monastir : lumière sur quelques aspects hydro-biologiques, Bulletin de l'INSTM de Salambo 34, p. 81-89.

Ben Souissi J., 2015. Les espèces non indigènes invasives et leurs impacts sur l'environnement et les activités économiques en mer Méditerranée. Watch Letter n°33 - June 2015. Edi. CIHEAM.

Bradai, M.N., Ktari, R., Ben Souissi, J., Ben Hadj-Hamida, N., Ghorbel, M., Jarboui, O., Bouain, A., & Missaoui, H., 2004. Liste commentée des poissons exotiques recensés en Tunisie. Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 37: 320 pp

Bradaï. M. N., 2000. Diversité du peuplement icthyque et contribution à la connaissance des sparidés du Golfe de Gabès ; Thèse es-sciences, Université Sfax (Tunisie). 600p.

Cancemi, G., De Falco, G., Pergent, G., 2003. Effects of organic matter input from a fish farming facility on Posidonia oceanica meadow. Estuarine Coastal and Shelf Science, 56: 961-968.

Challouf, R., Hamza, A., Mahfoudhi, M., Ghozzi, K., Bradai, M.N., 2017. Environmental assessment of the impact of cage fish farming on water quality and phytoplankton status in Monastir Bay (eastern coast of Tunisia). Aquaculture International, 25 (6), 2275-2292.

Chatenoux, B., Allenbach, K., Peduzzi, P., Lafitte, A., Touzi, S. & Ben Zakour, M. 2015. Integration of climate change variability into national GIZC strategies: "Contribution to the updating of the integrated management plan for coastal zones of the Kerkennah archipelago". GRID-Geneva, Plan Bleu/RAC and GWP Med.

Chouikhi, A. 2010. Analyse de l'exploitation halieutique de la lagune d'El Bibane, Mastère. Institut Nationale Agronomique de Tunis. 55p

Clairefond, P., & Cochet, G., 1978- Mer pélagienne. Faciés des fonds marins. Ministère de l'Industrie des Mines et de l'Energie, Direction des Mines et de la Géologie, sous direction de la Géologie, Tunis, Tunisie. In Ann. Univ. Provence, 1979, Fr., 6(1) : Annexe cartes

Delgado, O., Ruiz, J., Pérez, M., Romero, J., Ballesteros, E., 1999. Effects of fish farming on seagrass (P. oceanica) in a Mediterranean bay: seagrass decline after organic loading cessation. Oceanologica Acta, 22(1): 109-117.

DGPA (Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture), 2017. Annuaire des Statistiques des pêches et aquaculture en Tunisie, Ministère de l'Agriculture. http://www.ispab.agrinet.tn/docs/annuaire/stat2017. pdf.

DGPA, 2014. Annuaire statistique de la Direction générale de la pêche et de l'aquaculture (DGPA) de l'année 2014. 140 p.

DGPA, 2015. Annuaires Statistiques de la Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture (DGPA) des années 2000 à 2015.

DGPA, 2018. Annuaire statistique de la Direction générale de la pêche et de l'aquaculture (DGPA) de l'année 2018. 143 p.

Djabou, H. 2006. Exploitation halieutique et biodiversité de la lagune d'El Biban (Sud tunisien). Mastère. Fac. Sci. Sfax: 106pp

Drake, l., Doblin, M., et Dobbs, f., 2007. Potential microbial buioinvasions via ships'ballast water, sediment and biofilm. Marine Pollution Bulletin, 55: 333-341.

EL Asmi-Djellouli, Z., Djellouli, A., Pergent, G., Abdeljaoued, S., 2001. Anthropic impact on the Posidonia oceanica meadows, in the Monastir Bay Tunisia. "In Fifth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MedCoast 01" E. Ozhan (ed.). MEDCOAST Secret. Middle East Technical Univ. Pub., Ankara: 198-202.

El Kateb, A., Stalder, C., Rüggeberg, A., Neururer, C., Spangenberg, J. E., & Spezzaferri, S. (2018). Impact of industrial phosphate waste discharge on the marine environment in the Gulf of Gabès (Tunisia). PLOS ONE, 13(5), e0197731.

El Zrelli, R., Courjault-Radé, P., Rabaoui, L., Castet, S., Michel, S., Bejaoui, N., 2015. Heavy metal contamination and ecological risk assessment in the surface sediments of the coastal area surrounding the industrial complex of Gabès city, Gulf of Gabès, SE Tunisia. Mar. Pollut. Bull. 101, 922–929.

