



**SOCIETE NATIONALE
D'EXPLOITATION ET DE
DISTRIBUTION DES EAUX**

**ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
PROJET DE REALISATION DE LA STATION DE DESSALEMENT
D'EAU DE MER DANS LE GRAND SFAX**



RAPPORT DEFINITIF

Présenté par

Juillet 2016

Ingénierie de l'**H**ydraulique, de l'**E**quipement et de l'**E**nvironnement



Informations qualité

Titre du projet	Étude d'Impact sur l'Environnement du projet de réalisation de la station de dessalement de l'eau de mer de Sfax de capacité 200 000 m ³ /jour
Titre du document	Rapport final d'Impact Environnemental et Social
Date	Juillet 2016
Auteur(s)	IHEE – 8, Rue Hbib Chrita Ariana – Tél. 71 867 066 – Fax 71 867 116
N° Code projet	24-07

Contrôle qualité

Version	Date	Réalisé par	Contrôlé	Visé par :
1.0.	15-04-2016	Équipe projet	Dr. Rafik BENCHARRADA	Dr. Rafik BENCHARRADA
2.0.	26-07-2016	Équipe projet	Dr. Rafik BENCHARRADA	Dr. Rafik BENCHARRADA

Destinataires

Envoyé à : Siège SONEDE - Monfleury		
Nom	Organisme	Envoyé le :
Directeur dessalement	SONEDE (3 exp)	15/04/2016

Personnes référence - SONEDE		
Fonction	Nom - prénom	référence
Directeur central Etudes	Abderraouf Nouicer – Montfleurie	Direction Etudes
Directeur Dessalement et Environnement	Tarak HAMZAOUI	Unité dessalement
Chef de Projet	Mohamed MABROUKI	Unité dessalement

RESUME ET BILAN ENVIRONNEMENTAL

Ce document constitue le rapport de l'étude d'impact environnementale et sociale du projet proposé par la SONEDE pour la réalisation de la station de dessalement des eaux de mer de Sfax sud.

Cette étude est réalisée conformément à la réglementation en vigueur en vue de son approbation par l'ANPE.

1. Composantes du projet

Le projet, objet de la présente étude d'impact, comporte quatre composantes:

- a. **Une station de dessalement** : La station de dessalement projetée aura une capacité de **200 000 m³/jour**. Le procédé choisi pour le dessalement de l'eau de mer sera l'osmose inverse avec un taux de conversion de l'ordre de **45%**. L'eau dessalée sera à une concentration (TDS) inférieure à 500 mg/l.
La station de dessalement sera implantée sur un terrain de 20 hectares qui comportera les équipements suivants :
 - Le bloc principal comportant les filtres à sable, les micro-filtres, la salle des machines et la chassie principale de l'osmose ;
 - La tour de contrôle de la station de dessalement ;
 - Le bloc de stockage des produits chimiques ;
 - La zone de stockage des eaux osmosées ;
 - Le bloc administratif ;
 - Le bloc de réception de l'énergie électrique ;
 - Le bloc comportant la station de pompage des eaux brutes et la bêche de rejet des eaux de la saumure.
- b. **Des lignes d'alimentation en énergie électrique** : La consommation de la station en énergie électrique serait de l'ordre de **40 MW**. L'alimentation sera assurée par des lignes aériennes de **150kV** à partir de la centrale STEG de Thyna-Sfax sur une longueur **15 km** comprenant **40 pylônes**.
- c. **Un système de captage et de rejet d'eau de mer** : Le captage et le rejet seront effectués par des conduites ensouillées en mer ayant les caractéristiques suivantes :
 - *Conduite de captage* : Deux conduites en PEHD de longueur **3 600 m** dont 400 m sont sur terre, diamètre **Ø 2 000 mm** pour assurer un pompage de **444 444 m³/jour** d'eau de mer ;
 - *Conduite de rejet* : Une conduite en PEHD de longueur **4 400m** dont 400 m sont sur terre, diamètre **Ø 1 800 mm** pour assurer un rejet de **244 444 m³/jour** de saumure en mer.
- d. **Un réseau de transfert des eaux de la station de dessalement** : Le projet prévoit le raccordement de la station de dessalement au réseau d'alimentation en eau potable de Sfax par la réalisation d'un réseau d'adduction dont les caractéristiques techniques sont les suivantes :

Section	Longueur	Débit	Diamètre
• Station de dessalement – PK11	26,3 Km	200 000 m ³ /j	1400 mm
• PK11 – Boumerra	2,9 Km	20 100 m ³ /j	400 mm
• PK11 – PK10	6,1 Km	147 786 m ³ /j	1000 mm
• PK 10 – PK 14	4,8 Km	89 986 m ³ /j	800 mm
• P14 – Sidi Salah	9,4 Km	64 686 m ³ /j	800 mm

2. Les rejets liquides

- a. **Bilan hydraulique de la station :** Le débit prélevé à partir de la mer est de **444 444 m³/j** à une salinité de l'ordre de **41 g/l**. Sur ce débit prélevé :
- **200 000 m³/j** (45%) est de l'eau dessalée produite à **500 ppm** (selon les simulations faites cette salinité serait d'environ 350 ppm) ;
 - **244 444 m³/j** (55%) de rejet sous forme de saumure à une salinité d'environ **73 g/l**.

Un débit d'environ 7600 m³/h est recyclé de la saumure, pour une durée moyenne de 15 mn par jour, pour le lavage des filtres à sable sous pression, soit un débit journalier de l'ordre de **2000 m³/j** recyclé de la saumure pour le lavage des filtres à sable. Ces eaux de lavage sont enfin recyclées dans l'eau de rejet.

- b. **Qualité des eaux de rejet:** Selon la qualité des eaux brutes et le procédé de dessalement projeté, la saumure aura la qualité présentée dans le tableau suivant :

Désignation	unité	Eau de mer brute	Saumure	Norme de rejet en mer - NT 106.002
Turbidité	NTU	4.93	négligeable	
Température	°C	14-25		<35°C
pH		8.15	7.66	6,5 à 9
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	400	712	Sans exigence
Magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/l	1516	2699	2 000
Sodium (Na ⁺⁺)	mg/l	12 889	22 820	Sans exigence
Potassium (K ⁺)	mg/l	370	654	1 000
Carbonates (CO ₃ ⁻⁻)	mg/l	0	25	Sans exigence
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	213	368	Sans exigence
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	21 540	41 827	Sans exigence
Sulfates (SO ₄ ⁻⁻)	mg/l	2154	3839	1 000
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	9	15	90
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	-	-	5
Résidu sec (RS)	mg/l	40 500	73.0	Sans exigence
Fer (Fe)	Mg/l	0	0,95	1

Ainsi, à l'exception du Magnésium et des Sulfates dont les concentrations dans l'eau de mer brute sont supérieures à la norme, tous les autres paramètres sont conformes à la norme de rejet en mer.

3. Les déchets solides

a. Période des travaux : Les travaux de construction sont susceptibles d'engendrer des déchets solides qui peuvent être éventuellement:

- Des déchets de décapage de la végétation superficielle d'une surface de l'ordre de 20 hectares du site de la station de dessalement ;
- Des déchets de la couche superficielle décapée (**30 000 m³**) : Il s'agit de la couche de terre agricole décapée sur une surface totale de l'ordre de 20 hectares du site de la station de dessalement;
- Des déchets de matériaux de terrassement des ouvrages souterrains de la station de dessalement (**43 000 m³**). Ces déchets se composent essentiellement de matériaux inertes pouvant être réutilisés comme matériaux de remblais.
- L'excès de déblais des travaux d'excavation et de dragage des conduites sous marines de captage et de rejet (de l'ordre de **545 700 m³**) ;
- L'excès de déblais d'excavation des travaux d'ouverture des fouilles, des travaux de remblayage et des travaux de remise en état des lieux des conduites d'adduction des eaux osmosées. Ces déchets engendrés par les travaux d'ouverture des tranchées sont estimés à environ de **175 000 m³**.

b. Période d'exploitation : Les déchets solides générés lors de l'exploitation de la station de dessalement comprennent les éléments suivants :

- Des cartouches filtrantes qui sont au nombre de $4 \times 10 \times 410 = 16\ 400$ sont renouvelées tout les six mois, soit une consommation annuelle moyenne de 32800 cartouches ayant un volume total de l'ordre de **100 m³ par an**;
- Des modules d'osmose inverse qui sont au nombre de 17 080 sont renouvelés une fois tous les cinq ans, c.à.d. 3416 modules d'osmose inverse sont renouvelés chaque années. Le volume total des modules d'osmoses inverses est de l'ordre de **110 m³ par an**.

4. Échéance et coût de réalisation

Le projet sera financé par un prêt JICA. Il sera divisé en sept lots. Sa mise en œuvre sera réalisée selon les processus recommandés par les directives de la JICA.

La phase de construction englobe la phase d'étude et de conception de tous les lots, les travaux de construction et de montage et les tests d'essai et de mise en service.

La durée prévisionnelle de cette phase est estimée à **87 mois** à partir du mois **Juillet 2017**.

Le montant global du projet est estimé à environ **480 Millions de dinars**.

5. État initial du site

Toutes les composantes du projet appartiennent administrativement au gouvernorat de Sfax et elles sont réparties entre les délégations de Mahres, Agareb, Thyna et Sakiet Ezzit. Elles ont fait l'objet de campagnes d'exploration sur site aussi bien pour les milieux terrestres que marins.

a. Le site de station de dessalement

Le site de la station de dessalement appartient à la délégation de Mahres et il est situé à cheval entre les deux secteurs de Nakta-Chaffar et de Gargour. Il est inclus dans le DPM et il appartient à l'ensemble des zones humides côtières du grand golfe de Gabès. Le site s'étend sur une surface de 50 hectares formée des terres non cultivées, incultes et couverte par une végétation halophile caractéristiques des Shorres des marais maritimes côtiers. Le site est situé à une côte moyenne de l'ordre de +2m NGT entre la route RN1 et l'estran marin.

b. Le milieu marin

L'exploration du milieu a porté sur les trois compartiments relatifs à la qualité des eaux, à la qualité des sédiments et à la faune et flore benthique.

La qualité des eaux : Pour l'ensemble des paramètres explorés (pH, Oxygène dissous, salinité, transparence, MES, Nutriments, etc.....), le diagnostic a montré que la qualité des eaux peut être qualifiée comme bonne. Cependant la transparence est relativement faible, le fond est invisible la plus part du temps à cause des agitations dynamiques ;

La qualité des sédiments : Les analyses granulométriques réalisées ont montré que les matériaux les plus fins sont localisés dans la zone de l'estran. Sur les 2000 premiers mètres le pourcentage des matériaux fins (<63 μ m) est supérieur à 50%. Celui de la zone de la future zone de captage est de l'ordre de 30%. En s'éloignant vers le nord est de la zone de captage, les sédiments deviennent plus gros moins riches en matière fine. Les analyses géochimiques réalisées sur les sédiments ont montré qu'ils ne comportent pas de trace de pollution.

Le macrobenthos : Le macrobenthos de la zone est dominées par les macrophytes *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* et *Halophilla stipulacea*, avec une faune associés assez riche. Le couvert végétal varie de la côte vers le large comme suit :

- **Zone de l'estran**: Le fond, d'un faciès meuble vaseux à organique, est couvert par une végétation à macro-algues en grande partie nitrophiles type Ulve, Entéromorphes, cladophores, etc.....
- **Zone d'avant estran**: Dans la zone intermédiaire entre l'estran et le large (2 à 3 m de profondeur), on observe une végétation à dominance de cymodocée avec des macro-algues rouges et des halophila ;
- **Zone du large** : Au large, on passe à un herbier de posidonie dense dont la couverture varie de 20 à 100 %. Des dégradations apparaissent parfois montrant des traces de chalutage avec le Kiss. Le fond est relativement compact avec des sédiments bien fixés par les posidonies, ils sont très riches en débris de posidonie et en coquilles mortes.

c. L'emprise des conduites terrestres d'adduction

L'emprise des conduites d'adduction des eaux osmosées fait un linéaire total de l'ordre de **49,5 Km**. Elle débute du site de la station de dessalement jusqu'au réservoir Sidi Salah (délégation Sakiet Ezzit). Elle traverse ainsi quatre délégations du gouvernorat de Sfax. On peut la diviser, selon le découpage administratif, en quatre tronçons :

- Tronçon de la délégation Mahres. Il commence de la station dessalement jusqu'à la limite Mahres-Agareb sur une longueur de 2,2Km. L'emprise de la conduite d'adduction suit la route nationale RN1 Sfax-Mahres de son coté droite ;
- Tronçon de la délégation d'Agareb d'un linéaire de 3,0 Km. L'emprise de la conduite d'adduction suit la route nationale RN1 Sfax-Mahres de son coté droite;
- Tronçon de la délégation de Sfax sud d'un linéaire de 39,3 Km. Le tracé de la conduite d'adduction suit la route nationale RN1, la rocade N°11, la route de Menzel Chaker, la route Gremda, l'autoroute Sfax-Gabès et des pistes agricoles ;
- Tronçon de la délégation de Sakiet Ezzit d'un linéaire de 4,8 Km. L'emprise de la conduite suit le coté droite de l'autoroute Sfax-Gabès en allant vers le site de stockage de Sidi Salah.

d. L'emprise des lignes aériennes d'alimentation électrique

L'emprise des lignes d'alimentation traverse en majorité des terrains agricoles. Cette emprise, d'un linéaire de 15 Km et d'une largeur de 40m (20m de part et d'autres des lignes électriques), comporte environ **890 arbres d'oliviers** et **225 arbres d'amandiers** dont les répartitions sont comme suit :

Occupation des sols au niveau d'une emprise de 40m le long des lignes électriques

Délégation	Oliviers	Amandiers	Total
Agareb	400	140	540
Mahres	125	35	160
Thyna	365	50	415
Total délégation	890	225	1 115

e. La situation sociale et économique locale

La zone de Mahres comporte une population maritime de 988 répartie entre 400 marins pêcheurs des unités motorisées, 510 des unités non motorisées et 78 actifs dans la pêche à poisson bleu. La frange sociale concernée par les aménagements est la population maritime locale (Nakta) cette population est composée de marins pêcheurs et de femmes collectrices de palourde. Les marins pêcheurs de la zone sont au nombre de 30 marins exerçant une pêche côtière artisanale dans un rayon de ± 5 km à partir des points de débarquement de Nakta.

L'exercice de la pêche représente la seule activité chez plus que 80% des marins. Ces pêcheurs disposent de barques côtières non motorisés. Ils assurent environ 180 jours de pêche par an avec un rendement qui atteint le 170 kg par mois.

Pour la pêche à pieds, la collecte de la palourde est assurée par les femmes à plus de 90%, les femmes collectrices représentent le maillon fort de la filière de la palourde. La collecte de la palourde est l'activité principale chez 90% de ces femmes, elle est exercée avec une moyenne de 20 jours par mois pendant la campagne (octobre à mai), le rendement journaliers moyen est de 3kg avec un prix moyen de **2,5 DT**.

6. Impact du projet sur l'environnement

Impacts durant les travaux:

- **Station de dessalement:** Elle occupera une surface de 20 hectares appartenant au domaine Public Maritime ;
- **Conduites d'adduction terrestre:** Elles suivront des routes et pistes existantes sans qu'il y ait expropriation de terrains privés ou de démolition de construction existante ;
- **Lignes aériennes :** Elles suivront des champs agricole loin des habitations et des zones fréquentées ;
- **Conduites marine :** La pose des conduites sous marines en mode ensouillée nécessitera l'excavation d'une surface marine totale de l'ordre de 163000 m². Cette excavation entrainera l'enlèvement de:
 - ✓ 8 000 m² de végétation halophile terrestre;
 - ✓ 10 000 m² de surface produisant la palourde ;
 - ✓ 11 500 m² de végétation de Halophila;
 - ✓ 45 320 m² de végétation de Cymodocée ;
 - ✓ 82 370 m² de végétation de posidonie ;L'enlèvement de cette végétation va entrainer une perte d'une biomasse estimée à 18 tonnes en poids sec (pour les feuilles) et plus de 36 tonnes pour les racines et les rhizomes.

Du coté Social :

- L'activité de la pêche à pied sera perturbée temporairement durant les travaux par la colonisation d'une surface de l'ordre de 1 hectare au niveau de l'estran. Une portion de l'habitat de cette zone sera détruite et par suite de la ressource disponible;
- La pêche côtière sera également gênée par l'installation du chantier maritime. Une surface totale de 16,3 hectares le long de la conduite sera balisée durant le chantier et elle sera privée du rapprochement des pêcheurs pour leur sécurité. Ceci va bien évidemment réduire le champ d'intervention de la pêche artisanale de la région. Deux sites de débarquement seront affectés par les travaux celui de Nakta au sud avec 15 à 20 barques côtières soit 30 à 40 marins pêcheurs, et la zone de Gargour au nord avec 10 barques soit 20 marins pêcheurs.

Durant l'exploitation:

- **Le renforcement des ressources en eau potables:** Le projet va générer une nouvelle ressource d'eau potable non conventionnelle de **200 000 m³/jour** ce qui représente un renforcement de l'ordre de **73 millions de m³ par an** pour les ressources en eau de la Tunisie. Ceci va sécuriser les besoins de la région en eau potable jusqu'au-delà de l'horizon 2035.
- **Le rejet de la saumure en mer:** Le procédé de l'osmose inverse génère un débit d'une saumure de **244 444 m³/jour** avec une salinité de l'ordre de **73 g/l**. L'opération de dessalement consiste à une séparation entre une partie de l'eau (le solvant) et les sels dissous (en partie) ce qui induit une concentration des sels. Finalement, les sels dissous qui étaient dans l'eau brute marine vont se retrouver dans le rejet avec une concentration plus élevée selon le taux de conversion du procédé de dessalement.

7. Plan d'action environnemental et social

Le plan d'action environnemental et social est détaillé dans le présent rapport. Pour ce plan, on cite en particulier les actions suivantes :

- a. **Mesures intégrées au niveau de la conception du projet :** A ce niveau on cite en particulier la conduite de Rejet de la saumure d'une longueur de **4 400 m** et d'un coût de l'ordre **40 millions de dinars**. Cette conduite sera équipée de diffuseurs et elle aura pour but essentiel l'éloignement du rejet de la côte et l'amélioration des conditions de dispersion pour réduire le champ d'influence de la salinité en mer;
- b. **Gestion des matériaux de terrassement terrestres durant les travaux :** Tous les matériaux de terrassement seront réutilisés pour les besoins du chantier et aucune quantité ne sera transportée en dehors du chantier :
 - Les terres fertiles de la couches superficielle de décapage, d'une quantité de l'ordre de **30 000 m³**, seront stockées provisoirement dans un site approprié et ils seront réutilisés pour l'aménagement des zones vertes de la station de dessalement ;
 - Les terres inaptes de terrassement en excès de la station et des conduites de transfert de l'ordre de **(215 000 m³)** seront réutilisés pour le rehaussement du site de la station d'une côte actuelle de +2,0 m NGT à +2,6 m NGT. Il n'y aura pas d'apports extérieurs de matériaux de remblai.
- c. **Gestion des matériaux d'excavation marins :** Durant les travaux de dragage de la souille, les herbiers seront protégées provisoirement par des écrans flottants et les quantités de dragage **(545 700 m³)** seront réutilisées pour le remblayage de la souille des conduites marines ;
- d. **Mesures de compensation pour le social :** La population maritime de la pêche à pied et de la pêche artisanale côtière sera indemnisée selon un mode de gestion qui sera confiée par SONEDE aux services de la DGPA. En effet ces derniers disposent à la fois des données nécessaires sur les pêcheurs à pieds et aussi de l'expérience en matière de gestion de ce type d'indemnité avec les pêcheurs dans le cadre du repos biologique ;

- e. **Mesure de compensation pour les herbiers perdus** : La SONEDE contribuera, avec les services de la DGPA, à la réalisation du programme d'installation de récifs artificiels engagés par le Ministère de l'agriculture pour la protection des herbiers de la zone Chaffar ;
- f. La mise en place d'un programme de gestion environnementale et sociale ainsi qu'un programme de suivi environnemental aussi bien pendant les travaux que pendant l'exploitation.

Récapitulatif des coûts des mesures d'atténuation, de compensation et de suivi environnemental durant les travaux de réalisation de la station de dessalement de Sfax sud

Composante projet			Coût - DT	
Mesures d'atténuation et de compensation durant les travaux	Station de dessalement	réduction de la pollution	250 000	
		Protection du milieu naturel	100 000	
		Mesure pour le socio-économique	80 000	
	Composante marine	réduction de la pollution	1 520 000	
		Protection du milieu naturel	1 080 000	
		Mesure pour le socio-économique	1 020 000	
	Installation de récifs		1 000 000	
	Composante conduite terrestre	réduction de la pollution	120 000	
		Protection du milieu naturel	160 000	
		Mesure pour le socio-économique	160 000	
	Composante lignes électriques	réduction de la pollution		
		Protection du milieu naturel	35 000	
		Mesure pour le socio-économique	70 000	
	Plan de suivi durant les travaux			310 000
	Total mesures d'atténuation, de compensation et de suivi pendant les travaux en DT			5 595 000

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	26
2. PRESENTATION DU PROJET.....	28
2.1 Composantes du projet.....	28
2.2 La station de dessalement.....	28
2.2.1 Le procédé de dessalement retenu.....	28
2.2.2 Phase de prétraitement.....	30
2.2.2.1 Description du principe.....	30
2.2.2.2 Les équipements prévus pour station de Sfax.....	32
2.2.3 L'osmose inverse.....	36
2.2.3.1 Le principe.....	36
2.2.3.2 Les équipements de l'osmose inverse.....	37
2.2.4 Le post traitement.....	39
2.2.4.1 Description du principe.....	39
2.2.4.2 Les équipements du post traitement.....	39
2.2.5 Plan masse de la station de dessalement.....	39
2.2.6 Bilan quantitatif et qualitatif de la station de dessalement.....	47
2.2.6.1 Bilan hydraulique de la station de dessalement.....	47
2.2.6.2 Bilan des diverses consommations de la station.....	48
2.2.6.3 Qualité des eaux de rejet.....	52
2.3 Le réseau d'alimentation en énergie électrique.....	55
2.3.1 Puissance requise de la station.....	55
2.3.2 La ligne d'alimentation électrique de la station.....	55
2.3.3 Les équipements électriques de la station de dessalement.....	55
2.4 Le système de captage et de rejet d'eau de mer.....	57
2.5 Le réseau de transfert des eaux de la station de dessalement.....	59
2.6 Coûts et calendrier prévisionnel de mise en œuvre du projet.....	64
2.6.1 Coût total des équipements et des travaux.....	64
2.6.2 Calendrier d'exécution des travaux.....	65
2.6.3 Coûts d'exploitation et d'entretien.....	66
3. ETUDE DE L'ETAT NATUREL DU SITE.....	67
3.1 Données bibliographiques préliminaires.....	67
3.1.1 Le grand golfe de Gabès.....	67
3.1.1.1 Les herbiers.....	67
3.1.1.2 Les prairies de Caulerpes.....	68
3.1.1.3 L'algue verte endémique méditerranéenne <i>Caulerpa prolifera</i>	70
3.1.1.4 Les mesures réalisées dans la zone d'étude.....	70
3.1.2 Les systèmes insulaires sensibles proches de la zone du projet.....	70
3.1.2.1 L'archipel des Kerkena.....	71
3.1.2.2 L'archipel des Kneiss.....	72
3.2 Exploration du milieu terrestre.....	74
3.2.1 Le site de la station de dessalement.....	74
3.2.1.1 Situation administrative et géographique.....	74
3.2.1.2 Occupation des sols.....	75

3.2.1.3	Principales infrastructures riveraines au site	78
3.2.2	Les lignes d'alimentation électrique	79
3.2.2.1	Situation générale	80
3.2.2.2	Le tronçon 1 de la délégation Sfax Sud du PK0 à PK5,4 Km.....	81
3.2.2.3	Le tronçon 2 : Délégation Agareb du PK5,4 à PK12,2 Km	85
3.2.2.4	Le tronçon 3 : Délégation Mahres du PK12,2 au PK15,0 Km	88
3.2.2.5	Récapitulatif sur l'occupation des sols	90
3.2.3	Le réseau de transfert des eaux dessalées	90
3.2.3.1	Présentation générale du réseau de transfert	90
3.2.3.2	Tronçon 1 de la délégation de Mahres	91
3.2.3.3	Tronçon 2 de la délégation d'Agareb	93
3.2.3.4	Tronçon 3 de la délégation de sfax sud	93
3.2.3.5	Tronçon 4 de la délégation de Sakiet Ezzit	96
3.2.3.6	Conclusions	96
3.2.4	La zone côtière du site du projet	97
3.2.4.1	Morphologie générale de la zone du projet	97
3.2.4.2	Morphologie du site d'implantation de la station de dessalement	101
3.3	Résultats d'exploration du milieu marin.....	102
3.3.1	Les stations d'exploration	102
3.3.1.1	Station d'échantillonnage	102
3.3.1.2	Stations d'observation des herbiers	104
3.3.2	Les procédures d'échantillonnage et d'exploration	110
3.3.2.1	Echantillonnage des eaux et du plancton.....	110
3.3.2.2	Echantillonnage des sédiments.....	112
3.3.2.3	Echantillonnage de la meio et macro faune benthique	113
3.3.2.4	Pêche expérimentale.....	114
3.3.2.5	Observation et exploration des herbiers	115
3.3.3	Déroulement de la campagne et constatations préliminaires in situ	117
3.3.3.1	Embarcations utilisées	117
3.3.3.2	Equipage du bateau	118
3.3.3.3	Déroulement de la campagne	119
3.3.4	Résultats d'analyse de la qualité des eaux	128
3.3.4.1	La transparence des eaux.....	128
3.3.4.2	La température des eaux.....	130
3.3.4.3	La salinité des eaux	132
3.3.4.4	Le pH des eaux.....	134
3.3.4.5	L'oxygène dissous.....	136
3.3.4.6	La DBO et la DCO	138
3.3.4.7	Les matières en suspension dans l'eau de mer	140
3.3.4.8	Les composantes Azotées dans l'eau de mer.....	143
3.3.4.9	Les composantes phosphatées dans l'eau de mer	146
3.3.5	Les coliformes fécaux	147
3.3.5.1	Le éléments de trace	149
3.3.6	Résultats d'analyse de la qualité des sédiments.....	150
3.3.6.1	Les éléments organiques	150
3.3.6.2	Les métaux lourds	153
3.3.6.3	Résultats des analyses granulométriques.....	158
3.3.7	Résultats d'analyse du plancton de la chlorophylle a	163
3.3.7.1	Biomasse chlorophyllienne	163
3.3.7.2	Le phytoplancton.....	164
3.3.7.3	Le Zooplancton	166
3.3.8	Le benthos de la zone.....	168
3.3.8.1	Aperçu général sur la zone d'étude	168
3.3.8.2	Diversité du benthos de Zone A	169
3.3.8.3	Diversité du benthos de Zone B	171
3.3.8.4	Diversité du benthos de Zone C	174
3.3.8.5	Diversité du benthos de Zone D	177
3.3.9	Etude des herbiers.....	180

3.3.9.1	Herbier de la Zone A	180
3.3.9.2	Herbier de la Zone B	183
3.3.9.3	Herbier de la Zone C	186
3.3.9.4	Herbier de la Zone D	189
3.3.10	Etude de la méiofaune	193
3.3.10.1	Densité et diversité du méiobenthos de la Zone A	193
3.3.10.2	Densité et diversité du méiobenthos de la Zone B	193
3.3.10.3	Densité et diversité du méiobenthos de la Zone C	193
3.3.10.4	Densité et diversité du méiobenthos de la Zone D	194
3.3.11	Etude du necton.....	195
3.3.11.1	Inventaire des espèces	195
3.3.11.2	Espèces pêchées	198
4.	LE CONTEXTE SOCIAL.....	199
4.1	Données démographiques de la zone	199
4.1.1	Délégation Agareb	199
4.1.2	Délégation Mahres	200
4.1.3	Délégation Thyna.....	201
4.2	Données sur l'agriculture.....	202
4.2.1	Données à l'échelle de la région	202
4.2.2	Données spécifiques pour l'emprise des lignes électriques	203
4.3	Données sur la pêche	204
4.3.1	Les infrastructures de pêches	204
4.3.2	Les types de pêches pratiquées	206
4.3.3	Situation sociale de la population maritime	207
4.4	Enquête sociale	209
4.4.1	Enquêtes réalisées	209
4.4.2	Enquêtes avec la population maritime	209
4.4.3	Enquêtes avec la population concernée par le passage des lignes électriques	216
4.5	Conclusion sur la situation sociale de la zone du projet	220
4.5.1	La population agricole de la zone traversée par les lignes électriques.....	220
4.5.2	La population maritime de la zone de Nakta Chaffar	220
5.	IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT.....	222
5.1	Composantes de la matrice des impacts	222
5.1.1	Les composantes du projet.....	222
5.1.2	Composantes de l'environnement.....	223
5.2	Impact pendant les travaux	224
5.2.1	La station de dessalement	224
5.2.1.1	Procédure des travaux	224
5.2.1.2	Pollution générée.....	226
5.2.1.3	Impact sur le milieu naturel.....	227
5.2.1.4	Impact sur le milieu socio-économique.....	230
5.2.2	Les conduites de transfert en mer	234
5.2.2.1	Procédure des travaux	234
5.2.2.2	Approvisionnement pour le chantier maritime	243
5.2.2.3	Pollution générée.....	245
5.2.2.4	Impact sur le milieu naturel.....	246
5.2.2.5	Impact sur le milieu socio-économique.....	251
5.2.3	Les conduites de transfert des eaux osmosées	255
5.2.3.1	Procédure des travaux	255

5.2.3.2	Pollution générée.....	257
5.2.3.3	Impact sur le milieu naturel.....	258
5.2.3.4	Impact sur le milieu socio-économique.....	260
5.2.4	Les lignes d'alimentation en énergie électrique.....	264
5.2.4.1	Procédure des travaux.....	264
5.2.4.2	Pollution générée.....	266
5.2.4.3	Impact sur le milieu naturel.....	266
5.2.4.4	Impact sur le milieu socio-économique.....	268
5.3	Impact durant l'exploitation	271
5.3.1	La station de dessalement.....	271
5.3.1.1	Renforcement des ressources en eau potables.....	271
5.3.1.2	Pollution générée.....	274
5.3.1.3	Impact sur le milieu naturel.....	278
5.3.1.4	Impact sur le milieu socio-économique.....	278
5.3.2	Les conduites de transfert en mer.....	282
5.3.2.1	Pollution générée.....	282
5.3.2.2	Impact sur le milieu naturel.....	283
5.3.2.3	Impact sur le milieu socio-économique.....	289
5.3.3	Les conduites de transfert des eaux osmosées.....	293
5.3.3.1	Pollution générée.....	293
5.3.3.2	Impact sur le milieu naturel.....	293
5.3.3.3	Impact sur le milieu socio-économique.....	294
5.3.4	Les lignes d'alimentation en énergie électrique.....	297
5.3.4.1	Pollution générée.....	297
5.3.4.2	Impact sur le milieu naturel.....	297
5.3.4.3	Impact sur le milieu socio-économique.....	299
6.	MESURES D'ATTENUATION ENVIRONNEMENTALES.....	302
6.1	Introduction.....	302
6.2	Mesures d'atténuation pendant les travaux.....	302
6.2.1	La station de dessalement.....	302
6.2.1.1	Choix du site de chantier.....	302
6.2.1.2	Mesures pour réduire la pollution.....	304
6.2.1.3	Mesures prévues pour le milieu naturel.....	305
6.2.1.4	Mesures prévues pour le milieu socio-économique.....	305
6.2.2	Les conduites de transfert en mer.....	307
6.2.2.1	Choix du site de chantier.....	307
6.2.2.2	Mesures pour réduire la pollution.....	309
6.2.2.3	Mesures prévues pour le milieu naturel.....	309
6.2.2.4	Mesures prévues pour le milieu socio-économique.....	312
6.2.3	Les conduites de transfert des eaux osmosées.....	316
6.2.3.1	Choix du site de chantier.....	316
6.2.3.2	Mesures pour réduire la pollution.....	316
6.2.3.3	Mesures prévues pour le milieu naturel.....	317
6.2.3.4	Mesures prévues pour le milieu socio-économique.....	318
6.2.4	Les lignes d'alimentation en énergie électrique.....	319
6.2.4.1	Choix du site de chantier.....	319
6.2.4.2	Mesures pour réduire la pollution.....	320
6.2.4.3	Mesures prévues pour le milieu naturel.....	321
6.2.4.4	Mesures prévues pour le milieu socio-économique.....	321
6.3	Mesures d'atténuation durant l'exploitation.....	324
6.3.1	La station de dessalement.....	324
6.3.1.1	Renforcement des ressources en eau potable.....	324
6.3.1.2	Mesures pour réduire la pollution.....	324

6.3.1.3	Mesures prévues pour le milieu naturel.....	325
6.3.1.4	Mesures prévues pour le milieu socio-économique	326
6.3.2	Les conduites de transfert en mer	328
6.3.2.1	Mesures pour réduire la pollution	328
6.3.2.2	Mesures prévues pour le milieu naturel.....	328
6.3.2.3	Mesures prévues pour le milieu socio-économique	330
6.3.3	Les conduites de transfert des eaux osmosées	332
6.3.3.1	Mesures pour réduire la pollution	332
6.3.3.2	Mesures prévues pour le milieu naturel.....	333
6.3.3.3	Mesures prévues pour le milieu socio-économique	333
6.3.4	Les lignes d'alimentation en énergie électrique.....	334
6.3.4.1	Mesures pour réduire la pollution	334
6.3.4.2	Mesures prévues pour le milieu naturel.....	334
6.3.4.3	Mesures prévues pour le milieu socio-économique	337

7. DONNEES OCÉANOGRAPHIQUES ET MODELISATION 338

7.1 Particularités météo-océaniques de la zone d'études 338

7.1.1	Les conditions météorologiques	338
7.1.1.1	Les vents.....	338
7.1.1.2	La pression atmosphérique.....	341
7.1.1.3	Température de l'air	342
7.1.2	Les conditions hydrologiques	344
7.1.2.1	Introduction	344
7.1.2.2	Température.....	344
7.1.2.3	Salinité.....	346
7.1.3	La dynamique	348
7.1.3.1	La circulation générale en méditerranée.....	348
7.1.3.2	La marée donnée INSTM	350
7.1.3.3	Les niveaux extrêmes	355
7.1.3.4	Les courants.....	356
7.1.3.5	La houle.....	359

7.2 Modélisation de l'hydrodynamique et de la dispersion 364

7.2.1	Introduction.....	364
7.2.2	Simulation de l'hydrodynamique du Golfe de Gabès	365
7.2.2.1	Construction et maillage du modèle du golfe	365
7.2.2.2	Données du modèle du Golfe de Gabès	371
7.2.2.3	Résultats des simulations de l'hydrodynamique.....	374
7.2.3	Simulation de la dispersion de la saumure rejetée en mer	380
7.2.3.1	Objectifs des simulations.....	380
7.2.3.2	Données du modèle	380
7.2.3.3	Résultats des simulations de la dispersion de la saumure.....	381
7.2.4	: Simulation de l'émissaire avec le logiciel CORMIX.....	386
7.2.4.1	Objectif des simulations et données du modèle.....	386
7.2.4.2	Résultats des simulations avec CORMIX	387
7.2.4.3	Simulation du rejet par diffuseur avec CORMIX.....	391
7.2.5	Conclusions des simulations réalisées	395

7.3 Modélisation de la réfraction de la houle 398

7.3.1	Présentation du code TOMAWAC	398
7.3.1.1	Domaine d'application	398
7.3.1.2	Processus modélisés	399
7.3.2	Présentation du domaine d'étude et les caractéristique de maillage	400
7.3.3	Données utilisées et scénarios simulés.....	404
7.3.4	Conditions aux limites	404
7.3.5	Résultats de calcul.....	405
7.3.5.1	Champ de variation spatiale	405
7.3.5.2	Variation de la houle dans le profil	409

7.3.6	Conclusion	412
8.	PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL	413
8.1	Cadre réglementaire.....	413
8.1.1	Cadre réglementaires tunisien	413
8.1.2	Cadre réglementaires international	414
8.2	Composantes du projet	415
8.3	Les rejets liquides	416
8.4	Les déchets solides	417
8.5	Échéance et coût de réalisation	417
8.6	Plan de Gestion Environnemental et Social - PGES	418
8.6.1	Préambule	418
8.6.2	Plan de Gestion Environnemental et Social durant les travaux	418
8.6.3	Plan de Gestion Environnemental et Social durant l'exploitation	431
8.6.4	Plan de Surveillance et de Suivi Environnemental	438
8.7	Le coût total du projet.....	447
9.	PV DES RÉUNIONS AVEC LE COMITÉ DE PILOTAGE.....	448
9.1	PV1 - Réunion de démarrage : 04 Septembre 2015.....	448
9.2	PV2 - Réunion de discussion du rapport phase 1: 03 Décembre 2015.....	455
9.3	PV3 - Réunion de discussion du rapport provisoire d'impact: 17 Mai 2016	461

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Principe de l'osmose inverse.....	29
Figure 2 : l'installation de dessalement.....	29
Figure 3 : Procédé Général de la station de dessalement de Sfax Sud	30
Figure 4 : Schéma de principe de la phase prétraitement.....	35
Figure 5: Différents types de modules d'osmose inverse.....	36
Figure 6 : Schéma de principe de la phase d'Osмосe Inverse	38
Figure 7 : Plan masse de la station de dessalement.....	40
Figure 8: Plan d'implantation des ouvrages de la station de dessalement.....	41
Figure 9 : Quelques coupes type du plan masse de la station de dessalement.....	42
Figure 10 : Plan masse de l'étape filtration à Sable.....	43
Figure 11 : Plan masse du bâtiment d'osmose	44
Figure 12 : Plan masse du bâtiment administratif.....	45
Figure 13 : Profil hydraulique de la station de dessalement de Sfax sud.....	46
Figure 14 : Bilan hydraulique - Procédé de dessalement (Taux de conversion : 45 %)	47
Figure 15a : Bilan hydraulique et des consommations divers – Phase 1.....	50
Figure 16: Bilan hydraulique et des consommations divers – Phase 2.....	51
Figure 17 : Qualité des eaux de rejet comparées à celle des eaux brutes.....	54
Figure 18 : Itinéraire de l'alimentation de la station de dessalement en énergie électrique par des lignes aériennes à partir de la centrale STEG de la rocade.....	56
Figure 19 : Plan d'implantation des conduites de captage et de rejet en mer	58
Figure 20: Bâche de mélange PK10, plans et sections	60
Figure 21 : Bâche de mélange PK11, plans et sections	61
Figure 22 : Bâche de mélange PK14, plans et sections	61
Figure 23 : Bâche de mélange Bou Merra, plans et sections.....	62
Figure 24 : Bâche de mélange Sidi Salah, plans et sections.....	62
Figure 25 : Réseau de raccordement de la station de dessalement avec le réseau d'AEP de Sfax	63
Figure 26: INSTM 2011- carte de la répartition de la végétation benthique du golfe de Gabès	67
Figure 27 : INSTM 2011- carte de la répartition des herbiers de posidonies du golfe de Gabès.....	68
Figure 28 : golfe de Gabès (INSTM, 2011) – répartition de <i>Caulerpa prolifera</i>	69
Figure 29 : Golfe de Gabès - évolution de la couverture végétale du golfe au cours du 20 ^e siècle	69
Figure 30 : Couverture en <i>Posidonia oceanica</i> autour de la zone du Projet (INSTM 2008).....	70
Figure 31 : Situation de la zone du projet entre les deux systèmes insulaires des Kerkena et des Kneis ...	71
Figure 32 : L'importance, dans l'archipel Kekenien, des terres vulnérables à l'élévation annoncée du niveau marin	72
Figure 33 : Archipel des Kneiss	73
Figure 34 : Situation géographique du site de la station de dessalement de Sfax Sud.....	74
Figure 35 : localisation géographique du site de la station de dessalement par rapport au DPM	75
Figure 36 : Ecosystèmes humides traversés côtiers du site de la station de dessalement	76
Figure 37 : Situation du site par rapport aux écosystèmes littoraux	76
Figure 38 : Zone amont du Schorre ou est projetée la station de dessalement	77
Figure 39 : Zone aval du schorre qui sera traversée par les conduites marines	77
Figure 40 : Chenal de marée traversant la zone basse du Schorre maritime.....	77
Figure 41 : principales infrastructures et zones d'activités situées à proximité du site de la station de dessalement.	78
Figure 42: Tracés des lignes aériennes et des câbles souterrains HT	80
Figure 43 : Répartition des tronçons de l'emprise de la ligne aérienne STEG-SONEDE.....	81
Figure 44 : Répartition des segments de la nouvelle emprise pour le tronçon 1	82
Figure 45: Occupation des sols au niveau du segment 1 du tronçon 1 (PK0 à PK1,3Km).....	83
Figure 46 : Occupation des sols au niveau du segment 2 du tronçon 1 (PK1,3 à PK5,4Km).....	85
Figure 47 : Répartition des segments de la nouvelle emprise pour le tronçon 2	85
Figure 48 : Occupation des sols au niveau du segment 1 du tronçon 2 (PK5,4 à PK7,3Km).....	86
Figure 49 : Figure 50 : Occupation des sols au niveau du segment 2 du tronçon 2 (PK7,3 à PK12,2Km) .	88
Figure 51 : Occupation des sols au niveau du tronçon 3 (PK12,2 à PK15,0Km)	89
Figure 52 : Répartition administrative du réseau de transfert des eaux de la station de dessalement	91
Figure 53 : Occupation des sols au niveau du tronçon 1 de la conduite d'adduction	92
Figure 54 : Tronçon 2 de la conduite d'adduction appartenant à la délégation Agareb.....	93

Figure 55 : Réseau de transfert appartenant à la délégation de Sfax sud	94
Figure 56 : Occupation des sols au niveau des segments 1, 2, 3 et 4 du tronçon 3	95
Figure 57 : Occupation des sols au niveau de segment 5 du tronçon 3 et du tronçon 4 du réseau de transfert.....	96
Figure 58 : Morphologie de la zone côtière du projet.....	97
Figure 59 : Tronçon de côte protégé par des enrochements au veau des salines de Sfax sud.....	98
Figure 60 : Végétation du haut du Schorre	98
Figure 61 : Zone du bas du Schorre submersible en haute marée	99
Figure 62 : Côte légèrement sableuse à proximité de l'embouchure de l'oued Gargour protégeant ainsi le bas du shore contra la submersion induite par la haute marée	99
Figure 63 : Zone de l'estran en marée – une vasière couverte avec des macro-algues nitrophiles.....	100
Figure 64 : Côte sableuse au niveau de la flèche de Chaffar.....	100
Figure 65 : Profil schématique de la zone d'implantation de la station de dessalement	101
Figure 66 : Radiales choisies pour l'exploration de la zone marine	103
Figure 67 : Stations choisies pour l'exploration de la zone marine.....	104
Figure 68 : Les 4 zones de l'observation de l'état des herbiers de la zone d'étude	105
Figure 69 : Bouteille hydrologique de prélèvement d'eau et équipement de mesures in situ	110
Figure 70: Types de Bennes Van Veen qui sera utilisée pour le prélèvement des sédiments de surface...	112
Figure 71 : Prélèvement de carotte dans la zone A à fond meuble.....	113
Figure 72 : Tamisage d'un échantillon de macro-benthos à travers un tamis de 1mm.....	114
Figure 73 : Engins de pêche utilisés pour la pêche expérimentale.....	115
Figure 74 : Mesure de la densité des herbiers par quadra 20 x 20 cm ²	116
Figure 75 : Embarcations utilisés pour l'échantillonnage et l'observation des herbiers.....	117
Figure 76 : Equipage de plonger.....	118
Figure 77 : couvert végétal de la zone de l'estran	122
Figure 78 : Herbier de la zone A.....	122
Figure 79 : Echantillon récolté par le mini chalut au niveau de la zone A	127
Figure 80 : Echantillon récolté par le filet maillant	127
Figure 81 : Espèces récoltés dans la zone B	127
Figure 82 : Observation effectuée auprès d'un pêcheur dans la zone A.....	127
Figure 83 : Répartition spatiale de la transparence relative des eaux en %	129
Figure 84 : Répartition spatiale de la température des eaux de surface en °C	131
Figure 85 : Répartition spatiale de salinité des eaux de surface en psu	133
Figure 86 : Répartition spatiale du pH des eaux de surface	135
Figure 87 : Répartition de l'oxygène dissous des eaux de surface en %	137
Figure 88 : Répartition spatiale de la DBO dans les eaux du fond marin	139
Figure 89 : Répartition spatiale de la DCO dans les eaux du fond marin	139
Figure 90 : Répartition spatiale de la concentration des MES dans les eaux de surface marines.....	141
Figure 91 : Répartition spatiale de la concentration des MES dans les eaux de fond marines.....	142
Figure 92 : Répartition spatiale de la concentration des Nitrates en mg/l dans les eaux de surface marines	145
Figure 93 : Répartition spatiale de la concentration l'Azote total en mg/l dans les eaux de surface marines	145
Figure 94 : Répartition spatiale du phosphore minéral (P-PO ₄ en mgP/l) dans les eaux de mer	148
Figure 95: Répartition spatiale du phosphore total (TP en mgP/l) dans les eaux de mer	148
Figure 96 : Répartition spatiale de la concentration de l'azote total dans les sédiments marin.....	151
Figure 97 : Répartition spatiale de la concentration du Phosphore total dans les sédiments marin.....	152
Figure 98 : Répartition spatiale de la concentration des hydrocarbures dans les sédiments marins.....	152
Figure 99 : Répartition spatiale de la concentration du Fer dans les sédiments marins	154
Figure 100 : Répartition spatiale de la concentration du Cuivre dans les sédiments marins	154
Figure 101 : Répartition spatiale de la concentration du Zinc dans les sédiments marins	155
Figure 102 : Répartition spatiale de la concentration l'Arsenic dans les sédiments marins	155
Figure 103 : Répartition spatiale de la concentration du Cadmium dans les sédiments marins.....	156
Figure 104 : Répartition spatiale de la concentration du Chrome total dans les sédiments marins	156
Figure 105 : Répartition spatiale de la concentration du Mercure Hg dans les sédiments marins	157
Figure 106 : Répartition spatiale de la concentration du Plomb Pb dans les sédiments marins	157
Figure 107 : Répartition en % des fins dans les sédiments superficiel de la zone marine.....	158
Figure 108 : Courbe granulométrique des sédiments de la zone A	159
Figure 109 : Courbe granulométrique des sédiments de la zone B	160

Figure 110 : Courbe granulométrique des sédiments de la zone C	161
Figure 111 : Courbe granulométrique des sédiments de la zone D	162
Figure 112: Répartition spatiale de la concentration de la chlorophylle a dans l'eau de mer	163
Figure 113 : Méduse observé dans la zone C (<i>Medusa cassiopea</i>)	163
Figure 114 : Phytoplancton de la zone d'études	164
Figure 115 : Zooplancton de la zone d'étude.....	167
Figure 116 : Espèces Zooplanctoniques de la zone d'études	167
Figure 117 : Macrobenthos de la zone d'étude.....	168
Figure 118 : Epiphytes sur feuilles de posidonies.....	168
Figure 119 : Macrofaune associés aux herbiers	168
Figure 120 : Recouvrement des herbiers dans la zone A en %.....	181
Figure 121 : Recouvrement des herbiers dans la zone B en %	184
Figure 122 : Recouvrement des herbiers dans la zone C en %.....	187
Figure 123 : Recouvrement des herbiers dans la zone D en %.....	190
Figure 124 : Recouvrement des herbiers en % dans toute la zone d'étude	192
Figure 125 : Engins de pêche test utilisés lors de la campagne de prospection	195
Figure 126 : Diversité de la faune vagile de la zone	196
Figure 127 : espèces communes dans les captures	198
Figure 128 : Répartition de l'arboriculture par délégation en 2011 (ha)	203
Figure 129 : Les ports de pêche du gouvernorat de Sfax	204
Figure 130 : localisation des sites d'embarquement de la frange littorale Sfax Sud - Chaffar.....	205
Figure 131 : pêche à pied.....	206
Figure 132 : Zone de l'estran en phase de basse marée basse - pêche à pied des palourdes	207
Figure 133 : Évolution de la production en poids de la pêche à la palourde dans l'ensemble du golfe de Gabès	207
Figure 134 : Photos de la séance de la consultation du publique avec la population maritime de Nakta sur le projet de la station de dessalement	212
Figure 135 : Photo de la réunion avec la représentante des collectrices des palourdes dans la zone du Gargour	214
Figure 136 : Représentant de la société civile de Nakta	215
Figure 137 : Représentants de la zone rurale d'El Mourij.....	219
Figure 138 : Situation des zones protégées de Sfax par rapport à la station de dessalement	228
Figure 139: Sites Archéologiques et Monuments Historiques les plus proches de la station de dessalement	231
Figure 140 : Tronçons de pose des conduites en mer.....	236
Figure 141 : Conduites de prise et de rejet des eaux de mer pour la station de dessalement Sfax sud..	236
Figure 142 : Coupe transversale des conduites de prise et de rejet en mer avant le point de captage.....	238
Figure 143 : Coupe transversale de la conduite de rejet au niveau du dernier tronçon.....	239
Figure 144 : Différentes étapes de mouillage des conduites sous marines	241
Figure 145 : Mode de remorquage des conduites sous marines du fournisseur vers le site de chantier...	244
Figure 146 : Mode de stockage des conduites dans une zone abritée	244
Figure 147 : Types de pollution générés pendant les travaux de pose des conduites de transfert en mer	245
Figure 148 : Schéma des acquisitions courantes réalisées par la SONEDE.....	255
Figure 149 : Coupe de l'ouverture de tranchée pour les conduites de refoulement Ø1400	256
Figure 150 : Impacts sur le milieu naturel pendant les travaux de pose des conduites de transfert des eaux osmosées	259
Figure 151 : Pylône type six triangles de la ligne HT Thyna-Sfax nord	264
Figure 152 : Massifs réalisé pour supporter le pylône.....	265
Figure 153 : Situation des zones protégées de Sfax par rapport à la ligne électrique HT.....	267
Figure 154: Ressources en eau potables actuellement desservies à Sfax.....	271
Figure 155 : Évolution des besoins en eau par rapport aux ressources actuelles dans le gouvernorat de Sfax	273
Figure 156 : Évolution des besoins en eau par rapport aux ressources futures dans le gouvernorat de Sfax avec la mise en service de la station de dessalement de Sfax Sud.....	273
Figure 157 : Esquisse potentielle du comportement de la biocénose devant le rejet de la saumure.....	285
Figure 158 : Répartition de la saumure maximale calculée en marée ascendante.....	286
Figure 159 : Répartition de la saumure maximale calculée en marée descendante.....	286
Figure 160 : Situation des conduites en mer de la SONEDE par rapport au pipeline du BG	290
Figure 161 : Position du site de chantier pour les travaux de construction de la station de dessalement. 303	

Figure 162 : Zone potentielle pour le stockage des conduites de transfert en mer	308
Figure 163 : Sites potentiels pour la construction des tours de captage et pour l’approvisionnement vers la zone du projet (station de dessalement de Sfax sud)	308
Figure 164 : Exemple d’écrans anti-turbidité pouvant être utilisé durant les travaux maritimes	311
Figure 165 : Sites potentiels pour le stockage des conduites d’adduction.....	316
Figure 166 : Site potentiel pour le stockage des pylônes et câbles	320
Figure 167 : Remblais prévu au niveau du site de la station de dessalement	326
Figure 168 : Schéma approximatif du diffuseur proposé.....	328
Figure 169 : Mode de disposition des récifs proposés dans le cadre des études de la DGPA.....	331
Figure 170 : Aménagement projetés par les services de la DGPA dans la zone du projet.....	331
Figure 171 : Système de signalisation des lignes en spirale ou en boules.....	334
Figure 172 : Pylône équipé par effaroucheur	335
Figure 173 : Perchoirs artificiels fixés sur un pylône.....	335
Figure 174 : Nids des cigognes installés sur des pylônes électriques	336
Figure 175 : Rose des vents au sud-est (janvier), (période 1970-1990). (Atlas climatique, 1999)	338
Figure 176 : Rose des vents au sud-est, période 1970-1999	339
Figure 177 : Rose des vents au sud-est (annuelle) période 1970-1990 (Atlas climatique)	340
Figure 178 : Histogramme des fréquences des vitesses du vent à Sfax. (8 observations par jour) (période 1970-1990) (Atlas climatique, 1999).....	340
Figure 179 : Variation mensuelle de la pression atmosphérique au niveau de la station de Sfax (période 1970-1990), (Atlas climatique, 1990).....	341
Figure 180 : Pression atmosphérique au niveau de la mer (hPa) au sud-est. Moyenne annuelle à 12h UTC (Période 1970-1999). (Atlas climatique, 1990).	341
Figure 181 : Températures moyennes, minimales et maximales de l’air à Sfax.	342
Figure 182 : Variation interannuelle de la température de l’air à Sfax (période : 1961-1990), (Atlas climatique, 1999).....	342
Figure 183 : Histogramme de fréquences de la température minimale et maximale quotidienne à Sfax (période : 1961-1990), (Atlas climatique, 1999)	343
Figure 184 : Evolution temporelle, au large de la ville de Mahrès, de la température à environ 18m de profondeur	345
Figure 185 : Distribution horizontale de la température D’après BenIsmail et al.....	345
Figure 186 : Position de la radiale hydrologique du golfe de Gabès	346
Figure 187 : Coupe verticale de la température potentielle	346
Figure 188 : Distribution horizontale de la salinité.....	347
Figure 189 : Distribution verticale de la salinité	348
Figure 190 : Circulation thermohaline en Méditerranée	349
Figure 191 : Distribution du minimum de la salinité le long des côtes tunisiennes.....	350
Figure 192 : Amplitude et phase de la marée	351
Figure 193 : Les positions relatives des différentes stations	351
Figure 194 : Résultats de l’analyse harmonique de la station de Mahrès.....	353
Figure 195 : <i>Stick diagram</i> de la série temporelle de courant obtenue au large de Mahrès	357
Figure 196 : Rose des courants	358
Figure 197 : Schématisation des courants résiduels dans le Golfe de Gabès.....	358
Figure 198 : Rose des houles au large et à la côte du Golfe de Gabès	359
Figure 199 : Rose de la houle au large de Skhira (Golfe de Gabès)	360
Figure 200: Position des stations 1ESE et 2 NE	360
Figure 201: Distribution des directions des vagues.....	361
Figure 202 : Houles cinquantennales calculées par HP, 1997	363
Figure 203: Limites du domaine du Golfe de Gabès et les points bathymétriques disponibles	366
Figure 204 : Géométrie et Maillage adopté du Golfe de Gabès	368
Figure 205: Agrandissements du maillage de la zone de Captage/Rejet de la station de dessalement.....	369
Figure 206: Bathymétrie introduite du Golfe de Gabès (mNGT).....	370
Figure 207 : Bathymétrie de la zone de rejet de la Station de Dessalement de Sfax.....	371
Figure 208 : Exemples de marées imposées aux nœuds de la limite Est du Golfe de Gabès	373
Figure 209: Exemple de vitesses calculées dans le Golfe de Gabès, en marée ascendante.	375
Figure 210: Exemple de vitesses calculées dans le Golfe de Gabès, en marée descendante.	376
Figure 211: Vitesses calculées dans la zone de la Station, en marée ascendante.....	377
Figure 212: Vitesses calculées dans la zone de la Station, en marée descendante.....	378
Figure 213: L’évolution du niveau de la surface de l’eau (4 points du Golfe de Gabès)	379

Figure 214: Comparaison entre la marée mesurée à Gabès et celle calculée par SMS	379
Figure 215 : Répartition de la saumure maximale calculée en marée ascendante.....	381
Figure 216 : Répartition de la saumure maximale calculée en marée descendante.....	382
Figure 217 : Saumure maximale calculée près de la côte	382
Figure 218: Répartition de la saumure maximale calculée en marée ascendante (rejet à 4.4 km de la côte)	383
Figure 219: Répartition de la saumure maximale calculée en marée descendante (rejet à 4.4 km de la côte)	384
Figure 220: Saumure maximale calculée près de la côte (rejet à 4.4 km de la côte)	384
Figure 221 : Localisation proposée pour la tour de rejet	385
Figure 222: Evolution de la saumure dans la région Lointaine (Vue en Plan).....	388
Figure 223: Evolution de la saumure dans la région Lointaine (Vue en Profil).....	389
Figure 224: Evolution de la saumure dans la région Proche (Vue en Plan)	389
Figure 225: Evolution de la saumure dans la région Proche (Vue en Profil)	390
Figure 226: Evolution de la saumure dans la région Lointaine (Vue en Plan) – Cas de Vent	391
Figure 227 : Evolution de la saumure dans la région Lointaine (Vue en Plan) – Avec Diffuser de 50 m .	393
Figure 228 : Evolution de la saumure dans la région Lointaine (Vue en Profil) – Avec Diffuser de 50 m	394
Figure 229 : Evolution de la saumure dans la région Proche (Vue en Plan) – Avec Diffuser de 50 m.....	394
Figure 230 : Evolution de la saumure dans la région Proche (Vue en Profil) – Avec Diffuser de 50 m....	395
Figure 231 : Emplacement du diffuseur proposé.....	397
Figure 232 : Courbe de décroissance du gradient de salinité à partir du rejet	397
Figure 233 : Domaine d'étude et maillage adopté.....	401
Figure 234 : Maillage affiné à proximité de la zone du projet	402
Figure 235 : Bathymétrie utilisée pour la zone d'étude.....	403
Figure 236 : Conditions aux limites sur les frontières marines.....	404
Figure 237 : Champs de réduction de la hauteur Hs de la houle dans toute la zone d'application du modèle.....	406
Figure 238 : Champs de variation du vecteur de houle dans zone d'application du modèle	406
Figure 239 : Champs de réduction de la hauteur Hs de la houle au niveau de la zone côtière Sfax-El Mahares.....	407
Figure 240 : Champs de variation du vecteur de houle au niveau de la zone côtière Sfax-El Mahres	407
Figure 241: Champs de réduction de la hauteur Hs de la houle à proximité de l'emprise des conduites sous marines.....	408
Figure 242 : Champs de variation du vecteur de houle à proximité de l'emprise des conduites sous marines	408
Figure 243 : Profils choisis pour étude de la variation de la houle.....	409
Figure 244 : Variation de la houle au voisinage de la zone d'El Mahres	410
Figure 245 : Variation de la houle au niveau de la flèche de Chaffar	410
Figure 246 : Variation de la houle au niveau de l'emprise des conduites sous marines	411
Figure 247: Variation de la houle au niveau au delà de la zone du projet.....	411
Figure 248 : Ligne de déferlement approximative dans la zone littorale de Sfax-El Mahres	412

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.a : Bilan des consommations des produits chimiques de la station de dessalement	48
Tableau 2.b : Bilan des consommations des produits chimiques de la station de dessalement.....	48
Tableau 3 : Qualité des eaux de mer brutes	52
Tableau 4 : Qualité des eaux de rejet de la saumure	53
Tableau 5 : Caractéristiques techniques des conduites de raccordement de la station de dessalement au réseau d'AEP de Sfax.....	59
Tableau 6 : Aperçu sur le calendrier prévisionnel d'exécution du projet	65
Tableau 7 : Coût d'exploitation et d'entretien	66
Tableau 8 : Comparaison entre 2 variantes d'alimentation électrique aérienne et par câble	79
Tableau 9: Tableau récapitulatif de l'occupation des sols au niveau d'une emprise de 40 m le long des lignes aériennes projetées.....	90
Tableau 10 : Station d'échantillonnage.....	103
Tableau 11 : Coordonnées des points d'observation de l'herbier de la zone littorale A	106
Tableau 12 : Coordonnées des points d'observation de l'herbier de la zone B	107
Tableau 13 : Coordonnées des points d'observation de l'herbier de la zone C.....	108
Tableau 14: Coordonnées des points d'observation de l'herbier de la zone D.....	109
Tableau 15: Programme effectuée durant la journée du Samedi 12 Septembre 2015.....	119
Tableau 16: Programme effectuée durant la journée du Dimanche 13 Septembre 2015.....	119
Tableau 17: Programme effectuée durant la journée du Lundi 14 Septembre 2015.....	120
Tableau 18: Programme effectuée durant la journée du Mardi 15 Septembre 2015	121
Tableau 19: Programme effectuée durant la journée du Mercredi 16 Septembre 2015	123
Tableau 20: Programme effectuée durant la journée du Jeudi 17 Septembre 2015.....	124
Tableau 21: Programme effectuée durant la journée du Vendredi 18 Septembre 2015	125
Tableau 22: Programme effectuée durant la journée du Samedi 19 Septembre 2015.....	126
Tableau 23 : Résultats des mesures in situ de la transparence des eaux comparée avec la profondeur de l'eau	128
Tableau 24 : Résultats des mesures in situ de la température en °C des eaux de mer	130
Tableau 25 : Résultats des mesures in situ de la salinité en psu des eaux marines	132
Tableau 26 : Résultats des mesures in situ du pH des eaux de mer	134
Tableau 27 : Résultats des mesures in situ de l'oxygène dissous dans les eaux de mer	136
Tableau 28 : Résultats des analyses in labo de la DBO et de la DCO dans les eaux de mer	138
Tableau 29 : Résultats d'analyse des matières en suspension dans l'eau de mer.....	140
Tableau 30 : Résultats des analyses in labo des composantes azotées dans les eaux de mer.....	143
Tableau 31 : Résultats des analyses in labo des composantes azotées dans les eaux de mer.....	144
Tableau 32 : Résultats des analyses in labo des composantes phosphatées dans les eaux de mer	146
Tableau 33 : Résultats des analyses in labo des composantes phosphatées dans les eaux de mer	147
Tableau 34 : Résultats des analyses in labo éléments de trace dans les eaux de mer.....	149
Tableau 35 : Résultats des analyses in labo du TN, TP et des HT dans les eaux de mer.....	150
Tableau 36 : Résultats des analyses in labo des métaux dans les eaux de mer.....	153
Tableau 37 : Résultats d'analyse de la chlophyllle a.....	163
Tableau 38: Inventaires et densités du phytoplancton	165
Tableau 39 : Inventaires et densité du zooplancton dans les stations explorées	166
Tableau 40: Inventaire et répartition du macro-benthos dans la zone A	169
Tableau 41: Inventaire et répartition du macrobenthos dans la zone B.....	171
Tableau 42: Inventaire et répartition du macrobenthos dans la zone C.....	174
Tableau 43: Inventaire et répartition du macrobenthos dans la zone D.....	177
Tableau 44 : Cartographie du recouvrement floristiques de la zone A (0 à 9/9, 9/9 = 100%)	180
Tableau 45 : recouvrement des herbiers de posidonie en % dans la zone A	180
Tableau 46: Paramètres et indices phénologiques de l'herbier au niveau des stations de la zone A.....	182
Tableau 47 : Cartographie du recouvrement floristiques de la zone B (0 à 9/9, 9/9 = 100%).....	183
Tableau 48 : recouvrement des herbiers de posidonie en % dans la zone B	183
Tableau 49: Paramètres et indices phénologiques de l'herbier au niveau des stations de la zone B.....	185
Tableau 50 : Cartographie du recouvrement floristiques de la zone C (0 à 9/9, 9/9 = 100%)	186
Tableau 51 : recouvrement des herbiers de posidonie en % dans la zone C	186
Tableau 52: Paramètres et indices phénologiques de l'herbier au niveau des stations de la zone C.....	188
Tableau 53 : Cartographie du recouvrement floristiques de la zone D (0 à 9/9, 9/9 = 100%)	189

Tableau 54 : recouvrement des herbiers de posidonie en % dans la zone D	189
Tableau 55: Paramètres et indices phénologiques de l'herbier au niveau des stations de la zone D.....	191
Tableau 56: Inventaire et densité du méioibenthos dans la zone A.....	194
Tableau 57: Inventaire et diversité de la faune vagile au niveau des zones de prospections	197
Tableau 58 : La population de la délégation Agareb en 2014.....	199
Tableau 59 : Répartition de la population Agareb par milieu en 2014.....	200
Tableau 60 : La population de la délégation Mahres en 2014.....	200
Tableau 61 : Répartition de la population de Mahres par milieu en 2014	201
Tableau 62 : La population de la délégation Thyna en 2014	201
Tableau 63 : Répartition de la population de la délégation Thyna par milieu en 2014.....	202
Tableau 64 : Répartition des terres exploitées dans les trois délégations en 2014 (ha)	202
Tableau 65 : Répartition des périmètres irrigués dans les trois délégations en 2014 (ha)	202
Tableau 66 : Occupation des sols au niveau d'une emprise de 40m le long des lignes électriques	203
Tableau 67 : Population maritime de la pêche côtière.....	208
Tableau 68 : Occupation des sols au niveau d'une emprise de 40m le long des lignes électriques	220
Tableau 69: Composantes du projet de la station de dessalement de Sfax Sud	222
Tableau 70 : Composantes de l'environnement	223
Tableau 71 : Quantité approximative des matériaux de déblais durant les travaux construction de la station de dessalement.....	225
Tableau 72 : Types de pollution générés pendant les travaux de construction de la station de dessalement	227
Tableau 73 : Impacts sur le milieu naturel pendant les travaux de construction de la station de dessalement	229
Tableau 74 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant les travaux de construction de la station de dessalement	232
Tableau 75: Impact de la station de dessalement pendant les travaux	233
Tableau 76 : Quantité approximative des matériaux excavés durant les travaux de pose des conduites de transfert en mer	245
Tableau 77 : Évaluation des surfaces de la végétation au niveau de l'emprise de la conduite de transfert en mer	249
Tableau 78 : Impacts sur le milieu naturel de pose des conduites de transfert en mer pendant les travaux	250
Tableau 79 : Impacts sur le milieu socio-économique de pose des conduites de transfert en mer pendant les travaux	253
Tableau 80 : Impact de pose des conduites de transfert en mer pendant les travaux	254
Tableau 81 : Quantité approximative des matériaux excavés durant les travaux de pose des conduites de refoulement des eaux osmosées	256
Tableau 82 : Types de pollution générés pendant les travaux de pose des conduites de transfert des eaux osmosées.....	258
Tableau 83 : Traversées des oueds par les conduites de transfert des eaux osmosées.....	259
Tableau 84 : Traversées des routes par les conduites de transfert des eaux osmosées.....	260
Tableau 85 : Tableau récapitulatif des obstacles particuliers présents sur l'emprise des conduites de transfert des eaux osmosées.....	261
Tableau 86 : Traversées d'agglomérations et/ou passage devant des constructions.....	261
Tableau 87 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant les travaux de pose des conduites de transfert des eaux osmosées.....	262
Tableau 88: Impact de pose des conduites de transfert des eaux osmosées pendant les travaux	263
Tableau 89 : Types de pollution générés pendant les travaux de réalisation des lignes d'alimentation en énergie électriques	266
Tableau 90 : Impacts sur le milieu naturel pendant les travaux de réalisation des lignes d'alimentation en énergie électriques	267
Tableau 91 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant les travaux de réalisation des lignes d'alimentation en énergie électriques	269
Tableau 92: Impact de l'installation des lignes électriques durant les travaux.....	270
Tableau 93 : état d'exploitation des ressources souterraines.....	272
Tableau 94 : Composition chimique attendue dans la saumure due à l'osmose	275
Tableau 95: Impact des produits utilisés sur la qualité de la saumure	275
Tableau 96 : Composition chimique attendue dans la saumure comparée à la norme de rejet en Tunisie	276

Tableau 97 : Types de pollution générés pendant l'exploitation de la station de dessalement	277
Tableau 98 : Impacts sur le milieu naturel pendant l'exploitation de la station de dessalement	278
Tableau 99 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant l'exploitation de la station de dessalement	280
Tableau 100 : Impact de la station de dessalement pendant l'exploitation	281
Tableau 101 : Types de pollution générés pendant l'exploitation des conduites de transfert en mer	282
Tableau 102 : Gradients de salinité à partir des orifices de rejet	285
Tableau 103 : Impacts sur le milieu naturel pendant l'exploitation des conduites de transfert en mer ...	288
Tableau 104 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant l'exploitation des conduites de transfert en mer	291
Tableau 105: Impact des conduites de transfert en mer durant l'exploitation	292
Tableau 106 : Types de pollution générés pendant l'exploitation des conduites de transfert des eaux osmosées	293
Tableau 107 : Impacts sur le milieu naturel pendant l'exploitation des conduites de transfert des eaux osmosées	294
Tableau 108 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant l'exploitation des conduites de transfert des eaux osmosées	295
Tableau 109 : Impact des conduites de transfert des eaux osmosées durant l'exploitation	296
Tableau 110 : Types de pollution générés pendant l'exploitation des lignes d'alimentation en énergie électriques.....	297
Tableau 111 : Impacts sur le milieu naturel pendant l'exploitation des lignes d'alimentation en énergie électriques.....	298
Tableau 112 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant l'exploitation des lignes d'alimentation en énergie électriques	300
Tableau 113 : Impact de l'installation des lignes électriques durant l'exploitation.....	301
Tableau 114 : Estimation du taux d'indemnisation des gens pour l'utilisation des terrains d'implantation des pylônes électriques	322
Tableau 115 : Gradients de salinité à partir des orifices de rejet pour la tour et pour les diffuseurs.....	329
Tableau 116 : Moyenne annuelle de la température quotidienne de l'air au niveau du secteur sud-est (période : 1961-1990), (Atlas climatique, 1999)	343
Tableau 117 : Caractéristiques des mouillages déployés dans le Golfe de Gabès.....	352
Tableau 118 : Amplitude de la composante harmonique (m) et P : Phase de la composante harmonique de la marée Temps Universel (TU)	354
Tableau 119 : Probabilités d'occurrence en ‰ des classes de hauteurs significatives par classe de direction	361
Tableau 120 : Récapitulatif des houles extrêmes dans les deux stations observées	362
Tableau 121 : Hauteur Significative et période de puissances correspondantes à diverses périodes de retour Moyenne de la direction de puissance des tempêtes maximales (HP, 1995).....	362
Tableau 122: Caractéristiques des eaux marines et rejetées.....	386
Tableau 123: Principales caractéristiques géométriques de l'émissaire proposé.....	386
Tableau 124 : Gradients de salinité à partir des orifices de rejet.....	396
Tableau 125 : Scénarios proposés pour l'étude de la houle	404
Tableau 126 : Récapitulatif de l'évolution spatiale du champ de réduction Hs de la houle.....	412
Tableau 127: Caractéristiques techniques des conduites de transfert des AEP de la SD de Sfax	415
Tableau 128: Composition chimique attendue dans la saumure comparée à la norme de rejet en Tunisie	416
Tableau 129: Plan de gestion de la composante station de dessalement durant les travaux.....	419
Tableau 130 : Plan de gestion de la composante conduite de transfert en mer durant les travaux	422
Tableau 131 : Plan de gestion de la composante des conduites de transfert des eaux osmosées durant les travaux.....	425
Tableau 132 : Plan de gestion de la composante des lignes d'alimentation en énergie électrique durant les travaux.....	429
Tableau 133 : Plan de gestion de la composante station de dessalement durant l'exploitation.....	431
Tableau 134 : Plan de gestion de la composante conduites de transferts en mer durant l'exploitation ...	433
Tableau 135 : Plan de gestion de la composante conduite de transferts des eaux osmosées durant l'exploitation	435
Tableau 136 : Plan de gestion de la composante des lignes d'alimentation en énergie électrique durant l'exploitation	436
Tableau 137 : Plan de contrôle et de suivi de la composante station de dessalement durant les travaux. 439	

Tableau 138 : Plan de contrôle et de suivi de la composante conduite de transfert en mer durant les travaux.....	440
Tableau 139 : Plan de contrôle et de suivi de la composante des conduites de transfert des eaux osmosées durant les travaux	441
Tableau 140 : Plan de contrôle et de suivi de la composante des lignes d'alimentation en énergie électrique durant les travaux	442
Tableau 141 : Plan de contrôle et de suivi de la composante station de dessalement durant l'exploitation	443
Tableau 142 : Plan de contrôle et de suivi de la composante conduites de transferts en mer durant l'exploitation	443
Tableau 143 : Plan de contrôle et de suivi de la composante conduites de transferts des eaux osmosées et des lignes électriques durant l'exploitation	444
Tableau 144 : Récapitulatif du coût des mesures d'atténuation, de compensation et de suivi environnemental durant les travaux de réalisation de la station de dessalement de Sfax sud	447

1. INTRODUCTION

Ce document constitue le rapport définitif de l'étude d'impact sur l'environnement du projet de réalisation de la station de dessalement du Grand Sfax confiée par la SONEDE au bureau d'études IHEE Ingénierie de l'Hydraulique, de l'Équipement et de l'Environnement.

Le projet de réalisation de la station de dessalement d'eau de mer de Sfax a pour objectifs la sécurisation de l'alimentation en eau potable de la ville de Sfax à long terme ainsi que l'amélioration de la qualité de l'eau desservie. Il consiste en la mise en œuvre d'un nouveau pôle de production d'eau basée sur une nouvelle ressource en eau non conventionnelle qui est l'eau de mer dessalée.

L'ordre de service de démarrage de la présente étude a été émis en date du 20 Juillet 2015.

Une première réunion de démarrage a été effectuée avec le comité de pilotage le 4 Septembre 2015 pendant laquelle a été discutée la procédure de travail ainsi que le programme de la campagne marine d'exploration du terrain.

La première campagne d'exploration du terrain a été effectuée en Septembre 2015 et elle a fait l'objet du rapport de la phase 1 (présenté en Octobre 2015) qui a comporté :

- Une présentation des composantes du projet d'après l'étude de faisabilité fournie par la SONEDE ;
- Les résultats d'exploration du milieu terrestre comprenant le site de la station de dessalement, les zones côtières limitrophes, les conduites d'adduction des eaux osmosées et les lignes aériennes d'alimentation en énergie électrique ;
- Les résultats d'exploration du milieu marin qui va abriter les conduites de captage d'eau brute et de rejet de la saumure ainsi que de la tour de prise et de l'ouvrage de rejet ;
- Les résultats préliminaires de la modélisation marine de la zone du projet.

Ce rapport a été discuté avec le comité de pilotage en date du 03 Décembre 2015 au siège de la SONEDE.

En Janvier 2016, une deuxième campagne d'observation de la qualité des eaux marines ainsi qu'une enquête sociale ont été effectuées.

Cette deuxième campagne a fait l'objet du rapport de la phase 2 qui a été présenté à la SONEDE en date de Mars 2016 et qui a comporté:

- Un rappel des composantes du projet;
- Un aperçu sur l'état social et les résultats de l'enquête sociale;
- Une évaluation des impacts du projet sur l'environnement;
- Une présentation des mesures d'atténuation et de compensation du projet sur l'environnement.

Une première esquisse du Plan de Gestion Environnemental et Social a été présentée à la SONEDE en date du 25 Mars 2016.

Une version complète de l'étude d'impact environnementale a été remise à la SONEDE en date du 15 Avril 2016 en tant que version provisoire conformément à la réglementation en vigueur.

Une réunion a été effectuée à la SONEDE le 17 Mai 2016 avec le comité de pilotage avec la présence de représentant de l'ANPE et de l'APAL. Durant cette réunion, le rapport provisoire a été discuté et il a fait l'objet d'un PV de réunion comprenant 29 points nécessitant des précisions complémentaires au dossier provisoire d'impact (Voir PV en annexe à ce document).

Ainsi conformément aux termes de référence de la présente étude ainsi que du contexte réglementaire National, nous présentons dans ce rapport définitif de l'étude d'impact du projet, les chapitres ci-dessous avec une prise en compte de toutes les remarques soulevées par le comité de pilotage lors de la réunion du 17 Mai 2016:

- **Chapitre 2 : Présentation des composantes du projet** : Ce chapitre présente toutes les composantes du projet ainsi que les caractéristiques techniques correspondantes telles que issues de l'étude de faisabilité réalisée par la SONEDE;
- **Chapitre 3 : Étude du contexte naturel du projet** : Ce chapitre comporte les résultats de l'exploration des milieux terrestres et marins du projet telles que les emprises d'implantation de la station de dessalement, des conduites marines, des conduites terrestres d'adduction d'eau potable et des lignes aériennes d'alimentation en énergie électrique ;
- **Chapitre 4 : Étude du contexte social du projet** : Ce chapitre comporte les données socio-économiques de la région d'étude ainsi que les résultats de l'enquête sociale réalisée aussi bien avec la population maritime qu'avec les personnes concernées par le passage des lignes aériennes d'alimentation électrique de la station ;
- **Chapitre 5 : Étude des impacts du projet sur l'environnement** : Ce chapitre comporte un bilan global des impacts du projet sur l'environnement naturel et social aussi bien pendant les travaux que pendant l'exploitation ;
- **Chapitre 6 : Étude d'évaluation des mesures d'atténuation** : Ce chapitre comporte une grille des mesures nécessaires pour atténuer et/ou pour compenser certains impacts générés par le projet aussi bien pour la période des travaux que pour celle de l'exploitation ;
- **Chapitre 7 : Modélisation du milieu marin** : Ce chapitre comporte les données océanographiques et les résultats de modélisation marine (hydrodynamique, dispersion de la saumure et réfraction de la houle) en vue de justifier certains choix effectués pour le plan d'action présenté pour atténuer les impacts sur l'environnement marin ;
- **Chapitre 8 : Plan de Gestion Environnemental et Social** : Ce plan est présenté conformément à la loi en vigueur en particulier celle N°2005-1991 du 11 Juillet 2005.

En annexe, nous avons présenté les PV des réunions réalisées avec le comité de pilotage.

2. PRESENTATION DU PROJET

2.1 Composantes du projet

Le projet, objet de la présente étude d'impact, comporte les quatre composantes suivantes :

1. La station de dessalement de mer de capacité finale 200000 m³/jour construite sur une surface de 20 ha ;
2. Le système d'alimentation en énergie électrique par des lignes aériennes d'une puissance totale de 40 MW ;
3. Le système de captage d'eau de mer et de rejet de la saumure en mer ;
4. Le réseau de transfert et d'injection des eaux produites dans le système d'alimentation en Eau Potable du Grand Sfax.

2.2 La station de dessalement

La station de dessalement projetée aura une capacité de **200 000 m³/jour**. Elle sera réalisée en deux phases successives de **100 000 m³/jour** chacune.

2.2.1 Le procédé de dessalement retenu

Le procédé choisi pour le dessalement de l'eau de mer sera l'osmose inverse avec un taux de conversion de l'ordre de **45%**. L'eau dessalée sera à une concentration (TDS) inférieure à 500 mg/l.

L'osmose inverse peut être présentée comme étant un procédé de séparation à l'échelle moléculaire opérée en milieu liquide, grâce à une membrane sélective soumise à un gradient de pression.

Pour illustrer cela, considérons un système à deux compartiments séparés par une membrane sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes (figure ci-dessous). Le phénomène d'osmose se traduit par un flux dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaye d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux va s'annuler. Si nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique de la solution concentrée.

Une augmentation de la pression appliquée qui est supérieure à la pression osmotique se traduit par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est à dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'**osmose inverse**. Toutefois, plus cette pression est élevée, plus la vitesse du flux (ou encore le débit d'eau) est importante, il s'agit de la première loi qui régit le passage de l'eau pure à travers une membrane sélective.

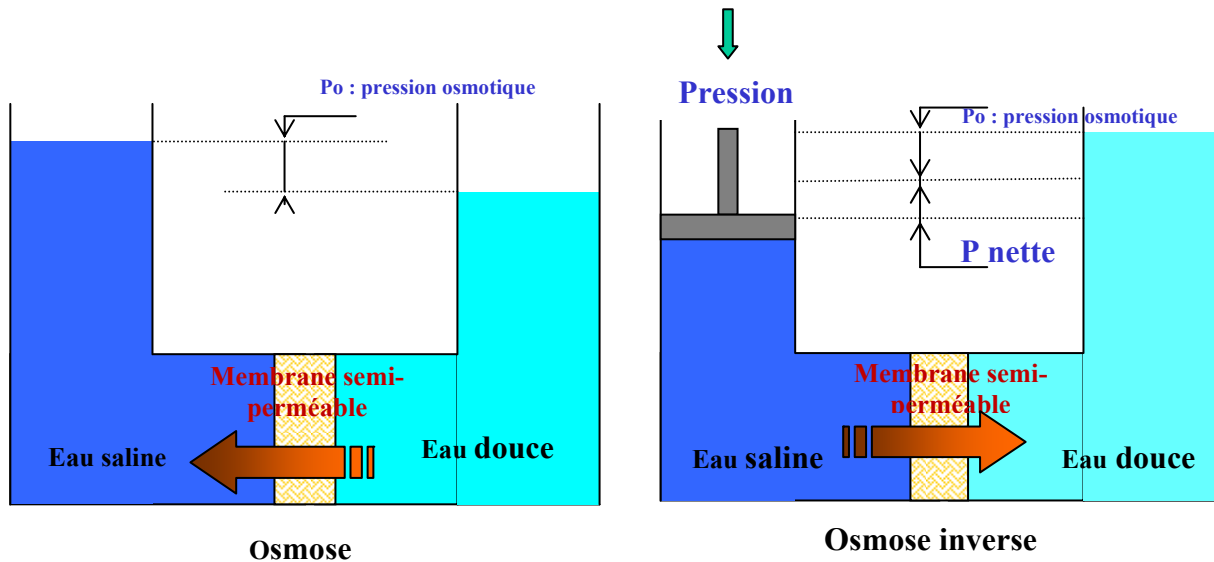


Figure 1 : Principe de l'osmose inverse

En réalité une membrane sélective n'est pas totalement imperméable aux sels dissous et le passage de l'eau à travers la membrane est accompagné d'un petit passage en sel. Plus la teneur en sels de la solution concentrée n'est élevée, plus le passage en sels est important il s'agit de la deuxième loi qui régit le passage en sel à travers une membrane sélective. Généralement ce passage en sel est inférieur à 2 %.

Sur la membrane, on distingue deux écoulements, le premier perpendiculaire à la membrane et qui constitue la production d'eau dessalée et le second tangentiel à la membrane et qui constitue le rejet. Ceci à l'avantage de minimiser le dépôt sur la membrane et l'atténuation du phénomène de polarisation dû à une concentration en sels élevée au voisinage immédiat de la membrane. Le dimensionnement ainsi que le choix de l'espaceur permettant de véhiculer l'eau brute font que l'écoulement est toujours turbulent favorisant ainsi le maintien des particules en suspension.

Une installation d'osmose inverse est basée principalement sur l'application d'une pression au sein d'un ensemble de modules d'osmose inverse permettant ainsi le passage de l'eau dessalée à travers les membranes. Toutefois, afin de préserver la membrane de toute forme de dégradation, un conditionnement est indispensable et qui dépend de la composition chimique de l'eau et des conditions d'exploitation de l'installation. Aussi, l'eau dessalée étant pratiquement exempte de sels, elle est agressive et demande un traitement pour rétablir son équilibre calco-carbonique et également une désinfection avant qu'elle soit distribuée.

Ainsi, l'installation de dessalement de Sfax, peut être divisée en cinq phases.

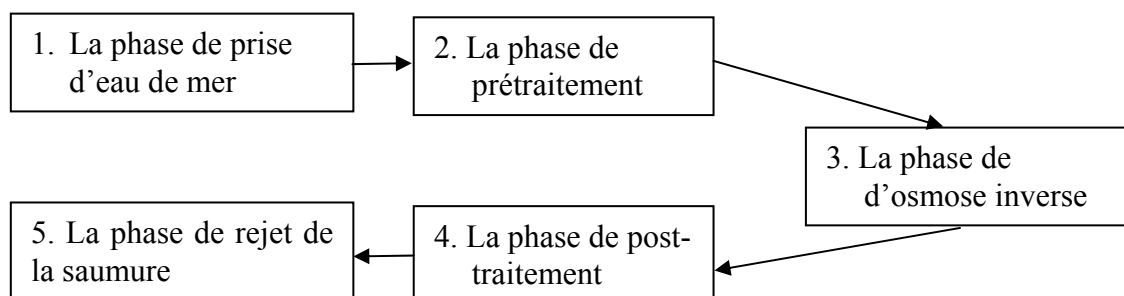


Figure 2 : l'installation de dessalement

1. La phase de prise d'eau e mer ;
2. La phase de prétraitement ;
3. La phase d'osmose inverse ;
4. La phase de post-traitement ;
5. La phase de rejet de la saumure.

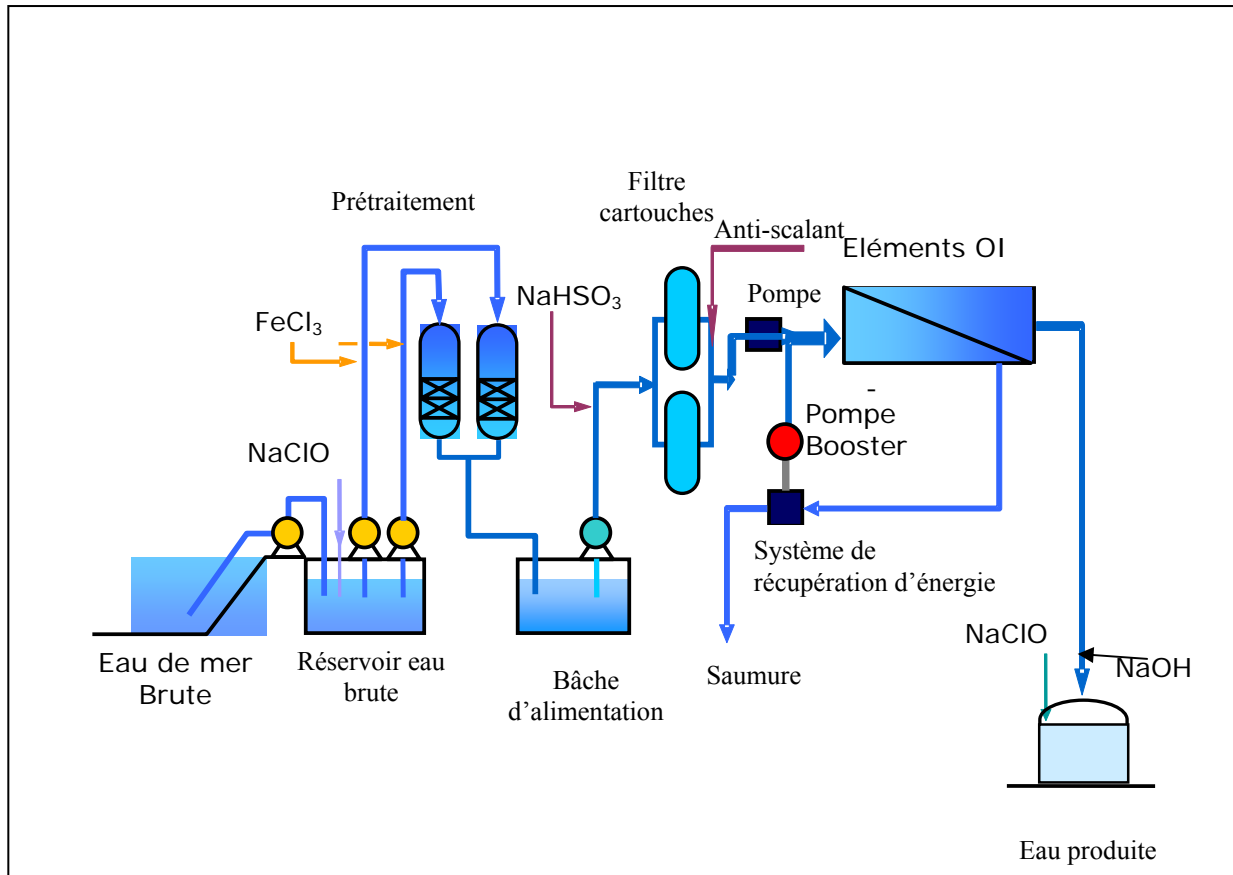


Figure 3 : Procédé Général de la station de dessalement de Sfax Sud

(D'après étude de faisabilité SONEDE)

2.2.2 Phase de prétraitement

Dans une station de dessalement d'eau de mer, il est exigé de procéder à un prétraitement afin de soulager les étapes suivantes du procédé de dessalement, c.a.d., de ne transférer vers la membrane qu'une eau de mer propre.

2.2.2.1 Description du principe

Le prétraitement prévu pour la station de dessalement de Sfax est basé sur les trois étapes suivantes :

- **Traitement chimique** comportant une pré chloration, une coagulation et un ajustement de pH ;

- **Une filtration sous pression** : avec un système de filtration fermé à base de sable sous pression ;
- **Une micro filtration** : à travers des micro-filtres constitués de cartouches à base Polyester.

Le prétraitement chimique : Le prétraitement chimique comportera les étapes suivantes :

- **Pré chloration avec l'hypochlorite de sodium** (NaClO): La désinfection sera assurée avec de l'hypochlorite de sodium pour empêcher la croissance bactérienne dans la tuyauterie d'impulsion au point de livraison. Toutefois, la pré-chloration peut être sources de biofouling au niveau des membranes d'osmose inverse. Seuls les essais sur site à la mise en service de l'installation de dessalement peuvent permettre d'identifier le mode d'utilisation de l'hypochlorite de sodium de manière continue, discontinue ou l'éviter carrément. Il y a lieu de remarquer que la majorité des stations de dessalement installées dans le bassin méditerranéen fonctionnent sans chloration continue
- **Coagulation avec les chlorure ferriques** (FeCl_3): Un système de dosage de Chlorure ferrique est prévu dans la phase de prétraitement pour éliminer des solides en suspension et des composés colloïdaux présents dans l'eau de mer, et favoriser la formation de floccules. La coagulation sera assurée grâce à l'injection d'une dose de l'ordre de 5 ppm de chlorure ferrique (dans les conditions maximales). Le principe du procédé de coagulation, peut être décrit succinctement, comme suit
 - La coagulation commence dès la dilution dans une eau brute à traiter d'un sel métallique qui s'hydrolyse et va précipiter sous forme d'hydroxyde en constituant des particules élémentaires de structures dépendante de la physico-chimie de la solution et de surface spécifique très importante d'environ 1000 m^2/g . Ces particules élémentaires, moyennant des turbulences appropriées apportées et soutenus apportées par un agitateur rapide, vont interagir avec les matières organiques et les matières en suspension présentes en neutralisant leur charge de surface et les adsorber en formant un microfloc germe d'un future floc visible. Les possibilités de décharge puis d'adsorption des matières organiques et en suspension sur les particules créés à base d'hydroxyde de fer, vont dépendre du nombre de collisions qui sont fonction des turbulences générées et surtout de la qualité de celles-ci et de leur prolongement suffisant dans le temps ;
 - Complémentairement, le deuxième mécanisme de floculation proprement dite, amènera par simple pontage d'agglomérats de microflocs, la formation de floccs devenus inactifs qui seront ensuite décantés ou filtrés en aval.
- **Le rabattement de l'activité biologique avec l'hypochlorite de sodium** (NaClO) : Lorsque cette activité est manifeste, on peut recourir à la chloration de manière discontinue ou à des doses chocs d'Hypochlorite de sodium. Toutefois, il y a lieu d'éviter une chloration continue parce qu'il s'est avéré qu'elle est à l'origine de colmatage biologique au niveau des membranes (biofouling). Une chloration en continue est responsable de l'augmentation du carbone organique assimilable, à travers la décomposition de la matière organique ;
- **Le conditionnement de l'eau brute** : Cette opération a pour objectif d'éviter les dépôts des sels sur la membrane suite au phénomène de concentration de l'eau résultant de l'opération de dessalement. pour l'eau de mer le composant pouvant faire l'objet de

dépôt est le carbonate de calcium. Ces précipités peuvent donner lieu à des incrustations sur la membrane si l'on ne procède pas à une correcte opération de maintenance de l'usine d'osmose inverse. Pour maintenir ces sels en dissolution, il est prévu d'injecter des réactifs synthétiques (anti-scalant) qui élèvent les produits de solubilité des sels susceptibles de précipiter ou baisser le pH grâce à l'acide sulfurique à un seuil permettant d'avoir un LSI (Indice de saturation de Langelier légèrement négatif au niveau de la saumure. Habituellement on emploie pour leur efficacité contrastée des polymères à base de poly phosphates.

- **Dechlorination** : Les membranes préconisées pour la station de dessalement d'eau de mer de Sfax et qui sont les plus utilisées sont à base de polyamide composite. Ce type de membranes est sensible à tout forme d'oxydant dont notamment l'hypochlorite de sodium. Ainsi, avant le passage de l'eau sur les membranes, le chlore résiduel doit être neutralisée. Pour ce faire, il est généralement utilisé une solution de metabisulfite de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) une diluée donne le bisulfite de sodium (NaHSO_3).
- **Augmentation du pH** : En général et pour faire monter le pH de l'eau, et favoriser la rétention du Bore de la part des membranes, l'Hydroxyde de Sodium, NaOH, (soude caustique) est injecté à l'entrée de l'osmose.

Le système de filtration : L'objectif à atteindre à travers ce traitement est un indice de colmatage inférieur à 3 (SDI: Silt Density Index) pendant la majeure partie du temps. Pour l'eau de mer mobilisée à travers une conduite de prise d'eau de mer, le traitement préconisé est généralement assez complexe, il est basé sur le pré traitement chimique suivi d'un système de filtration comportant :

- Une filtration à travers un système de filtration fermée sous pression bi-couches à base de sable configuré généralement en deux étapes.
- Une micro-filtration à travers des micro-filtres de sécurité fabriqués généralement en Polyester Renforcé de Fibre de Verre. Ces micro-filtres sont équipés de cartouches filtrantes en polypropylène enroulé ou thermo-soudé assurant un seuil de filtration de 5 microns en général.