El Zrelli, R., Courjault-Radé, P., Rabaoui, L., Daghbouj, N., Mansour, L., Balti, R., Castet, S., Attia, F., Michel, S., Bejaoui, N., 2017. Biomonitoring of coastal pollution in the Gulf of Gabès (SE, Tunisia): use of Posidonia oceanica seagrass as a bioindicator and its mat as an archive of coastal metallic contamination. Environ. Sci. Pollut. Res. 24, 22214–22225.

Francour, P, Ganteaume, A., Poulain, M., 1999. Effects of boat anchoring in Posidonia oceanica seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea). Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 9(4): 391-400.

FTDES, 2013. Le désastre écologique de la baie de Monastir, Tunis. Carthage Publication, 8 p.

Galil, B. S., Froglia, C., Noël, P., 2015. Looking Back, Looking Ahead: The CIESM Atlas, Crustaceans. Management of Biological invasions, 6.

GCT, 2015. Etude de préfaisabilité et élaboration d'un avant-projet sommaire (APS) - Projet de transport de phosphogypse par pipe-line et mise en terril usines de Gabès du Groupe Chimique Tunisien (GCT) : 285 pp.

Gharbi H., Zaarah Y., 2001. Rapport sur les résultat des prospections réalisées dans le Golfe de Gabès du 14 au 16 novembre 2001. Institut National des Sciences et des Technologies de la Mer. 10 p.

GIEC, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007. Summary for Policymakers', in M. L. Parry et al. (eds.), Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, University Press Cambridge, Cambridge and New York.

Giorgi, F. 2006. Climate change hot-spots. Geophysical Resources Letters, 33: 707-715.

Hachani, M. A., Ziadi, B., Langar, H., Sami, D. A., Turki, S., & Aleya, L. (2016). The mapping of the Posidonia oceanica (L.) Delile barrier reef meadow in the southeastern Gulf of Tunis (Tunisia). Journal of African Earth Sciences, 121, 358 – 364.

Hallegraeff, G.M., 1998. Transport of toxic dinoflagellates via ship's ballast water: bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast watermanagement strategies.Mar. Ecol. Progr. Ser., 168: 297-309.

Halouani, G, Ben Rais Lasram, F, Khalfallah, M, Zeller, D, Pauly, D, 2015. Reconstruction of Marine Fisheries catches for Tunisia (1950-2010). Fish. Cent. Univ. Br. Columbia Work Pap. 95.

Hamza, A., El Abed, A., 1994. Les eaux colorées dans le Golfe de Gabès: bilan de sept ans de surveillance. Bull. Inst. Nat. Sci. Technol. Mer. Salammbô 21, 66–77.

Hattour, A., et Ben Mustapha, K., 2015 - Le Golfe de Gabès: Espèces des Eaux de Ballast, Patrimoniales et Introduites: Synthèse des Campagnes 2009 et 2010 et Actualisation. Publication de l'Inst. Natn. Sci. Techno. Mer, 360 pages

Jabeur C., Gobert B., Missaoui H. 2000. Typologiede la flottille de pêche côtière dansle Golfe de Gabès (Tunisie). Aquat. Living. Resour. 13 421-428.

Jarboui O. ,Zamouri N., Ben Hadj Hamida N., Ader Hechmi M., 2005. Etude des rejets du chalutage benthique sur les côtes tunisiennes. Laboratoire des ressources marines vivants Institut national des sciences et technologies de la mer. Mars 2005.

Jarboui O., Djabou H., Vasconcellos M., Bernardon M., 2018. Implémentation de l'approche écosystémique pour l'aménagement de la pêcherie de la lagune de El Bibane. RAPPORT DE RÉFÉRENCE. Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture Rome, 2018.

Jarboui, O., Djabou, H., Bernardon, M.et Bdioui, M. 2020. Mise en œuvre de l'approche écosystémique pour l'aménagement de la pêche artisanale de l'île de Djerba - Tunisie. Rome, FAO.

Jaziri S, Gaamour A, Jarboui O. 2016. Structure démographique et état d'exploitation des populations du corail rouge Corallium rubrum (linnaeus, 1758) dans le nord de la Tunisie. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô, Vol. 43.

Jebara A., 2021. Mise en place d'une approche multi-bio-essais pour un large diagnostic de la contamination des milieux aquatiques par les perturbateurs endocriniens. Thèse de Doctorat, Institut Supérieur de Biotechnologie de Monastir. Université de Monastir. 210 p.

Jebara, A., Lo Turco, V., Potortì, A. G., Bartolomeo, G., Ben Mansour, H., Di Bella, G., 2020. Organic pollutants in marine samples from Tunisian coast: Occurrence and associated human health risks. Environmental Pollution: 116266.

JICA, 2020. Rapport de l'étude préparatoire pour le projet de construction de navires de surveillance pour la gestion des ressources halieutiques en république tunisienne. Janvier 2020. RD, Département du Développement rural. JR, Agence Japonaise de Coopération Internationale 20-003.