2.2.2.2 Les équipements prévus pour station de Sfax

Selon les données de l'étude de faisabilité menée par la JAICA, les doses à utiliser pour les réactifs chimiques se présentent comme suit :

Prétraitement

- NaClO à 12 % : 16.8 mg/l d'eau brute
- FeCl_3 à 38 % : 8.0 mg/l d'eau brute
- Na_2SO_5 : 3.0 mg/l d'eau brute
- Antiscalent : 4.0 mg/l d'eau brute
- NaOH (33 %) : 0 mg/l d'eau brute (étant donné la teneur en bore tolérée selon les directives de l'OMS : 2.4 ppm, il n'est pas requis la réduction du pH avec en amont de la phase d'osmose inverse)

Post-traitement

- NaClO à 12 % : 8.4 mg/l d'eau dessalée, l'équivalent de 1 ppm de chlore libre
- NaOH à 33 % : 12.12 mg/l d'eau dessalée.

Prétraitement chimique : Le système retenu pour la station de dessalement de Sfax comportera les équipements de traitement chimiques suivants:

- **Dosage hypochlorite de sodium** (NaClO) : Utilisant une dose de 16.8 mg/l dans l'eau de mer brute, la consommation annuelle en hypochlorite de Sodium de richesse de 12% serait de l'ordre de **3733 kg/j pour une capacité de 100 000 m³/j (la première phase)**. La consommation totale après la deuxième phase (pour une capacité de 200 000 m³/j) serait de l'ordre de **7467 kg/j**.
Les équipements de dosage comporteront notamment des pompes de transvasement, des pompes doseuses et des réservoirs de stockage.
- **Dosage acide sulfurique** (H_2SO_4) : il n'a pas été préconisé l'utilisation de l'acide sulfurique. En effet comme précisé auparavant, seul le problème de précipité de carbonate de calcium peut avoir lieu dans la saumure. Ceci peut être résolu avec de l'acide ou l'antiscalant. Ce dernier présente un avantage certain par rapport à l'approvisionnement (y compris les autorisations requises) et aux risques d'exploitation.
- **Dosage du coagulant**, Chlorures ferrique (FeCl_3) : Utilisant une dose de 8.0 mg/l (pour les conditions de pointe), la consommation annuelle en Chlorures ferrique de richesse de 38% serait de l'ordre de **1778 kg/j pour une capacité de 100000 m³/j (la première phase)**. La consommation totale après la deuxième phase (pour une capacité de 200000 m³/j) serait de l'ordre de **3556 kg/j**. C'est la quantité des conditions de pointe, mais on estime qu'en moyenne la dose serait de 4,0 mg/l cad une consommation annuelle de **1778 Kg/jour avec un taux de 38%**. Les équipements de dosage comporteront notamment des pompes de transvasement, des pompes doseuses et des réservoirs de stockage.
- **Dosage de Méta bisulfite de sodium** (Na_2SO_4) : Pour le cas présent, au cas où il sera préconisé une pré-chloration, elle sera faite sur la base d'un résiduel en chlore libre de 3 ppm au niveau de la bêche d'eau filtrée. Ainsi, il va falloir utiliser une solution en Meta bisulfite de sodium à hauteur de 3 ppm pour neutraliser ce résiduel en chlore libre.
Utilisant une dose de 3 mg/l, la consommation annuelle en Meta bisulfite de sodium serait de l'ordre de **667 kg/j pour une capacité de 100000 m³/j (la première phase)**. La consommation totale après la deuxième phase (pour une capacité de 200000 m³/j) serait de l'ordre de **1333 kg/j**.
- **Dosage inhibiteur d'encrassement** (Anti-scalant) : Il est prévu pour la station de Sfax l'utilisation d'un inhibiteur d'incrustation à une dose de 4.0 mg/l avec une quantité de l'ordre de **889 kg/j pour une capacité de 100000 m³/j (la première phase)**. La consommation totale après la deuxième phase (pour une capacité de 200000 m³/j) serait de l'ordre de **1778 kg/j**.
Le système de dosage comportera des réservoirs de dilution équipés avec des agitateurs de mélange et des pompes doseuses.

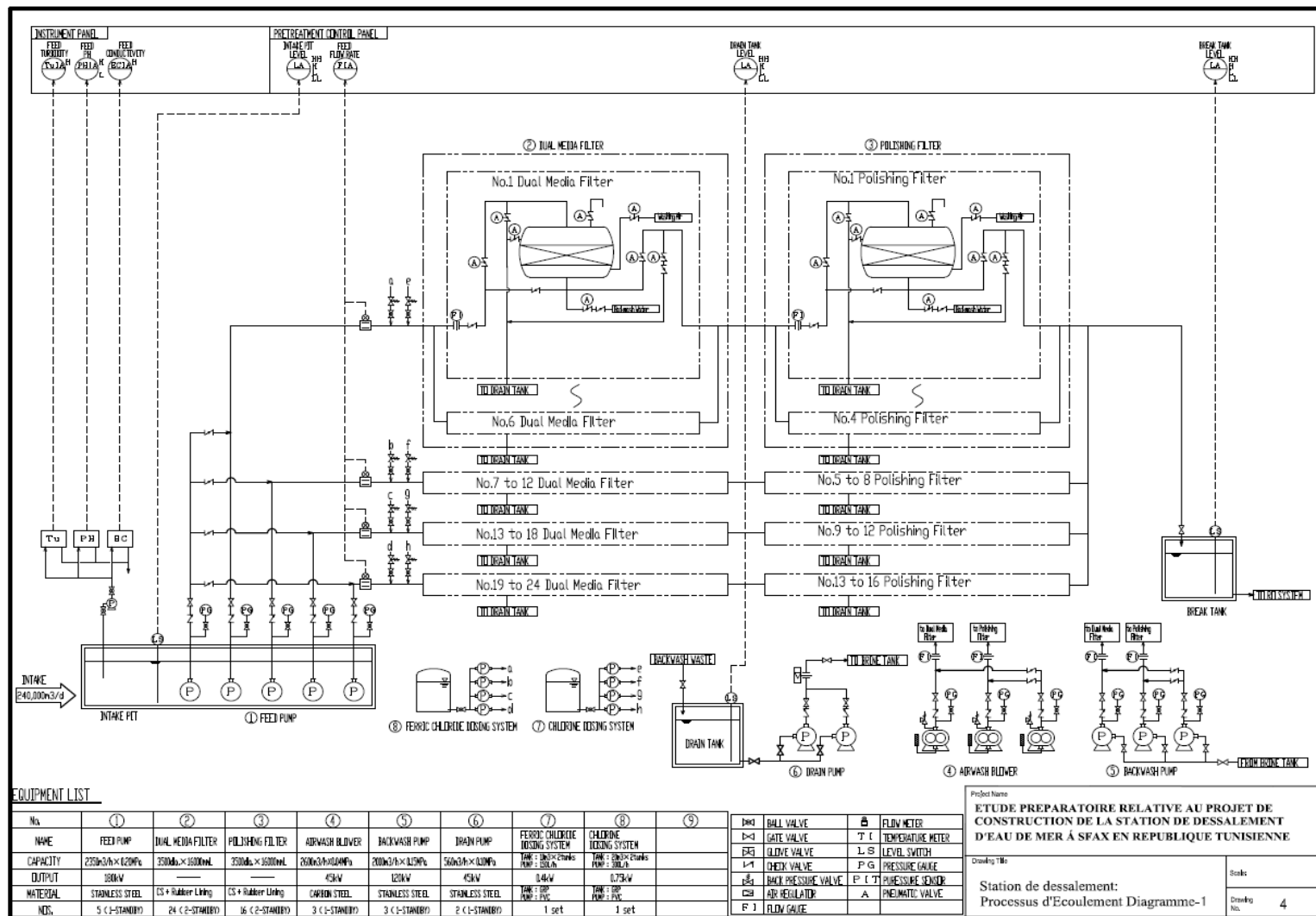
Filtration à sable : Le choix des moyens filtrants (nombre de couches, épaisseurs, taille de grain, % d'expansion du lit pour lavage....) est basé sur les recommandations des technologues pour la quantité de solides en suspension (TSS) à l'entrée de l'eau de mer, qui dans ce cas correspond à une valeur de <10 mg/l. L'eau filtrée aura un SDI<3 (indice de colmatage). Le système de filtration de la station de dessalement de Sfax prévoit Une première étape de filtration avec 48 filtres à sable-anthracite fermés sous pression, de 3,50 m

de diamètre et 16, m de longueur droit et une deuxième étape de filtration avec six 32 filtres à sable de granulométrie double fermés sous pression, de 3,50m de diamètre et 16, m de longueur droit. Un système de lavage des filtres à air, saumure et eau de mer formé par des pompes centrifuges horizontales (débit de 1,900 m³/h), des suppresseurs rotatifs, et un réservoir de saumure.

Microfiltration : Le système préconisé prévoit aussi un système de filtration à cartouches avec 10 filtres équipés de cartouches avec une qualité de filtration de 5 microns nominal ; A l'issue de l'eau du système de filtration, le process disposera d'éléments de contrôle nécessaires pour que les valeurs des paramètres principaux (Température, redox, conductivité, pH, SDI, turbidité et chlore) soient les plus adéquats, et s'assurer ainsi du bon fonctionnement de l'osmose inverse.

Une illustration des installations du principe de la phase prétraitement du dessalement est donnée ci-dessous dans la figure suivante.

Figure 4 : Schéma de principe de la phase prétraitement
(D'après étude de faisabilité SONED)



2.2.3 L'osmose inverse

Cette phase sera constituée par des châssis d'osmose inverse comportant des modules d'osmose où l'eau est injectée par le biais de pompes booster à haute pression.

2.2.3.1 Le principe

Dans cette phase, l'eau ainsi prétraitée est refoulée grâce à la pompe à haute pression (HP) à travers les modules d'osmose inverse. Toutefois, avant le passage de l'eau à travers la pompe HP et afin d'éviter que cette dernière cavite, l'eau est mise sous pression (généralement jusqu'à 5 bars) grâce à une pompe de renfort (booster).

Le principal paramètre qui conditionne la phase d'osmose inverse est le taux de conversion qui représente la proportion d'eau dessalée produite par rapport au débit d'alimentation.

Les modules d'osmose inverse les plus utilisés sont les spiralés en polyamide composite comme ils peuvent être sous forme de fibres creuses comme indiqué dans les figures ci-dessous. Les modules spiralés sont rassemblés au sein des tubes de pression, généralement à raison de 6 modules par tube de longueur 6m environ.

Pour l'eau de mer, les tubes de pression sont configurés en un seul étage (cas de la station de Sfax) permettant d'assurer un taux de conversion entre 30% et 45 % comme le montre la figure ci-dessous (45% pour la station de Sfax). Pour atteindre certains objectifs de qualité dépendant de la norme de qualité en vigueur, il peut y avoir recours à un double passage à travers un étage supplémentaire. Dans ce cas, l'eau osmosée du premier étage sera dessalée une deuxième fois dans le deuxième étage, en utilisant une pompe intermédiaire entre les deux étages.

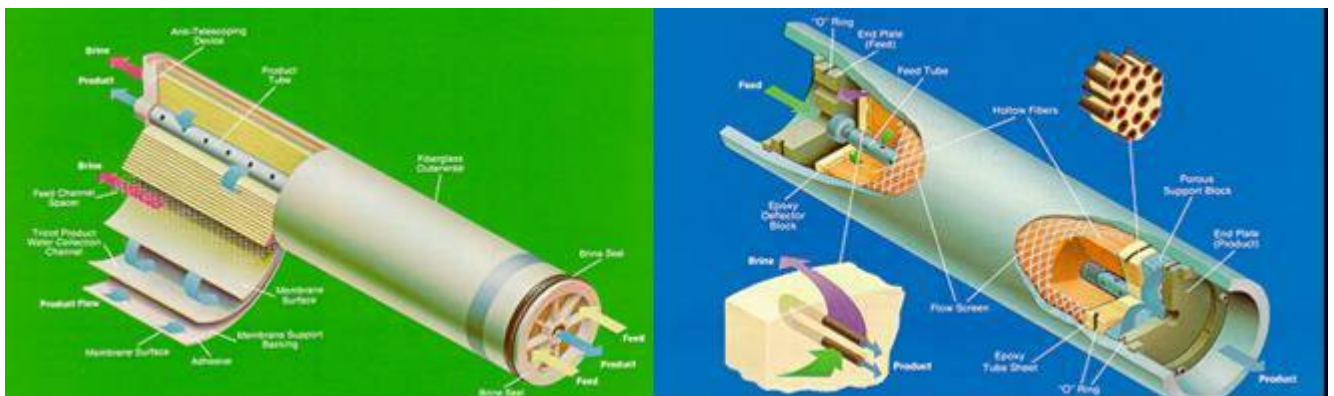


Figure 5: Différents types de modules d'osmose inverse

En fonctionnement normal de travail, les membranes d'Osмосe Inverse peuvent être contaminées par des incrustations minérales, de la matière organique et biologique et des particules colloïdales. Ces dépôts sur la surface de la membrane peuvent être à l'origine d'une perte de rendement ou d'une augmentation des fuites de sels ou les deux en même temps, ce qui rend nécessaires les nettoyages chimiques qui restitueront les paramètres fondamentaux de fonctionnement (débit et qualité de l'eau filtrée). Le rinçage forcé a pour objet d'éviter le dépôt, sur les membranes, de solides et de sels lorsque pour un quelconque motif l'équipement d'Osмосe Inverse s'arrêtera.

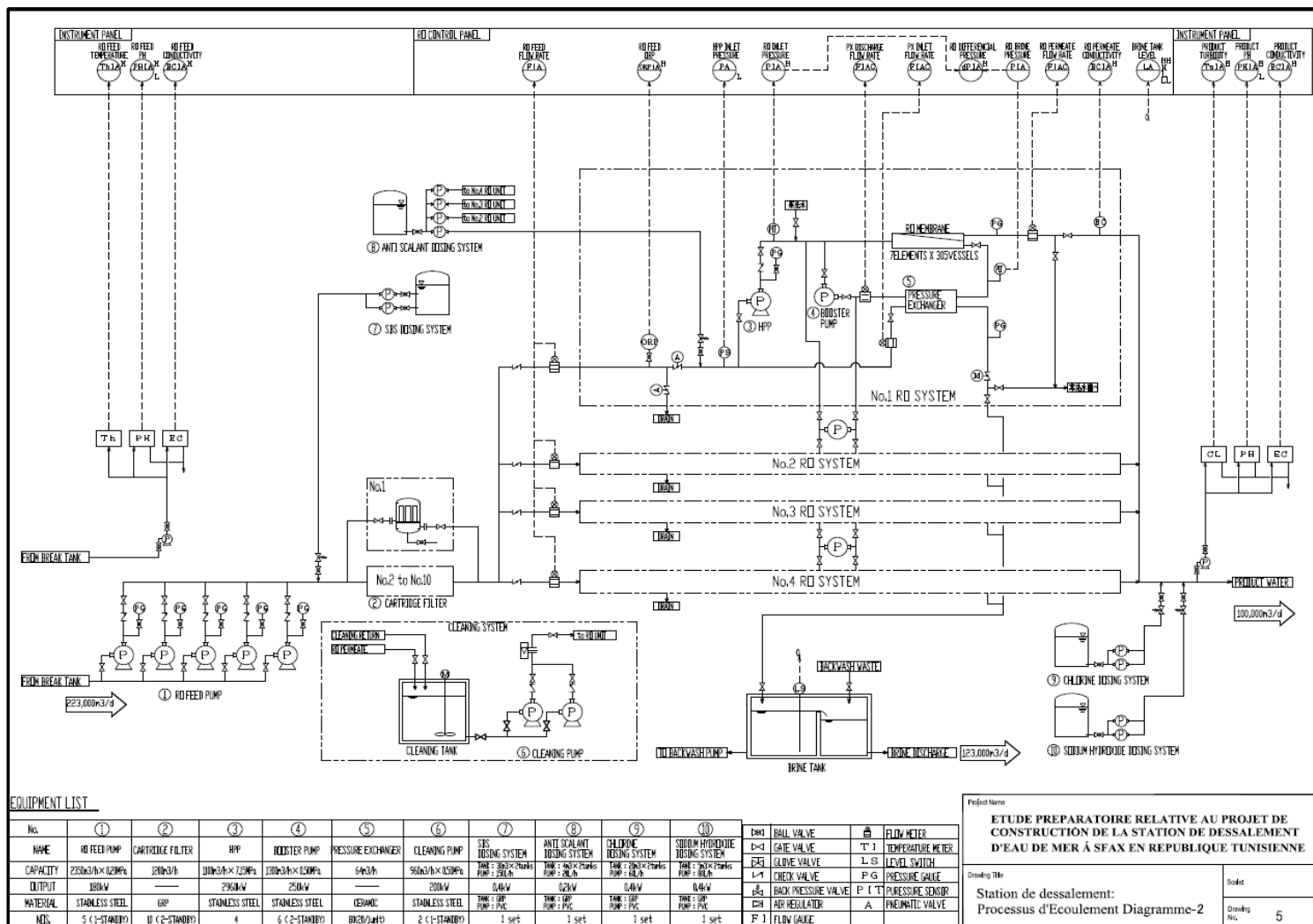
2.2.3.2 Les équipements de l'osmose inverse

Les équipements de l'osmose inverse comporteront des pompes booster pour adapter la pression à l'entrée des pompes à haute pression, des pompes à haute pression centrifuges horizontales, des châssis de chambres d'isobares de récupération de l'énergie du rejet et 8 châssis d'osmose inverse avec 305 tubes à pression par châssis, 7 membranes par tube, 17080 membranes au total.

On prévoit aussi des équipements du lavage des membranes tels que : des réservoirs de préparation des réactifs de lavage équipé de résistances de chauffage et agitateurs de mélange ; des pompes de lavage des membranes, et des filtres à cartouches pour les lavages des membranes.

Un Schéma de détails des installations de d'osmose inverse est donné ci-dessous :

Figure 6 : Schéma de principe de la phase d'Osmose Inverse
(D'après étude de faisabilité SONED)



2.2.4 Le post traitement

Cette phase de post-traitement consiste à la préparation de l'eau dessalée à l'usage auquel elle est destinée. Cette phase consiste principalement à :

- A la désinfection de l'eau grâce à l'ajout d'hypochlorite de sodium ;
- Correction du pH de l'eau grâce à l'ajout de l'hydroxyde de sodium.

2.2.4.1 Description du principe

Pour la station de dessalement de Sfax, et après avoir traversé le système d'osmose inverse, une désinfection et une correction du pH seront effectués afin de produire une eau dans des conditions optimales.

Désinfection : L'hypochlorite de sodium est injecté comme désinfectant dans l'eau produite pour empêcher la croissance bactérienne dans la tuyauterie d'impulsion au point de livraison.

Correction du pH : L'hydroxyde de sodium est injecté pour faire monter le pH du perméat. Le dosage sera réalisé dans la tuyauterie d'impulsion de l'eau produite vers les réservoirs de mélange.

2.2.4.2 Les équipements du post traitement

- **Dosage de l'hydroxyde de sodium, NaOH** : Utilisant une dose de 12.12 mg/l, la consommation annuelle en hydroxyde de sodium de richesse de 33 % serait de l'ordre de **1212 kg/j pour une capacité de 100000 m³/j (la première phase)**. La consommation totale après la deuxième phase (pour une capacité de 200000 m³/j) serait de l'ordre de **2424 kg/j**.
- **Dosage de L'hypochlorite de sodium (NaClO)** : Utilisant une dose de 8.4 mg/l, la consommation annuelle en hypochlorite de Sodium de richesse de 12 % serait de l'ordre de **840 kg/j pour une capacité de 100000 m³/j (la première phase)**. La consommation totale après la deuxième phase (pour une capacité de 200000 m³/j) serait de l'ordre de **1680 kg/j**.

2.2.5 Plan masse de la station de dessalement

La station de dessalement sera implantée sur un terrain de 20 hectares qui comportera les équipements suivants :

1. Le bloc principal comportant les filtres à sable, les microfiltres, la salle des machines et la chassie principale de l'osmose ;
2. La tour de contrôle de la station de dessalement ;
3. Le bloc de stockage des produits chimiques ;
4. La zone de stockage des eaux osmosées ;

5. Le bloc administratif ;
6. Le bloc de réception de l'énergie électrique ;
7. Le bloc comportant la station de pompage des eaux brutes et la bache de rejet des eaux de la saumure.

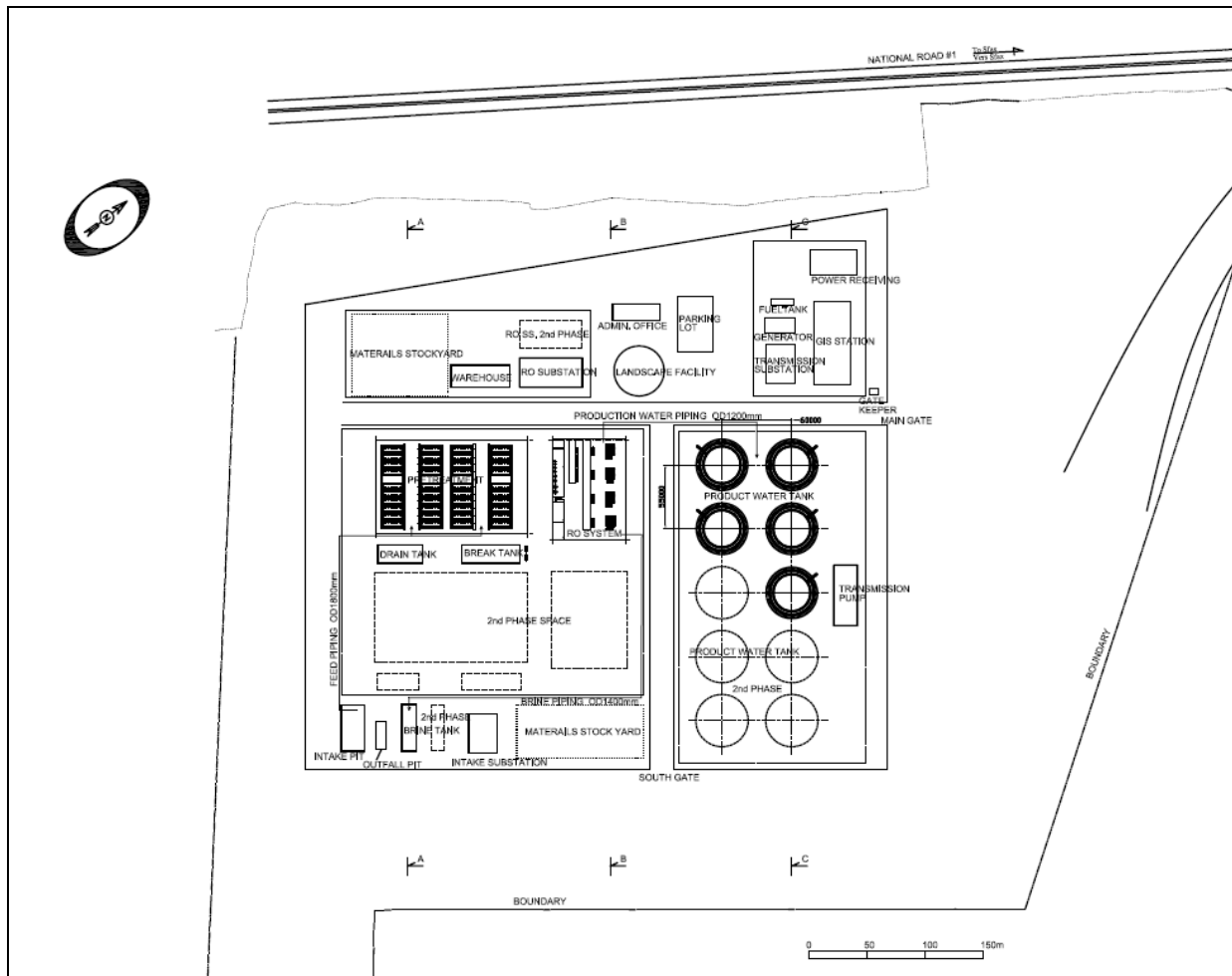


Figure 7 : Plan masse de la station de dessalement
(D'après étude de faisabilité SONED)

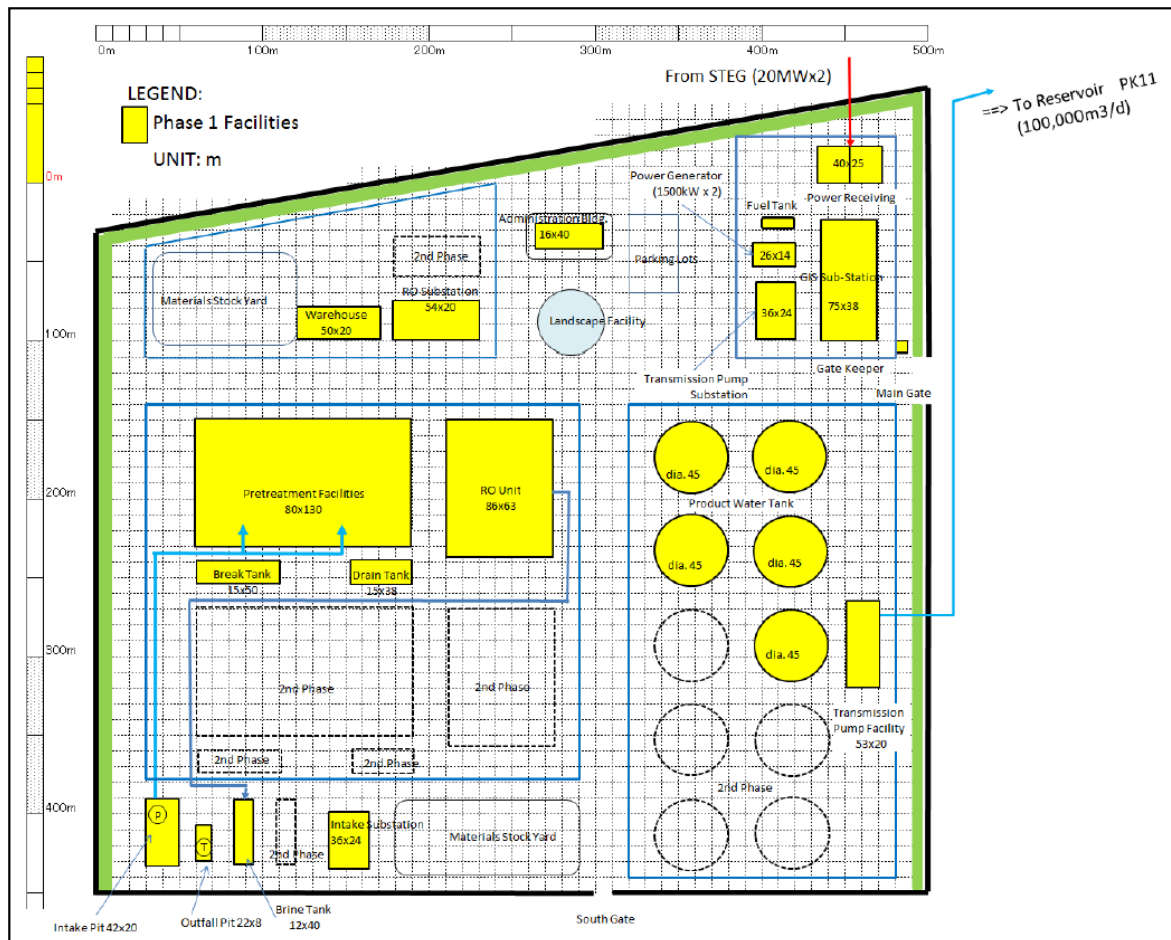
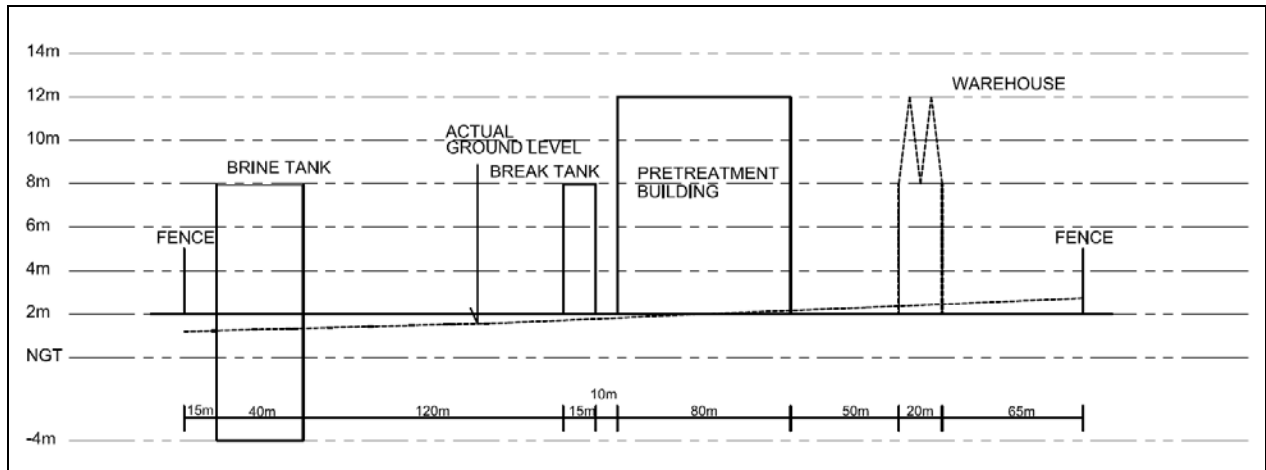
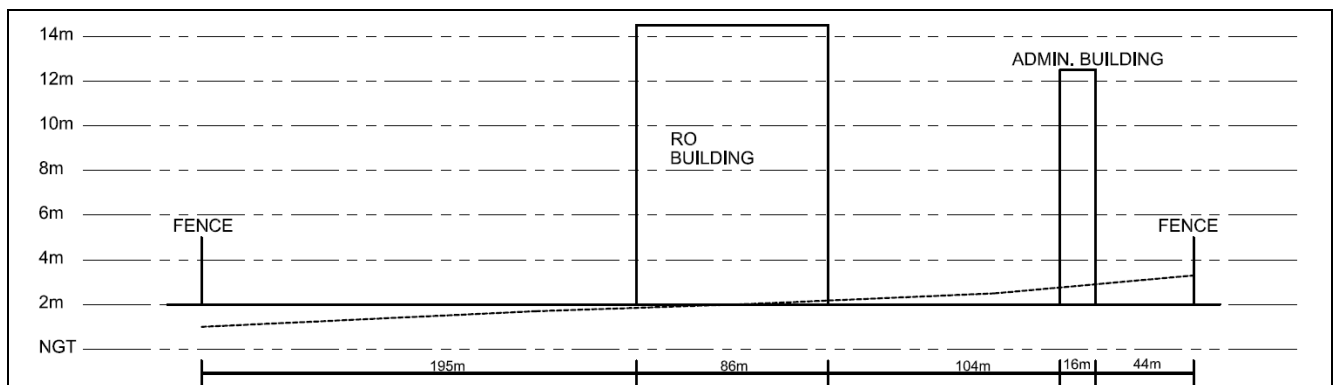


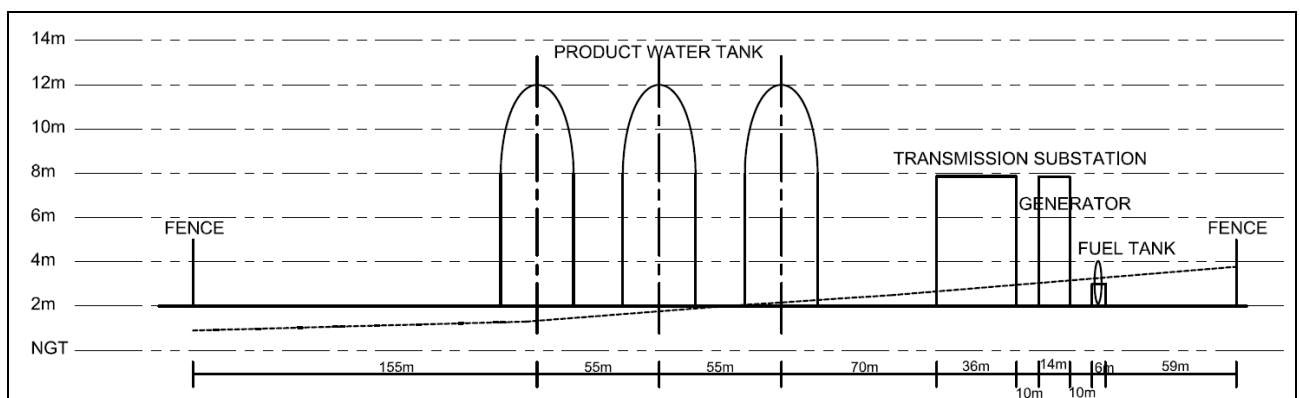
Figure 8: Plan d'implantation des ouvrages de la station de dessalement
(D'après étude de faisabilité SONED)



Section A-A – au niveau du bloc de prétraitement (voir Figure 4 et 6 pour la vue de la section)



Section B-B – au niveau du bloc d'Osiose Inverse (voir Figure 6 et pour la vue de la section)



Section C-C – au niveau des bâches d'eau produite (voir Figure 4 et 6 pour la vue de la section)

**Figure 9 : Quelques coupes type du plan masse de la station de dessalement
(D'après étude de faisabilité SONED)**

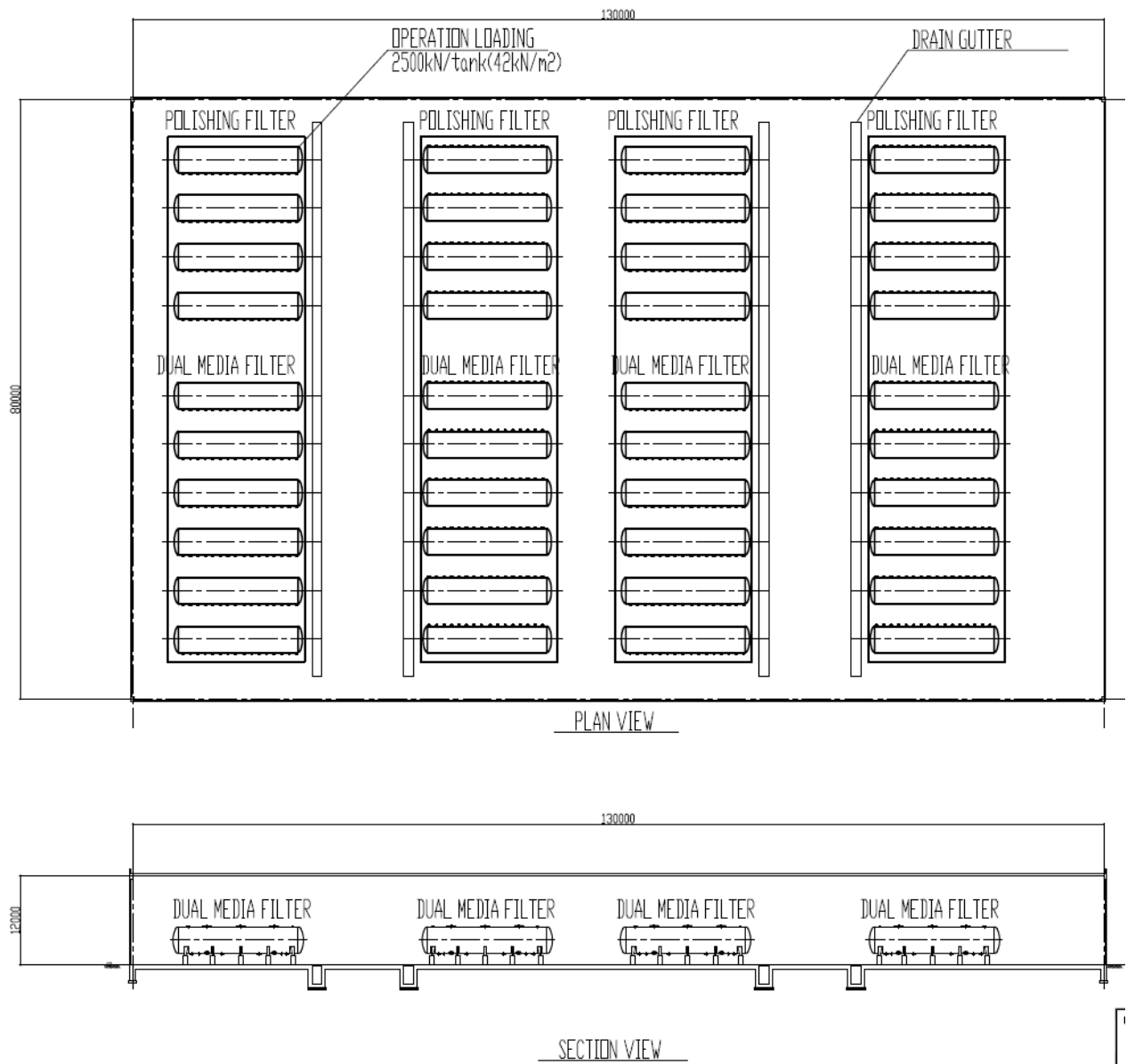


Figure 10 : Plan masse de l'étape filtration à Sable
(D'après étude de faisabilité SONEDA)

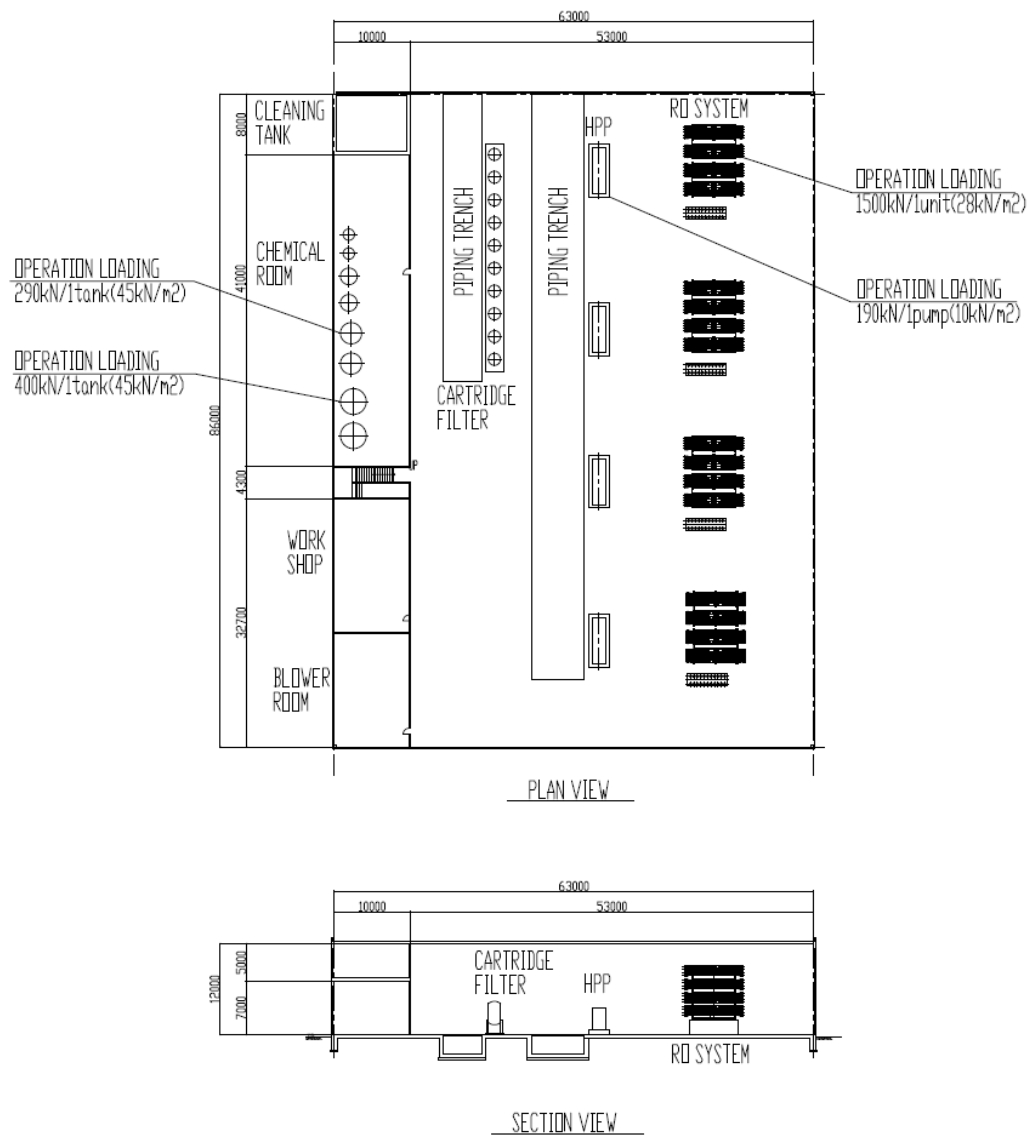
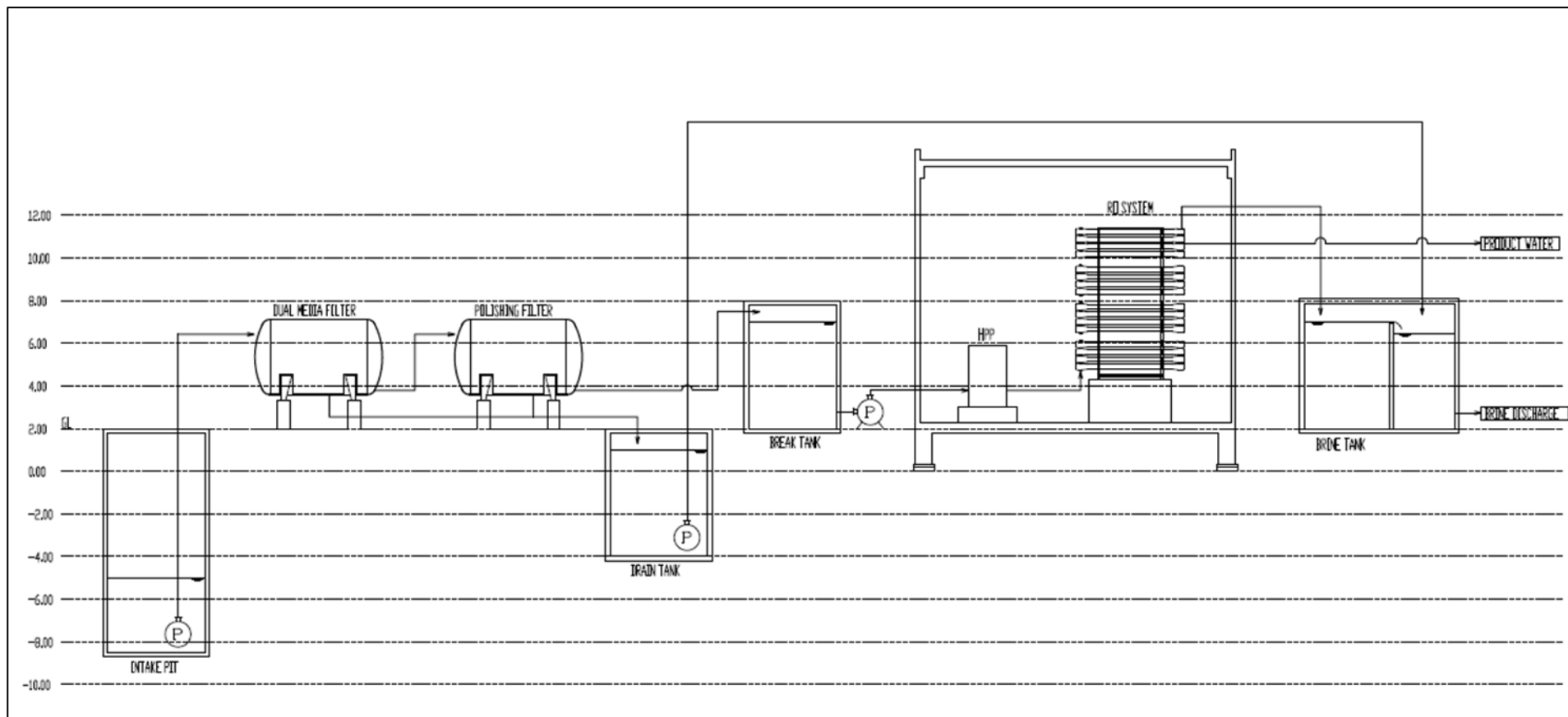


Figure 11 : Plan masse du bâtiment d'osmose
(D'après étude de faisabilité SONED)



Figure 12 : Plan masse du bâtiment administratif
 (D'après étude de faisabilité SONED)

Figure 13 : Profil hydraulique de la station de dessalement de Sfax sud



(D'après étude de faisabilité SONEDE)

2.2.6 Bilan quantitatif et qualitatif de la station de dessalement

2.2.6.1 Bilan hydraulique de la station de dessalement

Le débit prélevé à partir de la mer est de **444 444 m³/j** à une salinité de l'ordre de **41 g/l**. Sur ce débit prélevé :

- **200 000 m³/j** (45%) est de l'eau dessalée produite à 500 ppm (selon les simulations faites cette salinité serait d'environ 350 ppm) ;
- **244 444 m³/j** (55%) de rejet sous forme de saumure à une salinité d'environ 73 g/l (selon les simulations faites cette salinité serait d'environ 70,5 g/l).

Un débit d'environ 7600 m³/h est recyclé de la saumure, pour une durée moyenne de 15 mn par jour, pour le lavage des filtres à sable sous pression, soit un débit journalier de l'ordre de **2000 m³/j** recyclé de la saumure pour le lavage des filtres à sable. Ces eaux de lavage sont enfin recyclées dans l'eau de rejet.

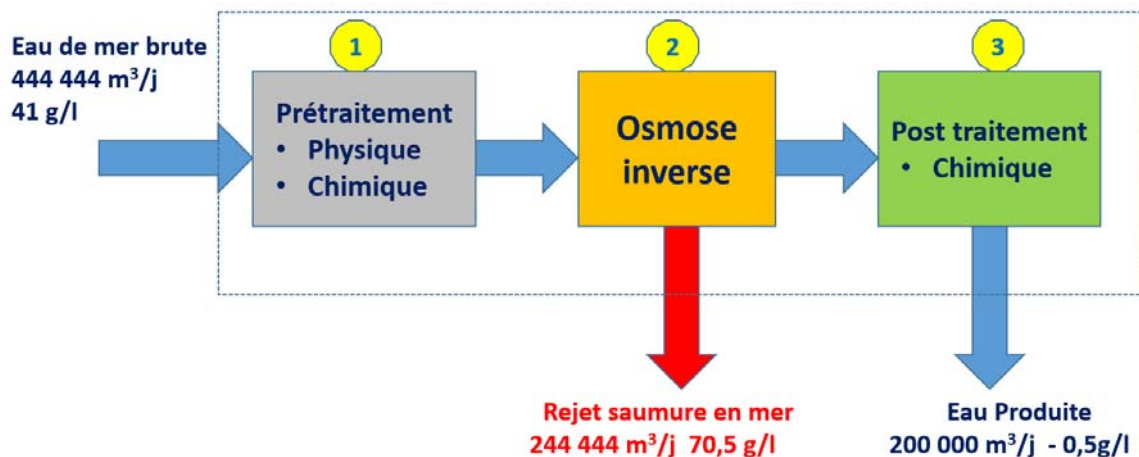


Figure 14 : Bilan hydraulique - Procédé de dessalement (Taux de conversion : 45 %)

2.2.6.2 Bilan des diverses consommations de la station

Dès la mise de l'eau mer brute dans le procédé de dessalement, un ensemble de réactifs chimiques est injecté dans le circuit comme indiqué dans le tableau et le diagramme ci-dessous.

Tableau 1.a : Bilan des consommations des produits chimiques de la station de dessalement

Pour une capacité de 100000 m³/j

Désignation		Consommation journalière kg/j	Consommation Annuelle - T/an	Consommation Annuelle - considérant le coefficient de pointe* T/an
Pré-Traitement				
Hypochlorite de sodium	NaClO	3733	1363	973
Chlorure ferrique	FeCl ₂	1778	649	463
Métabisulfite de sodium	Na ₂ SO ₄	667	243	174
Entrée des modules OI				
inhibiteur d'incrustation	Polymère organique	889	324	232
Post-Traitement				
Hydroxyde de sodium	NaOH	1212	442	316
Hypochlorite de sodium	NaClO	840	307	219

Tableau 2.b : Bilan des consommations des produits chimiques de la station de dessalement

Pour une capacité de 200000 m³/j

Désignation		Consommation journalière kg/j	Consommation Annuelle - T/an	Consommation Annuelle - considérant le coefficient de pointe* T/an
Pré-Traitement				
Hypochlorite de sodium	NaClO	7467	2725	1947
Chlorure ferrique	FeCl ₂	3556	1298	927
Métabisulfite de sodium	Na ₂ SO ₄	1333	487	348
Entrée des modules OI				
inhibiteur d'incrustation	Polymère organique	1778	649	463
Post-Traitement				
Hydroxyde de sodium	NaOH	2424	885	632
Hypochlorite de sodium	NaClO	1680	613	438

** L'étude de faisabilité a préconisé également que la production annuelle moyenne serait la production maximale de la station divisé par 1.4 qui devrait correspondre au coefficient de pointe journalière et tel que défini dans l'étude de faisabilité (Moyenne de production journalière d'eau (production journalière maximale / 1,4) x 365 jours).*

En plus des produits chimiques, un ensemble d'équipements consommables et notamment les cartouches filtrantes et les modules d'osmose inverse sont à gérer. Les cartouches filtrantes ont chacune un diamètre de 6 cm environ et une longueur de 50 pouces (127 cm) soit un volume unitaire de $0,003\text{m}^3$. Les modules d'osmose inverse, ils sont caractérisés par un diamètre de 8 pouces (20 cm environ) et une longueur de 40 pouces (1 m environ).

La consommation de ces équipements est projetée comme suit :

- Les filtres à cartouches qui sont au nombre 10 sont renouvelés tout les six mois ;

Les modules d'osmose inverse qui sont au nombre de 17080 (capacité de $200000\text{ m}^3/\text{j}$) sont renouvelés en moyenne une fois tous les cinq ans, c.a.d., 3416 modules d'osmose inverse sont renouvelés chaque années.

Figure 15a : Bilan hydraulique et des consommations divers – Phase 1

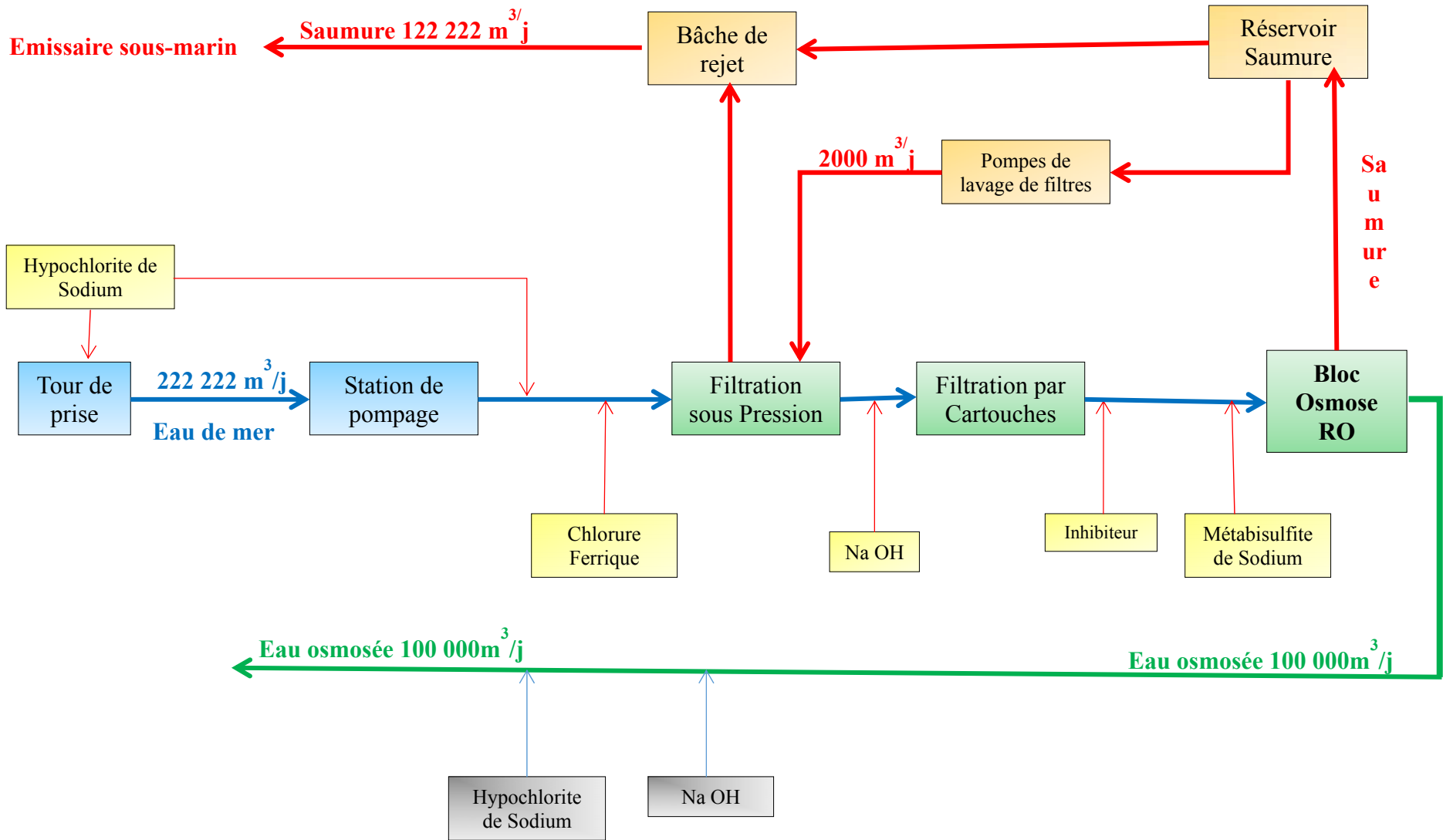
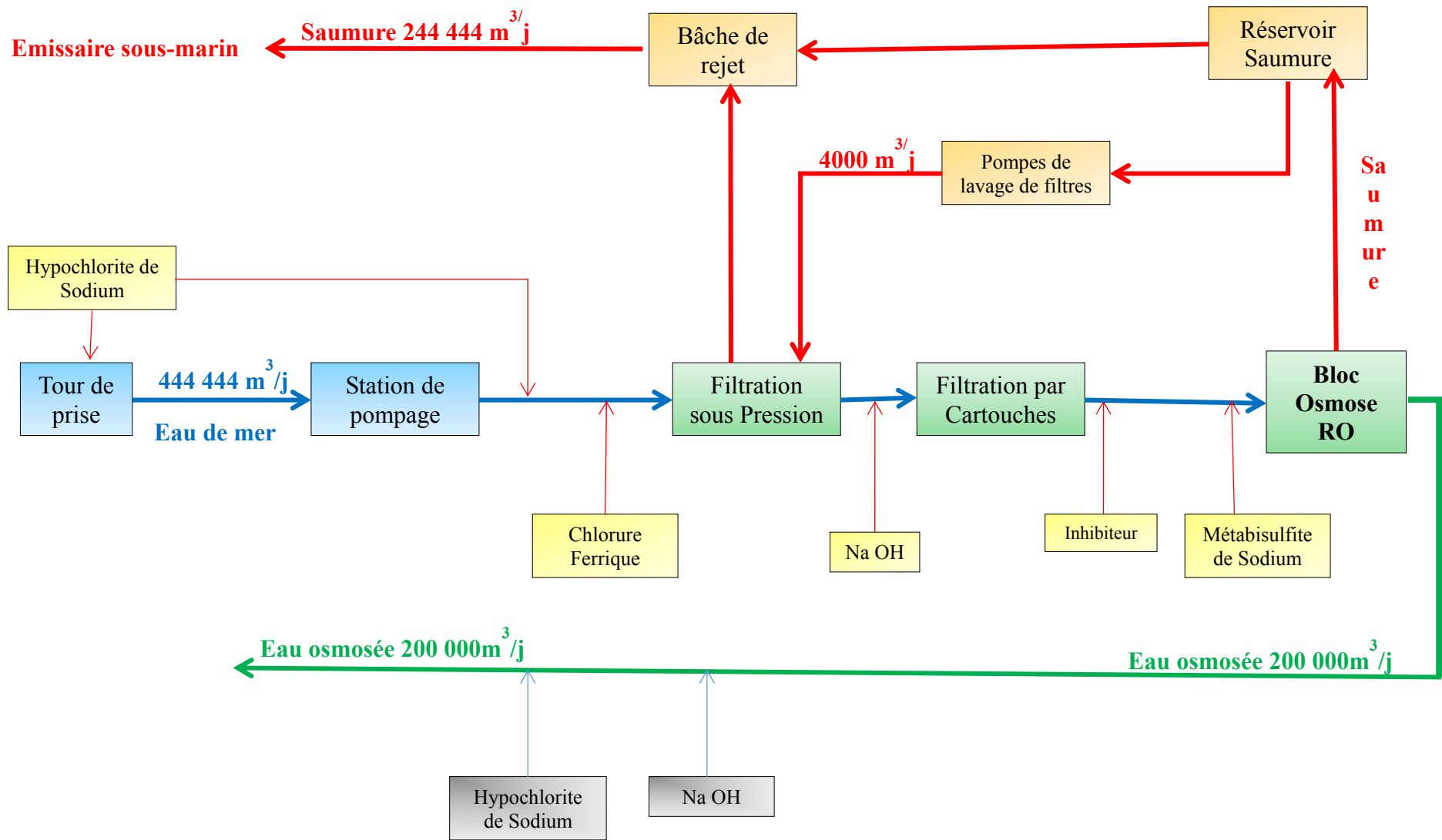


Figure 16: Bilan hydraulique et des consommations divers – Phase 2



2.2.6.3 Qualité des eaux de rejet

- Le rejet est constitué principalement d'une saumure à **73 g/l au maximum** (selon les simulations faites cette salinité serait d'environ 70,5 g/l).

La qualité des eaux de rejet est calculée sur la base de la qualité des eaux de mer brutes dessalées

Tableau 3 : Qualité des eaux de mer brutes

Désignation	unité	Eau de mer brute
Turbidité	NTU	4.93
Température	°C	14-25
pH		8.15*
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	400
Magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/l	1516
Sodium (Na ⁺⁺)	mg/l	12889
Potassium (K ⁺)	mg/l	370
Carbonates (CO ₃ ⁻)	mg/l	0
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	213
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	21 540
Sulfates (SO ₄ ⁻)	mg/l	2154
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	9
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	-
Résidu sec (RS)	mg/l	40 500

Valeurs données par l'étude de faisabilité, sauf le pH, Valeur mesurée par IHE 2015.

Impact de l'osmose

En se basant sur le taux de conversion de la future station de dessalement, l'eau de rejet aura une qualité approximative comme suit :

Tableau 4 : Qualité des eaux de rejet de la saumure

Désignation	unité	Saumure
Turbidité	NTU	négligeable
Température	°C	
pH		7.66
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	712
Magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/l	2699
Sodium (Na ⁺⁺)	mg/l	22817
Potassium (K ⁺)	mg/l	654
Carbonates (CO ₃ ⁻)	mg/l	25
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	368
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	41822
Sulfates (SO ₄ ⁻)	mg/l	3839
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	15
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	-
Résidu sec (RS)	mg/l	73.0

Figure 17 : Qualité des eaux de rejet comparées à celle des eaux brutes

Désignation	unité	Eau de mer brute	Saumure
Turbidité	NTU	4.93	négligeable
Température	°C	14-25	
pH		8.15	7.66
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	400	712
Magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/l	1516	2699
Sodium (Na ⁺⁺)	mg/l	12889	22817
Potassium (K ⁺)	mg/l	370	654
Carbonates (CO ₃ ⁻⁻)	mg/l	0	25
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	213	368
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	21 540	41822
Sulfates (SO ₄ ⁻⁻)	mg/l	2154	3839
Nitrates (NO ₃ ⁻⁻)	mg/l	9	15
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	-	-
Résidu sec (RS)	mg/l	40 500	73.0

Impact des produits chimiques utilisés

Quant aux réactifs chimiques qui sont tous de nature minérales, ils sont soit rejetés avec les eaux de lavage des filtres à sables tel que le chlorure ferrique, neutralisés entre eux tels que l'hypochlorite de sodium et le meta bisulfite de sodium soit induisant une variation de pH tel que le cas de l'acide sulfurique et la soude caustique.

2.3 Le réseau d'alimentation en énergie électrique

2.3.1 Puissance requise de la station

La consommation électrique d'une station de dessalement utilisant la méthode à membrane OI varie généralement de 3,5 à 4,1 kWh/m³. La station de dessalement d'eau de mer de Sfax a été conçue pour une consommation en énergie de moins de 4,2 kWh/m³ comme l'indique le cahier de charge relatif à ce projet.

Station de dessalement: L'énergie électrique varie selon le type et modèle de fabrication et la valeur de 4,2 kWh/m³ semble être appropriée; il est prévu d'adopter la même valeur pour ce projet. Par conséquent, si la valeur de 4,2 kWh/m³ est appliquée, la station de dessalement d'eau de mer de 200 000 m³/j nécessitera une puissance de 35 MW sur la base de l'équation suivante:

- Production d'eau dessalée: $200\,000\text{ m}^3/\text{j} = 8\,333\text{ m}^3/\text{h}$
- Puissance: $4,2\text{ kWh/m}^3 \times 8\,333\text{ m}^3/\text{h} = 35\,000\text{ kW} = 35\text{ MW}$

Station de pompage : La puissance requise pour les pompes de refoulement est de 3,1 MW à un taux d'écoulement de 8 333 m³/h, une charge d'eau de 95 m et une efficacité de 70%.

La conception du projet prendre en compte une valeur de **40 MW** (35 MW pour la station de dessalement de l'eau de mer + 3,1 MW pour la station de pompage).

L'alimentation en énergie électrique sera assurée à partir de la centrale STEG située sur la rocade de Sfax.

2.3.2 La ligne d'alimentation électrique de la station

L'alimentation sera assurée par des lignes aériennes à partir de la centrale STEG située sur la rocade de Sfax (figure suivante).

Le nombre des pylônes nécessaires pour une ligne aérienne 150kV de longueur 15 km est estimé à 40. La superficie d'un pylône est environ égale à 100 m² (10 m x 10 m).

2.3.3 Les équipements électriques de la station de dessalement

Les installations électriques de la station de dessalement et des réservoirs sont données ci-après:

1) Plan de l'ouvrage de réception de l'électricité

Le système de réception est du type triphasé, avec trois lignes 150 kV 50 Hz et deux lignes à haute tension (système boucle) ; Un générateur électrique sera installé pour éviter les coupures électriques.

Les ouvrages de réception électrique sont constitués d'unités primaires et secondaires. L'unité primaire est installée à l'entrée du site alors que les unités secondaires seront installées en quatre endroits différents, à savoir au niveau de la prise, de la station de dessalement d'eau de mer (Phase 1), de la station de dessalement d'eau de mer (Phase 2) et des ouvrages de refoulement ;



Figure 18 : Itinéraire de l'alimentation de la station de dessalement en énergie électrique par des lignes aériennes à partir de la centrale STEG de la rocade

L'ouvrage de réception électrique est composé des éléments suivants :

- a) Lignes électriques de réception
- b) Système de réception électrique
- c) Ouvrage de sous-station primaire
- d) Sous-station secondaire 1 : Ouvrage de prise
- e) Sous-station secondaire 2 : Station de dessalement d'eau de mer (Phase 1 du Projet)
- f) Sous-station secondaire 3 : Station de dessalement d'eau de mer (Phase 2 du Projet)
- g) Sous-station secondaire 4 : Ouvrages de refoulement

2) Générateur électrique

3) Ouvrage de fonctionnement et de contrôle

4) Appareillages et instrumentation

5) Ouvrage de fonctionnement et d'entretien

2.4 Le système de captage et de rejet d'eau de mer

Le système retenu par l'étude de faisabilité (réalisée par JICA) est le captage direct par le biais de conduite ensouillée dans le fond marin. Le rejet sera également effectué par une conduite ensouillée en mer.

Le système captage-rejet comporte les composantes suivantes :

Bâche de captage :

- Situation à 400 m du rivage des plus hautes eaux ;
- Côte du fond : 8,5 m en dessous du sol.

Conduite de captage :

- Longueur : 3 600 m dont 400 m sont sur terre ;
- Débit : 444 444 m³/j pour les phases 1 et 2 ;
- Nombre : 2
- Mode pose : Ensouillée sur toute la longueur
- Matériaux : PEHD
- Diamètre : 2 000 mm
- Perte de charge : 1,8 m
- Ecoulement : Gravitaire
- Cote captage : - 8 m ZH

Tour de prise :

- Nombre : 2
- Cote fond marin : - 8 m ZH

Conduite de rejet :

- Longueur : 4 400 m dont 400 m sont sur terre ;
- Mode pose : ensouillée dans le fond marin ;
- Débit : 244 444 m³/j pour les phases 1 et 2 ;
- Nombre : 1
- Diamètre : 1 800 mm
- Ecoulement : gravitaire
- Cote rejet : - 10 m ZH
- Perte de charge : 2,1 m

Tour de rejet :

- Nombre : 1
- Cote fond marin : - 10 m ZH



Figure 19 : Plan d'implantation des conduites de captage et de rejet en mer

2.5 Le réseau de transfert des eaux de la station de dessalement

Le projet prévoit le raccordement de la station de dessalement au réseau d'alimentation en eau potable de Sfax par la réalisation d'un réseau d'adduction et de stockage comprenant :

1. **Une station de pompage principale** : Elle sera installée au niveau de la station de dessalement pour transférer un débit de 100 000 m³/j lors de la phase 1 et un débit de 200 000 m³/jour lors de la phase 2 du projet. Chacune des deux phases comporte une série de 2 pompes (+1 pompe de secours) de HMT 95 m et de puissance 800KV ;
2. **Un réseau de transfert d'eau dessalée comportant** :
 - Une conduite de refoulement de la station de dessalement vers le réservoir PK 11. Cette conduite suivra la route nationale RN1 puis la rocade de Sfax N°1 jusqu'au croisement avec la route Menzel Chaker où la conduite tourne vers le PK11 ;
 - Une conduite de transfert du PK 11 vers le réservoir de Bou Merra. Elle suivra la route de Menzel Chaker ;
 - Une conduite du réservoir PK 11 au réservoir PK10. Elle suivra la rocade de Sfax jusqu'au croisement avec la route de Gremda à PK10 ;
 - Une conduite du réservoir PK 10 vers le réservoir PK14. Elle suivra une route goudronnée puis un piste jusqu'au PK14 ;
 - Une conduite du réservoir PK14 vers le réservoir Sidi Salah EH. Elle suivra le tracé de l'autoroute A1 qui est en cours des travaux.

Les caractéristiques de ces conduites sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Caractéristiques techniques des conduites de raccordement de la station de dessalement au réseau d'AEP de Sfax

Section	Distance Km	Débit – m ³ /j	Diamètre - mm
Station de dessalement – PK11	26,3	200 000	1400
PK11 – Boumerra	2,9	20 100	400
PK11 – PK10	6,1	147 786	1000
PK 10 – PK 14	4,8	89 986	800
P14 – Sidi Salah	9,4	64 686	800

Comme indiqué ci-dessus, les conduites de transfert suivront des routes nationales entre la station de dessalement et les réservoirs PK10 et PK11 et le long de routes locales entre le réservoir PK11 et le réservoir de Bou Merra et l'autoroute entre le réservoir PK14 et le réservoir Sidi Salah EH.

3. **Un réseau de stations de pompage intermédiaire** : Mise à part la station de pompage principale présentée ci-dessus, le réseau de transfert comportera les stations de pompage intermédiaires suivantes :
- *Station de pompage PK11-Boumerra* : Elle sera installée dans le site PK11 avec une HMT de 63m et une puissance de 132 KW ;
 - *Station de pompage PK11-PK10* : Elle sera installée dans le site PK11 avec une HMT de 34m et une puissance de 355 KW ;
 - *Station de pompage PK10-PK14* : Elle sera installée dans le site PK10 avec une HMT de 51m et une puissance de 450 KW ;
 - *Station de pompage PK14-Sidi Salah* : Elle sera installée dans le site PK14 avec une HMT de 38m et une puissance de 250 KW.
4. **Des réservoirs anti-béliers** : Le tronçon de la conduite de refoulement entre la station de dessalement, PK11 et Boumerra comportera :
- 2 cheminées d'équilibre de 10m de diamètre et de 15 m de hauteur ;
 - Une chambre d'air de 1,5m de diamètre et de 1,7m de hauteur à PK11.
5. **Un réservoir de 5000 m³ à Boumerra** ;
6. **Des bâches de mélange** : Des bâches de mélange sont prévues dans les sites des réservoirs PK11, PK10, PK14, Boumerra et Sidi Salah avec les caractéristiques suivantes :
- PK11 : 9,0W x 15,0L x 5,0D ;
 - Boumerra : 4,0W x 3,0L x 5,0D ;
 - PK10 : 7,0W x 10,0L x 5,0D ;
 - PK14 : 7,0W x 7,0L x 5,0D ;
 - Sidi Salah : 6,0W x 5,0L x 5,0D.

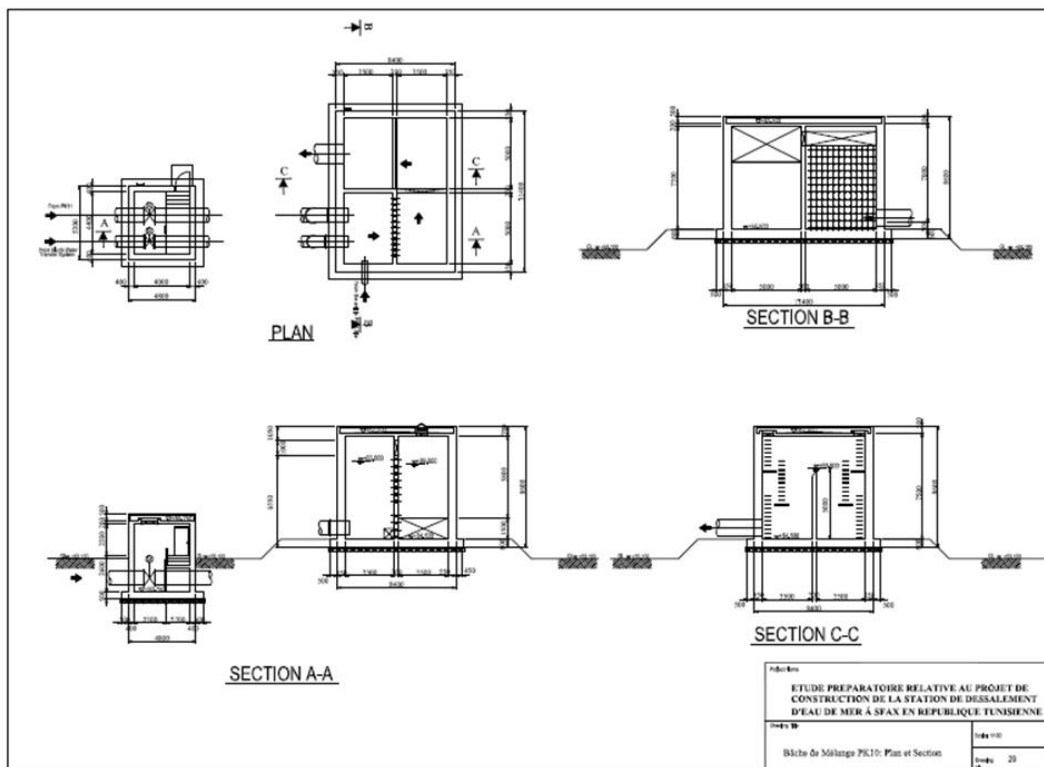


Figure 20: Bâche de mélange PK10, plans et sections

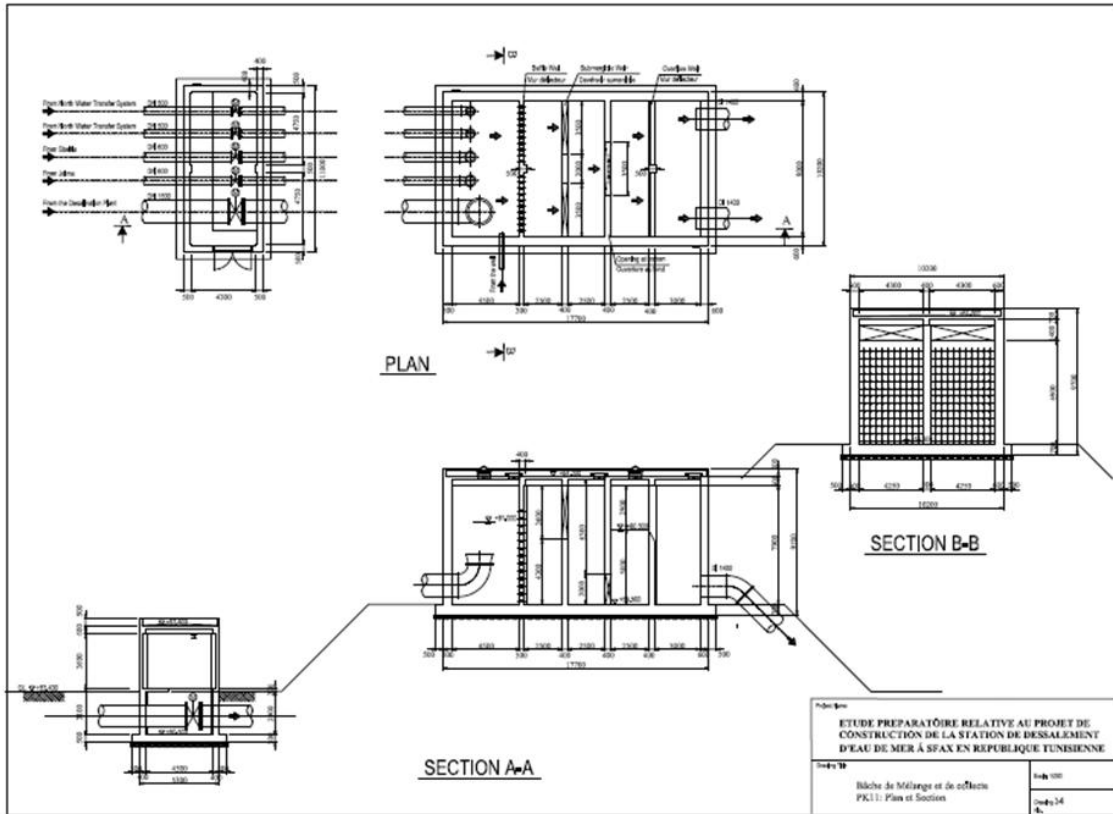


Figure 21 : Bâche de mélange PK11, plans et sections

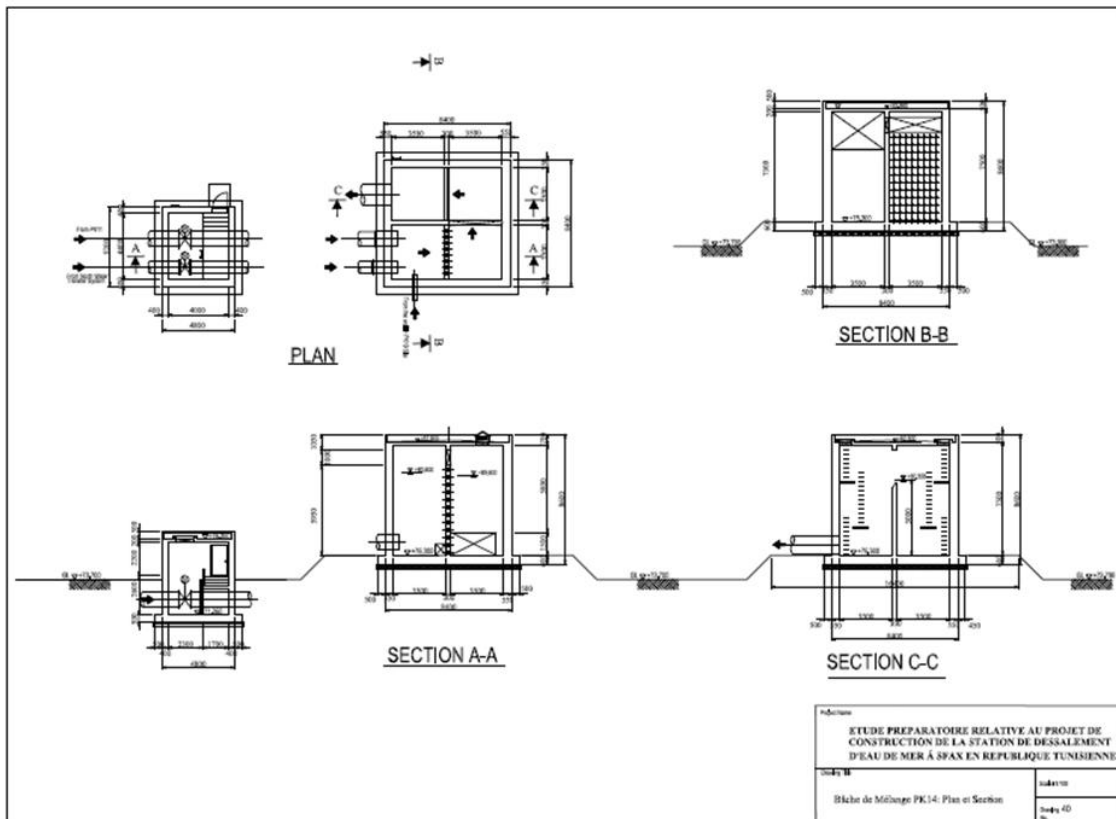


Figure 22 : Bâche de mélange PK14, plans et sections

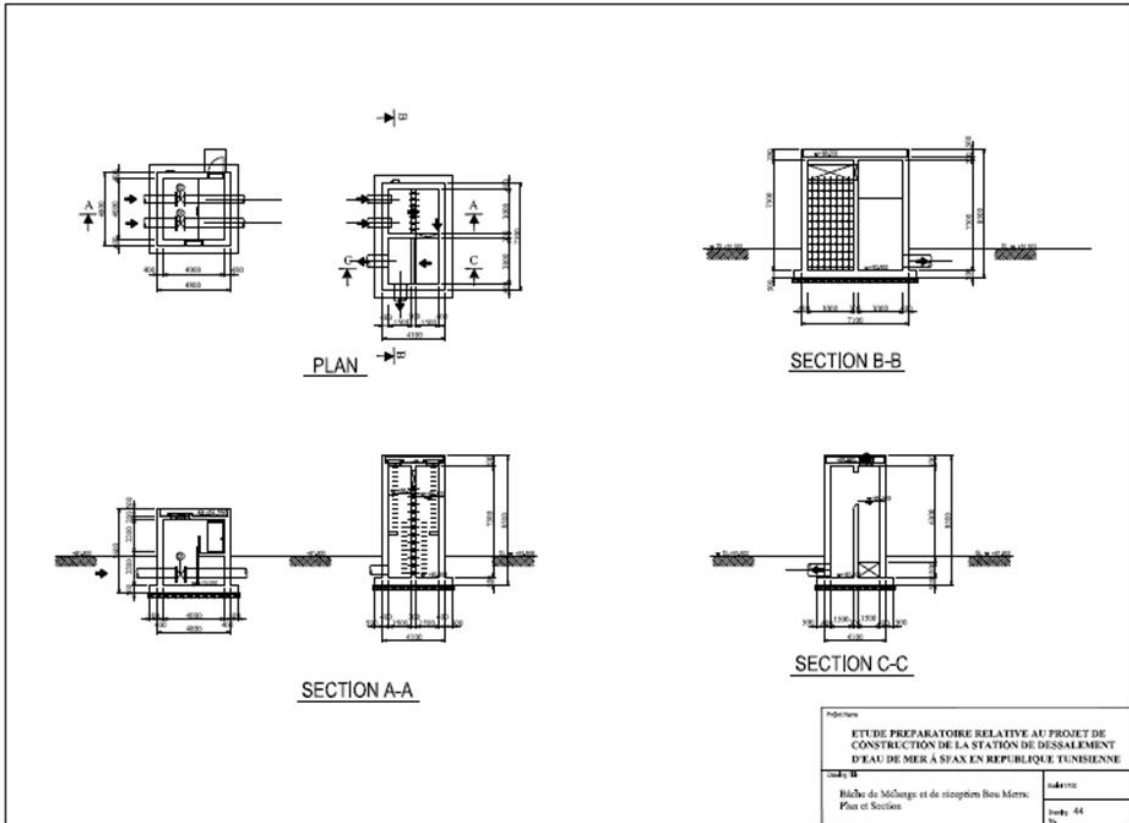


Figure 23 : Bâche de mélange Bou Merra, plans et sections

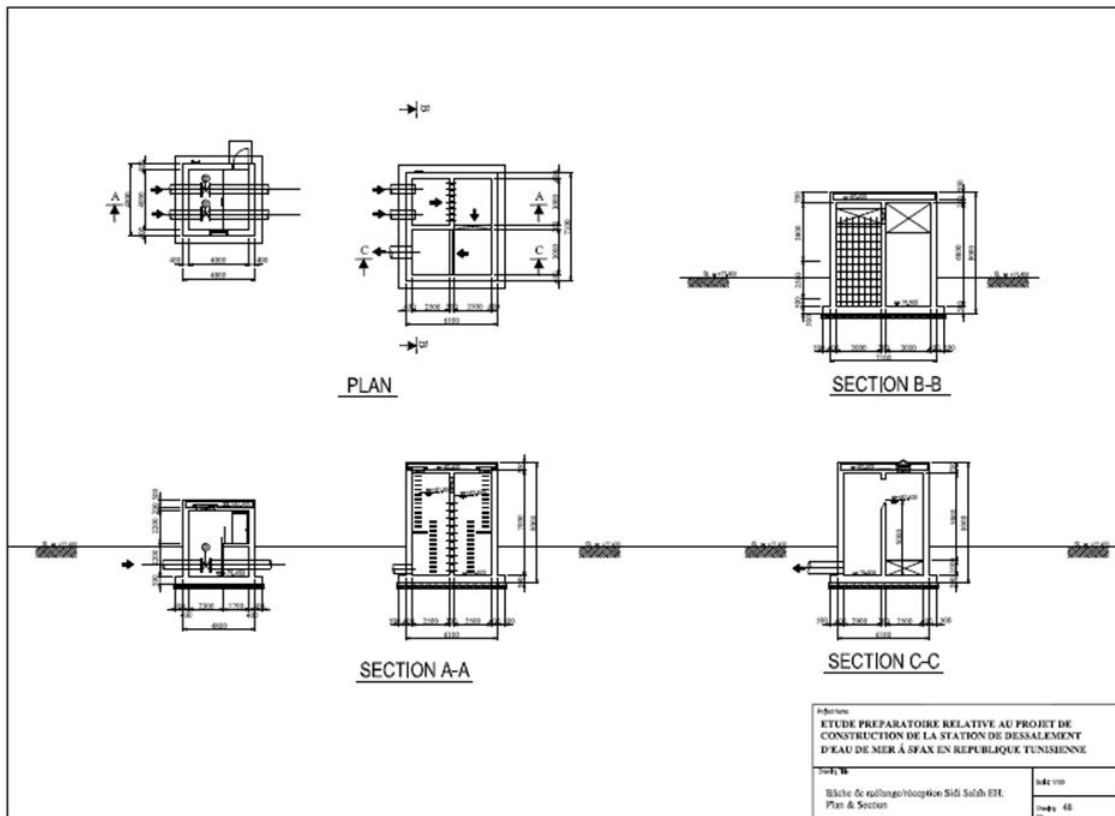


Figure 24 : Bâche de mélange Sidi Salah, plans et sections

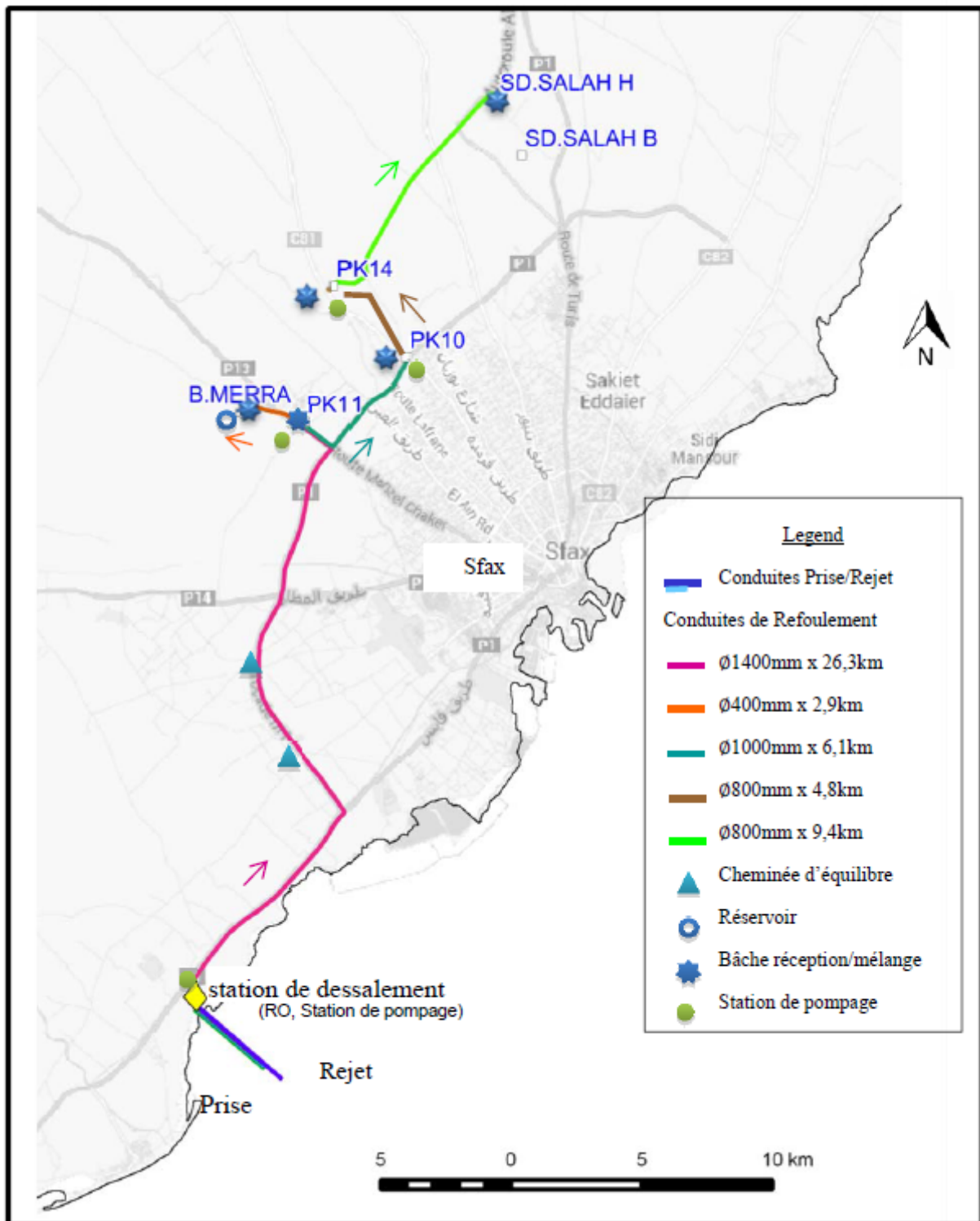


Figure 25 : Réseau de raccordement de la station de dessalement avec le réseau d'AEP de Sfax

2.6 Coûts et calendrier prévisionnel de mise en œuvre du projet

2.6.1 Coût total des équipements et des travaux

Le projet sera financé par un prêt JICA. Sa mise en œuvre sera réalisée selon les processus recommandés par les directives de la JICA.

Selon les critères d'éligibilité au financement du prêt JICA, le projet a été divisé en 7 lots comme suit :

- **Lot 1:** Fourniture et réalisation de la station de dessalement comprenant la construction de la station de dessalement d'eau de mer, les conduites de captage et de rejet en mer et les deux stations de pompage d'eau de mer et de refoulement des eaux ;
- **Lot 2:** Fourniture des conduites du réseau de transfert des eaux de la SD au réseau d'AEP de Sfax ;
- **Lot 3:** Fourniture de vannes et pièces spéciales pour les conduites de raccordement au réseau d'AEP de Sfax ;
- **Lot 4:** Travaux de pose de 49,5 km et des ouvrages anti-bélier pour le réseau de transfert des eaux de la station de dessalement ;
- **Lot 5:** Travaux de construction d'un réservoir de stockage et de 5 bâches de réception et de mélange au niveau des sites de stockage existants ;
- **Lot 6:** Travaux de construction des stations de pompage du réseau de transfert des eaux de la station de dessalement ;
- **Lot 7:** Fourniture et construction de la ligne d'alimentation en énergie électrique (STEG) de la station de dessalement d'eau de mer.

Le coût approximatif de la totalité du projet est de l'ordre de **500 Million de dinars**.

2.6.2 Calendrier d'exécution des travaux

Le lot 1 représente l'étape cruciale du projet et il nécessite la durée la plus longue pour toutes les étapes de mise en œuvre du projet. Le calendrier de chaque lot est prévu de façon à éviter tout retard du lot 1 et il se présente de la manière suivante :

Désignation	Durée des travaux mois	Remarques
Lot 1: Fourniture et réalisation de la de la station de dessalement	48	Essais de garantie de 12 mois
Lot 2: Fourniture des conduites du réseau de transfert de Sfax	30	Fin achat 3 mois avant début des travaux de pose
Lot 3: Fourniture de vannes et pièces spéciales	30	Fin achat 3 mois avant début des travaux de pose
Lot 4: Travaux de pose de 49,5 km de conduites	30	Fin construction 3 mois avant démarrage lot 1
Lot 5: Travaux de construction des réservoirs et bâches	30	Fin construction 3 mois avant achèvement SD et pose des conduites
Lot 6: Travaux de construction des stations de pompage du réseau de transfert	33	Fin construction 3 mois avant achèvement SD et pose des conduites
Lot 7: Fourniture et construction de la ligne électrique STEG	30	Fin travaux 3 mois avant achèvement SD

Source : Etude de faisabilité SONEDÉ-JICA (Sept., 2015)

Tableau 6 : Aperçu sur le calendrier prévisionnel d'exécution du projet

Activité du projet	Période nécessaire (mois)	Date prévue
1. Engagement d'un prêt (possibilité d'entamer le processus documentaire entre l'organisme d'exécution et la JICA)		Déc. 2015
2. Echange de notes pour un prêt		Mars 2016
3. Contrat de prêt		Mars 2016
4. Etude d'impact sur l'Environnement EIE	12	Juin 2015 – Mai 2016
5. Approbation de l'EIE		Sept. 2016
6. Sélection des consultants	24	Juillet 2015 – Juin 2017
7. Services-conseils (pour les lots 1 à 7)	87	Juillet 2017 – Sept. 2024
7.1 Conception détaillée (lots 1 à 6)	12	Juillet 2017 – Juin 2018
7.2 Assistance au processus d'appel d'offres (lots 1 à 6)	15	Juillet 2018.7 – Sept. 2019
7.3 Suivi des travaux (lot 1)	60	Oct. 2019 – Sept. 2024
8. Sélection des entreprises (lot 1)	23	Nov. 2017 – Sept. 2019
9. Travaux de construction (lot 1) (y compris Essai de Garantie)	48	2019.10 – 2023.9
10. Fin des travaux (lots 1)		2023.10
11. Période de garantie	12	2023.10 – 2024.9

Source : Etude de faisabilité SONEDÉ-JICA (Sept., 2015)

2.6.3 Coûts d'exploitation et d'entretien

Le coût d'exploitation et d'entretien comporte tous les frais de l'exploitation et l'entretien de la station de dessalement. L'étude de faisabilité réalisée par SONEDE-JICA a relevé les coûts d'exploitation indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Coût d'exploitation et d'entretien

Ouvrage	Puissance	Produits chimique	Membrane OI	Personnel	Autres	Total
Station de dessalement	24 893 400	2 717 000	2 898 000	570 000	1 703 000	32 781 400
Ouvrage d'alimentation en eau	1 840 000	0	0	75 000	195 000	2 110 000
Installation de pompe de relais	143 800	0	0	195 000	466 000	2 099 000
Total	28 171 400	2 717 000	2 898 000	840 000	2 364 000	36 990 400

Source : Etude de faisabilité SONEDE-JICA (Sept., 2015)

Le coût de l'exploitation et de l'entretien de cette station de dessalement d'eau de mer et des systèmes d'approvisionnement en eau est, pour la première phase du projet, de 36 990 400 DT/année pour une quantité totale produite de 36 500 000 m³/an (100 000 m³/jour) soit un coût unitaire de **1,013DT/m³** d'eau produite par le dessalement.

3. ETUDE DE L'ETAT NATUREL DU SITE

Ce chapitre est consacré pour l'étude de l'état initial du milieu naturel. Nous présentons ainsi:

- Les données bibliographiques préliminaires disponibles ;
- Les résultats de l'exploration du milieu terrestre ;
- Les résultats de l'exploration du milieu marin.

3.1 Données bibliographiques préliminaires

Dans cette section, nous présentons quelques données bibliographiques préliminaires sur les principaux travaux réalisés l'INSTM pour le grand golfe de Gabès (en particulier la zone du projet) ainsi que quelques données sur les deux zones insulaires sensibles proches du site à savoir: Les deux archipels des Kerkena et d'El Kneis.

3.1.1 Le grand golfe de Gabès

La cartographie fournie par les différents rapports de l'INSTM (2011) permet d'établir la répartition et de la densité actuelles de la couverture végétale (Posidonies Cymodocées et Caulerpes) dans tout le golfe.