Lamon, L.; Rizzi, J.; Bonaduce, A.; Dubois, C.; Lazzari, P.; Ghenim, L.; Gana, S.; Somot, S.; Li, L.; Melaku Canu, D. 2013. An ensemble of models for identifying climate change scenarios in the Gulf of Gabès, Tunisia. Reg. Environ. Chang,.14, 31–40.

Le Danois, D., 1925. Recherches sur les fonds chalutables des côtes de Tunisie (Croisière du chalutier «Tanche» en 1924). Ann. Stat. Océanogr. Salammbô, 1: 1-56 + carte.

Lemoalle, J. 1986. Etude de la lagune d'El Biban (Tunisie). Rapp. Doc. Inst. Nat. Scient. Tech. Océan. Pêche Vol. 2: 76p.

Mabrouk L., Ben Brahim M., Hamza A., Mahfoudhi M., Bradai M.N. 2014. Variability in the structure of epiphytic microalgae assemblages on the leaves of Posidonia oceanica in relation to human disturbance in a meadow off Tunisia. Scientia Marina 78(1): 27-39.

Mabrouk L., Hamza A., Ben Brahim M., Bradai M.N., 2013. Variability in the structure of epiphyte assemblages on leaves and rhizomes of Posidonia oceanica in relation to human disturbances in a seagrass meadow off Tunisia. Aquatic Botany 108: 33–40.

McCarthy, S.A., et Khambaty, f.M., 1994- International dissemination of epidemic Vibrio cholerae by cargo ship ballast and other non potable waters. Applied and Environmental Microbiology, 60: 2597-2601

Medhioub K., 2002. Impact des rejets atmosphériques du complexe chimique de Gabès sur les parcelles agricoles de Chott Essalem et Bou Chemma et Ghannouch. Expertise demandée par le tribunal de Gabès :84pp

Medhioub, K. et perthuisot, J.P. 1977. Le comportement géochimique des eaux de la Bahiret El Bibane. Conséquences sur la pêche. Condition de milieu et pêche dans la lagune hyper-saline d'El Bibane (Tunisie): Aménagement des pêches dans les lagunes côtières. Etudes et Revues,61 : 175-195

Mili S., Ennouri R., Ghanem R., Rifi M., Jaziri S., Shaiek M., Ben Souissi J. 2020. Additonal and unusual records of bleu crabs Portunus segnis and Callinectes sapidus from the northeastern Tunisian waters (Central mediterranean sea). Journal of new sciences, Sustainable Livestock Management, 14 (2), 303-311

Ministère De L'Environnement et de L'Amenagement du Territoire, 2001. Communication Initiale De La Tunisie À La Convention Cadre Des Nations Unies Sur Les Changements Climatiques. http://unfccc.int/resource/docs/natc/tunnc1esum.pdf.

MTLT, Ministère du Transport et de la Logistique, Tunisie, 2018. Les statistiques du secteur maritime portuaire. Ministère de transport et de la logistique de la Tunisie. http://www.transport.tn/uploads/Statistique/Les_statistiques_du_secteur_maritime_portuaire_2017_2018.pdf

Otero M., Cebrian E., Francour P., Galil B., Savini D., 2013. Surveillance des especes envahissantes marines dans les aires marines protegees (amp) mediterraneennes : guide pratique et strategique a l'attention des gestionnaires, UICN, 138p.

Ouelhazi H, Talbi R, Methamem M, Charef, 2009. Impact des activités anthropiques sur la qualité des sédiments du littoral de Rades Sud-Est (Tunis). Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime EDITION, HAMMAMET, TUNISIE (2009) Coastal and Maritime Mediterranean Conference.

Oueslati, A., Labidi O., Elamri T. 2015. Atlas de la vulnérabilité du littoral tunisien à l'élévation du niveau marin. Agence de protection et d'aménagement du littoral (APAL). Partenaire : Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). 57 pp.

Ounifi- Ben Amor, K., Rifi, M., Ghanem, R., Draeif, I., ZaoualI, J., Ben Souissi, J., 2015. Update of alien fauna and new records from Tunisian marine waters. Mediterranean Marine Science, 17(1), 124-143.

Pergent, G., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F., 1995. Utilisation de l'herbier à Posidonia oceanica comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: état des connaissances. Mésogée, 54: 3 - 29.

Raaymakers S., 2002. 1st International Ballast Water Treatment Standards Workshop, IMO London, 28-30 March 2001: Workshop Report. GloBallast Monograph Series No. 4. IMO London.

Radhouane L., 2013. Climate change impacts on North African countries and on some Tunisian economic sectors. Journal of Agriculture and Environment for International Development, 107 (1): 101 – 113.

Ramos-Esplá A.A., Ouergui A., Bayle J.T., Ben Mbarek N., Fernández-Torquemada Y., Guallouz S., Khidri R., Sánchez-Lizaso J.L., Yamak S. 2000.: Contribution a la caracterisation des herbiers a Posidonia oceanica (L.) delile aux iles kerkennah (Est de la Tunisie, mediterranée orientale). Proceedings of The Frist Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (AJACCIO, 3-4 October 2000). Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP), Tunis.

Ramos-Esplá, A.A. Ayadi, H., Mouelhi, S. Hattour, A. Drira, Z. Elaouani, J. El Lakhrach, H. Guermazi, W. Izquierdo, A. Jiménez-Escobar, E. Valle, C. Vázquez, M. Zakhama-Sraied, R. Afli, A. Bradai, M.N., Draief M.N., Ben Mustapha, K. 2011. Protection des ressources marins du Golfe de Gabès: Inventaire et suivi des espèces lagunaires, marines et introduites. Rapport final, Don Nº : TF054942-TN. Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement.

Rifi, M., Le Pennec, G., Ben Salem, M., Ben Souissi, J. 2011. Reproductive strategy of the invasive cockle Fulvia fragilis in the Bay of Tunis (Tunisia). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 91 (07), 1465-1475.

Rizzi, J., Gallina, V., Torresan, S. Critto A., Gana S., Marcomini A. 2016. Regional Risk Assessment addressing the impacts of climate change in the coastal area of the Gulf of Gabès (Tunisia). Sustainability Science 11, 455–476 (2016).

Sanchez-Lizaso J.L., Guillen-Nieto J.E., Ramos-Espla A.A. 1990. The regression of Posidonia oceanica meadows in El Campello (Spain). Rapp Comm Int Mer Medit 32.17.

Santangelo, G., Abbiati, M., 2001. Red coral: conservation and management of an overexploited Mediterranean species. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 11: 253-259.

Sellami, R., 2017. The decline of marine biodiversity in the bay of monastir and its social effect, what changes after the révolution. J. Mediterr. Geog. 128, 45–54

Sghaier Y.R., Zakhama-Sraieb R., Benamer I., Charfi-Cheikhrouha F., 2011a. Occurrence of the seagrass Halophila stipulacea (Hydrocharitaceae) in the southern Mediterranean Sea, Botanica Marina 54: 575–582.

Sghaier Y.R., Zakhama-Sraieb R., Charfi-Cheikhrouha F., 2014. Effects of the invasive seagrass Halophila stipulacea on the native seagrass Cymodocea nodosa. 5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation. Portorož, Slovenia.

Sghaier Y-R., Zakhama-Sraieb R., Charfi Cheikhrouha F., 2006. Status of Posidonia oceanica meadows along the eastern coast of Tunisia. Biol. Mar. Medit.13 (4): 85 – 91.

Sghaier, Y.R., Zakhama-Sraieb, Ben Hmida, A., Charfi-Cheikhrouha, F., 2019. An inventory of non-indigenous species (NIS) inside and outside three tourist marinas from the southern Mediterranean coast. Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment, 25 (1), 29-48.

Sghaier, Y.R., Zakhama-Sraieb, R., Charfi-Cheikhrouha, F., 2011b. On the distribution of Percnon gibbesi (H. Milne Edwards, 1853) (Crustacea, Decapoda, Plagusiidae) along the Tunisian coast. Mediterranean Marine Science, 12 (1), 233-237.

Sghaier, Y.R., Zakhama-Sraieb, R., Mouelhi, S., Vazquez, M., Valle-Pérez, C. et al., 2016. Review of alien marine macrophytes in Tunisia. Mediterranean Marine Science, 17 (1), 109-123.

Streftaris N., Zenetos A., 2006. Alien Marine Species in the Mediterranean. the 100 'Worst Invasives' and their Impact. Mediterranean Marine Science, 7 : 87-118.

Touzi S , Ben Zakou M. 2015. Rapport national Expérience tunisienne pour faire face à la Variabilité et au Changement Climatique en Zones Côtières. Projet ClimVar (MedPartnership). Intégration de la variabilité et du changement climatique dans les stratégies nationales de GIZC. pp 40.

Travers, A., Elrick, C. and Kay, R (2010). Background Paper: Climate Change in Coastal Zones of the Mediterranean. Split, Priority Actions Programme.

Verner, D. 2013. La Tunisie face aux changements climatiques : Évaluation et actions pour accroître la résilience et le développement. A World Bank study; Washington, DC: World Bank. © World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/13114 License: CC BY 3.0 IGO.