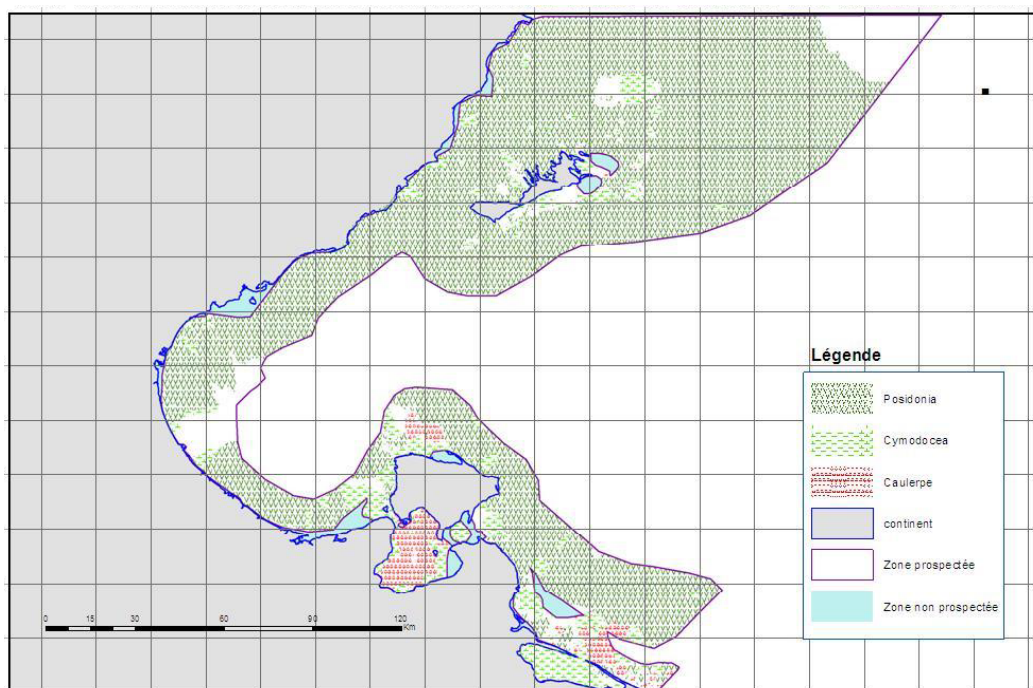


Figure 26: INSTM 2011- carte de la répartition de la végétation benthique du golfe de Gabès

3.1.1.1 Les herbiers

L'étude de la répartition et de la distribution des herbiers de posidonies tout au long du linéaire côtier du golfe de Gabès montre que, lorsqu'ils sont présents, **leur limite inférieure se situe pour 11% d'entre eux à une profondeur de moins de 5m, 70% à une profondeur**

inférieure ou égale à 10m, 12% à une profondeur comprise entre 10 et 15m, **7% seulement allant au-delà de 15m de profondeur.**

Dans 79% des stations les plants de posidonies sont largement envasés.

Pour ce qui est de l'état de la conservation de ces herbiers

L'herbier situé en bordure littorale (entre 0 et -3 m) est le mieux conservé, il présente, cependant, un IFG (indice foliaire global) faible

L'herbier situé entre -3 et -10m est le plus fréquent mais il est en mauvais état, son IFG reste assez faible.

Au-delà de 10m de profondeur, l'herbier rencontré est généralement en mauvais état.

L'INSTM conclue (2011) « Ainsi, les résultats relatifs à l'étude de l'herbier de posidonie relict du golfe de Gabès montrent bien qu'il y a un délabrement de son état surtout pour les îlots situés à une profondeur supérieure à 3m. »

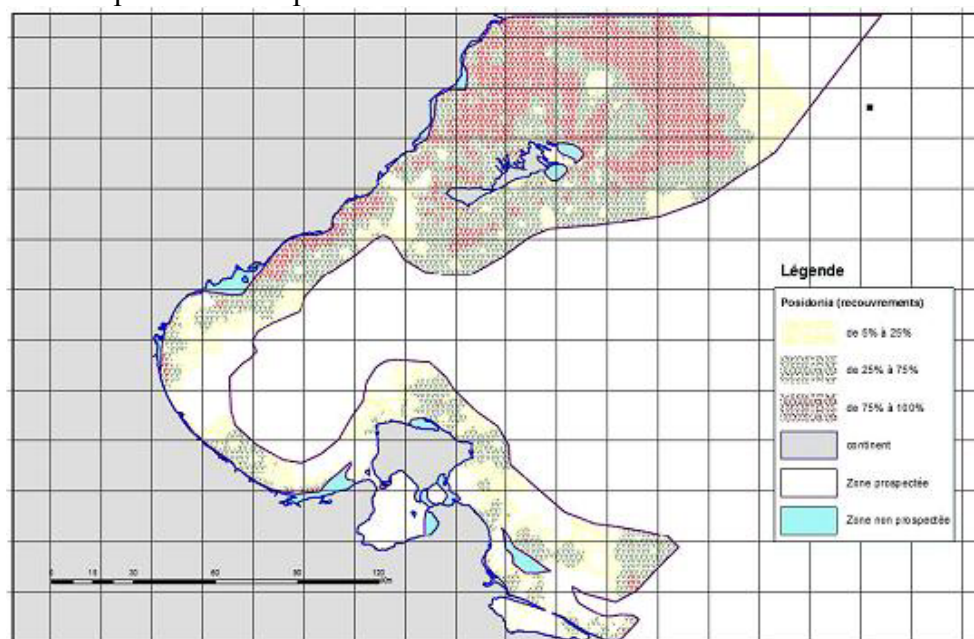


Figure 27 : INSTM 2011- carte de la répartition des herbiers de posidonies du golfe de Gabès.

3.1.1.2 Les prairies de *Caulerpes*

La répartition spatiale actuelle de *C. prolifera* est excessivement restreinte. Elle n'a été rencontrée que dans 6 stations, 5 d'entre elles envasées et la sixième en aval d'un herbier récifal en marmite. **Sa répartition bathymétrique actuelle ne dépasse pas 13 m** alors qu'elle atteignait l'isobathe des 50 m dans les années 50 (Molinier et Picard, 1954).

De façon globale, les campagnes réalisées (291 stations réparties sur l'ensemble du golfe de Gabès, le long de 66 radiales) ont permis de mettre en évidence 2 écotopes antagonistes (Figure ci-dessus)

- deux zones pratiquement aphytales correspondant
 - à la partie centrale du golfe de Gabès
 - au secteur littoral jouxtant les villes de Gabès et Ghannouche

- des herbiers couvrant de très larges surfaces dans la portion côtière septentrionale du golfe et notamment dans la zone kerkenienne.

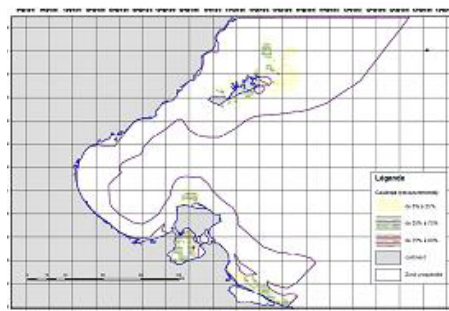


Figure 28 : golfe de Gabès (INSTM, 2011) – répartition de *Caulerpa prolifera*

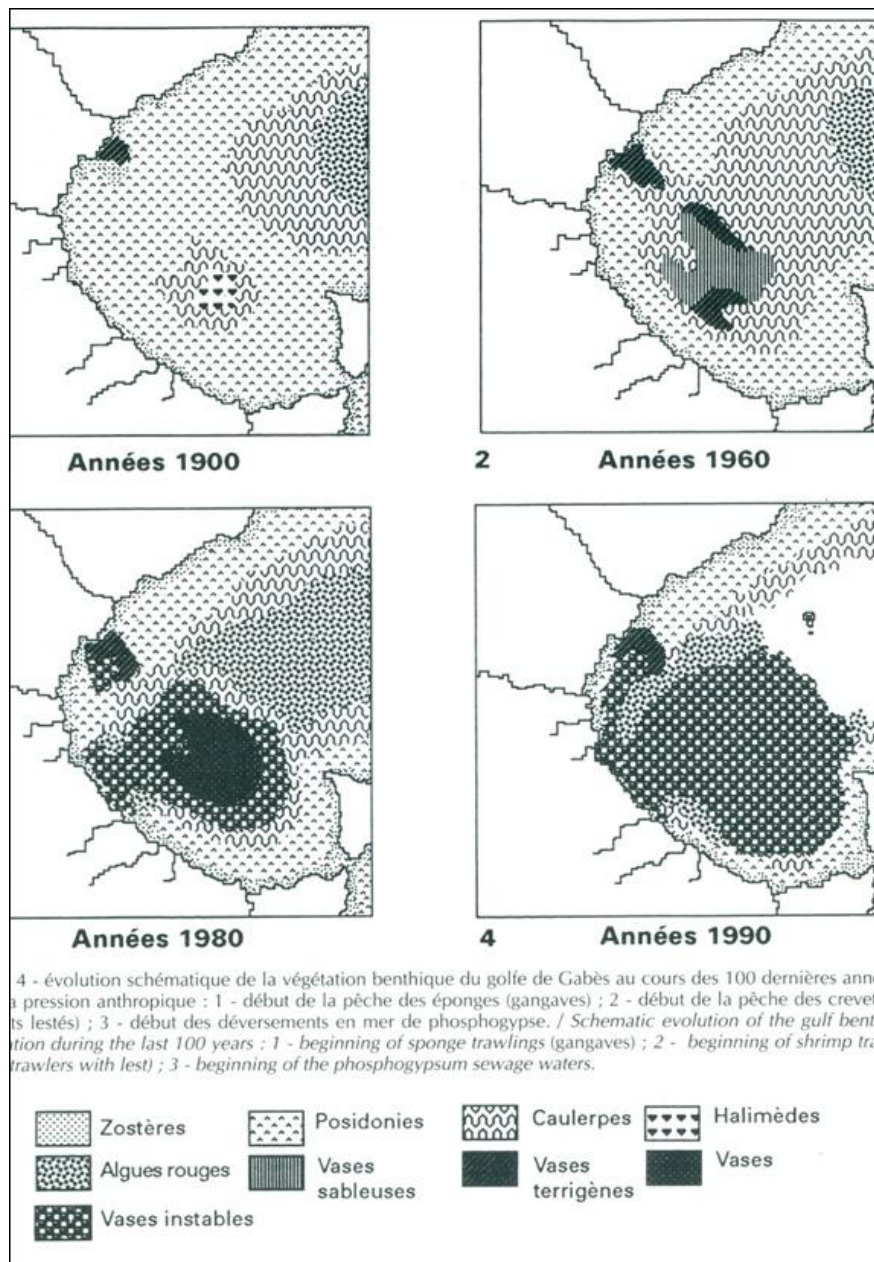


Figure 29 : Golfe de Gabès - évolution de la couverture végétale du golfe au cours du 20^e siècle

3.1.1.3 L'algue verte endémique méditerranéenne *Caulerpa prolifera*

Elle est présente avec des densités variables de 30 à 60%, soit associée à la Cymodocée, soit sur substrat meuble à proximité de la posidonie avec des densités atteignant 60%. Sa zone d'occurrence bathymétrique est comprise entre -1m et -9m de profondeur.

3.1.1.4 Les mesures réalisées dans la zone d'étude

Concernant la zone d'études les stations prospectées sont pratiquement alignées avec l'axe des futures conduites du projet.

Ces travaux révèlent des données des recouvrements assez proche dans l'ensemble avec celles de notre campagne soit 20 à 100% à travers les stations selon les travaux de l'INSTM (figure) et 0 à 100% selon les stations et 34 à 85% selon les zones durant notre campagne;

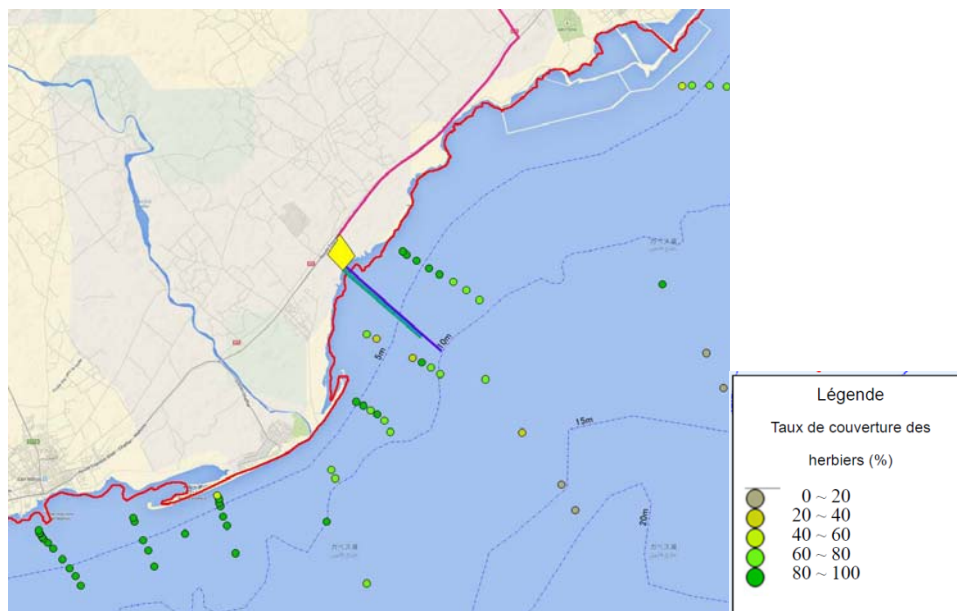


Figure 30 : Couverture en *Posidonia oceanica* autour de la zone du Projet (INSTM 2008)

Toutefois l'état de l'herbier semble être plus dégradé depuis certainement en rapport avec la pêche illicite (kiss et chaluts), le pourcentage des feuilles sans apex ou abimées est très significatif, jusqu'à 44%, il en est de même pour le taux des feuilles nécrosées qui atteint le 86%.

3.1.2 Les systèmes insulaires sensibles proches de la zone du projet

La zone du projet se trouve à cheval entre deux zones insulaires sensibles : D'une part l'archipel des Kerkena au nord-est du site et, d'autre part, l'archipel des Kneis au sud (figure suivante)

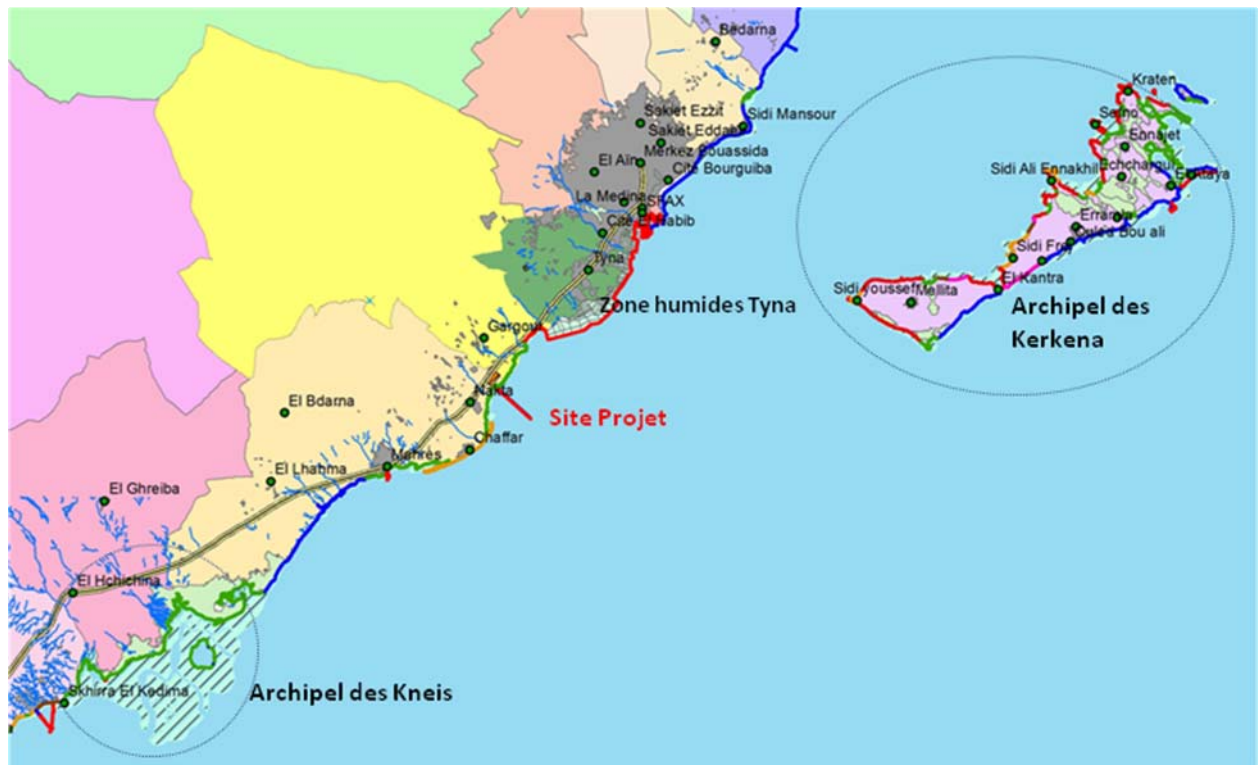


Figure 31 : Situation de la zone du projet entre les deux systèmes insulaires des Kerkena et des Kneis

3.1.2.1 L'archipel des Kerkena

L'archipel des Kerkena est formé d'un ensemble de 15 îles et îlots dont les plus importants sont l'île de Gharbi (4 855 ha), l'île de Chergui (9 950 ha), l'îlot de Sefnou (50 ha), l'îlot de Roumadia (160 ha), l'îlot de Gremdi (185 ha). La surface totale de l'archipel est de l'ordre de 15 238 ha et l'ensemble des îles et îlots font un linéaire côtier de l'ordre de 185 Km.

L'archipel des Kerkena est considéré comme étant un milieu sensible menacé par l'élévation du niveau de la mer induit par les changements climatiques. Il a fait l'objet de plusieurs programmes de gestion durables parmi lesquels, on cite en particulier :

- Le programme d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer (Clim Var);
- Le plan de gestion de l'archipel en tant que zone sensible dans le cadre du projet de protection des ressources et de la biodiversité du golfe de Gabès.

L'archipel admet un statut international en tant que ZICO pour les oiseaux et il fait actuellement l'objet de plusieurs programmes de protection (travaux de stabilisation des côtes érodées, pose de récifs artificiels, etc...).

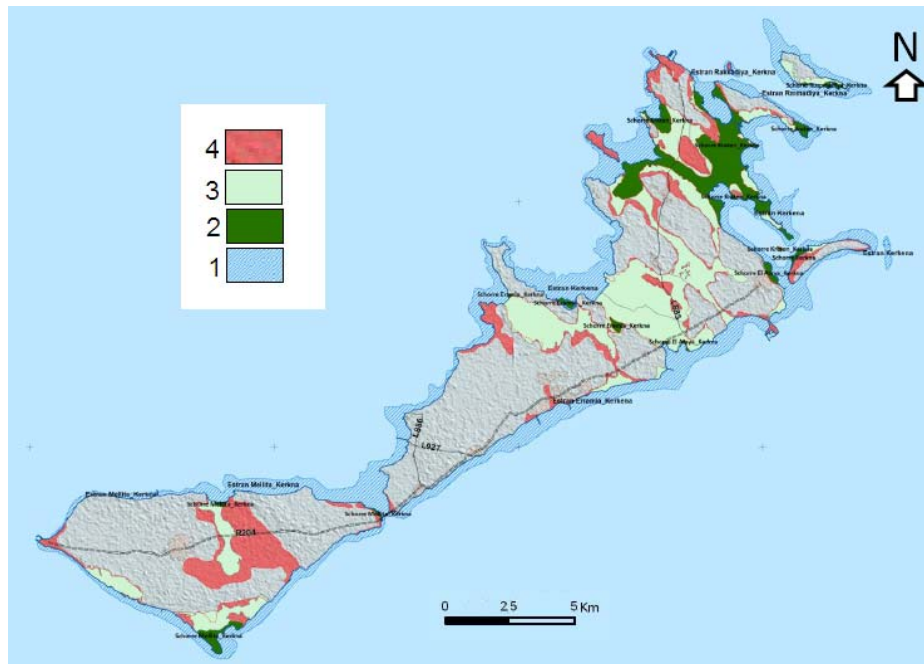


Figure 32 : L'importance, dans l'archipel Kerkennien, des terres vulnérables à l'élévation annoncée du niveau marin

(D'après l'étude de la carte de la vulnérabilité ; simplifié) (Sont considérés les terrains situés à une altitude comprise entre 0m et 1m) (IHE, APAL-PNUD, 2012)

1-zone intertidale ; 2-schorres (considérés comme submersibles ; ils sont, déjà avec le niveau marin actuel, fréquemment envahis par les eaux marines lors des marées hautes de vives eaux) ; 3-sebkhas (considérées comme submersibles ; déjà inondables et largement impraticables pendant une partie de l'année) ; 4-autres terres situées à une altitude inférieure à 1m (des risques de submersion et de dégradation par salinisation).

3.1.2.2 L'archipel des Kneiss

L'archipel des Kneiss est constitué par une guirlande d'îlots (Dziret El Bessila 441 ha, Dziret El Hjar, Dziret El Laboua et Eddzira El Gharbia) entourés par une mer peu profonde et caractérisée par des hauts-fonds étendus. Ces derniers sont parcourus par de nombreux chenaux de marée (appelés aussi oueds par les pêcheurs) dont le plus grand est Oued Eddam.

L'îlot d'El Bessila, qui est le plus grand de tous les îlots de cet archipel, n'a que quelque 2,5km de diamètre maximal. Ses altitudes sont très souvent inférieures à 1m, ce qui explique l'importance de la place occupée par les terres humides. Une grande partie de ces dernières correspond à des marais maritimes parcourus par des chenaux de marée. Le rivage est donc partout très bas et évolue dans des matériaux tendres de schorres, sebkhas et chotts.

Entourant l'archipel elle apparaît sous forme d'un immense platier marin parcouru par d'innombrables chenaux tracés par les courants de marée qui remontent jusqu'au niveau du continent. Le sable vaseux beige en surface devient noir et gluant en profondeur en fonction d'une forte proportion de matière organique due à la présence d'importants cordons de feuilles mortes de cymodocées et de plaques sèches constituées par l'algue caractéristique des milieux fortement eutrophisés *Ulva rigida* qui viennent s'y décomposer.

L'archipel admet un statut national en tant que AMCP (Aire Marine Côtière Protégée) et il a fait l'objet de différents projets dédiés à la gestion durable tels que :

- Le plan de gestion de la zone sensible réalisé dans le cadre du projet de protection des ressources et de la biodiversité du golfe de Gabès ;
- L'archipel est considéré comme étant une réserve naturelle depuis 1993 gérée par l'article 218 du code forestier.

L'archipel admet un statut international en que :

- Zone ASPIM ;
- Un ZICO
- Une zone RAMSAR.



Figure 33 : Archipel des Kneiss

L'archipel regroupe différents types de zones humides côtières telles que Schorres (vert), Sebka (bleu clair), estran (hachurés), chenaux de marée, etc...

3.2 Exploration du milieu terrestre

Pour cette section, nous présentons les résultats d'exploration :

- Du site de la station de dessalement ;
- L'emprise des lignes aériennes électriques ;
- L'emprise du réseau de transfert des eaux de la station de dessalement ;
- La zone côtière du site de la station de dessalement.

3.2.1 Le site de la station de dessalement

3.2.1.1 Situation administrative et géographique

Le site d'implantation de la station de dessalement appartient administrativement à l'imada de Nakta, délégation de Mahres et Gouvernorat de Sfax. Il se situe entre la Route Nationale RN1 et le littoral Nord-ouest du grand golfe de Gabès.

Le site appartient au Domaine Public Maritime et il s'étend sur une surface de l'ordre de 20 hectares entre les points de coordonnées suivantes (système UTM – Carthage):

Côté nord-ouest - RN1 X= 646 610 Y=3 828 519 X= 647 063 Y= 3 829 221

Côté sud-est - littoral X= 647 047 Y=3 828 107 X= 647 522 Y= 3 828 676

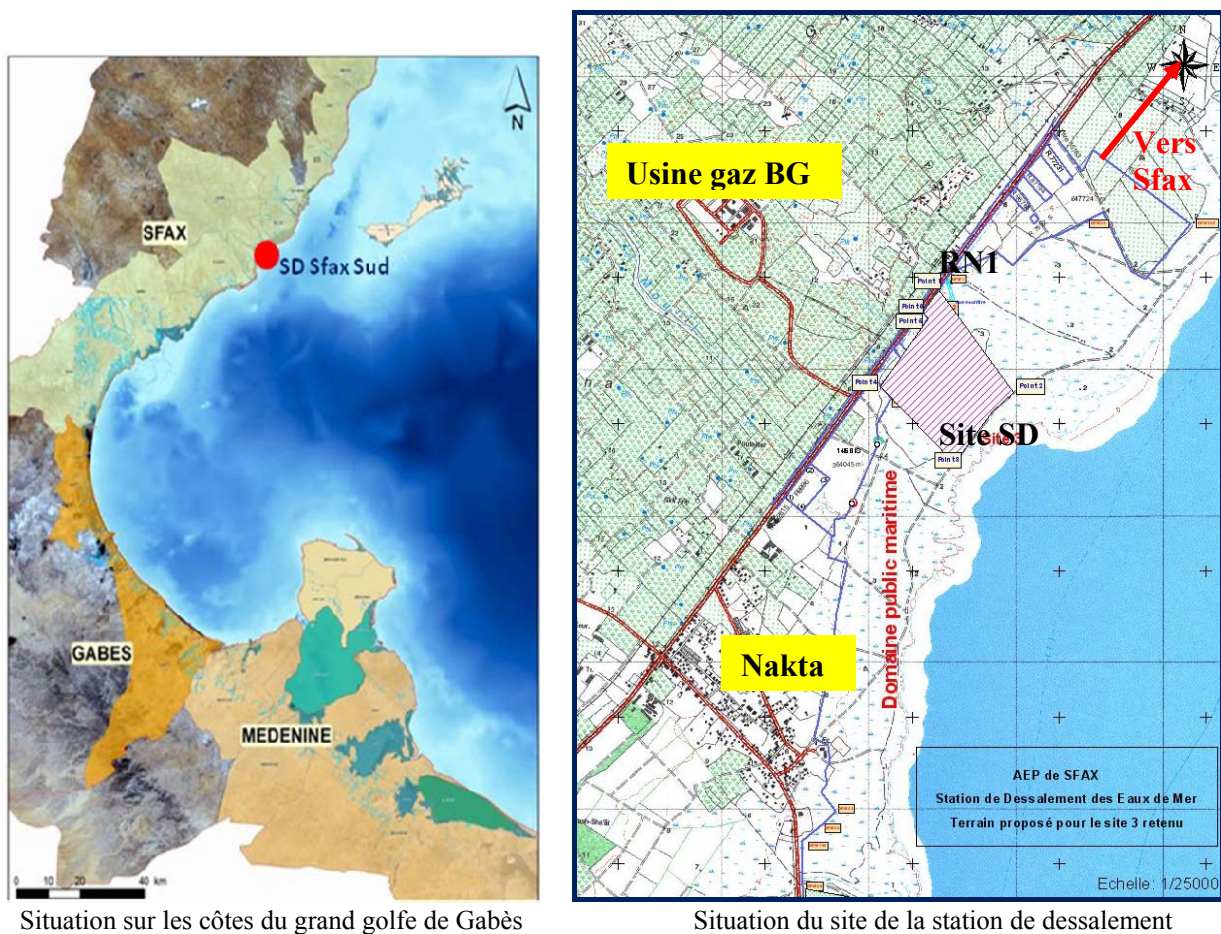


Figure 34 : Situation géographique du site de la station de dessalement de Sfax Sud

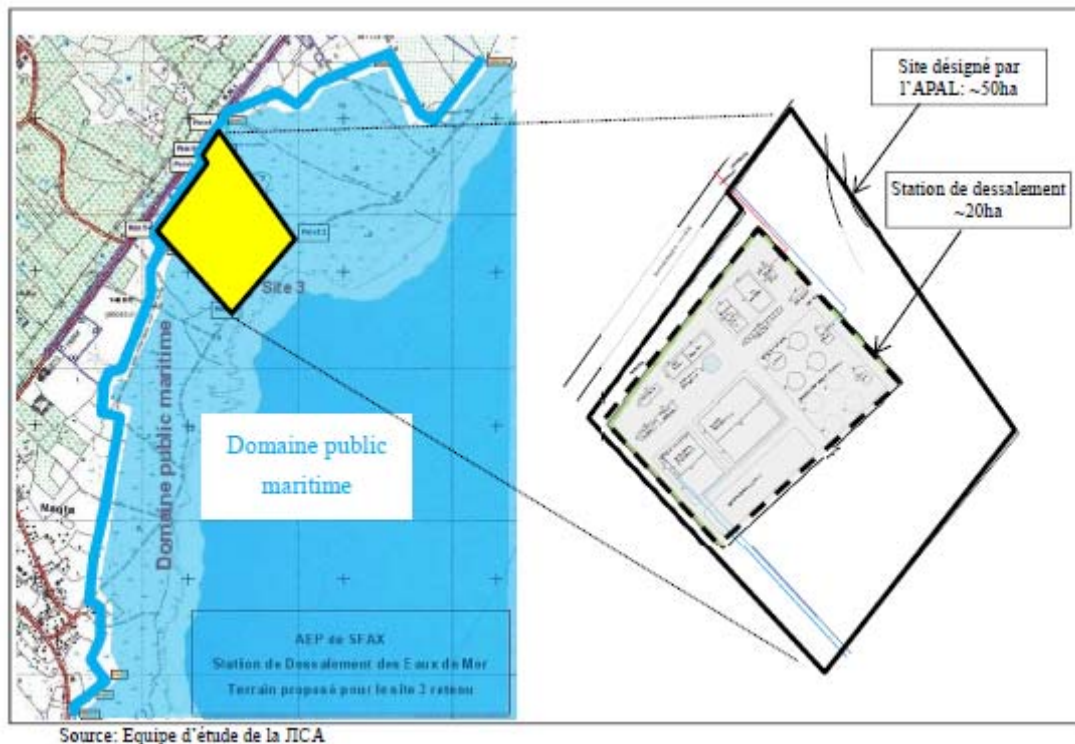


Figure 35 : localisation géographique du site de la station de dessalement par rapport au DPM

3.2.1.2 Occupation des sols

La site de la station de dessalement est inclus dans le DPM et il appartient à l'ensemble des zone humides côtières du grand golfe de Gabès et qui sont en fait des dépressions sur les côtes formant des écosystèmes étagé caractérisés par un dichotomie frappante : **Le Schorre** en amont et la **slikke** en aval.

Le site est incluse en totalité dans le **Schorre maritime**. Il est caractérisé par la présence, d'une part, de sols hydromorphes (sols saturés en eau) pendant au moins une partie de l'année (vasières littorales) et, d'autre part de végétation de type halophile, adaptée à la submersion ou aux sols saturés d'eau salée (le plus souvent d'origine marine).

Ce Schorre est caractérisé par une végétation halophile répartie par étages. Le bas schorre recouvert à chaque marée, excepté pendant les mortes eaux, est colonisé par des plantes, telles que salicornes, spartines, armoises, etc....

En aval, La slikke correspond à la partie de la vasière qui est recouverte à chaque marée. Elle est essentiellement composée de vases molles, d'apparence lisse et sans végétation. Elle abrite une quantité phénoménale de bactéries qui lui permettent de jouer *un rôle essentiel dans les processus d'autoépuration* et de recyclage de la nécromasse. Elle abrite également une faune variée d'espèces bivalves (palourdes, coques...), de petits gastéropodes brouteurs, de crabes, de poissons brouteurs ou chasseurs (mulets, bars). La slikke est fréquentée souvent par des oiseaux limicoles (bécasseaux, chevaliers, bécassines, avocettes), des tadornes de Belon, hérons et autres mouettes rieuses et goélands argentés, bruns ou marins.

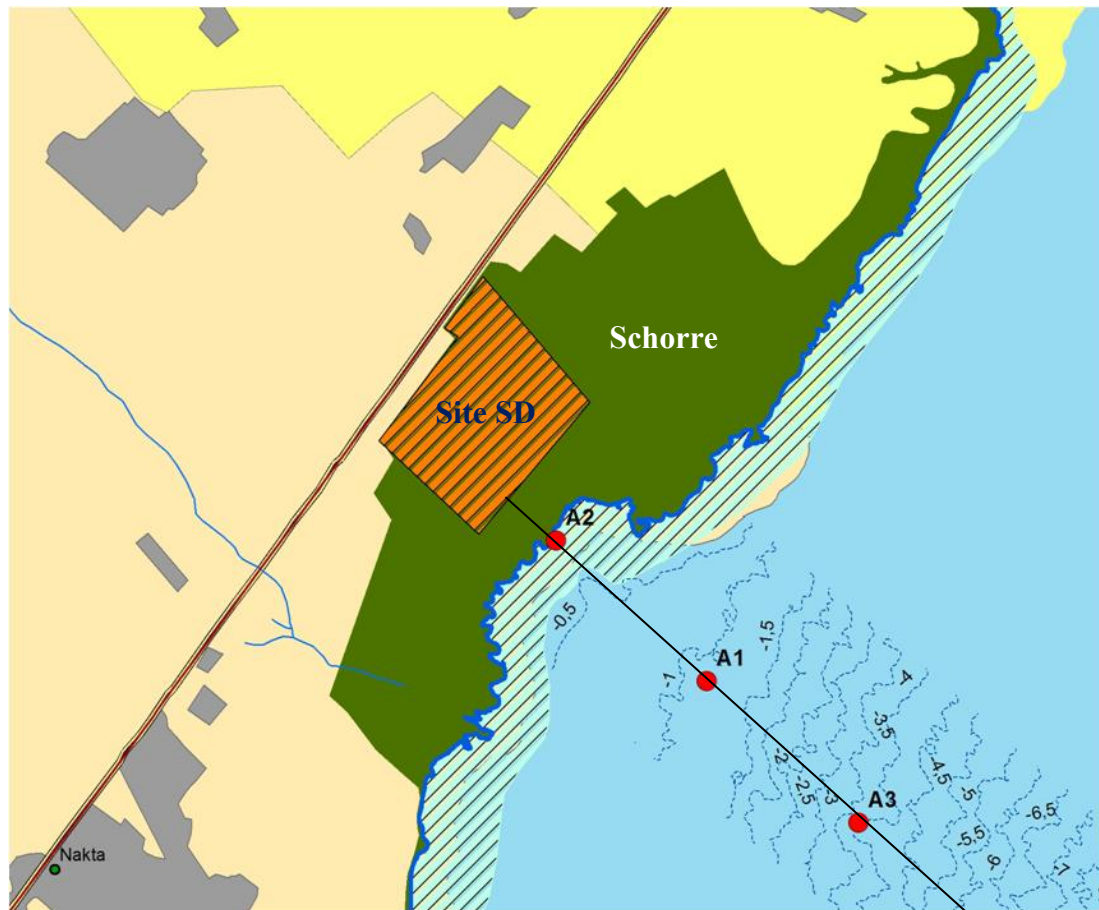


Figure 36 : Ecosystèmes humides traversés côtiers du site de la station de dessalement
 En vert : Schorres, hachuré bleu claire : Slikke



Figure 37 : Situation du site par rapport aux écosystèmes littoraux

La partie basse du Schorre est traversée en général par des chenaux de marée et elle est occupée par végétation halophile submersible par l'eau de mer en haute marée. La partie du chenal n'est pas couverte en général par la végétation à cause des courants de marée qui sont assez fort dans cette zone. La végétation halophile pousse de part et d'autres des chenaux de marée.



Figure 38 : Zone amont du Schorre ou est projetée la station de dessalement

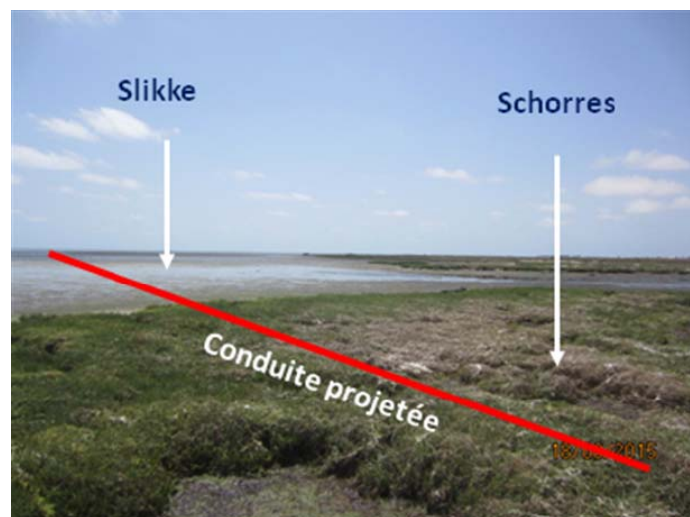


Figure 39 : Zone aval du schorre qui sera traversée par les conduites marines



En marée basse



en marée haute

Figure 40 : Chenal de marée traversant la zone basse du Schorre maritime

3.2.1.3 Principales infrastructures riveraines au site

Dans les zones limitrophes au site de la station de dessalement, on note la présence de :

- La route Nationale RN1 qui est aménagée en une voie express ;
- Un giratoire sur la RN1 à environ 400 m sud-ouest du site de la SD ;
- Un pipeline à gaz traversant la côte à environ 1200 m sud-ouest du tracé des conduites marines de la station de dessalement ;
- Le centre de production de British Gaz à environ 1000 m nord-ouest du site de la station de dessalement ;
- La zone abritée d'embarquement des petites barques des pêcheurs de Nakta ;
- L'agglomération de Nakta située à environ 2500 m sud-ouest du site de la station de dessalement.

Ces différentes infrastructures et zones d'activités sont présentées sur la figure suivante.



Figure 41 : principales infrastructures et zones d'activités situées à proximité du site de la station de dessalement.

3.2.2 Les lignes d'alimentation électrique

D'après les études préparatoires faites par la SONEDE et la JICA pour la construction d'une station de dessalement au Sfax sud, une comparaison sommaire multicritère a été effectuée entre deux options de tracés pour les lignes d'alimentation électriques :

Le tableau suivant récapitule l'analyse comparative selon les principaux critères techniques, critères environnementaux, et critères économiques entre les deux options d'alimentation électriques pour la station de dessalement pour le choix de la variante.

Tableau 8 : Comparaison entre 2 variantes d'alimentation électrique aérienne et par câble

Critères	Paramètres	Option 1 Lignes électriques	Option 2 Câbles souterraines
Critères techniques	Longueur	15 Km	14 Km
	Expérience précédente	Favorable	Favorable
	Fiabilité technologique	Favorable	Favorable
	Difficultés technique de construction	Faible	Faible
	Durée de chantier	Moyenne	Longue
	Complexité Maintenance	Faible	Moyenne
Critères environnementaux	Impact visuel	Important	Absent
	Occupation de terrain en phase de chantier	Faible	Important
	Occupation de terrain permanant	Faible	Important
	Champ électromagnétique	Critique	Favorable
	Impact sur la faune	Faible	Faible
	Impact sur la flore	Faible	faible
Critères économiques	Coût de réalisation million DT	17,5	37,5

Cette comparaison montre que le coût économique constitue le critère déterminant pour le choix de la variante d'alimentation par voie aérienne. Pour cette raison la SONEDE a opté pour le choix de l'alimentation par voie aérienne.

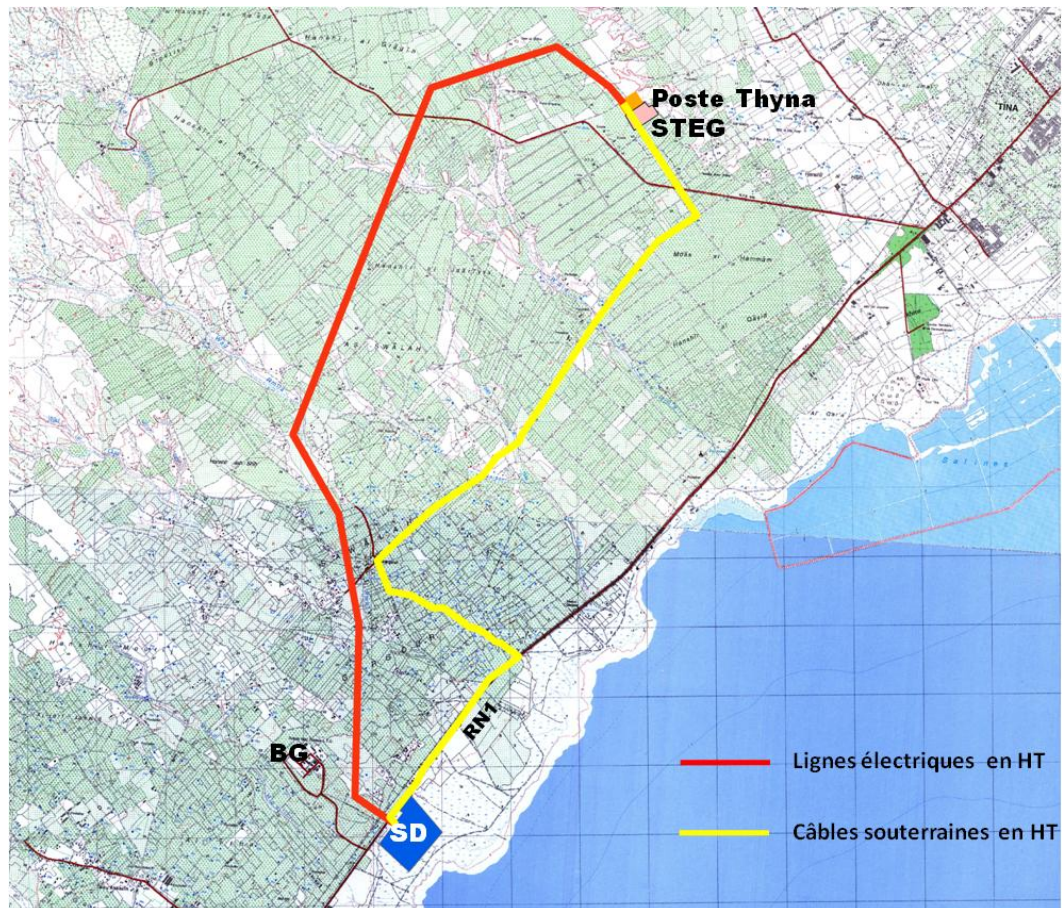


Figure 42: Tracés des lignes aériennes et des câbles souterrains HT

Dans le paragraphe suivant, nous présentons l'état actuel de l'emprise de la variante retenue des lignes aériennes pour l'alimentation électriques HT de la station de dessalement.

3.2.2.1 Situation générale

Le tracé général des lignes d'alimentation électriques fait un linéaire de l'ordre de **15 Km**. Il débute du poste Thyna (STEG) jusqu'au site de la station de dessalement. Selon la répartition géographique, on peut diviser le tracé en trois tronçons d'après leur appartenance administrative, comme suit (figure ci-dessous) :

- **Tronçon 1 (du PK0 à PK5,4 Km) :** Ce tronçon appartient à la délégation de Sfax Sud. Il commence au niveau du PK0 (Poste Thyna-STEG) jusqu'au PK 5,4 (limite Sfax sud-Agareb), soit une longueur de 5,4Km. L'emprise de la ligne aérienne suit des terrains agricoles, des terres nues en traversant la rocade n°11 de Sfax, la route RL 926 (reliant Thyna à Agareb) et l'oued Cherchar ;
- **Tronçon 2 (du PK5,4 à PK12,2 Km) :** Ce tronçon appartient à la délégation d'Agareb et il fait un linéaire de 6,8 Km entre PK5,4 et PK12,2. L'emprise de la ligne projetée passe par des terrains agricoles de la région de Gargour ;
- **Tronçon 3 (du PK12,2 à PK15,0 Km) :** Ce tronçon appartient à la délégation de Mahres et il fait une longueur d'environ 2,8 Km. Il commence au niveau du PK12,2

(limite délégation Agareb) jusqu'au PK 15,0 (site de la station dessalement). L'emprise de la ligne aérienne passe à travers des terrains agricoles de la région de Mourij 1, traverse la ligne principale des chemin de fer (Tunis-Gabès) et la route nationale RN1.

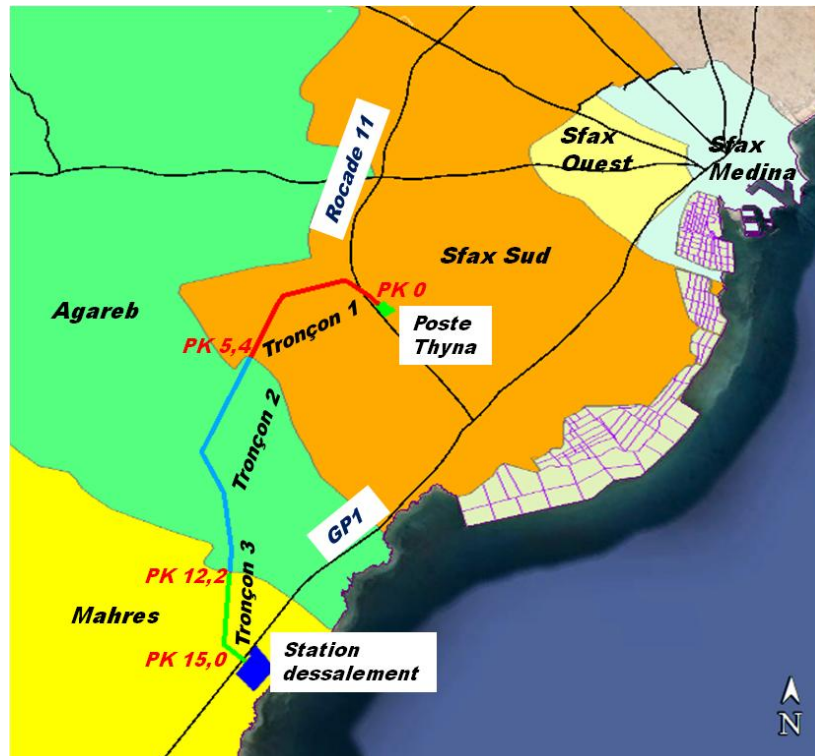


Figure 43 : Répartition des tronçons de l'emprise de la ligne aérienne STEG-SONEDE

3.2.2.2 Le tronçon 1 de la délégation Sfax Sud du PK0 à PK5,4 Km.

Pour ce tronçon 1, le tracé de la ligne aérienne projeté est subdivisé en deux segments, comme suit:

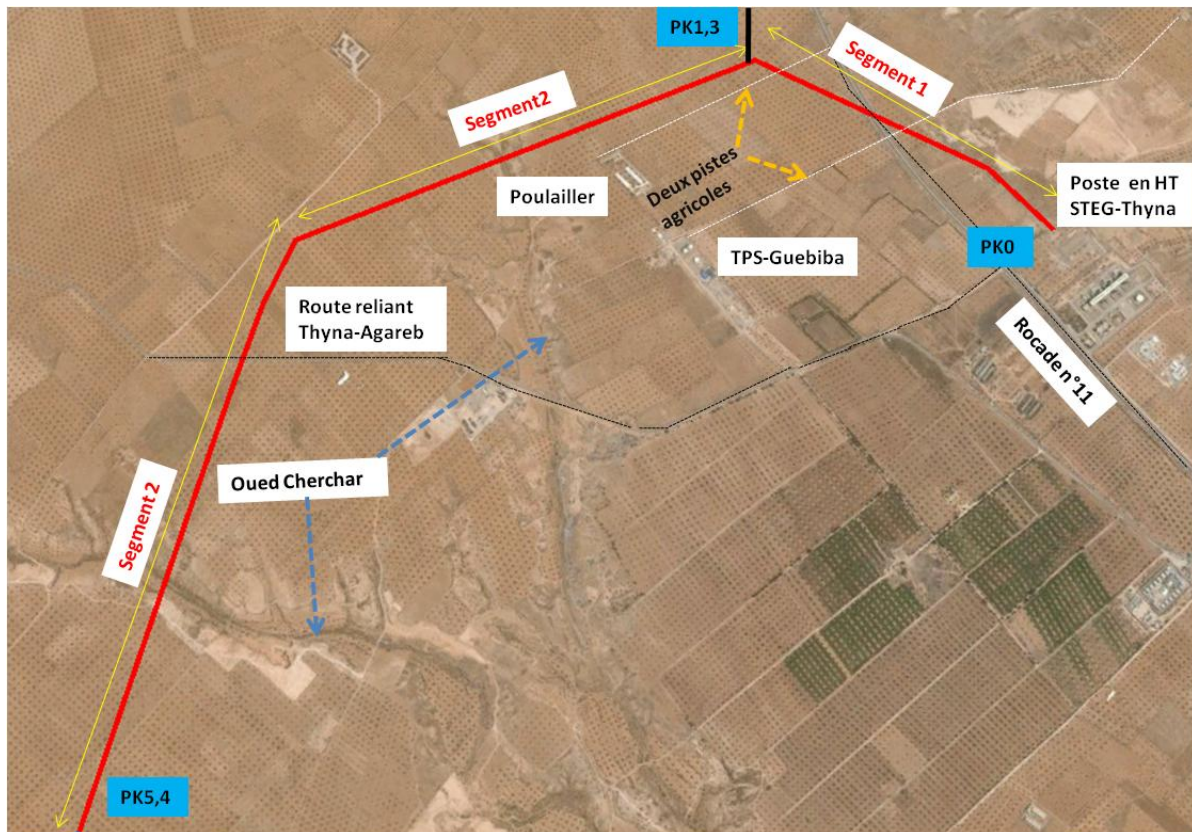


Figure 44 : Répartition des segments de la nouvelle emprise pour le tronçon 1

Segment 1 : Ce segment fait un itinéraire de 1,3 Km et il suivra une ligne électrique haute tension existante. Il croise la rocade N°11 de Sfax au PK 0,78 Km et deux pistes agricoles aux PK0,68 Km et PK 1,2 Km. Ce segment comporte 8 pylônes de deux lignes aériennes existantes. L'occupation des sols, au niveau de l'emprise de ce segment, est caractérisée par :

- Au début (du côté est de la rocade, sur les premiers 400m), l'emprise est caractérisée par des terrains nus et quelques plantations d'olivier à proximité de la rocade N°11. Au niveau de ce premier segment on note la présence de l'atelier de la société industrielle AMAL service ;
- Du côté ouest de la rocade, l'emprise de la ligne électrique projetée est occupée par des champs d'oliviers ;

L'emprise de 40 m (20 m de part et d'autre des lignes électriques) de ce segment comporte 65 oliviers et croise la rocade N°11 et deux pistes agricoles.