Vicente-Serrano, S. M. 2006. Spatial and temporal analysis of droughts in the Iberian Peninsula (1910-2000). Hydrol. Sci. J., 51(1): 83-97.

Zaghdoudi Safa. 2013. Impact de la pisciculture en cages flottantes sur des sites littoraux sensibles (la lagune de Khniss et les îles Kuriates) à l'aide de l'outil SIG. Projet de Fin d'Etudes Cycle Ingénieur. Universite de Carthage ; Institut National Agronomique de Tunisie. 93p.

Zaouali J., 2009. Baie de Monastir (Sahel tunisien). Expertise environnementale. Rapport du projet de recherche : Ecologie des milieux lagunaires d'Afrique du nord.

Zaouali J., 2011. Lagune de Tunis - Impact environnemental des travaux de bonification des plans d'eau nord et sud. Conférence ArtLibris (Carthage).

Zaouali, J., 1993. Les peuplements benthiques de la petite Syrte, Golfe de Gabès –Tunisie. Résultats de la campagne de prospection du mois de juillet 1990. Etude préliminaire: biocœnoses et thanatocœnoses récentes. Mar. Life, 3 (1-2) : 47-60

Zarrad R, EL Abed A, Missaoui H, Gharbi H, Ben Abdallah L. 2015.Analyse descriptive de la pêcherie du Golfe de Tunis. Bull. Inst, Natn. Scien. Tech de Salammbô.

Zenetos, A., Gofas, S., Russo, G. & Templado, J. 2003. CIESM Atlas of Exotic Species in the Mediterranean. Vol. 3: Molluscs. F. Briand (ed.), CIESM Publ., Monaco, 376 pp

Zerelli S., 2018. Illegal bottom trawling in the Gulf of Gabès, Tunisia. FishAct investigation 25.09.

Zmerli Triki H., Kefi Daly-Yahia O., Malouche D., Komiha Y., Deidun A., Brahim M., Laabir M., 2014. Distribution of resting cysts of the potentially toxic dinoflagellate Alexandrium pseudogonyaulax in recently deposited sediment within Bizerte Lagoon (Mediterranean coast, Tunisia). Marine. Pollution. Bulletin, 84, 172-181.

Zouari-Ktari R., Bradai M-N, 2011. Reproductive biology of the lessepsian reticulated leatherjacket Stephanolepis diaspros (Fraser - Brünner, 1940) in the Gulf of Gabès (Eastern Mediterranean Sea). Reviews in Fish Biology and Fisheries 21: 641-648.

Annexes

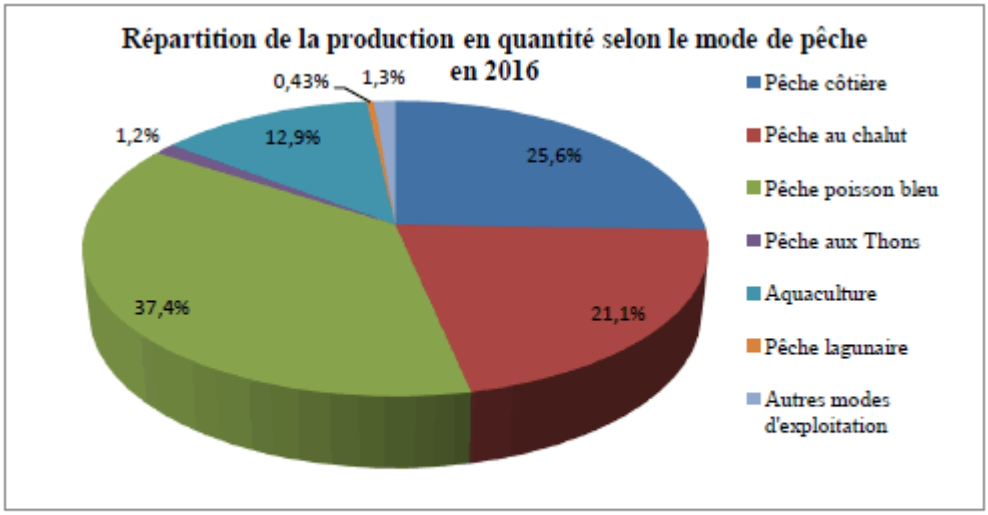
Annexe 1 - Évaluation de la capture et des bateaux de pêche dans quelques gouvernorats de la Tunisie (JICA, 2020).

Port de pêche de Bizerte (gouvernorat de Bizerte)	
Capture	Le volume total des captures du gouvernorat est de 7 150 tonnes (2018) Pêche au chalut : 2 200 tonnes, pêche au lamparo : 2 200 tonnes, pêche côtière : 1 300 tonnes, aquaculture (sargue doré et bar) : 1 300 tonnes, aquaculture (coquillages) : 170 tonnes, pêche lagunaire : 130 tonnes
Bateau de pêche	- Nombre de bateaux de pêche : 1430 - Les bateaux de pêche au chalut = 27, les bateaux de pêche au lamparo = 40 (principalement pour la pêche à la sardine), les autres bateaux étant des bateaux de pêche côtière. Parmi les 1 430 bateaux de pêche, 90 font 15 m ou plus. Parmi ces 90 bateaux, 27 sont des bateaux de pêche au chalut, 30 des bateaux de pêche au lamparo, et 30 des bateaux de pêche côtière.
Port de pêche de la Goulette (gouvernorat de Tunis)	
Capture	- Le volume total des captures est de 3 434 tonnes (2018) - Pêche côtière : 13,5 %, pêche au chalut : 54 %, pêche au poisson pélagique à l'exception du thon (bonite à ventre rayé, maquereau, sardine, chinchard): 29 % , pêche lagunaire : 3,5 %.
Bateau de pêche	- Nombre de bateaux de pêche : 395 - 21 bateaux de pêche au chalut, 8 bateaux de pêche à la sardine (la senne tournante), et 366 bateaux de pêche côtière.
Port de Kélibia (gouvernorat de Nabeul)	
Capture	Le volume total des captures du gouvernorat est de 16 382 tonnes (2018) Dont 10 995 tonnes de débarques dans le port de pêche de Kélibia (2018) - Petits poissons pélagiques (poissons bleus) tels que la sardine : 7 891 tonnes, pêche côtière : 598 tonnes et pêche au chalut : 2 506 tonnes.
Bateau de pêche	- Nombre de bateaux de pêche : 636 bateaux - 522 bateaux de pêche côtière, 76 bateaux de pêche à la senne tournante, 25 bateaux de pêche au chalut, 4 bateaux d'aquaculture, et 9 bateaux de pêche lagunaire.
Port de Mahdia (gouvernorat de Mahdia)	
Capture	Le volume total des captures du gouvernorat est de 17 200 tonnes (2018). Celui-ci représente 18 % du volume total des captures à l'échelle nationale (total pêche et aquaculture), ce qui lui confère la deuxième place. Il y a cinq usines de transformation, ce qui représente 8 200 emplois directs (total pêche et aquaculture)
Bateau de pêche	- Nombre de bateaux de pêche : 1 706 (troisième place à l'échelle nationale) : - 1 376 bateaux de pêche côtière, 82 bateaux de pêche à la senne tournante à lamparos, 156 bateaux auxiliaires, 84 bateaux de pêche au chalut, 5 bateaux de pêche au thon, et 3 bateaux d'aquaculture. Y compris 160 bateaux de 15 m ou plus.
Port de pêche de Sfax (gouvernorat de Sfax)	
Capture	Le volume total des captures du gouvernorat est de 18 647 tonnes (2018) - Pêche côtière (poisson pélagique pêché à la senne tournante) : 11 905 tonnes, pêche au chalut : 6 045 tonnes, soit 96 % du total. Le gouvernorat de Sfax compte 8 ports de pêche (1 port hauturier, 5 ports côtiers, 2 sites abris), avec le port de pêche de Kerkennah représentant 46 % du total des débarques (8 605 tonnes), et le port de Sfax 35 % (6 559 tonnes)
Bateau de pêche	Nombre de bateaux de pêche : 4 259 (première place à l'échelle nationale) - 1 937 bateaux de pêche côtière (à moteur), 2 045 bateaux de pêche côtière (sans moteur), 277 bateaux de pêche au large (généralement des grands bateaux de 15 m ou plus). C'est le port de pêche de Kerkennah, et non celui de Sfax, qui concentre le plus grand nombre de bateaux (2 259 bateaux représentant 53 % du total)
Port de pêche de Gabès (gouvernorat de Gabès)	
Capture	Le volume total des captures du gouvernorat est de 8 000 tonnes (2018) La ventilation est la suivante. 2 735 tonnes de poissons pélagiques (sardines), 1 000 tonnes de seiches, 1 000 tonnes de crabes, et 3 265 tonnes d'autres produits divers. Les débarques de palourdes à Gabès, dans le sud, qui étaient de 350 tonnes en 2014 sont aujourd'hui réduites à néant. En outre, des changements se produisent tels que l'augmentation du crabe bleu qui jusqu'à présent n'avait pas été recensé, alors que les volumes de débarquement de poulpes diminuent de manière considérable.
Bateau de pêche	Nombre de bateaux de pêche : 560 Tous les bateaux de pêche sont des bateaux de pêche côtière. Il n'y a pas de bateaux de pêche au chalut. 250 bateaux sont motorisés, et 250 ne le sont pas. En outre, il y a 60 bateaux de pêche à la senne tournante qui pêchent des poissons pélagiques (sardines).