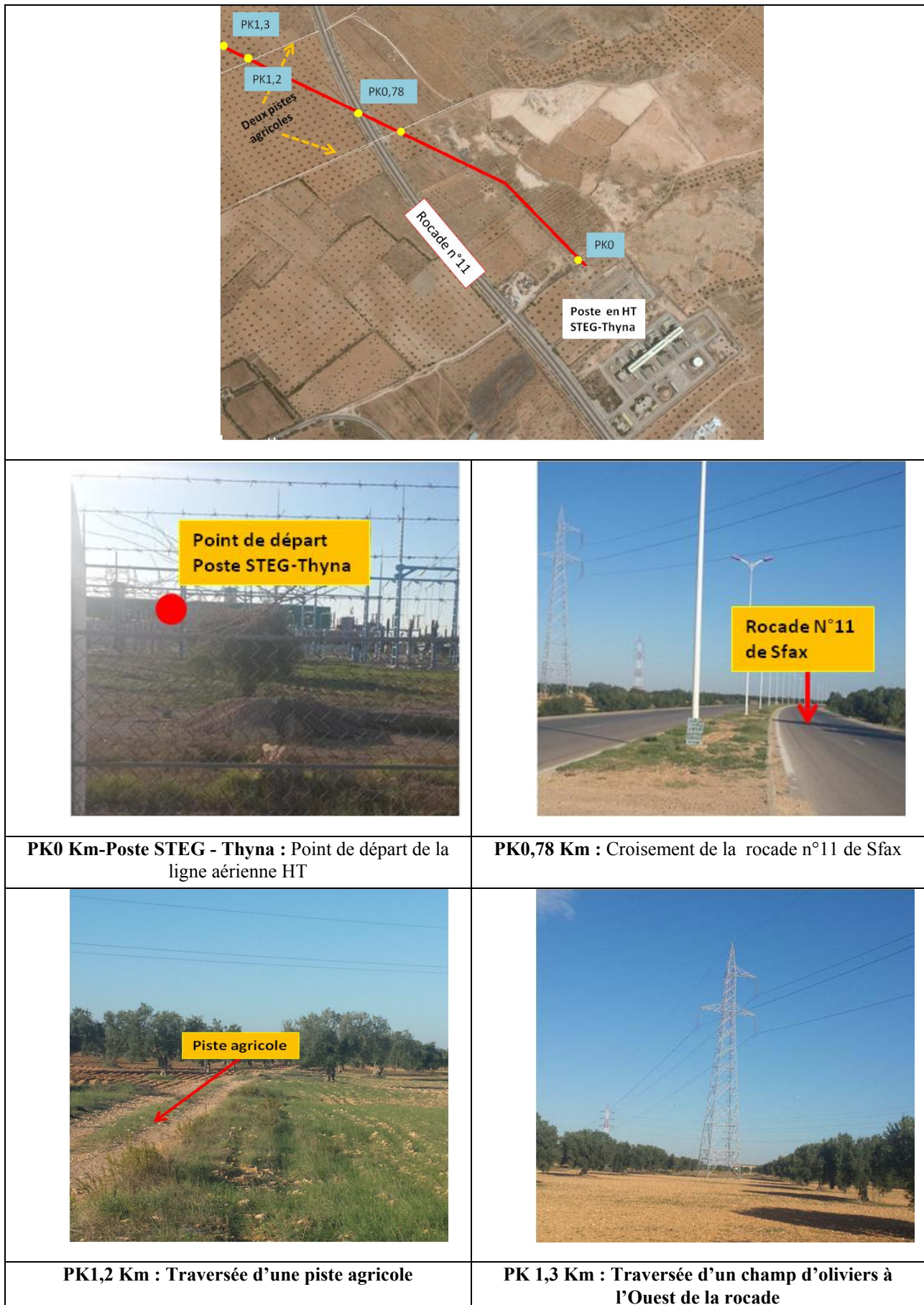
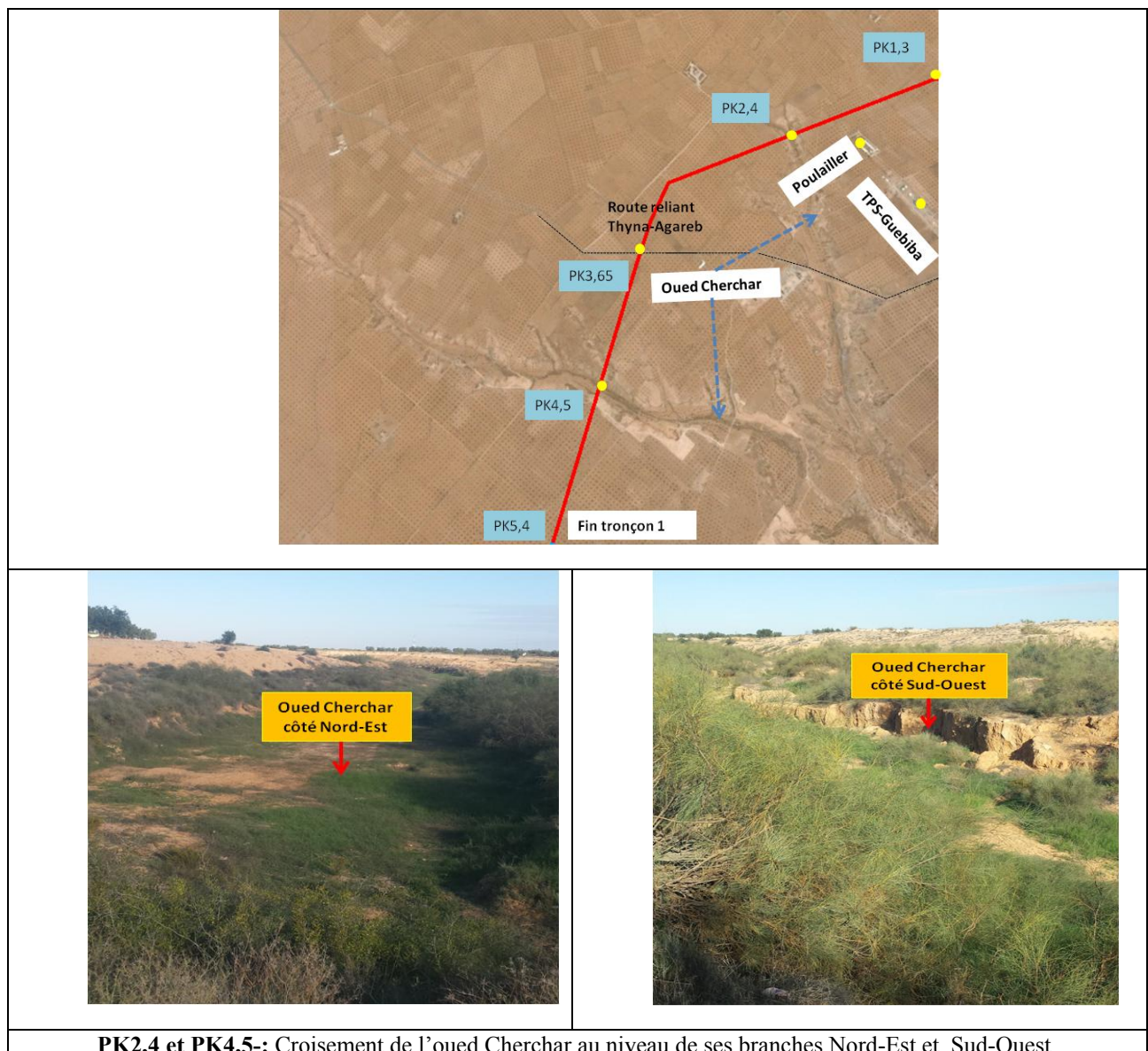


Figure 45: Occupation des sols au niveau du segment 1 du tronçon 1 (PK0 à PK1,3Km)

Segment 2: Il commence au niveau du PK 1,3 jusqu'au PK 5,4, soit une longueur de 4,1 Km. Ce segment croise la route locale RL 926 (qui relie Thyna à Agareb) au PK 3,65 Km et il traverse les deux branches Nord-Est et Sud-Ouest de l'oued Cherchar respectivement au PK 2,4 Km et au PK 4,5 Km. Au niveau de ce segment, on distingue :

- Une traversée sur 3,7 Km de champs plantés essentiellement par des oliviers et parfois par des amandiers ;
- Le passage à environ 140m devant un poulailler Au PK 2,0 Km.

Une emprise de 40 m (20 m de part et d'autres des lignes électriques) de ce segment comporte approximativement 300 oliviers, 50 amandiers. Elle croise la route locale RL 926 (qui relie Thyna à Agareb) et les deux branches Nord-Est et Sud-Ouest de l'oued Cherchar.



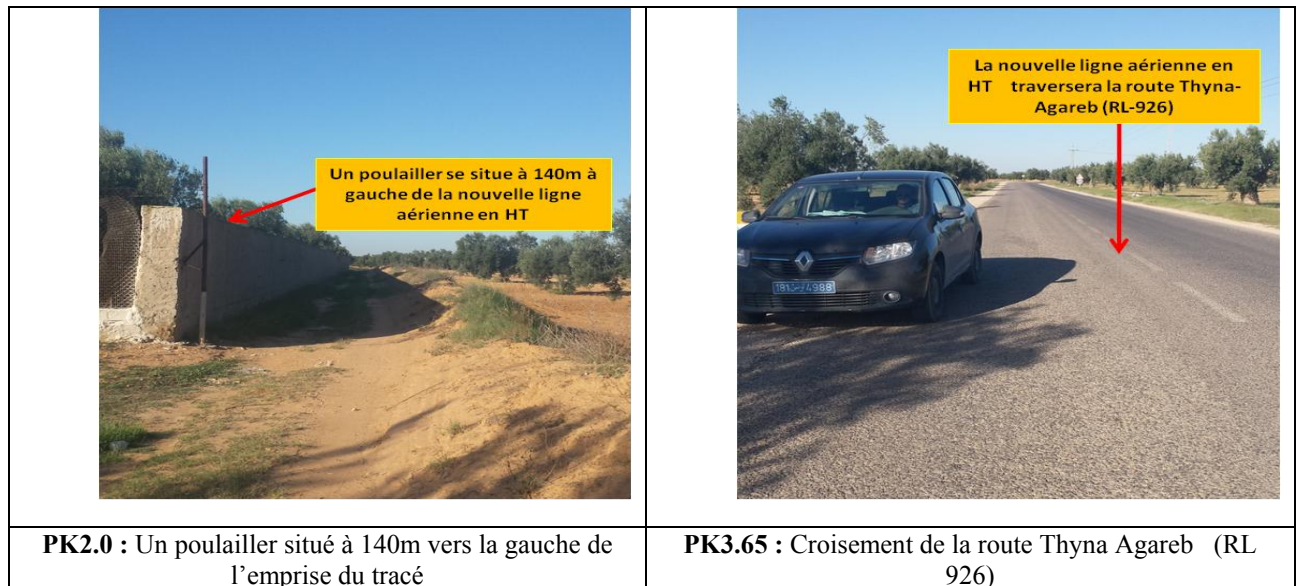


Figure 46 : Occupation des sols au niveau du segment 2 du tronçon 1 (PK1,3 à PK5,4Km)

3.2.2.3 Le tronçon 2 : Délégation Agareb du PK5,4 à PK12,2 Km

Le tronçon 2 fait un linéaire de 6,8 Km et il appartient à la délégation d'Agareb. Comme pour le tronçon précédent, on peut le subdiviser en deux segments, en allant du PK 5,4 (la limite Sfax-Sud) au PK 12,2 Km (la limite de la délégation Agareb), comme suit:

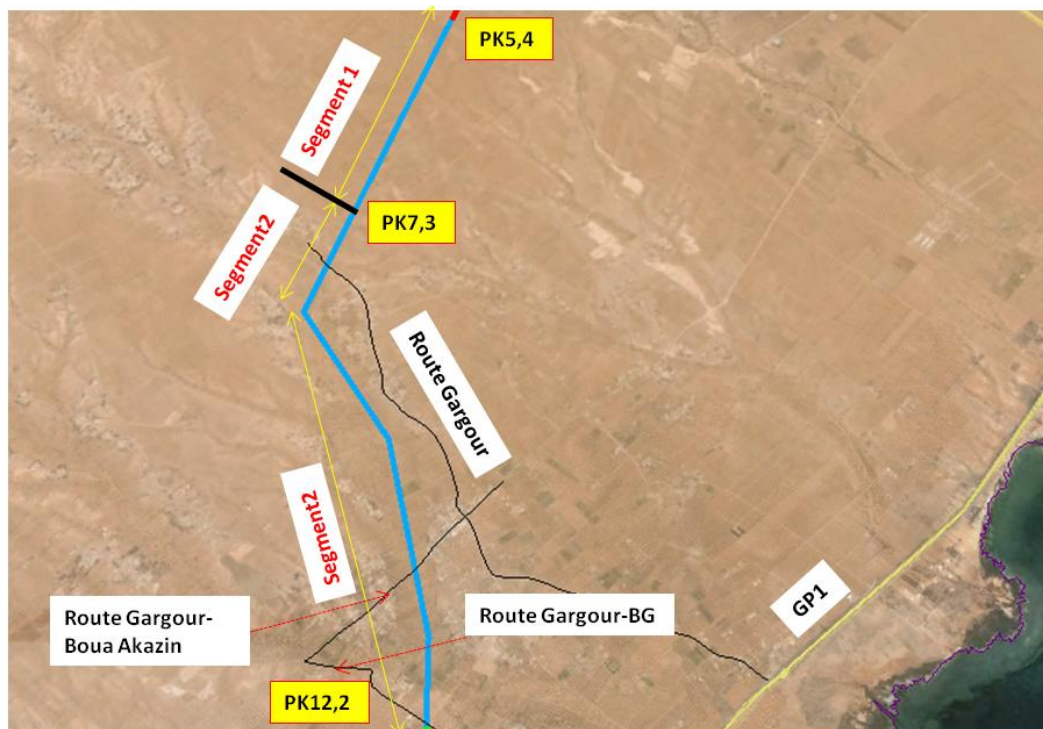


Figure 47 : Répartition des segments de la nouvelle emprise pour le tronçon 2

Segment 1 : Ce segment fait un itinéraire de 1,9 Km en allant du PK 5,4 au PK 7,3 Km.

L'occupation des sols, au niveau de l'emprise de ce segment, est caractérisée essentiellement par des champs d'oliviers et quelques plantations d'amandiers. Une emprise de 40 m de ce segment comporte environ 150 oliviers et 40 amandiers.

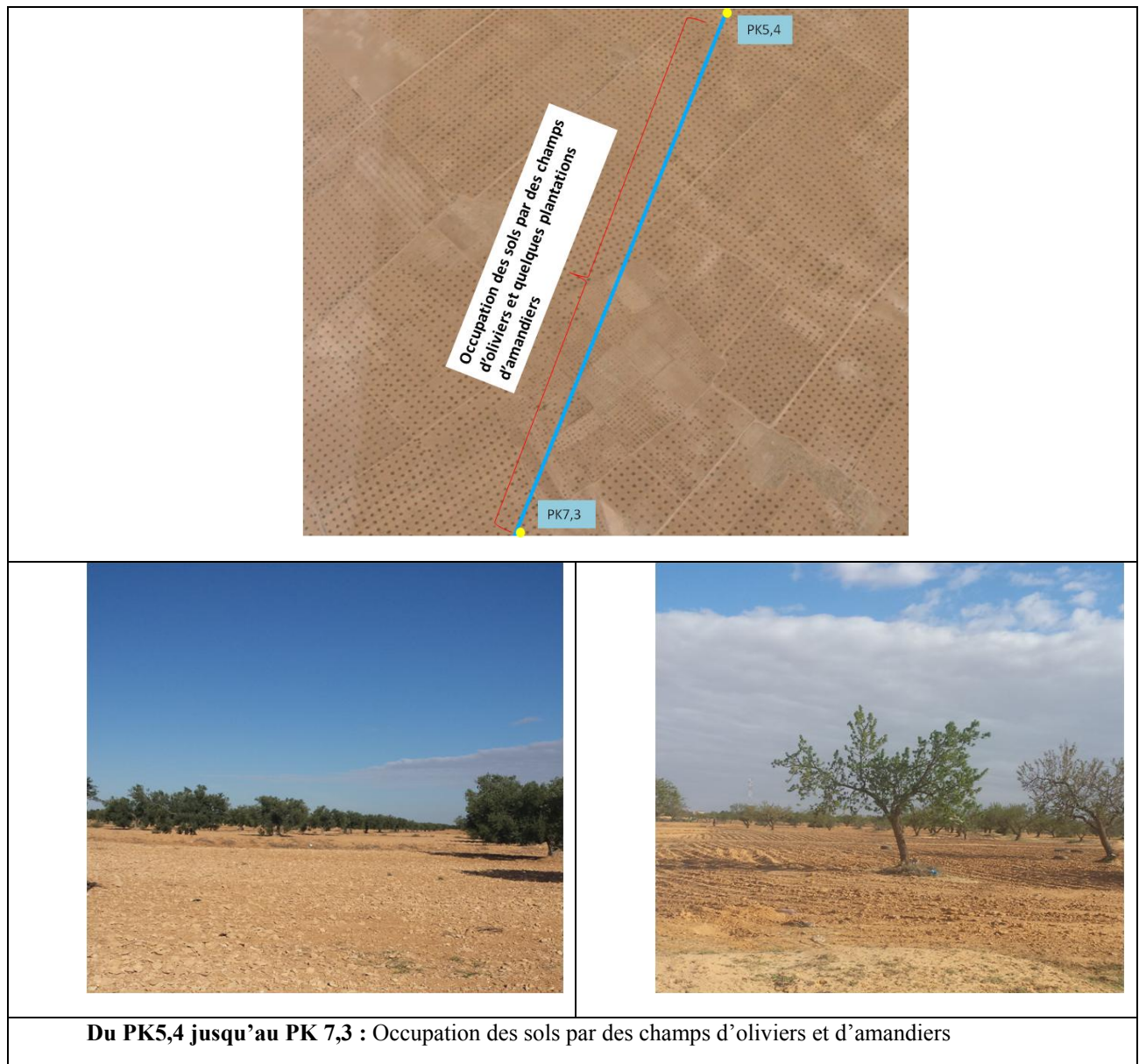


Figure 48 : Occupation des sols au niveau du segment 1 du tronçon 2 (PK5,4 à PK7,3Km)

Segment 2 : Ce segment commence au niveau du PK 7,3 au PK 12,2 et il s'étend sur un linéaire de 4,9 Km. Il traverse la région de Gargour et il croise trois routes goudronnées respectivement aux PK 8,15 Km, PK 11 Km et PK 12,2 Km.

L'occupation des sols, au niveau de l'emprise de ce segment, est caractérisée essentiellement par des champs d'oliviers et d'amandiers. Les constructions sont situées à une distance supérieure à 100m du part et d'autre du tracé projeté de la ligne aérienne. C'est la zone la plus vulnérable du projet d'extension de la ligne électrique HT.

Une emprise de 40 m (20 m de part et d'autres des lignes électriques) de ce segment comporte ainsi environ:

- 250 oliviers ;
- 100 amandiers ;
- Le croisement de la route Gargour au PK 8,15 Km ;
- Le croisement de la route Gargour –Sidi Bou Akazin au PK 11,0 Km ;
- Le croisement de la route Gargour-Usine British Gaz au PK 12,2 Km.



Du PK7,3 jusqu'au PK12,2 — Occupation des sols essentiellement par des champs d'oliviers et d'amandiers

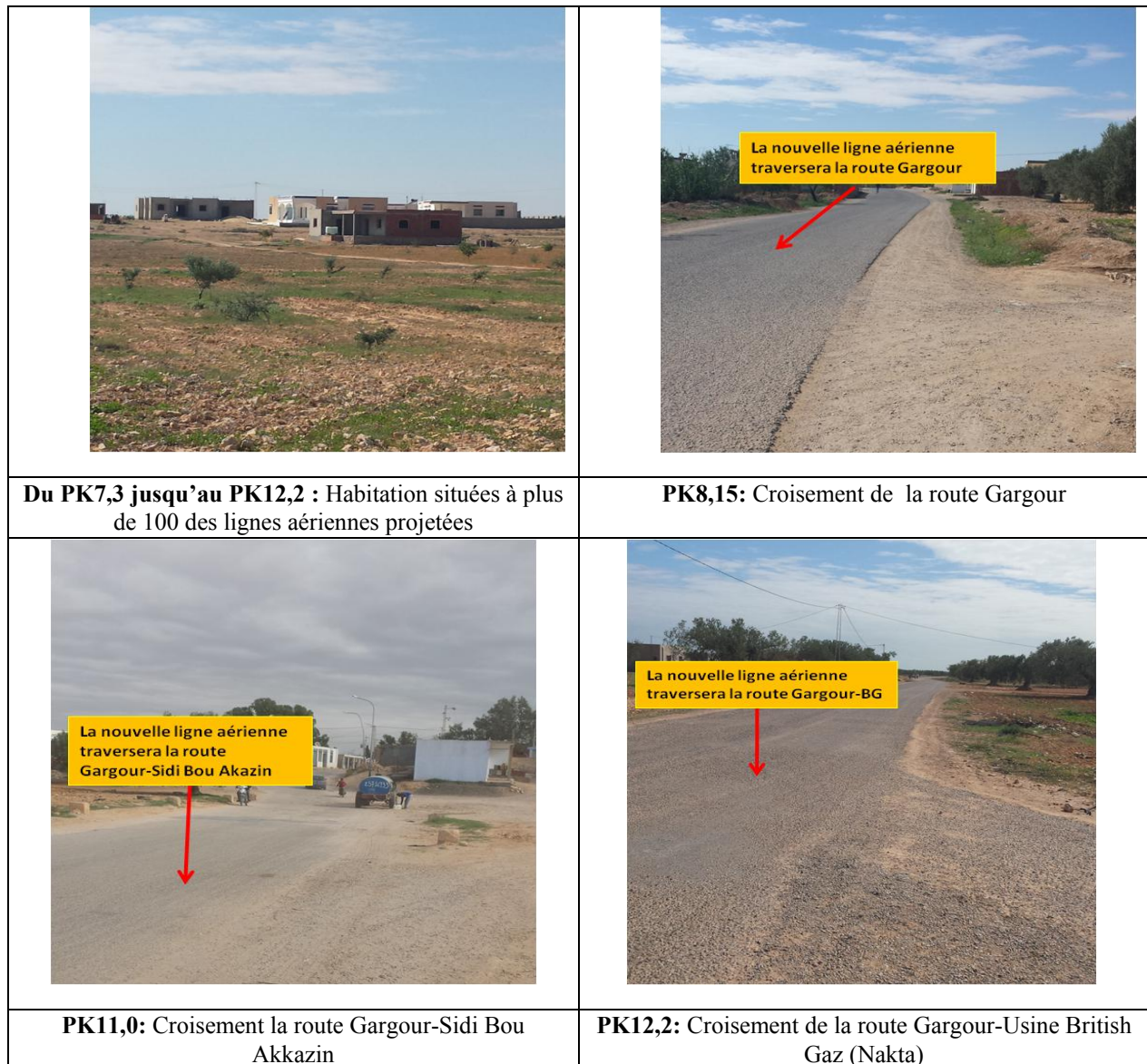


Figure 49 : Figure 50 : Occupation des sols au niveau du segment 2 du tronçon 2 (PK7,3 à PK12,2Km)

3.2.2.4 Le tronçon 3 : Délégation Mahres du PK12,2 au PK15,0 Km

Ce tronçon commence du PK12,2 Km jusqu'au PK15,0, soit une longueur de 2,8Km. L'emprise de la ligne aérienne traverse le chemin de fer au PK 14,6 Km et la route nationale RN1 au PK 14,7 Km.

L'occupation des sols, au niveau de l'emprise de ce tronçon, est marquée par des champs d'oliviers et d'amandiers. On note que le tracé passe à droite de la région Mourij 1 (délégation Mahres) à une distance supérieure à 200m et à gauche de l'usine de la société British Gaz à une distance d'environ 300m.

Le diagnostic réalisé sur site, au niveau d'une emprise de 40 m (20 m de part et d'autres des lignes électriques) a relevé :

- La présence de 125 oliviers ;
- La présence de 35 amandiers ;
- Le croisement de la lignes des chemin de fer au PK 14,6 Km ;
- Le croisement de la route nationale RN1 au PK 14,7 Km ;

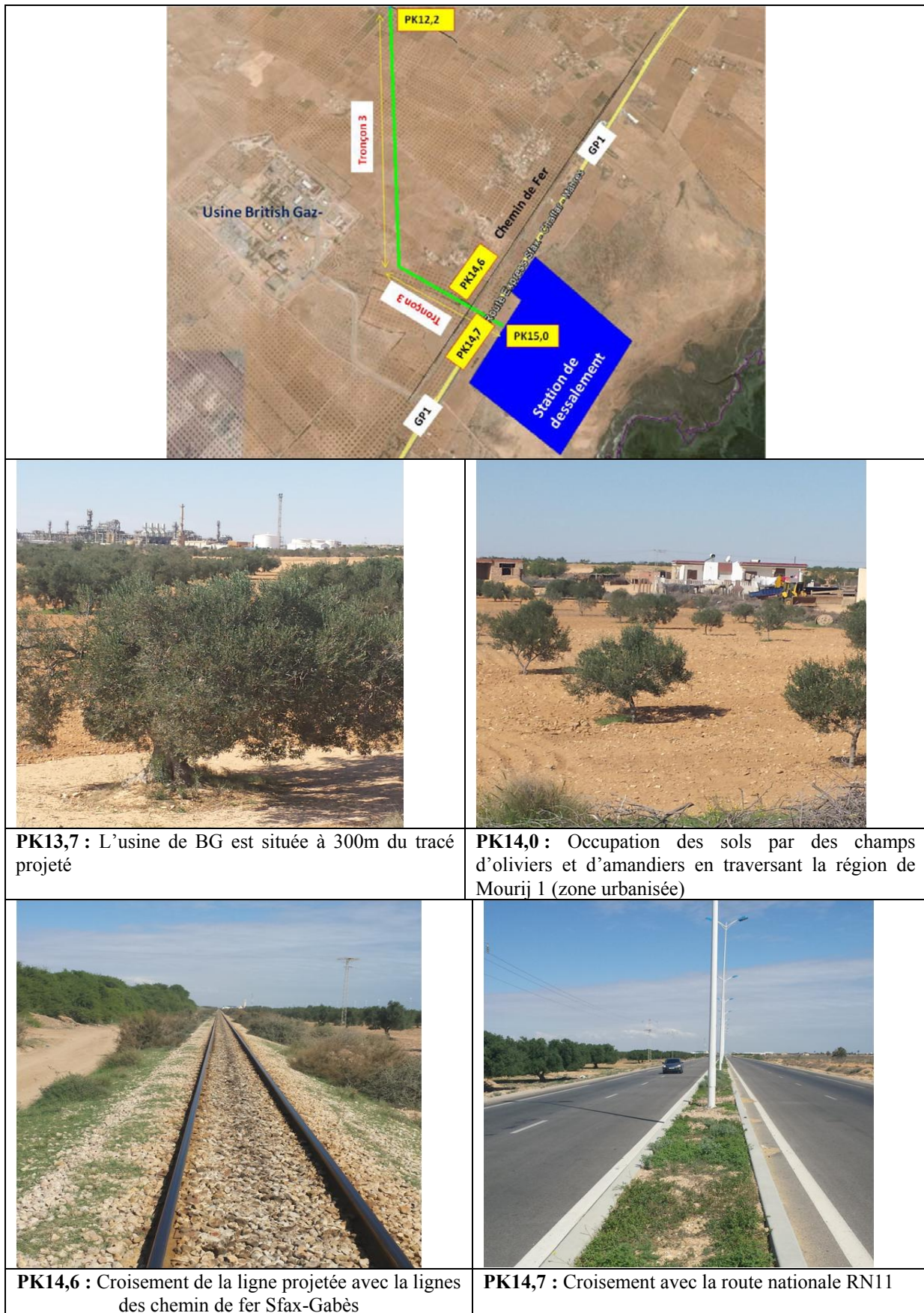


Figure 51 : Occupation des sols au niveau du tronçon 3 (PK12,2 à PK15,0Km)

3.2.2.5 Récapitulatif sur l'occupation des sols

Les prospections réalisées sur site nous ont permis de constater l'absence totale d'habitations en dessous des lignes électriques projetées. Si l'on considère une emprise de largeur 40 m centrée sur l'axe des lignes projetée, on a les occupations récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 9: Tableau récapitulatif de l'occupation des sols au niveau d'une emprise de 40 m le long des lignes aériennes projetées

Type d'occupation	Unité	Quantité
Habitation	Unité	0
Oliviers	pieds	725
Amandiers	pieds	175
Croisement chemin de fer		1
Croisement routes		6
Croisement oueds		2

3.2.3 Le réseau de transfert des eaux dessalées

3.2.3.1 Présentation générale du réseau de transfert

L'emprise des conduites d'adduction des eaux osmosées fait un linéaire de l'ordre de **49,5 Km**. Elle débute du site de la station de dessalement jusqu'au réservoir Sidi Salah (délégation Sakiet Ezzit). Elle traversera ainsi quatre délégations du gouvernorat de Sfax. On peut la diviser, selon le découpage administratif, en quatre tronçons comme suit (figure ci-dessous) :

- **Tronçon 1** : Ce tronçon appartient à la délégation Mahres. Il commence au niveau du PK0 (Station dessalement) jusqu'au PK 2,2 Km (limite Mahres-Agareb), soit une longueur de 2,2Km. L'emprise de la conduite d'adduction suit la route nationale RN1 Sfax-Mahres de son coté droite ;
- **Tronçon 2** : Ce tronçon appartient à la délégation d'Agareb et il fait un linéaire de 3,0 Km. L'emprise de la conduite d'adduction suit la route nationale RN1 Sfax-Mahres de son coté droite;
- **Tronçon 3** : Ce tronçon appartient à la délégation de Sfax sud et il fait un linéaire de 39,3 Km. Le tracé de la conduite d'adduction suit la route nationale RN1, la rocade N°11, la route de Menzel Chaker, la route Gremda, l'autoroute Sfax-Gabès et des pistes agricoles ;
- **Tronçon 4** : Ce tronçon appartient à la délégation de Sakiet Ezzit et il fait un linéaire de 4,8 Km. L'emprise de la conduite suit le coté droite de l'autoroute Sfax-Gabès en allant vers le site de stockage de Sidi Salah.

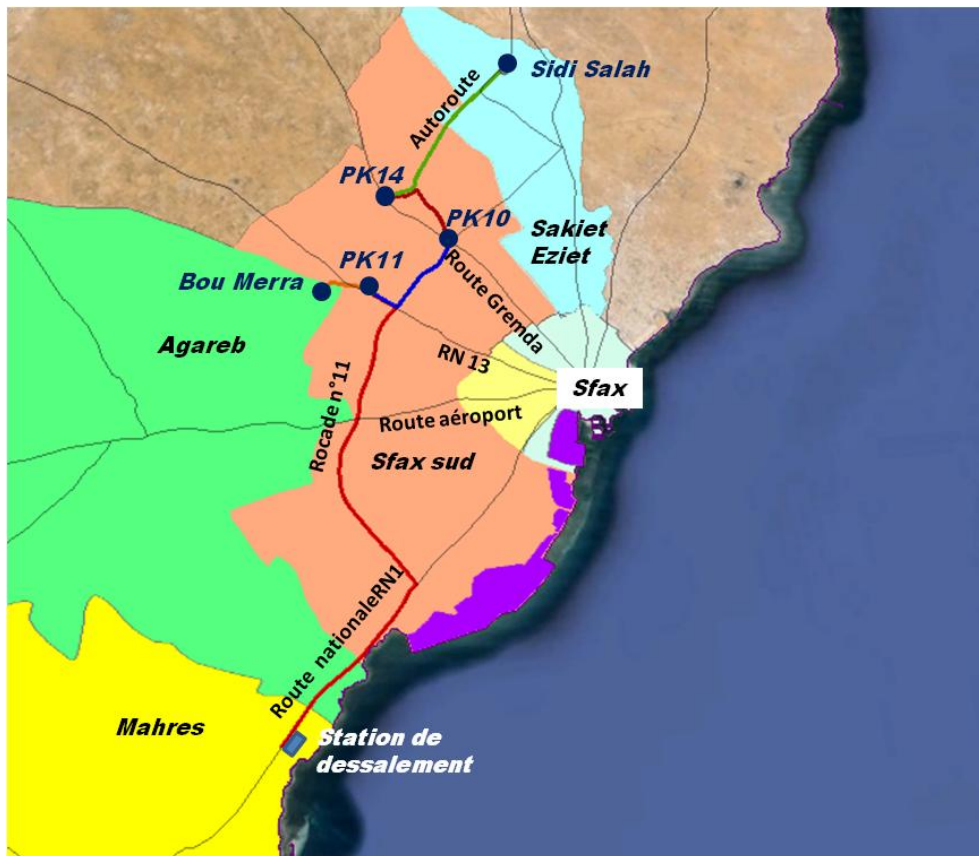


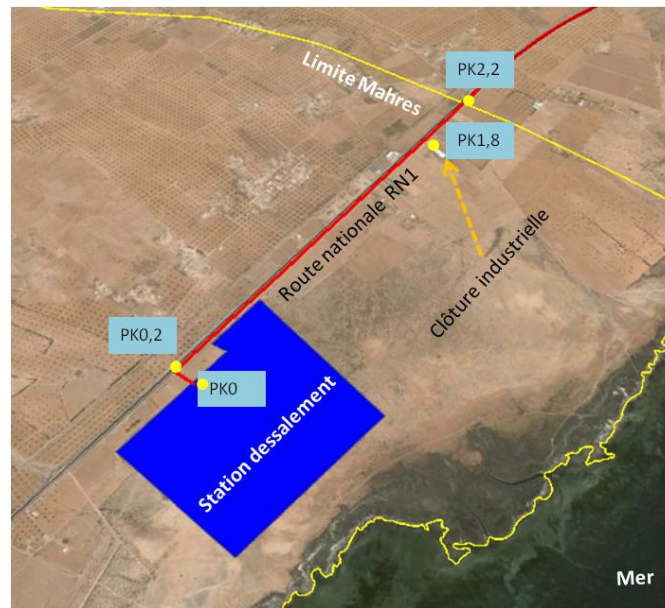
Figure 52 : Répartition administrative du réseau de transfert des eaux de la station de dessalement

3.2.3.2 Tronçon 1 de la délégation de Mahres

Ce tronçon fait un itinéraire de 2,2 Km et il suit la route RN1 Sfax-Mahres. Selon l'occupation des sols, ce tronçon peut être divisé en deux parties :

- Sur les 200 premiers mètres, la conduite suit des terrains nus du domaine public maritime (DPM) ;
- Sur les 2 Km suivants, l'emprise suit la route nationale RN1 de son côté droite.

Au niveau de ce tronçon, on enregistre au PK1,8 Km une clôture industrielle située à environ 6 m du bas côté droite de la RN1.



PK0 Km-Paysage suivi à proximité du site de la station de dessalement



PK0,2 Km: Route nationale RN1 Sfax-Mahres au niveau du premier tronçon

Figure 53 : Occupation des sols au niveau du tronçon 1 de la conduite d'adduction

3.2.3.3 Tronçon 2 de la délégation d'Agareb

Ce tronçon représente la partie appartenant à la délégation d'Agareb et il fait un linéaire de 3Km allant du PK 2,2 jusqu'au PK 5,2 Km. L'emprise de la conduite d'adduction suit la façade droite de la route nationale Sfax-Mahres (RN1). Au niveau d'une emprise de 8 m (4 m de part et d'autres de l'axe de la conduite) de ce tronçon, on enregistre:

- Une clôture agricole située au PK 4,35 Km ;
- Un croisement de l'oued Gargour au PK4,65Km.



Oued Gargour

Figure 54 : Tronçon 2 de la conduite d'adduction appartenant à la délégation Agareb

3.2.3.4 Tronçon 3 de la délégation de sfax sud

Ce tronçon appartient à la délégation de Sfax sud et il fait un itinéraire de 39,3 Km. Il est décrit en quatre segments comme suit :

Segment 1 (Du PK5,2 au PK9,2) : L'emprise suit le coté droite de la route nationale RN1 Sfax-Mahres. Au niveau de segment, on enregistre :

- Trois clôtures industrielles situées respectivement au PK6,75, PK7,15 et au PK8,95 Km ;
- Une clôture agricole située au PK 7,30 Km ;
- La traversée de la route nationale RN1 au PK9,2Km au niveau du croisement avec la rocade RN1.

Segment 2 (Du PK 9,2 au PK 24,9 Km) : L'emprise suit la façade gauche de la rocade N°11 de Sfax. Au niveau de ce segment, on enregistre :

- La présence d'une clôture industrielle au PK9,225Km ;
- Un croisement avec la ligne des chemins de fer au PK9,380Km ;
- Un croisement avec la route Thyna-Agareb au PK 12,28Km ;
- Un croisement avec la route aéroport au PK18,8Km.

Segment 3 (Du PK 24,9 au PK 31,6 Km) : Ce segment est divisé en trois sous segments qui sont présentés comme suit :

- Sous segment 1 (Du PK 24,9 au PK 26,3 Km): L'emprise suit le coté gauche de la route Menzel Chaker et elle traverse cette dernière au PK26,2 Km en allant vers le site PK11. La pose des conduites sera effectuée dans l'emprise de la route.
- Sous segment 2 (Du PK 26,3 au PK 29,2 Km) : La conduite d'adduction débute du site PK11 et elle suit la route Menzel Chaker de son coté droite, puis elle suit une piste jusqu'au site Bou Merra.
- Sous segment 3 (Du PK 26,3 au PK 31,6 Km) : L'emprise débute du site PK11 suivant le coté droit de la route Menzel Chaker. La pose des conduites sera effectuée dans l'emprise de la route.

Segment 4 (Du PK 31,6 au PK 36,10 Km) : L'emprise suit le coté gauche de la rocade N°11 de Sfax jusqu'au site de réservoir PK10. Au niveau de ce segment, on enregistre :

- Un croisement de la route El Ain au PK 33,9 Km ;
- Un croisement de la route Lafrane au PK 35,0 Km.

Segment 5 (Du PK 36,1 au PK 44,7 Km) : L'emprise suit des pistes agricoles jusqu'au site PK14 puis elle suit le coté droit de l'autoroute Sfax-Gabès jusqu'au PK 44,7 Km. Au niveau de ce segment, on enregistre :

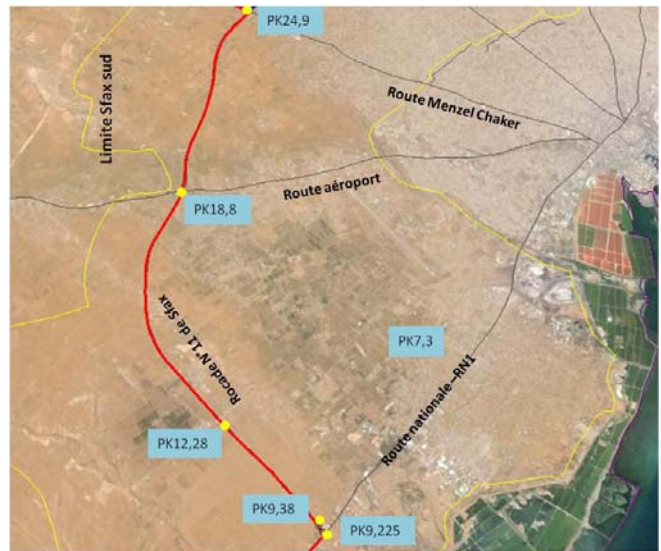
- Un croisement de la route Gremda au PK 36,15 Km.
- Un croisement de l'oued Al Awabid au PK 40,9Km.



Figure 55 : Réseau de transfert appartenant à la délégation de Sfax sud



Segment 1



Segment 2



Segment 3



Site PK11



Segment 4



Route Gremda

Figure 56 : Occupation des sols au niveau des segments 1, 2, 3 et 4 du tronçon 3



Segment 5 du tronçon 3



Tronçon 4



Site réservoir Sidi salah



Site réservoir Sidi salah

Figure 57 : Occupation des sols au niveau de segment 5 du tronçon 3 et du tronçon 4 du réseau de transfert

3.2.3.5 Tronçon 4 de la délégation de Sakiet Ezzit

Le tronçon 4 commence au niveau du PK44,7 jusqu'au PK49,5 soit une longueur de 4,8Km. L'emprise de la conduite suit le côté droit de l'autoroute Sfax-Gabès. Au niveau de ce tronçon, on enregistre :

- Deux croisements de l'oued Sidi Salah au PK 45,8 Km et au PK48,6Km ;
- Un croisement de la route Taniour au PK 46,1Km ;
- Un croisement de l'autoroute A1 au PK47,3Km.

3.2.3.6 Conclusions

Toutes les composantes du réseau de transfert des eaux potables de la station de dessalement seront implantées dans des routes et pistes existantes et à l'intérieur les sites de stockage appartenant à la SONEDE. Il n'y aura aucune expropriation à ce niveau.

3.2.4 La zone côtière du site du projet

3.2.4.1 Morphologie générale de la zone du projet

Toute la frange côtière entre Sfax sud et la flèche de Chaffar a été explorée dans le cadre de cette mission. En effet, on assiste au niveau de ce tronçon côtier à une morphologie très diversifiée comportant des côtes artificielles, des côtes à marais maritimes et des plages sableuses (figure suivante)

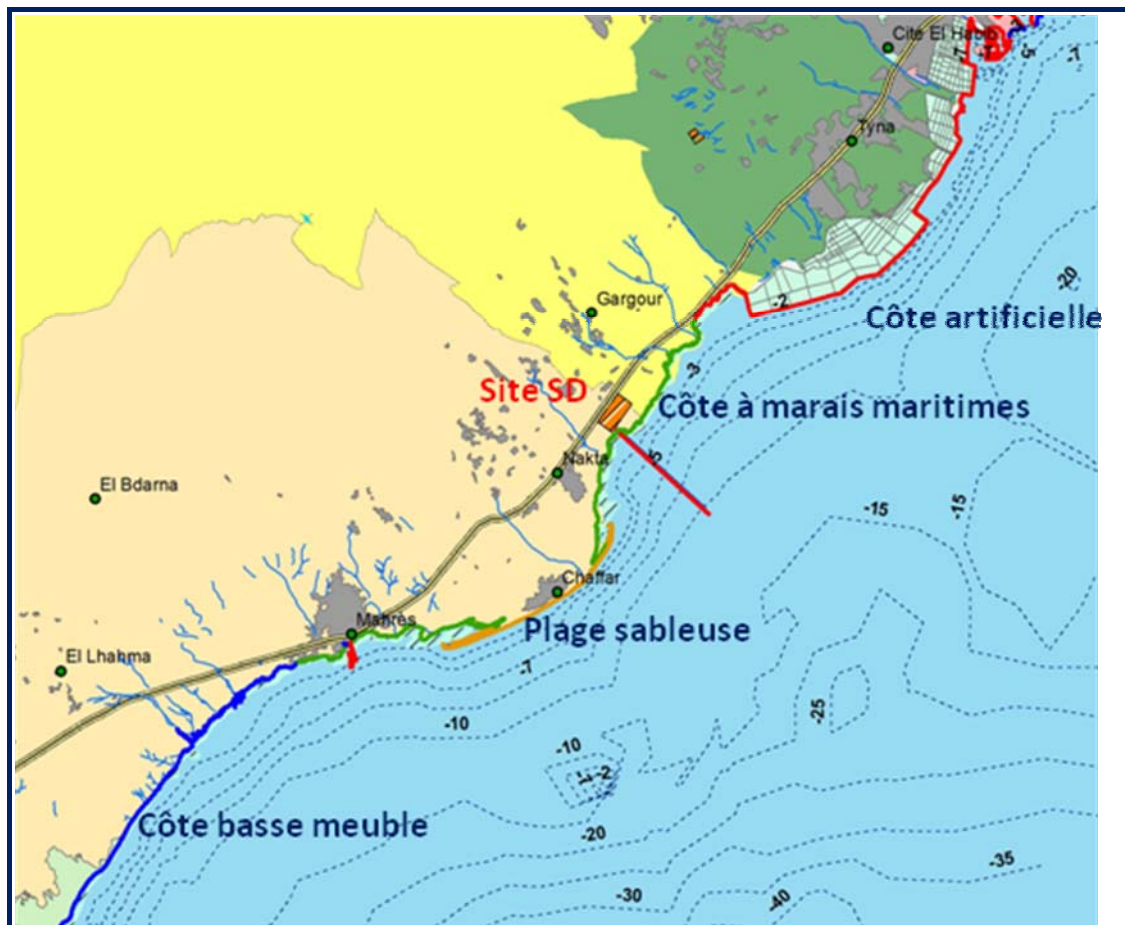


Figure 58 : Morphologie de la zone côtière du projet

En rouge : Côtes artificielles protégées par des enrochements, en vert côtes à marais maritime, en oranger : côte sableuses, en bleu : cotes meuble sans marais et sans plage.