Annexe 2 : Technique de pêche côtière dans le Golfe de Gabès (Jabeur et al., 2000)

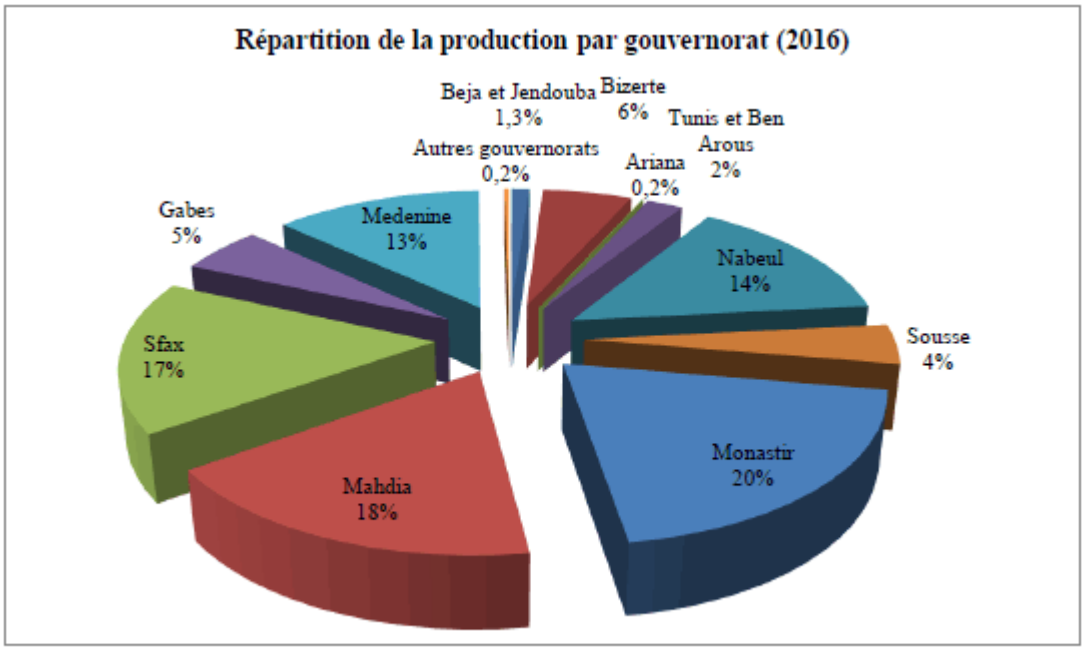
Engin	Caractéristiques	Espèces-cibles
Trémail « M'batten »	nappe centrale: maille 22 à 40 mm; nappe latérale: maille 140 ou 145 mm; 1 à 5km de long	crevette (Penaeus keratliurus): maille 22 mm ; seiche (Sepia oficinalis) et sélaciens :maille 40 mm
Filet dérivant de surface « mamine »	maille 36 à 40 mm ;2,5 à 3 km de long, 2 à 3 m de haut utilisé de nuit sur des fonds de 3 à 5 m	Seriola dunierilii, Trachiirus sp., Coryphaena hippunis
Filet encerclant	filet en monofilament utilisé de jour pour encercler un banc de poissons ; 24 à 30 mm de maille ; 3 à 5km de long	muges (Mugil sp.), Sparidés
Filet maillant de fond « Hrirat »	utilisés l'hiver par les barques motorisées	seiche (Sepia oficinalis) et poissons de fond
Filet combiné	assemblage de nappes de filet maillant et de trémail en nombre variable ;utilisés de jour par faible profondeur; durée de calée très courte	muges (Mugil sp.)
Sautade	association d'un filet maillant et d'un trémail disposé horizontalement à la surface ;filet maillant :2 m de haut ; trémail :2 m de large	muges (Mugil sp.)
Palangre	appâtée avec des morceaux de seiche	Serranidés, loup (Dicentrarckus labrx)
Kiss	grand senne de plage à petites mailles ; interdite par la réglementation	
Nasse	cylindriques, faites de fil métallique ou de tigelles de palmier ;non appâtées, relevées après plus de 24 h ;calées sur les petits fonds (2 à 6 m) d'herbiers	daurade (Sparus auratus), marbré (Lithognathus mormyrus), denté (Dentex dentex), rouget rouge (Mullus surmuletus) et autres poissons benthiques, seiche (Sepia oficinalis),poulpe (Octopus vulgaris)
Charfia	pêcheries fixes en forme de flèche, faites de feuilles de palmiers enfoncées dans la vase ; nombreuses dans le sud du pays dans les secteurs peu profonds; actives au printemps	daurade (Sparus aurata), spar (Diplodus sp.), marbré (Lithognathus mormyrus), denté (D. dentex), rouget rouge (Mullus surmuletus) et autres poissons benthiques, seiche (Sepia oficinalis)
Gargoulette/ Pierre	abris en terre cuite posés à 2 à 5 m de fond entre les herbiers	espèce-cible exclusive :poulpe (Octopus vulgaris)

Annexes 3 a, b, c



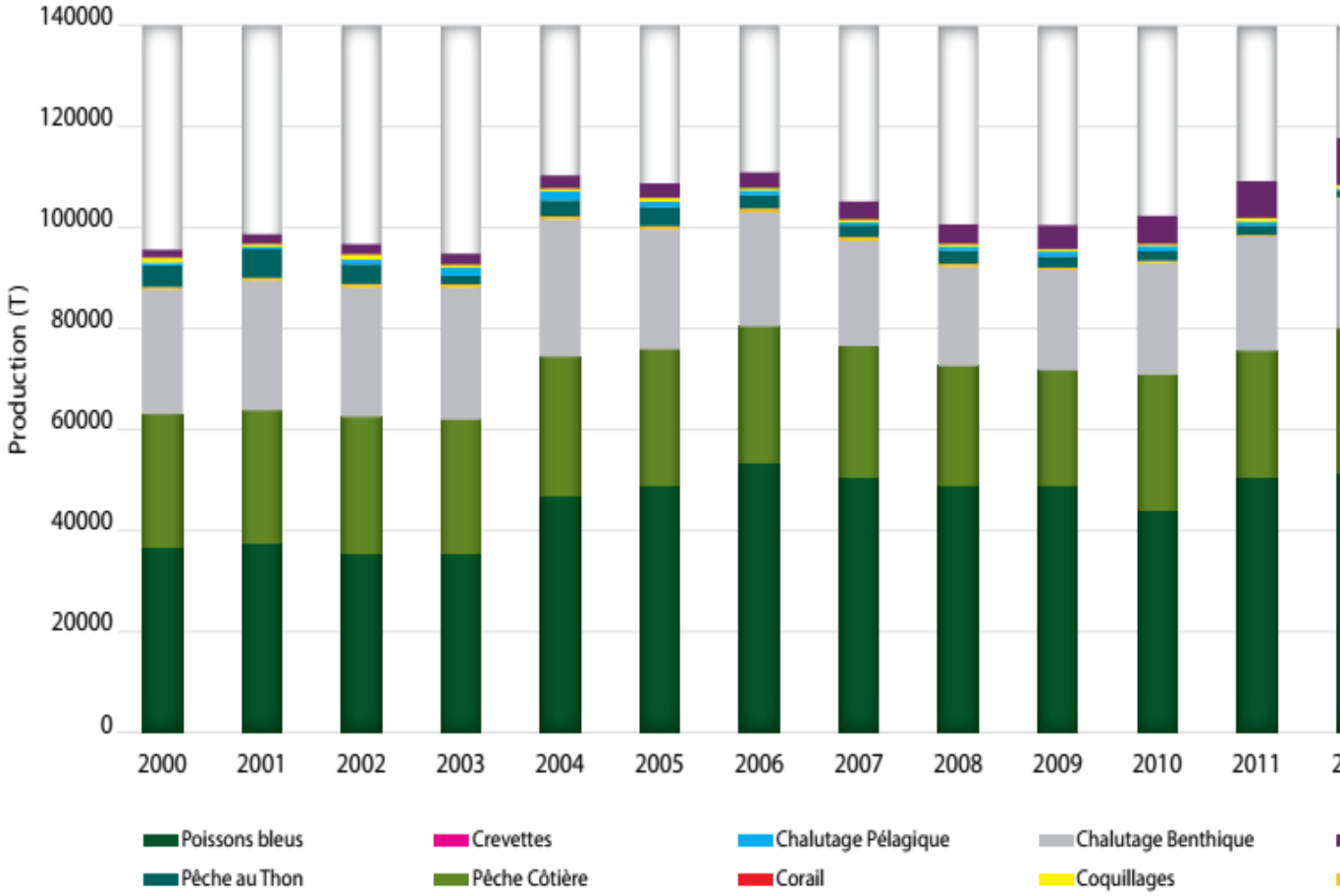
Source : Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture (DGPA)

Annexe 3a. Répartition de la production en quantité selon le mode de pêche (DGPA, 2018).



Source : Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture (DGPA)

Annexe 3b: Répartition de la production par gouvernorat (DGPA, 2018).



Annexe 3c : Évolution des captures par catégories de pêche (Source, DGPA. 2019)