Les côtes artificielles : il s'agit du tronçon de côte avancé en mer et protégé par des enrochement artificiels qui ont été mis en place pour protéger les bassin de la zone humide de Thyna et qui font partie des salines de fabrication du sel. C'est le trait de côte coloré en rouge de la figure ci-dessus et illustré par la photo suivante :



Figure 59 : Tronçon de côte protégé par des enrochements au veau des salines de Sfax sud

Les côtes à marais maritimes : Il s'agit du tronçon de côte entre les salines de Sfax sud et la flèche de Chaffar. La morphologie générale est favorisée par l'importance de la marée, ces formes sont partout caractérisées par leurs slikkes et schorres et des chenaux de marée. En allant du haut du Schorre (arrière côte) vers le bas avant on assiste à trois différents types d'écosystèmes étagés :

- ***Le haut du schorre :*** Le haut schorre se trouve à une altitude supérieure à côte des plus hautes eaux de la marée. C'est le cas du site de la station de dessalement. Le haut du Schorre est composé d'une végétation de salicornes, de spartines, d'armoises etc.. (figure suivante)



Figure 60 : Végétation du haut du Schorre

- ***Le bas du Schorre :*** Le bas schorre est situé à altitude intermédiaire entre la cote des plus basses eaux et la côte des plus hautes eaux. Il est parfois traversé par des chenaux de marée et il est recouvert à chaque marée, excepté pendant les mortes eaux. La végétation du bas du Schorre est adaptée à la submersion marine et elle est du type soude, l'aster maritime, etc...(figure suivante).



Vue coté terre



Vue coté mer

Figure 61 : Zone du bas du Schorre submersible en haute marée

C'est le cas du site de la station de dessalement de Sfax Sud

Selon la position géographique du schorre, le bas correspondant peut être protégé avec une petite plage sableuse. C'est le cas par exemple des zones limitrophes de l'oued Gargour situées à quelques centaines de mètres du site de la station de dessalement. Dans ce cas le Schorre est protégé par la petite plage dont les matériaux sont apportés par l'oued Gargour (figure suivante).



Figure 62 : Côte légèrement sableuse à proximité de l'embouchure de l'oued Gargour protégeant ainsi le bas du shore contra la submersion induite par la haute marée

- **La slikke ou l'estran** : C'est la partie humide qui est située avant le bas du schorre. Dans cette zone la végétation terrestre disparaît totalement pour le profit d'une végétation marine qui s'adapte avec ce type d'écosystème humide littoral. C'est en général une vasière qui est submersible par haute marée et découverte par basse marée. Elle est essentiellement composée de vases molles, d'apparence lisse et sans végétation terrestre. On y trouve des macro-algues marines. Elle abrite également une faune variée d'espèces bivalves (palourdes, coques...), de petits gastéropodes brouteurs, de crabes, de poissons brouteurs ou chasseurs (mulets, bars). Ces sites sont fréquentés par des oiseaux limicoles (bécasseaux, chevaliers, bécassines, avocettes), des tadornes de Belon, hérons et autres mouettes rieuses et goélands argentés, bruns ou marins. Cet écosystème a une importance importante sur le plan socio-économique du fait que qu'il exploité, par basse marée pour la collecte des palourdes.



Figure 63 : Zone de l'estran en marée – une vasière couverte avec des macro-algues nitrophiles

C'est le cas de la zone de station de dessalement où l'étendue de l'estran va, selon la période de la marée, de quelque dizaine de mètre à quelques centaines de mètres.

- **Les plages sableuses** : A environ 3000 m sud du site de la station de dessalement, le faciès morphologique de la côte change totalement au niveau de la flèche de Chaffar. Cette dernière, avancée en mer, se distingue par sa forme en flèche témoignant de l'existence d'une dérive littorale active vers le Nord. La dynamique marine est tout à fait différente du site de la station de dessalement, la houle déferle sur la plage formée par un sable grossier bien classé. Ce dernier est en fait le résultat de la dynamique côtière associée avec les apports terrestres de l'oued Chaffar.



Figure 64 : Côte sableuse au niveau de la flèche de Chaffar

3.2.4.2 Morphologie du site d'implantation de la station de dessalement

Comme présenté au paragraphe précédent, la station de dessalement serait implantée au niveau de l'étage haut du schorre maritime du Domaine Public Maritime.

Une coupe transversale de l'arrière côte au niveau du site de la station de dessalement entre la ligne (zéro NGT maritime) et la route RN1 révèle, du bas vers le haut, les étages suivants:

- **Étage bas- 170 m**: Cette bande, située entre la ligne zéro NGT et la ligne des plus hautes eaux marine usuelles (+0,89 m NGT), est couverte par une végétation halophile et elle est périodiquement inondable par la marée ;
- **Étage moyen - 420 m** : Cette frange, située entre la ligne (+0,90 m NGT) et la ligne (+1,8 m NGT) est couverte par une végétation halophile et elle est inondable par les surcôtes exceptionnelles d'origines marine ;
- **Étage Intermédiaire - 80 m**, Cette frange, située entre la ligne (+1,80 m NGT) et la ligne (+2,15 m NGT) est couverte par une végétation halophile et elle est inondable à long terme par l'élévation du niveau de la mer induite par les changements climatiques ;
- **Étage haut - 200m** : Cette frange, située entre la ligne (+2,15 m NGT) et la ligne (+3,00 m NGT) est couverte par une végétation halophile et elle est située en dehors des zones inondables.

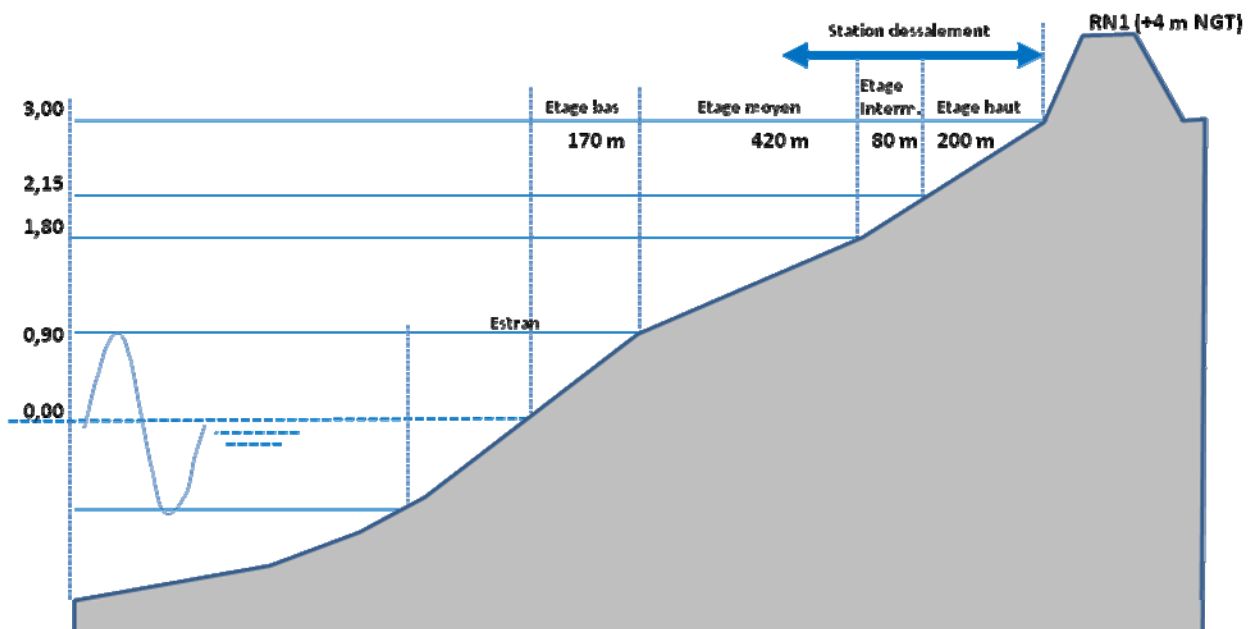


Figure 65 : Profil schématique de la zone d'implantation de la station de dessalement

3.3 Résultats d'exploration du milieu marin

La campagne vise la caractérisation du milieu marin qui va abriter les conduites de captage des eaux de mer brutes, les conduites de rejet de la saumure, la tour de prises et l'ouvrage de rejet.

L'exploration marine a porté sur les volets suivants:

- La qualité des eaux ;
- La qualité des sédiments ;
- Le plancton ;
- La méio faune ;
- La macro faune benthique ;
- Le necton ;
- Les herbiers benthiques.

3.3.1 Les stations d'exploration

L'exploration a porté sur deux types station :

- Des stations d'échantillonnage d'eau de sédiment, de benthos et d'herbiers ;
- Des stations d'observation de l'état des herbiers.

3.3.1.1 Station d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage retenu à comporté:

- Une radiale centrale confondue avec le tracé des conduites sous marines projetées;
- Une radiale nord parallèle à la première et située à 3 Km nord ;
- Une radiale sud parallèle à la première et située à 3 Km sud.

Ces radiales ont comporté quatre groupes de stations d'exploration :

Des stations au large :

- Trois stations au large de la radiale centrale (B1, B2, B3) espacées de 900 m et projetées sur le futur alignement de l'émissaire marin;
- Trois stations au large de la radiale nord (C1, C2, C3) espacées de 900 m et située à 3 Km nord de radiale centrale ;
- Trois stations au large de la radiale sud (D1, D2, D3) espacées de 900 m et située à 3 Km sud de radiale centrale.

Stations côtières projetées sur l'alignement du futur émissaire :

- A2 au niveau de l'estran selon la radiale centrale.
- A1 au niveau de l'isobathe -2 m sur la radiale centrale.
- A3 au niveau de l'isobathe -4 m sur la radiale centrale.

Tableau 10 : Station d'échantillonnage
Système UTM - Carthage

Radiale	Stations	X	Y	Profondeur	Remarque
Radiale centrale	A2	647 379	3828077	Estran	Estran
	A1	648 034	3827466	1,10	Zone littorale
	A3	648 693	3826853	4,00	Zone littorale
	B2	649 801	3825798	8,50	Zone de captage
	B1	650 482	3825184	10,50	Point de captage
	B3	651 134	3824564	12,00	Zone de rejet
Radiale nord	C2	651 927	3827975	10,00	Radiale nord thyna
	C1	652 576	3827351	11,50	Radiale nord thyna
	C3	653 224	3826726	12,00	Radiale nord thyna
Radiale sud	D2	647 638	3823689	6,00	Radiale sud Chaffar
	D1	648 419	3823004	9,50	Radiale sud Chaffar
	D3	649 069	3822382	12,00	Radiale sud Chaffar

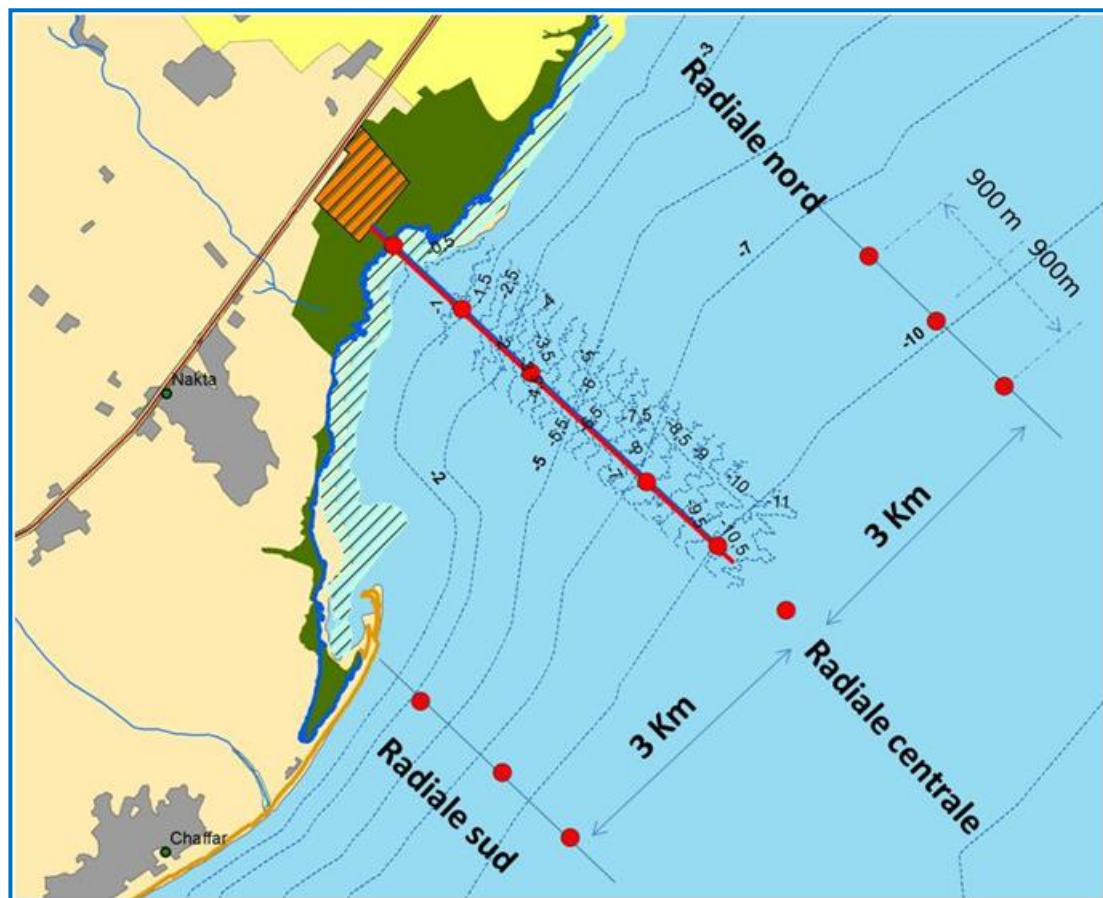


Figure 66 : Radiales choisies pour l'exploration de la zone marine

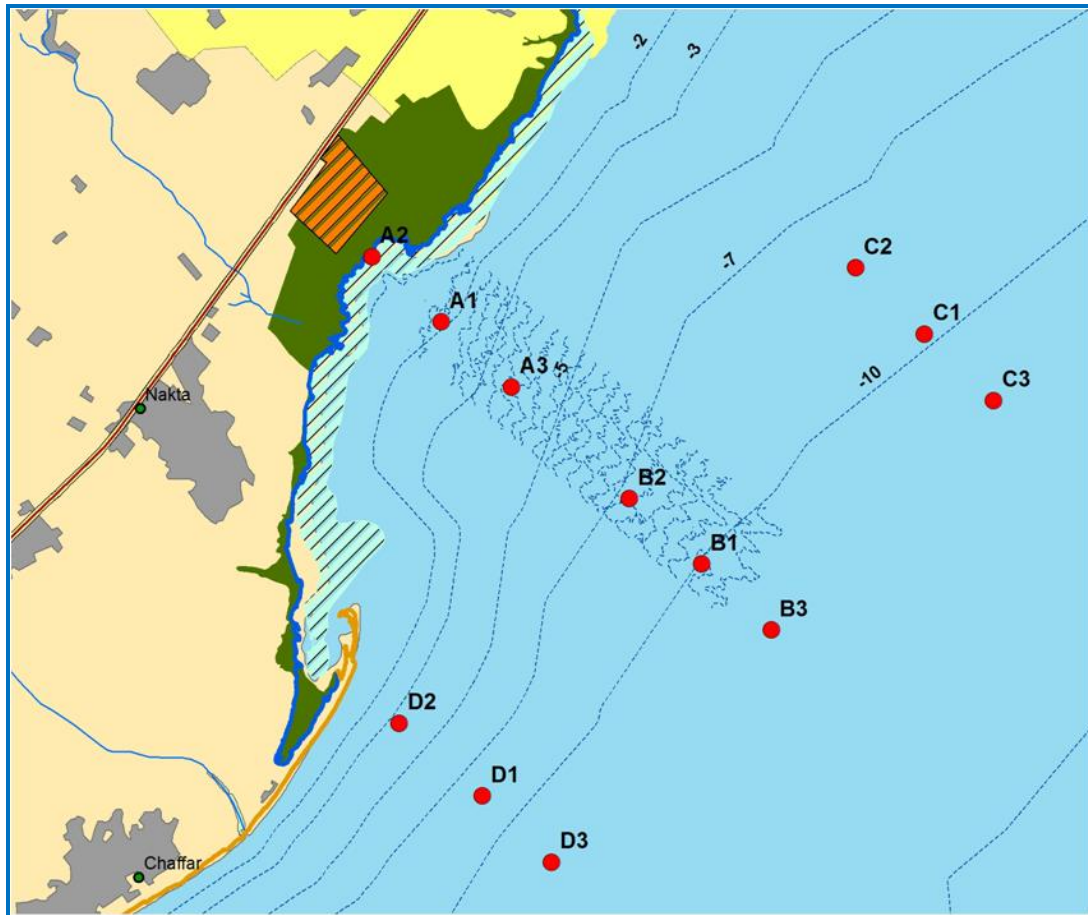


Figure 67 : Stations choisies pour l'exploration de la zone marine

3.3.1.2 Stations d'observation des herbiers

Les herbiers ont été observés au niveau de 4 zones de superficie de 1 Mn² (1800 x 1800 m²) au niveau des sites A, B, C et D.

Chacune de ces quatre zones est discrétisée en 30 mailles (300x360m) comme présenté sur la figure ci-dessous.

Les herbiers ont été observés au centre de chacune des 30 mailles de ces 4 zones choisies (figures suivante).



Figure 68 : Les 4 zones de l'observation de l'état des herbiers de la zone d'étude

Tableau 11 : Coordonnées des points d'observation de l'herbier de la zone littorale A

Point	X	Y	Profondeur m
A11	648085	3828402	0,50
A12	648305	3828198	0,80
A13	648525	3827993	1,20
A14	648744	3827789	3,00
A15	648964	3827585	4,00
A16	649183	3827380	5,00
A21	647840	3828139	0,50
A22	648060	3827934	0,80
A23	648279	3827730	1,20
A24	648499	3827526	2,40
A25	648718	3827321	3,20
A26	648938	3827117	4,50
A31	647595	3827875	0,50
A32	647814	3827671	0,80
A33	648034	3827466	1,20
A34	648254	3827262	1,70
A35	648473	3827058	2,50
A36	648693	3826853	4,00
A41	647350	3827612	0,50
A42	647569	3827407	0,80
A43	647789	3827203	1,20
A44	648008	3826999	1,40
A45	648228	3826794	2,00
A46	648447	3826590	2,70
A51	647104	3827348	0,50
A52	647324	3827144	0,80
A53	647543	3826940	1,20
A54	647763	3826735	1,40
A55	647982	3826531	2,00
A56	648202	3826326	2,70

Tableau 12 : Coordonnées des points d'observation de l'herbier de la zone B

Point	X	Y	Profondeur m
B11	650544	3826120	10,40
B12	650761	3825913	10,80
B13	650979	3825706	11,00
B14	651196	3825499	11,20
B15	651413	3825293	11,00
B16	651631	3825086	11,50
B21	650296	3825859	9,00
B22	650513	3825652	9,80
B23	650730	3825445	10,50
B24	650948	3825239	11,50
B25	651165	3825032	11,00
B26	651382	3824825	11,50
B31	650048	3825598	9,30
B32	650265	3825391	10,00
B33	650482	3825185	10,00
B34	650700	3824978	11,00
B35	650917	3824771	11,00
B36	651134	3824564	11,50
B41	649800	3825337	8,70
B42	650017	3825131	9,50
B43	650234	3824924	10,40
B44	650451	3824717	10,65
B45	650669	3824510	11,00
B46	650886	3824303	11,50
B51	649551	3825077	8,70
B52	649769	3824870	9,50
B53	649986	3824663	10,40
B54	650203	3824456	10,70
B55	650421	3824249	11,00
B56	650638	3824043	11,50

Tableau 13 : Coordonnées des points d'observation de l'herbier de la zone C

Point	X	Y	Profondeur m
C11	652643	3828286	10,00
C12	652859	3828078	10,50
C13	653075	3827869	11,00
C14	653291	3827661	12,00
C15	653507	3827453	12,50
C16	653723	3827245	13,00
C21	652393	3828027	10,00
C22	652609	3827818	10,50
C23	652825	3827610	11,00
C24	653041	3827402	12,00
C25	653257	3827194	12,50
C26	653473	3826986	13,00
C31	652143	3827767	10,00
C32	652360	3827559	10,50
C33	652576	3827351	11,00
C34	652792	3827143	12,00
C35	653008	3826935	12,50
C36	653224	3826726	13,00
C41	651894	3827508	10,00
C42	652110	3827300	10,50
C43	652326	3827092	11,00
C44	652542	3826884	12,00
C45	652758	3826675	12,50
C46	652974	3826467	13,00
C51	651644	3827249	10,00
C52	651860	3827041	10,50
C53	652076	3826832	11,00
C54	652292	3826624	12,00
C55	652508	3826416	12,50
C56	652724	3826208	13,00

Tableau 14: Coordonnées des points d'observation de l'herbier de la zone D

Point	X	Y	Profondeur m
D11	648481	3823940	8,00
D12	648698	3823733	9,00
D13	648914	3823526	10,00
D14	649131	3823318	10,50
D15	649348	3823111	11,00
D16	649565	3822903	12,00
D21	648232	3823680	8,00
D22	648449	3823473	9,00
D23	648666	3823265	10,00
D24	648882	3823058	10,50
D25	649099	3822851	11,00
D26	649316	3822643	12,00
D31	647983	3823420	8,00
D32	648200	3823213	9,00
D33	648417	3823005	10,00
D34	648634	3822798	10,50
D35	648850	3822590	11,00
D36	649067	3822383	12,00
D41	647734	3823160	8,00
D42	647951	3822952	9,00
D43	648168	3822745	10,00
D44	648385	3822538	10,50
D45	648601	3822330	10,00
D45	648818	3822123	11,00
D46	647485	3822900	12,00
D51	647702	3822692	8,00
D52	647919	3822485	9,00
D54	648136	3822278	10,50
D55	648353	3822070	11,00
D56	648569	3821863	12,00

3.3.2 Les procédures d'échantillonnage et d'exploration

Les procédures suivies in situ concernent :

- L'échantillonnage des eaux ;
- L'échantillonnage des sédiments ;
- L'échantillonnage de la meio et macro-faune ;
- L'observation des herbiers
- La pêche expérimentale.

Pour chacune des ces quatre procédures, nous présentons dans ce qui suit :

- Les équipements utilisés sur terrain;
- Le protocole d'échantillonnage suivis sur site.

3.3.2.1 Echantillonnage des eaux et du plancton

Equipements de terrain:

- Un GPS pour positionnement ;
- Des fiches de prélèvement préalablement préparées au bureau ;
- Un support pour l'enregistrement des fiches de terrains ;
- Des bouteilles plastiques préalablement préparées de 1 litre pour le prélèvement et la conservation de l'échantillon destinées aux analyses physico-chimiques;
- Des bouteilles plastiques préalablement préparées et stérilisées par le laboratoire pour le prélèvement et la conservation de l'échantillon destiné aux analyses bactériologiques ;
- Une bouteille d'échantillonnage (Ruttner ou à renversement)
- Becher en polypropylène de 5l ;
- Entonnoir en polypropylène ;
- Des glacières avec des glaçons ;
- Des rouleaux aluminium ;
- Eau distillée et eau douce de robinet ;
- Marqueurs indélébiles ;
- Un salinomètre conductivimètre
- Un oxymètre;
- Un pH mètre
- Un Disque de Secchi;
- Un Fil à Plomb.
- Filets à planctons



Figure 69 : Bouteille hydrologique de prélèvement d'eau et équipement de mesures in situ

Procédure d'échantillonnage :

- * Se positionner au niveau de la station recherchée par GPS;
- * Arrêter le moteur du bateau;
- * Préparer la fiche de prélèvement ;
- * Indiquer la référence de la station sur la fiche ;
- * Noter les coordonnées exactes après stabilisation du bateau ;
- * Marquer l'heure;
- * Décrire les conditions météorologiques (nébulosité, vent, direction, ciel, etc...);
- * Noter l'état de la mer (agitée, très agitée, peu agitée, calme, turbide, etc);
- * préciser les conditions régnant au fond et dans l'eau (fond visible, invisible, transparence, couverture du fond, turbidité, etc...);
- * Mesurer la profondeur de l'eau par l'échosondeur du bateau (s'il existe) et/ou par le fil à plomb;
- * Mesurer la transparence de l'eau avec le disque de Secchi ;

Echantillon d'eau de surface

- * Préparer les bouteilles préalablement stérilisées par le laboratoire ;
- * Indiquer sur la bouteille le N° de la station et le code de l'échantillon de surface à prélever ;
- * Rincer le béccher en propylène avec l'eau de mer de surface ;
- * Prendre un échantillon d'eau directement à la surface avec le béccher en propylène ;
- * Remplir à partir du béccher les bouteilles avec l'eau prélevée ;
- * Mettre les bouteilles dans des glacières à l'abri de la lumière ;
- * Mesurer la température de l'eau dans le béccher;
- * Mesurer la salinité et la conductivité de l'eau dans le béccher;
- * Mesurer l'oxygène dissous dans le béccher;

Echantillon du plancton

- * Mise à l'eau du filet à plancton;
- * Trait intégral du fond à la surface ;
- * Récupérer l'échantillon;
- * Répertoire et fixer au formol.

Echantillon d'eau de fond

- * Préparer les bouteilles préalablement stérilisée par le laboratoire ;
- * Indiquer sur la bouteille le N° de la station et le code de l'échantillon de fond à prélever ;
- * Descendre la bouteille hydrologique jusqu'à environ 0,5 m au dessus du fond ;
- * Remplir la bouteille à partir de l'eau en profondeur ;
- * Remonter la bouteille hydrologique ;
- * Transférer le contenu de la bouteille dans un récipient préalablement bien nettoyé et préparé;
- * Remplir les bouteilles destinées aux analyses de laboratoire ;
- * Refaire les mêmes procédures effectuées pour l'échantillon de surface pour l'échantillon du fond marin (voir ci-dessus).

Tous les échantillons ont été munis d'un matricule (ou un code) donnant une information sur Le N° de la station et le niveau de l'échantillonnage (haut ou bas).

3.3.2.2 Echantillonnage des sédiments

L'échantillonnage a porté sur les sédiments de surface dans toutes les stations. Pour les fonds meuble vaseux on prélève des carottes de sédiment.

Equipements nécessaires

- * Un GPS pour positionnement ;
- * Une benne Van Veen d'un poids de 15 Kg environ
- * Gants, cordages;
- * Un tamis de 5mm de maille ;
- * Un appareil photo numérique;
- * Des bouteilles en verre pour des échantillons destinés à l'analyse des hydrocarbures ;
- * Des sachets plastiques pour des échantillons destinés à l'analyse physico-chimique ;
- * Une glacière de conservation
- * Des marqueurs indélébiles;
- * Des tubes PVC et des bouchons de fermeture.



Figure 70: Types de Bennes Van Veen qui sera utilisée pour le prélèvement des sédiments de surface

Procédures des prélèvements de sédiment de surface à la benne

- * Se positionner au niveau de la station repérée par GPS;
- * Arrêter le moteur du bateau et fixer le bateau par ancrage;
- * Marquer l'heure;
- * Marquer l'état climatologique (nébulosité, vent, direction, ciel, etc...);
- * Marquer l'état de l'eau (agitée, très agitée, peu agitée, calme, turbide, etc);
- * Marquer l'état du fond de l'eau (visible, invisible, transparence, couverture du fond, etc...);
- * Enregistrer la profondeur de l'eau par l'échosondeur du bateau s'il existe et/ou par le fil à plomb ;
- * Descendre la benne dument ouverte jusqu'au fond ;
- * Fermer la benne par légère agitation du câble ;
- * Tirer la benne ;
- * Transférer le contenu de la benne dans une bassine ;
- * Au cas où la quantité de sédiment est faible (<1Kg) prendre un deuxième échantillon avec la même procédure ;
- * Faire une description lithologique sommaire (couleur du sédiment, argile, sable, % coquilles, végétation, débris, etc...) ;
- * Prendre une photo du sédiment brut avec indication du N° de la station et de la date de prélèvement ;
- * Prendre un échantillon dans un sachet plastique sur lequel le N° de la station est préalablement indiqué et un échantillon dans la bouteille en verre préalablement préparée par le laboratoire;

- * Mettre chacun des deux échantillons dans une glacière à l'abri de la lumière.

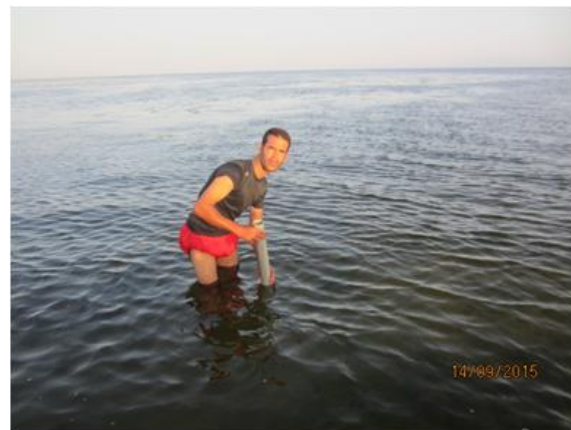
Procédures des prélèvements de carottes par plongée

- * Se positionner au niveau de la station repérée par GPS;
- * Plonger avec une tube PVC de Ø (5 à 6cm) et de 1,5 de longueur ;
- * Enfoncer le tube dans le fond marin jusqu'au refus ;
- * Fermer le tube par un bouchon du côté supérieur ;
- * Tirer doucement le tube du fond marin ;
- * Fermer le côté bas du tube par un deuxième bouchon ;
- * Monter le tube au bord de bateau ;
- * Marquer le sens de la carotte avec des signes H (haut) ou B (Bas) ;
- * Marquer le N° de la carotte.

Les carottes ont été prises uniquement pour les fonds meubles et vaseux des Station côtières A1, A2 et A3. Pour toutes les autres stations à fond relativement dur et à posidonie, le carottage n'était pas possible et s'est contenté de ce fait des échantillons de surface effectués par benne.



En zone profonde



Dans l'estran

Figure 71 : Prélèvement de carotte dans la zone A à fond meuble

3.3.2.3 Echantillonnage de la meio et macro faune benthique

La méiofaune et la macrofaune seront prélevés aussi dans les 12 stations

Equipements

- * Benne Van Veen;
- * Tamis – 1 mm
- * Formol
- * Sachets
- * Bouteilles col large 500 ml)
- * Marqueur ;
- * Glacières
- * Glaçons
- * Une drague hydrologique.

Procédures des prélèvements de la faune benthique

- * Se positionner au niveau de la station repérée par GPS;
- * Arrêter le moteur du bateau et fixer le bateau par ancrage;
- * Enregistrer la profondeur de l'eau;
- * Descendre la benne dument ouverte jusqu'au fond ;
- * Fermer la benne par légère agitation du câble ;
- * Retirer la benne ;
- * Vider le prélèvement de la benne dans une bassine ;
- * Prélever les échantillons du meio-benthos (10cm² x 10cm) ;
- * 3 répliquas ont été effectués par station.
- * Tamisage de l'échantillon sur 1mm ;
- * Fixer les échantillons avec 7% de formol ;
- * Répertorier et conserver les échantillons dans des glacières ;
- * Pour le macro-benthos le contenu de la benne est tamiser sur un tamis de 1mm ;
- * Les échantillons tamisés seront répertoriés fixés au formol à 5% et conservés dans des glacières ;
- * 3 prélèvements par station ont été effectués

Pour l'analyse qualitative du macro-benthos, des prélèvements à la drague ont été effectués à chaque station.



Figure 72 : Tamisage d'un échantillon de macro-benthos à travers un tamis de 1mm

3.3.2.4 Pêche expérimentale

Le necton se fera aux mêmes stations des eaux

Equipements

- * Engins de pêche :
 - filets droits et
 - Mini chalut;

Procédures des prélèvements Necton

- * Il s'agit principalement de la macrofaune ichtyque,
- * Filage des engins de pêche : filets trémail et sennes, encerclement, boursage et virage au sein de chaque zone ;
- * Récupération des échantillons ;
- * Tri et identification et éventuels mensuration ;
- * Observations sous marines directe "sensus visuel" effectués au niveau de chaque station;

- * les échantillons et les observations directe porteront sur :
 - l'identification des espèces
 - Estimation des classes de taille : juvéniles, adultes
 - Fréquences relatives

Les observations du necton ont été complétées par des enquêtes auprès des pêcheurs de la zone.



Mini chalut



filet droit

Figure 73 : Engins de pêche utilisés pour la pêche expérimentale

3.3.2.5 *Observation et exploration des herbiers*

Les herbiers ont été explorés au niveau de 4 zones de surface 1Mn² chacune (figure ci-dessous):

- Zone A (littorale) :
- Zone B (autour du point de captage) :
- Zone C (au nord) :
- Zone D (au sud) :

Equipements

- * Equipement de plongé
- * Plaque réticulée (30 x 30cm: 9 carreaux de 10x 10cm);
- * Ardoise de plongé
- * Quadrat (40x40cm ou 20x20 cm) ;
- * Sachets en plastique
- * Appareils de photographie.

Paramètres recherchés

- * Recouvrements ;
- * Densité ;
- * Caractérisation de l'herbier.

Procédures d'exploration de l'état des herbiers (au niveau des 30 mailles par zone)

- * Se positionner au centre de chaque maille (300mx360m) ;
- * Fixer le bateau sur place ;
- * Plongé autonome avec plaque réticulé et ardoise d'enregistrement ;
- * Se positionner à 3m du fond;
- * Tenir la plaque à l'extrémité de ses bras selon un plan parallèle au fond ;
- * Observer le fond à travers la plaque ;

- * Compter le nombre de carreaux de la plaque occupé par la posidonie (plus au moins complètement selon la figure ci-dessous);
- * Notification des taux de recouvrement (voir figure ci-dessous);
- * Enregistrer le taux de recouvrement pour la Posidonie, Cymodocées, Algues sur l'ardoise (figure ci-dessous) ;
- * Retour en surface et enregistrement sur fiche préalablement préparée pour la cartographie des herbiers ;
- * Se déplacer à la position de la maille suivante selon l'itinéraire préalablement identifié.

Procédures de mesure de la densité (au niveau de trois mailles par zone)

- * Se positionner au centre de la maille sélectionnée ;
- * Fixer le bateau sur place ;
- * Plongé autonome avec quadrat (40x40 ou 20x20 selon la densité) ;
- * Positionner le quadrat d'une façon aléatoire sur l'herbier de posidonie;
- * Compter le nombre de faisceaux vivants de posidonies à partir d'un coin du quadrat par rabattement ;
- * Enregistrer le nombre de faisceaux comptés sur l'ardoise ;
- * Remonter sur bateaux ;
- * Reporter le nombre sur fiche de préalablement préparée.



Figure 74 : Mesure de la densité des herbiers par quadra 20 x 20 cm²

Procédures de caractérisation de l'herbier de posidonies (au niveau de trois mailles par zone)

- * Se positionner au centre de la maille sélectionnée ;
- * Fixer le bateau sur place ;
- * Plongé autonome avec sachet de prélèvement ;
- * Prélever au hasard 30 faisceaux de posidonies ;
- * Mettre l'échantillon dans un sachet plastique ;
- * Remonter à bord ;
- * Enregistrer le nombre de faisceaux comptés sur l'ardoise ;
- * Répertorier les prélèvements ;
- * Fixation et conservation des échantillons.

3.3.3 Déroulement de la campagne et constatations préliminaires in situ

La campagne marine a été réalisée durant une période de 8 jours allant du samedi 12 Septembre au Samedi 19 Septembre 2015.

3.3.3.1 Embarcations utilisées

Bateau utilisé pour les prélèvements les observations du large du large (Zone B, C, D et la partie du large de la zone A).

Embarquement à partir du port de **pêche de Mahres**:

Nom	: Romdhane
Congé bateau	: SF 6480
Rais	: Mokhtar
Longueur	: 9,01 m
Largeur	: 3,26m
Hauteur	: 0,91 m
Puissance moteur	: 30 CV

Bateau utilisé pour les prélèvements et les observations de la zone de l'estran et de la zone côtière de la zone A.

Embarcation directement à partir de la Côte au niveau du point d'embarquement **de Nakta** :

Nom	: Ahmed
Congé	: SF 10194
Rais	: Farhat Ben Khelifa Ennkhili
Longueur	: 6,5 m
Largeur	: 1,88 m
Hauteur	: 0,58 m
Puissance moteur	: 6 CV



Bateau utilisé au large



bateau utilisé pour l'estran

Figure 75 : Embarcations utilisés pour l'échantillonnage et l'observation des herbiers

Les éléments de sécurité qui ont été utilisés durant cette campagne d'exploration pour les stations du large :

- Gilet de sauvetage ;
- chaussures de sécurité ;
- Tenues imperméables ;
- Boite de pharmacie de secours;
- Equipement anti-incendie ;
- Sifflet de signalisation ;
- Flammes, Radeau ;
- Flottants divers.

3.3.3.2 Equipage du bateau

Expert :

- M. Rafik BENCHARRADA
- M. Med. Salah ROMDHANE
- M. Soufien HEDHLI

Chef du projet – Expert Environnement
Expert écologiste
Technicien environnement

Plongeurs

- Slah BOUGHRARA
- Slah RHOUMA
- Anis ABDERRAZAK

Marins

- Mokhtar
- Ibrahim El BARDAA
- Hedi GHANNAI
- Haithem El BARDAA

Rais – conducteur bateau
Marin
Marin
Marin



Plongeur hors eau



Echantillonnage des herbiers sous eau

Figure 76 : Equipage de plonger

3.3.3.3 Déroulement de la campagne

Tableau 15: Programme effectuée durant la journée du Samedi 12 Septembre 2015

Condition Météo: Vent nord Est – eau moyennement agitée – Eau trouble

Heure	Stations explorées selon l'ordre chronologique	Travaux effectués
10H40	D51	Observation de la couverture des herbiers
11H10	D41	Observation de la couverture des herbiers
11H35	D31	Observation de la couverture des herbiers
12H00	D21	Observation de la couverture des herbiers
12H30	D11	Observation de la couverture des herbiers
12H45	D12	Observation de la couverture des herbiers
13H00	D13	Observation de la couverture des herbiers
13H15	D23	Observation de la couverture des herbiers
13H35	D22	Observation de la couverture des herbiers
14H00	D32	Observation de la couverture des herbiers

Les prospections dans la zone D sont effectuées par temps moyennement agitée, dans des profondeurs allant de 9 à 12 m les fonds sont sablo vaseux, la zone est affectée par le Kiss, ce qui explique en partie les eaux fréquemment turbides empêchant toute observation à partir de la surface ou même à proximité des fonds. La couverture végétale est assez dense avec une dominance des herbiers de posidonie accompagnés par la macroalgue *Halimeda tuna*. La macrofaune est marquée par la présence d'éponges, d'ascidies et des mollusques ; la faune vagile est bien perceptible en particulier les sparidés.

Tableau 16: Programme effectuée durant la journée du Dimanche 13 Septembre 2015

Condition Météo: Condition Météo: Vent nord Est – eau moyennement à peu agitée – Eau trouble

Heure	Stations explorées selon l'ordre chronologique	Travaux effectués
8H20	D2	Mesures physicochimique des eaux Prélèvement d'eau en surface et au fond Prélèvement de benthos Prélèvement de sédiment Prélèvement de meio faune benthique Prélèvement de végétation
9H50	D1	
11H00	D3	
11H55	B3	
13H00	B1	
13H45	B2	

Les prospections de cette journée sont aussi réalisés par temps moyen à peu agitée, la zone A est peu profondes 0,5 à 4,5m ; la couverture végétale est assez dense avec une dominance des herbiers de posidonie accompagnés par la macrophyte invasive *Halophila stipulacea* et des cymodocés *Cymodocea nodosa*, la macrofaune est marquée par la présence d'éponges, d'échinodermes et des mollusques ; la faune vagile est bien perceptible en particulier les sparidés. Dans la zone C relativement plus profondes 9 à 10m, la dominance de posidonies accompagnés par l'halimede est nette avec une faible transparence des eaux.

Tableau 17: Programme effectuée durant la journée du Lundi 14 Septembre 2015

Condition Météo: vent moyen, mer moyennement agitée

Heure	Stations explorées selon l'ordre chronologique	Travaux effectués
8H15	A1	Mesures physicochimique des eaux Prélèvement d'eau en surface et au fond Prélèvement de benthos Prélèvement de sédiment Prélèvement de meio faune benthique Prélèvement de végétation
9H10	A3	
10H10	C2	
10H50	C1	
11H30	C3	
17H30	A2	

Les prospections de cette journée sont aussi réalisés par mer moyennement agitée, dans la zone A et la zone C soit entre 2 et 12m ; la transparence des eaux est assez limités, la couverture végétale est assez dense avec une dominance des herbiers de posidonie accompagnés par la macrophyte invasive *Halophila stipulacea* et des cymodocés *Cymodocea nodosa* dans les zones peu profondes, et par la macro algue *Halimeda tuna* dans les zones profondes. la macrofaune est marquée par la présence les mollusques et les échinodermes; la faune vagile est toujours représentée par les sparidés.

Tableau 18: Programme effectuée durant la journée du Mardi 15 Septembre 2015

Condition Météo: Vent sud-est, mer faiblement agitée

Heure	Stations explorées selon l'ordre chronologique	Travaux effectués
9H40	A45	Observation de la couverture des herbiers
10H50	A44	Observation de la couverture des herbiers
10H10	A34	Observation de la couverture des herbiers
10H15	A33 – A1	Observation de la couverture des herbiers
10H20	A23	Observation de la couverture des herbiers
10H30	A13	Observation de la couverture des herbiers
10H40	A14	Observation de la couverture des herbiers
10H50	A24	Observation de la couverture des herbiers
11H10	A35	Observation de la couverture des herbiers
11H15	A25	Observation de la couverture des herbiers
11H25	A15	Observation de la couverture des herbiers
11H35	A16	Observation de la couverture des herbiers
11H45	A26	Observation de la couverture des herbiers
11H57	A36	Observation de la couverture des herbiers
12H10	A46	Observation de la couverture des herbiers
12H20	A56	Observation de la couverture des herbiers
12H30	A55	Observation de la couverture des herbiers
15H20	A54	Observation de la couverture des herbiers
15H30	A53	Observation de la couverture des herbiers
15H35	A52	Observation de la couverture des herbiers
15H40	A51	Observation de la couverture des herbiers
15H45	A41	Observation de la couverture des herbiers
15H50	A31	Observation de la couverture des herbiers
16H00	A21	Observation de la couverture des herbiers
16H10	A11	Observation de la couverture des herbiers
16H10	A12	Observation de la couverture des herbiers
16H15	A22	Observation de la couverture des herbiers
16H20	A32	Observation de la couverture des herbiers
16H25	A42	Observation de la couverture des herbiers
1630	A43	Observation de la couverture des herbiers

La prospection a été effectuée par une petite barque dans la zone A comportant l'estran et l'avant côte. Le fond présente un faciès meuble vaseux à sédiment très organique. Les observations effectuées sur la couverture des fonds ont montré qu'il y a un étagement de la végétation entre l'estran et l'avant estran. La zone de l'estran est couverte par une végétation

à macro-algues en grande partie nitrophiles type Ulve, Entéromorphes, cladophores, etc.... En haute marée ces algues flottent en surface à travers la colonne d'eau, En basse marée ces macro-algues sont étalées sur le fond et dégagent parfois des odeurs. Dans la zone intermédiaire entre l'estran et le large, on passe une végétation à dominance de Cymodocée avec des macro-algues rouges et des halophila. Au large de la zone A, on passe un herbier de posidonie dense.



Estran en basse marée



estran en haute marée

Figure 77 : couvert végétal de la zone de l'estran

Herbier de cymodocées (zone intermédiaire)



Herbier de Posidonie au large

Figure 78 : Herbier de la zone A

Tableau 19: Programme effectuée durant la journée du Mercredi 16 Septembre 2015

Condition Météo: Vent Est à Sud-est, eau moyennement agitée

Heure	Stations explorées selon l'ordre chronologique	Travaux effectués
8H00	B56	Observation de la couverture des herbiers
8H16	B46	Observation de la couverture des herbiers
8H30	B36	Observation de la couverture des herbiers
8H53	B26	Observation de la couverture des herbiers
9H05	B16	Observation de la couverture des herbiers
9H15	B15	Observation de la couverture des herbiers
9H30	B25	Observation de la couverture des herbiers
9H45	B35	Observation de la couverture des herbiers
10H00	B45	Observation de la couverture des herbiers
10H16	B55	Observation de la couverture des herbiers
10H30	B54	Observation de la couverture des herbiers
10H50	B44	Observation de la couverture des herbiers
11H05	B34	Observation de la couverture des herbiers
11H20	B24	Observation de la couverture des herbiers
11H45	B14	Observation de la couverture des herbiers
11H50	B13	Observation de la couverture des herbiers
12H00	B23	Observation de la couverture des herbiers
12H20	B33 – B1	Observation de la couverture des herbiers
12H50	B43	Observation de la couverture des herbiers
13H05	B53	Observation de la couverture des herbiers
13H15	B52	Observation de la couverture des herbiers
13H25	B42	Observation de la couverture des herbiers
13H35	B32	Observation de la couverture des herbiers
13H55	B31	Observation de la couverture des herbiers

Les prospections dans la zone B ont montré que le fond est sablo coquillier très riche en coquilles et en débris de posidonies mortes. L'eau est légèrement trouble, le disque de secchi disparaît à plus de 5 à 6 m pour la zone prospectée avec des fonds variant de 8 à 12m. L'herbier est de type posidonie à couverture dense à moyenne. Des dégradations apparaissent parfois montrant des traces de chalutage avec le Kiss.

Tableau 20: Programme effectuée durant la journée du Jeudi 17 Septembre 2015

Condition Météo: Vent Est à sud-est, mer moyennement agitée

Heure	Stations explorées selon l'ordre chronologique	Travaux effectués
8H30	C56	Observation de la couverture des herbiers
8H40	C46	Observation de la couverture des herbiers
9H00	C36 – C3	Observation de la couverture des herbiers
9H15	C26	Observation de la couverture des herbiers
9H25	C16	Observation de la couverture des herbiers
9H35	C15	Observation de la couverture des herbiers
9H47	C25	Observation de la couverture des herbiers
10H00	C35	Observation de la couverture des herbiers
10H10	C45	Observation de la couverture des herbiers
10H18	C55	Observation de la couverture des herbiers
10H25	C54	Observation de la couverture des herbiers
10H35	C53	Observation de la couverture des herbiers
10H45	C43	Observation de la couverture des herbiers
11H00	C33 – C1	Observation de la couverture des herbiers
11H15	C24	Observation de la couverture des herbiers
11H25	C34	Observation de la couverture des herbiers
11H35	C44	Observation de la couverture des herbiers
11H45	C42	Observation de la couverture des herbiers
11H55	C52	Observation de la couverture des herbiers
12H05	C51	Observation de la couverture des herbiers

La situation dans la zone C est comparable à celle de la zone C. Le disque de secchi disparaît à plus de 5 à 6. L'herbier est de type posidonie à couverture dense à moyenne. Des dégradations apparaissent parfois montrant des traces de chalutage avec le Kiss. Le fond est relativement compact avec des sédiments bien fixés par les posidonies, ils sont très riches en débris de posidonie et en coquilles mortes.

Tableau 21: Programme effectuée durant la journée du Vendredi 18 Septembre 2015

Condition Météo: Vent Est à sud Est, mer myennement à peu agitée

Heure	Stations explorées selon l'ordre chronologique	Travaux effectués
8H00	C31	Observation de la couverture des herbiers
8H15	C21	Observation de la couverture des herbiers
8H20	C11	Observation de la couverture des herbiers
8H45	C12	Observation de la couverture des herbiers
8H54	C13	Observation de la couverture des herbiers
9H05	C14	Observation de la couverture des herbiers
9H15	C23	Observation de la couverture des herbiers
9H20	C22	Observation de la couverture des herbiers
9H32	C32	Observation de la couverture des herbiers
9H44	C41	Observation de la couverture des herbiers
10H25	B11	Observation de la couverture des herbiers
10H35	B12	Observation de la couverture des herbiers
10H45	B22	Observation de la couverture des herbiers
10H55	B21	Observation de la couverture des herbiers
10H55	B41	Observation de la couverture des herbiers
11H05	B51	Observation de la couverture des herbiers
11H15	B52	Observation de la couverture des herbiers
11H45	D14	Observation de la couverture des herbiers
11H55	D15	Observation de la couverture des herbiers
12H05	D16	Observation de la couverture des herbiers
12H12	D26	Observation de la couverture des herbiers
12H20	D25	Observation de la couverture des herbiers
12H30	D36	Observation de la couverture des herbiers
12H38	D46	Observation de la couverture des herbiers
12H45	D56	Observation de la couverture des herbiers
12H55	D55	Observation de la couverture des herbiers
13H05	D45	Observation de la couverture des herbiers
13H12	D35	Observation de la couverture des herbiers
13H20	D24	Observation de la couverture des herbiers
13H28	D34	Observation de la couverture des herbiers
13H35	D33 – D1	Observation de la couverture des herbiers
13H45	D43	Observation de la couverture des herbiers
13H52	D44	Observation de la couverture des herbiers
14H00	D54	Observation de la couverture des herbiers
14H10	D53	Observation de la couverture des herbiers
14H20	D42	Observation de la couverture des herbiers
14H30	D52	Observation de la couverture des herbiers

Cette journée a été consacrée à faire des observations complémentaires dans les trois zones C, B et D pour les points non prospectés durant les journées précédentes.

Tableau 22: Programme effectuée durant la journée du Samedi 19 Septembre 2015

Condition Météo:

Heure	Stations explorées selon l'ordre chronologique	Travaux effectués
8H00	Zone B	Mise à l'eau d'un filet maillant de fonds (10 pièces de 30 m) au niveau de la zone B (station B2)
8H30	Zone A	Dragage expérimental au mini chalut entre le point A1 jusqu'au point A3 (900m)
9H25	Zone C	Dragage expérimental au mini chalut entre le point C2 jusqu'au point C1 (900m)
10H20	Zone B	Dragage expérimental au mini chalut entre le point B1 jusqu'au point B2 (900m)
11H00	Zone B	Retrait du filet maillant du point B2
11H30	Zone D	Dragage expérimental au mini chalut entre le point D1 jusqu'au point D2 (900m)

Durant cette journée, la pêche expérimentale a été basée essentiellement sur :

- La pêche avec un filet maillant ;
- Dragage expérimental avec un mini chalut dans les trois zones A, B, C et D ;
- Enquêtes auprès des pêcheurs et observation des poissons pêchés par les pêcheurs riverains dans cette zone côtière.

Les photos suivantes illustrent les résultats de cette activité.



Figure 79 : Echantillon récolté par le mini chalut au niveau de la zone A



Figure 80 : Echantillon récolté par le filet maillant



Figure 81 : Espèces récoltées dans la zone B



Figure 82 : Observation effectuée auprès d'un pêcheur dans la zone A

3.3.4 Résultats d'analyse de la qualité des eaux

3.3.4.1 La transparence des eaux

Tableau 23 : Résultats des mesures in situ de la transparence des eaux comparée avec la profondeur de l'eau

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte m	Prof. d'eau m	Sept-2015		Janvier-2016	
Radiale	Station	X	Y			Transp.	Tr/Pr	Transp.	Tr/Pr
						m	%	m	%
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	0,80	100,00	0,80	100,00
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	1,50	100,00	1,50	100,00
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	2,50	71,43	3,50	100,00
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	5,00	55,56	6,00	66,67
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	6,00	57,14	8,00	72,73
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	6,50	54,17	8,00	66,67
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	5,00	50,00	5,50	55,00
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	5,00	45,45	6,00	54,55
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	5,00	38,46	8,00	61,54
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	1,80	36,00	4,50	90,00
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	4,00	40,00	8,00	80,00
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	6,50	50,00	9,00	69,23
Min					0,8	0,8	36%	0,80	55%
moyenne					8,3	4,13	58%	5,73	76%
Max					13,0	6,50	100%	9,00	100%

La transparence relative des eaux est, dans son ensemble moyenne à importante avec des valeurs oscillant entre 40% et 100%. Toutefois, nous avons enregistré une amélioration de la transparence au cours de la campagne de Janvier 2016 par rapport à celle de Septembre 2015. À l'échelle spatiale, au niveau des stations échantillonnées, on distingue pour:

- Les stations de l'estran : Les valeurs mesurées de la transparence relative (rapport transparence/profondeur) sont de l'ordre de 100%, ce qui montre une bonne visibilité dans la zone côtière ;
- Les stations du large : Les valeurs mesurées de la transparence relative s'évaluent entre 36% et 90% durant les deux campagnes. Le fond était invisible durant les campagnes de mesure. D'après des témoignages, auprès des pêcheurs, il semble que le fond ne devient visible que pour des périodes calmes prolongées.

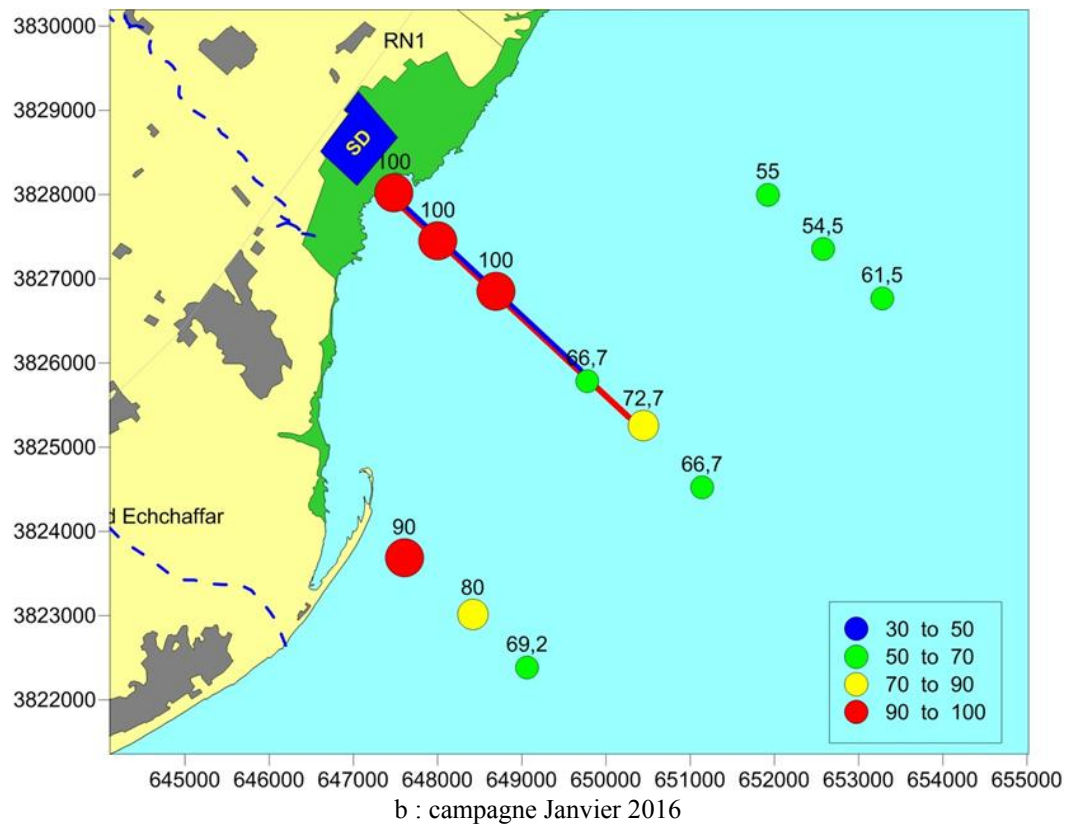
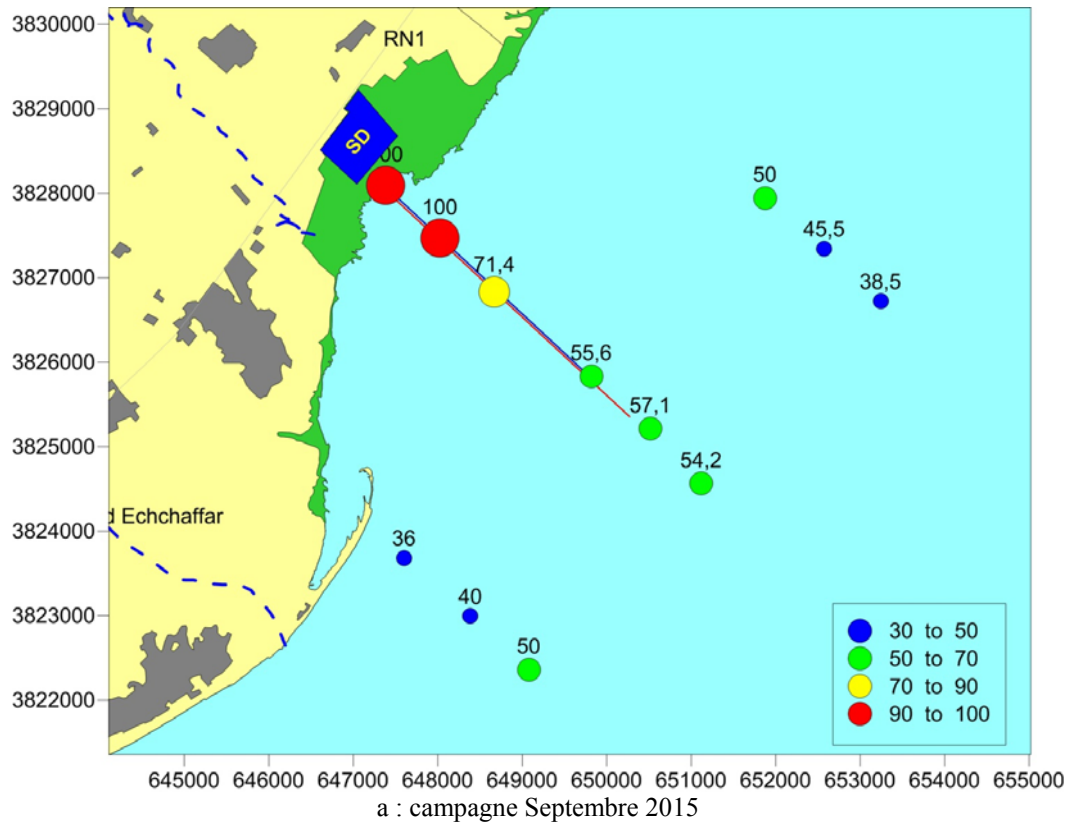


Figure 83 : Répartition spatiale de la transparence relative des eaux en %

3.3.4.2 La température des eaux

Tableau 24 : Résultats des mesures in situ de la température en °C des eaux de mer

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte	Prof. d'eau	Sept. 2015		Janvier-2016	
Radiale	Station	X	Y	m	m	Surface	Fond	Surface	Fond
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	29,1		12,5	
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	28,6	28,9	13,9	13,6
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	28,5	28,5	13,7	13,3
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	28,8	28,7	14,2	14,2
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	28,8	28,6	14,4	14,4
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	28,8	28,6	14,6	14,5
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	28,8	28,5	14,3	14,3
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	28,6	28,4	14,4	14,3
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	28,7	28,5	14,5	14,4
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	28,2	27,9	14,9	14,8
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	28,2	28,1	15,2	14,9
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	28,5	28,1	15,2	15,0
Min.					0,8	28,2	27,9	12,5	13,3
Moyenne					8,3	28,6	28,4	14,3	14,3
Max.					13,0	29,1	28,9	15,2	15,0

Les valeurs enregistrées montrent les deux valeurs extrêmes des températures annuelles. Celle de Septembre 2015 représente le max annuel estival de l'ordre de 28°C et celle de Janvier 2016 représente le minimum annuel des eaux côtières du golfe de Gabès.

Les différences des températures entre surface et fond pour l'ensemble des stations prospectées, sont très faibles durant les deux campagnes.

Elles montrent une nette homogénéisation des valeurs relevées (faible stratification) sur l'ensemble de la tranche d'eau.

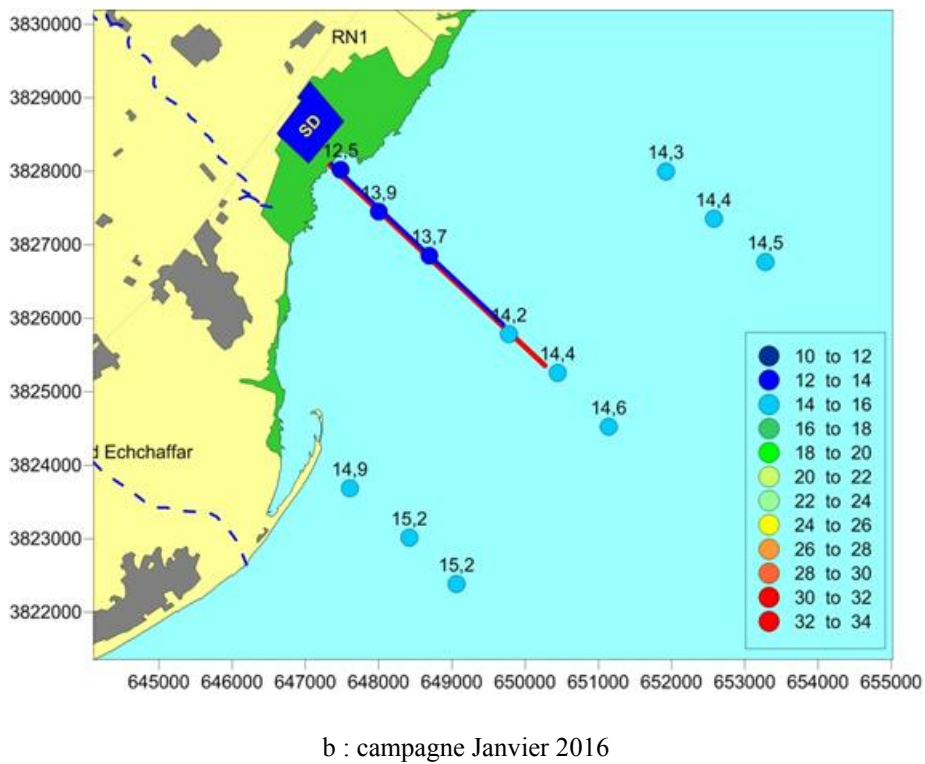
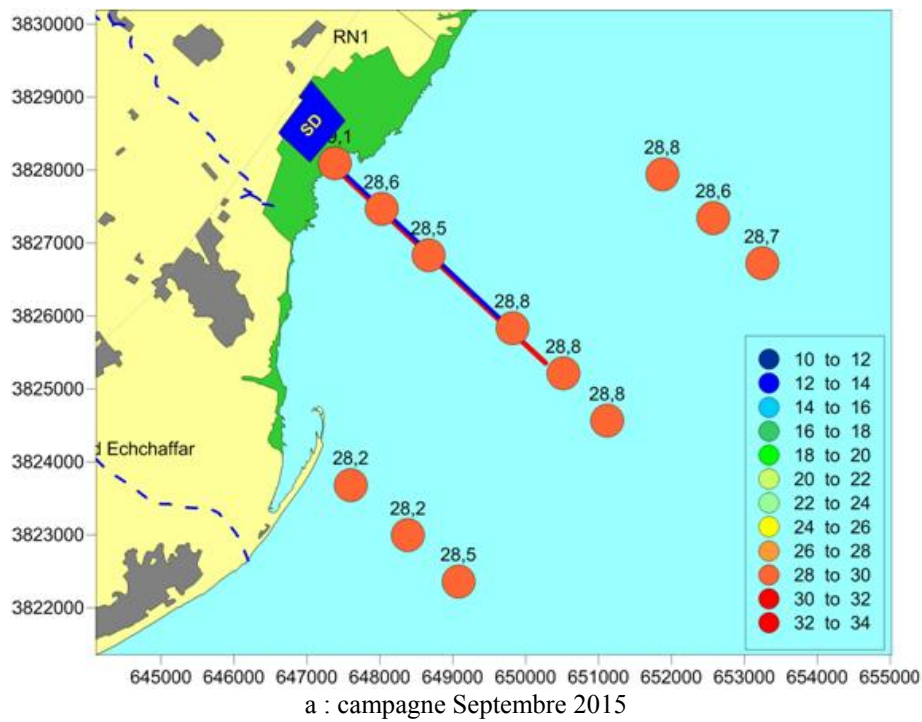


Figure 84 : Répartition spatiale de la température des eaux de surface en °C

3.3.4.3 La salinité des eaux

Tableau 25 : Résultats des mesures in situ de la salinité en psu des eaux marines

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte	Prof. d'eau	Sept. 2015		Janvier 2016	
Radiale	Station	X	Y	m	m	En surface	Au fond	En surface	Au fond
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	40,20		40,20	
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	40,01	40,20	39,50	39,60
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	39,60	39,70	39,60	39,60
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	39,50	39,60	39,60	39,60
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	39,50	39,50	39,50	39,50
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	39,40	39,50	39,60	39,60
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	39,40	39,40	39,60	39,60
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	39,20	39,30	39,60	39,60
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	39,20	39,20	39,50	39,50
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	39,30	39,30	39,50	39,60
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	39,20	39,20	39,50	39,60
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	39,30	39,30	39,50	39,60
Min					0,8	39,20	39,20	39,50	39,50
moyenne					8,3	39,48	39,47	39,60	39,58
Max					13,0	40,20	40,20	40,20	39,60

À l'échelle temporelle, la salinité est relativement peu fluctuante avec des valeurs moyennes oscillant autour de 39,5 psu (salinité de surface et du fond de la totalité des prélèvements).

Les deux campagnes enregistrent le même ordre de grandeur de la valeur de la salinité. La différence entre la surface et le fond est, elle aussi, très faible.

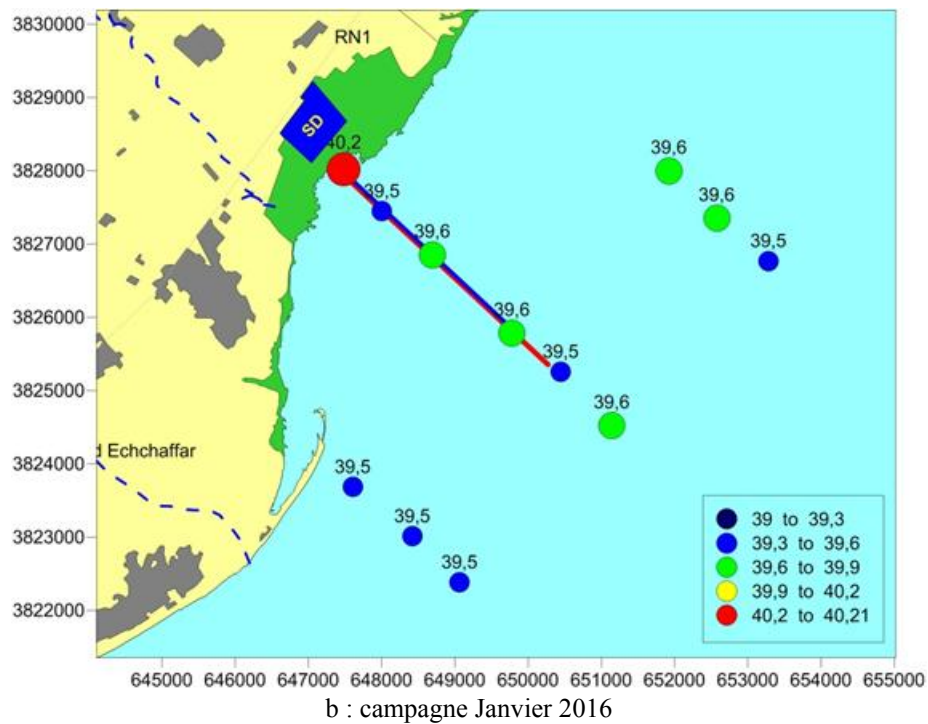
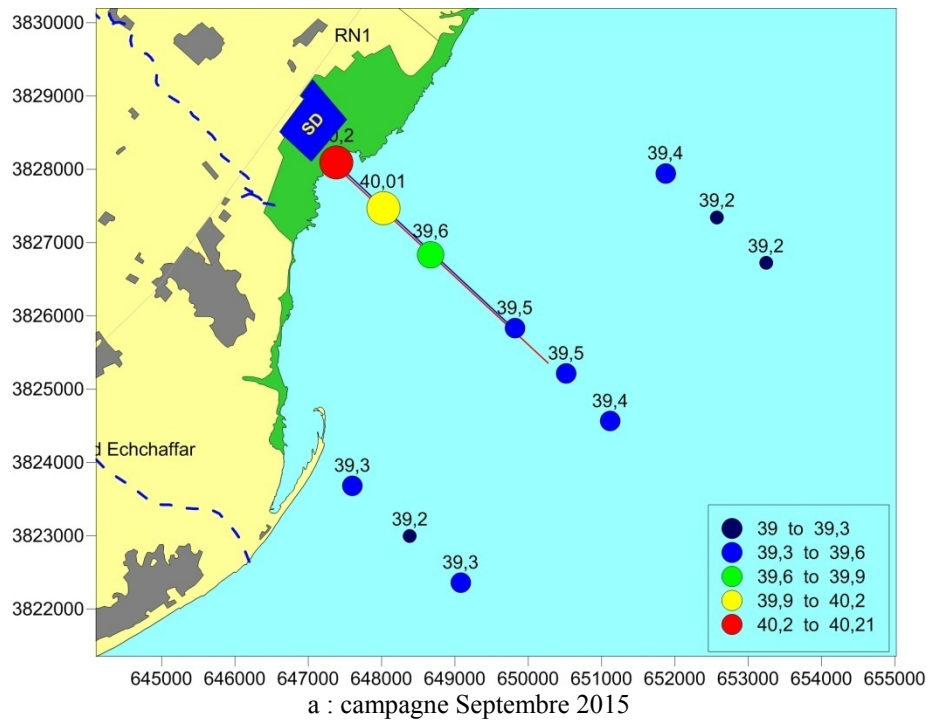


Figure 85 : Répartition spatiale de salinité des eaux de surface en psu

3.3.4.4 Le pH des eaux

Tableau 26 : Résultats des mesures in situ du pH des eaux de mer

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte	Prof. d'eau	Sept. 2015		Janvier 2016	
Radiale	Station	X	Y	m	m	En surface	Au fond	En surface	Au fond
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	8,42		8,12	
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	8,25	8,28	8,11	8,16
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	8,19	8,20	8,13	8,14
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	8,31	8,28	8,14	8,14
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	8,32	8,29	8,14	8,13
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	8,28	8,31	8,10	8,13
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	8,29	8,28	8,13	8,14
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	8,31	8,28	8,10	8,11
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	8,31	8,26	8,11	8,13
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	8,24	8,25	8,11	8,15
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	8,31	8,32	8,13	8,16
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	8,31	8,26	8,14	8,16
Min					0,8	8,19	8,20	8,10	8,11
Moyenne					8,3	8,30	8,27	8,12	8,14
Max					13,0	8,42	8,32	8,14	8,16

À l'échelle temporelle, le pH de toutes les stations prélevées sont supérieures à 8 ce qui indique, une eau marine alcaline.

La répartition spatiale met en évidence une forte homogénéisation. Il n'y a pas donc une variation entre le pH des eaux de surface et celui du fond.

Les valeurs du pH de la campagne de Septembre sont légèrement plus élevées que celles de Janvier 2016 ce qui montre une activité biologique en Septembre plus élevée que celle de Janvier.

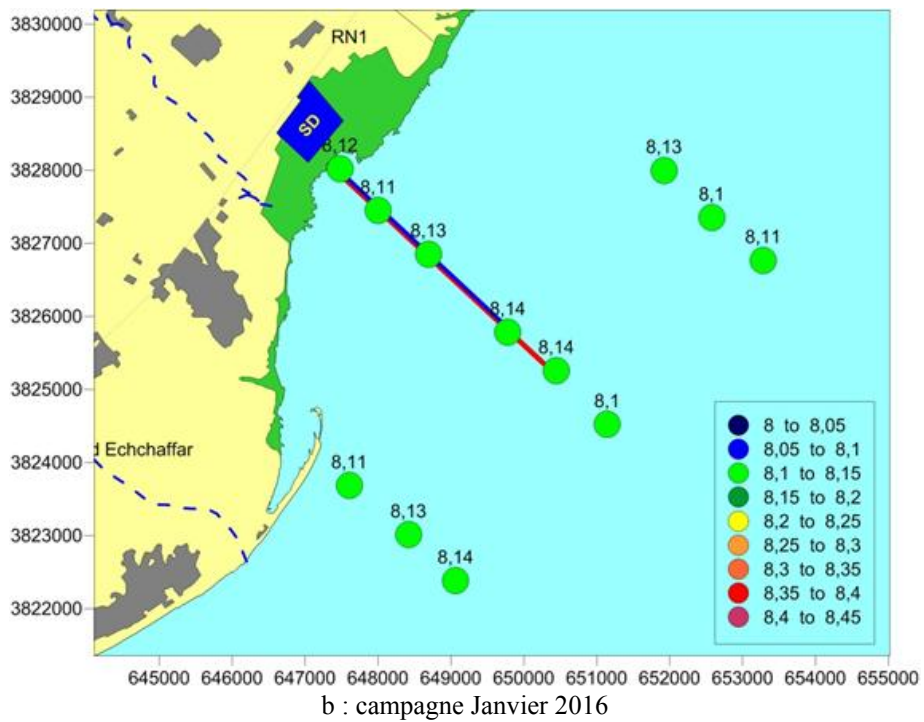
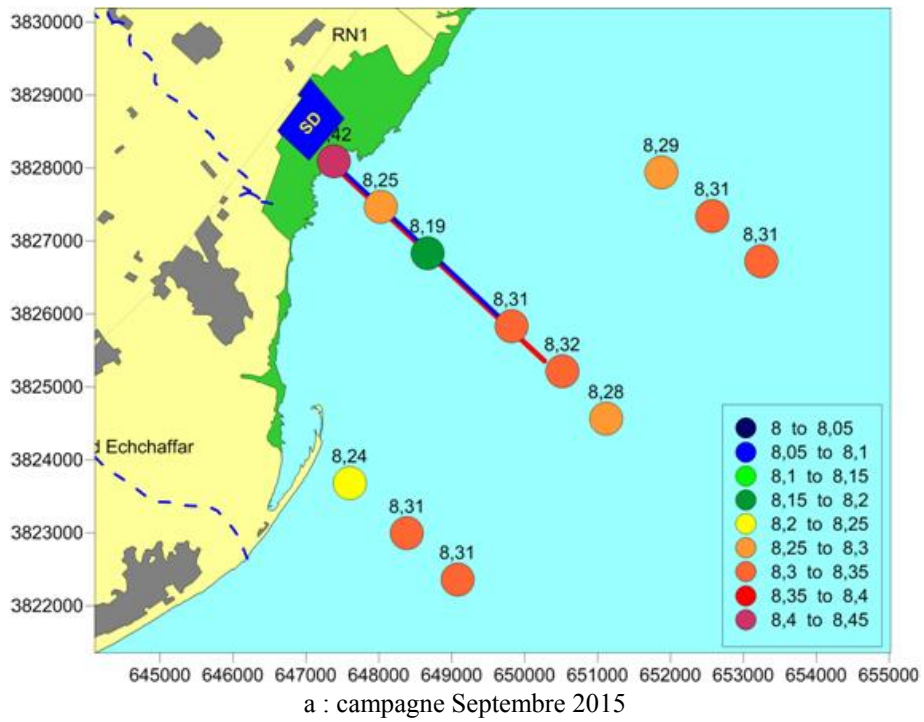


Figure 86 : Répartition spatiale du pH des eaux de surface

3.3.4.5 L'oxygène dissous

Tableau 27 : Résultats des mesures in situ de l'oxygène dissous dans les eaux de mer

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte	Prof. d'eau	Sep. 2015		Janvier 2016	
Radiale	Station	X	Y	m	m	En surface	Au fond	En surface	Au fond
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	125,00		76,00	
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	52,00	67,00	72,00	85,00
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	58,20	62,00	80,20	79,90
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	88,00	94,00	75,00	79,00
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	92,00	88,80	80,00	82,00
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	90,00	93,00	80,00	81,00
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	84,00	82,00	79,40	81,20
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	85,00	80,00	80,80	83,00
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	84,00	81,00	82,00	86,00
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	80,00	75,00	80,00	80,00
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	85,00	82,00	80,10	82,00
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	82,00	85,00	83,00	84,00
Min					0,8	52,00	62,00	72,00	79,00
Moyenne					8,3	83,77	80,89	79,04	82,10
Max					13,0	125,00	94,00	83,00	86,00

A l'exception des eaux de l'estran, la moyenne de la valeur de saturation en oxygène dissous est de l'ordre de 85% ce qui témoigne un bon niveau d'oxygénation. On peut toutefois noter que la légère différence avec le niveau de saturation maximal (de 100%) peut être due à la turbidité de l'eau qui réduit le taux de pénétration de la lumière et par suite la réduction de la photosynthèse de la végétation benthique.

La situation de l'oxygénation des eaux dans la zone de l'estran est tout à fait différente, on assiste à une zone lagunaire. On voit une sursaturation l'après midi (125 % mesurée à 17H30) dans la station A2 à cause de la forte photosynthèse des macro-algues. Les niveaux bas de l'oxygène dissous aux stations A1 et A3 sont dus à l'heure de la mesure relevée le matin (entre 8H00 et 9H15) à la fin de la consommation nocturne. Ceci rappelle le comportement d'un écosystème lagunaire à forte production primaire. Ceci témoigne donc la présence de deux écosystèmes : Celui l'estran (para lagunaire) et celui du larges (marin).

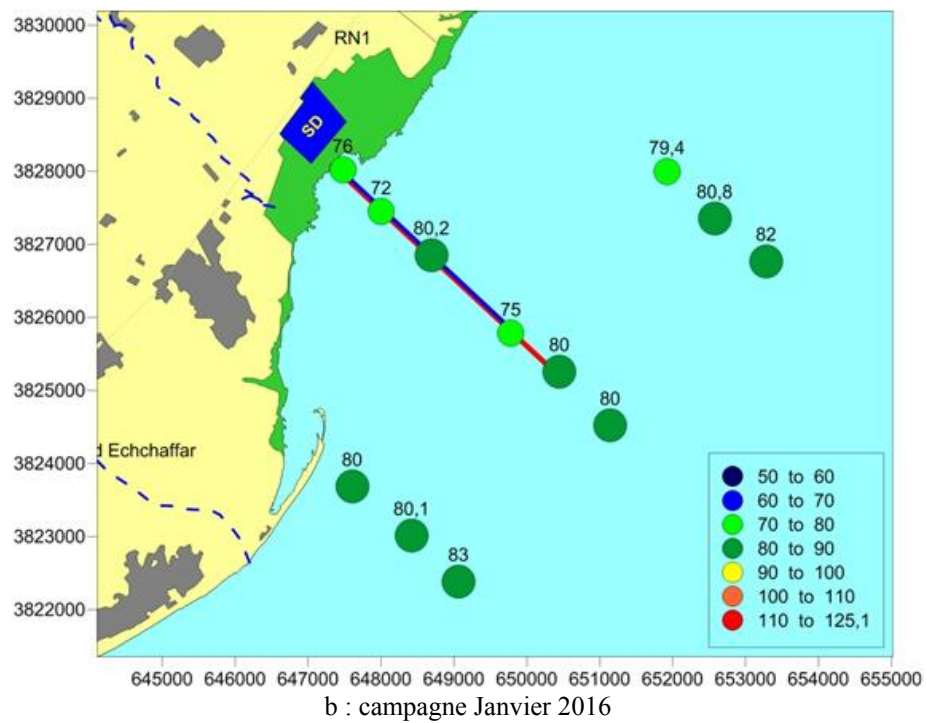
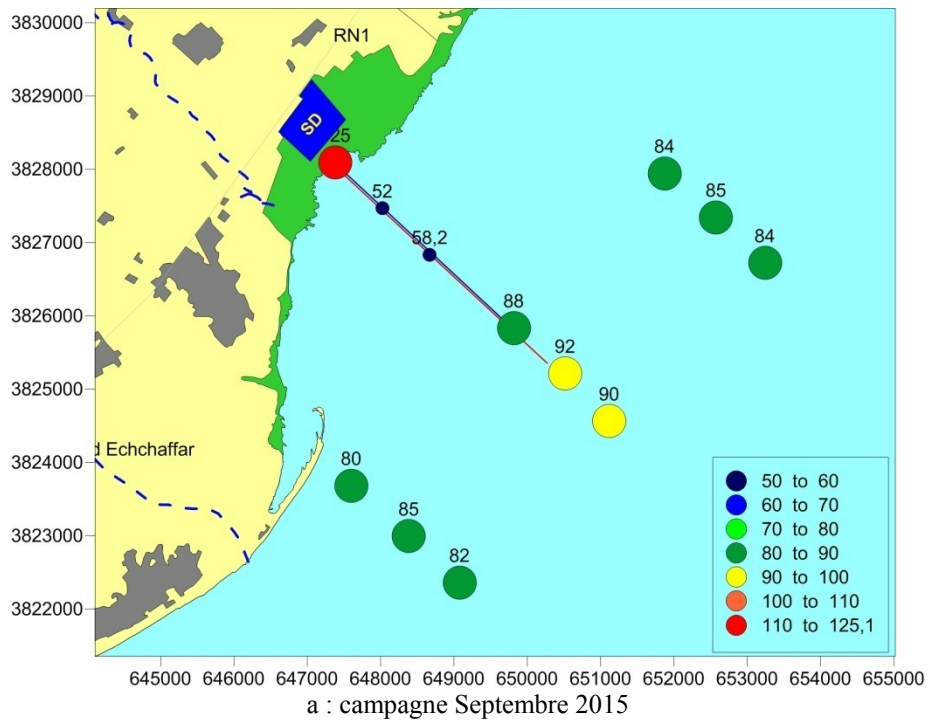


Figure 87 : Répartition de l'oxygène dissous des eaux de surface en %

3.3.4.6 La DBO et la DCO

**Tableau 28 : Résultats des analyses in labo de la DBO et de la DCO dans les eaux de mer
Campagne de Septembre 2015**

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte	Prof. d'eau	DBO5 – mgO ₂ /l		DCO – mgO ₂ /l	
Radiale	Station	X	Y	m	m	En surface	Au fond	En surface	Au fond
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	1,40		62,00	
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	2,00	3,00	68,00	58,00
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	1,10	2,10	60,00	52,00
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	<0,5	0,80	68,00	50,00
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	<0,5	1,30	65,00	58,00
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	<0,5	0,70	53,00	56,00
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	1,40	1,00	81,00	88,00
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	1,30	0,50	78,00	78,00
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	1,50	1,10	78,00	71,00
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	<0,5	<0,5	30,00	60,00
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	0,80	<0,5	45,00	51,00
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	<0,5	0,80	53,00	34,00
Min					0,8	0,80	0,50	30,00	34,00
Moyenne					8,3	1,36	1,26	61,75	59,64
Max					13,0	2,00	3,00	81,00	88,00

La DBO présente une moyenne de l'ordre de 1,3 mgO₂/l aussi bien pour les eaux de surface et que ceux du fond. Les maxima sont enregistrés pour la zone côtière où l'on trouve le plus de matière organique dont l'origine peut être attribuée au confinement local de cette zone de l'estran.

Pour la DCO, on enregistre des valeurs un peu élevées au niveau de la Radiale nord.

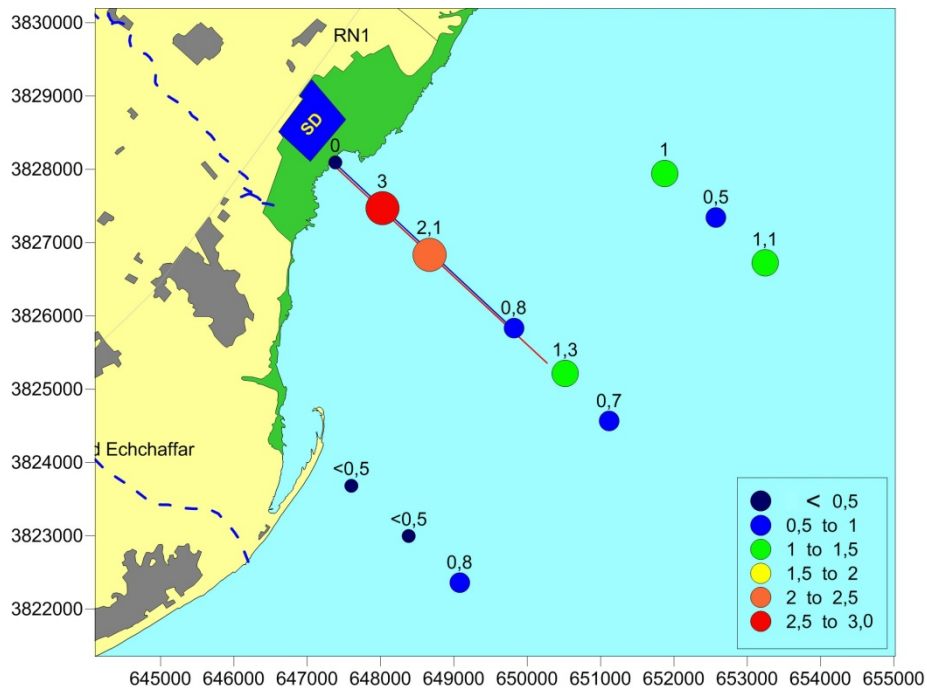


Figure 88 : Répartition spatiale de la DBO dans les eaux du fond marin

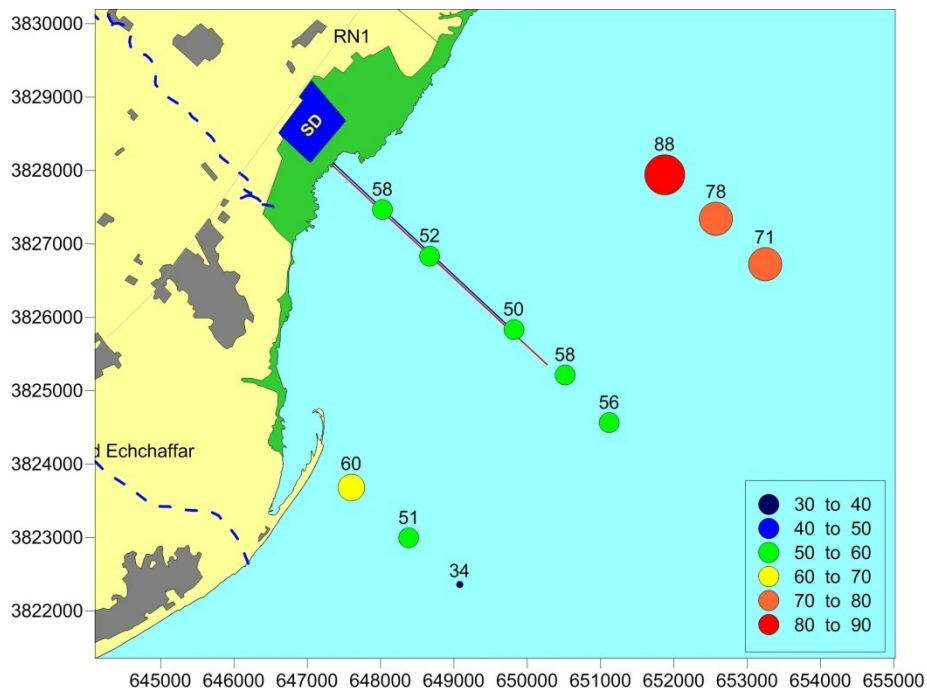


Figure 89 : Répartition spatiale de la DCO dans les eaux du fond marin
En mgO₂/l

3.3.4.7 Les matières en suspension dans l'eau de mer

Tableau 29 : Résultats d'analyse des matières en suspension dans l'eau de mer

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte	Prof. d'eau	Sep. 2015		Janvier 2016	
Radiale	Station	X	Y	m	m	En surface	Au fond	En surface	Au fond
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	9,20		5,50	
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	14,00	5,20	<2	9,30
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	6,20	6,20	5,80	4,60
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	7,70	6,70	3,70	3,50
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	7,10	2,70	3,30	4,20
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	6,50	6,10	7,10	3,00
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	16,00	7,60	4,80	3,60
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	6,40	3,80	5,30	4,70
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	11,00	3,10	3,50	5,20
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	14,00	23,00	2,90	3,80
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	5,20	8,80	2,50	2,70
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	5,00	9,90	3,40	2,00
Min					0,8	5,00	2,70	<2	2,00
moyenne					8,3	9,03	7,55	4,15	4,24
Max					13,0	16,00	23,00	7,10	9,30

Les matières en suspension présentent d'une part une moyenne variant de l'ordre de 8mg/l pour les eaux de surface et pour les eaux de fond durant la première campagne, d'autre part, une moyenne variant de l'ordre de 4mg/l pour les eaux de surface et pour les eaux de fond durant la deuxième campagne (hiver). Les valeurs maximales sont trouvées respectivement pour la station D2 la plus proche de la flèche de Chaffar (23 mg/l), la station C2 (16mg/l) et la station A1 (14 mg/l) de l'estran.

Ce paramètre reste tributaire des conditions météorologiques et de la proximité à côte et aux cours d'eau littoraux. La zone la plus turbide est celle proche de la flèche de Chaffar où la dynamique de la houle est très active et où se déverse le fameux oued Chaffar.

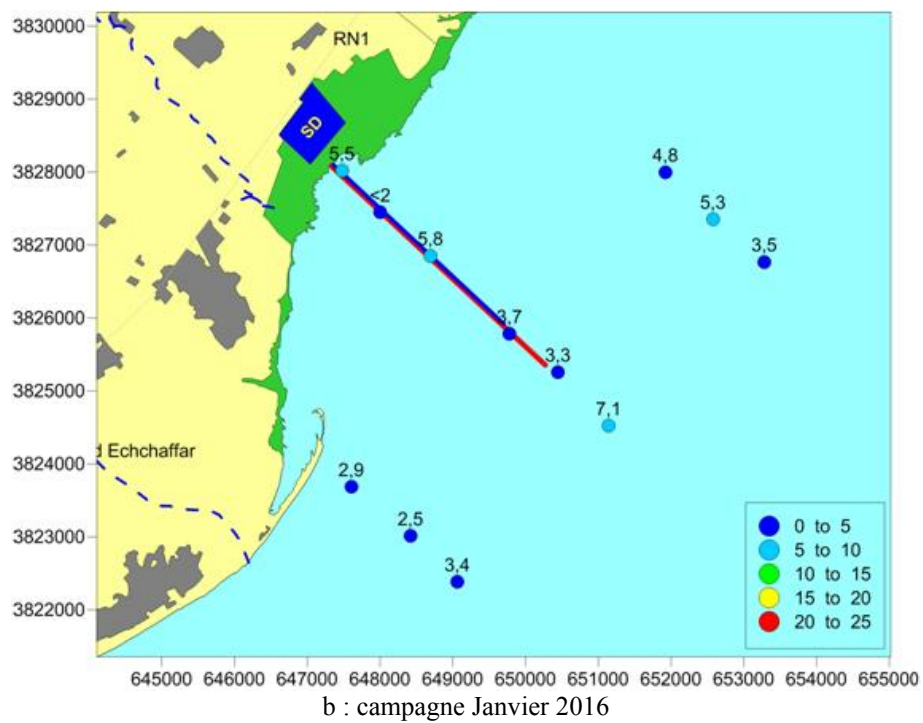
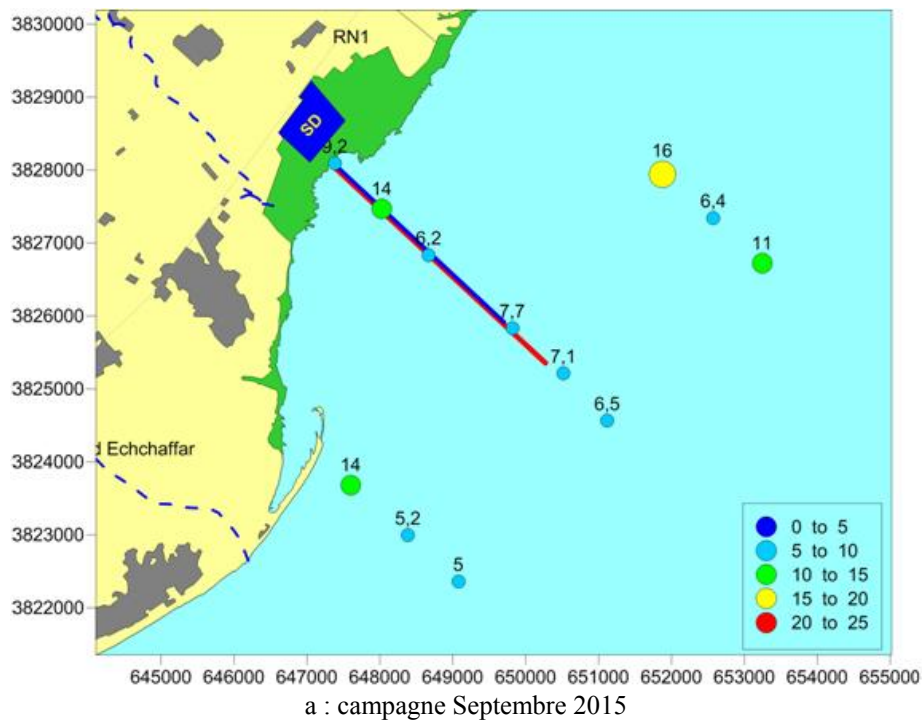


Figure 90 : Répartition spatiale de la concentration des MES dans les eaux de surface marines

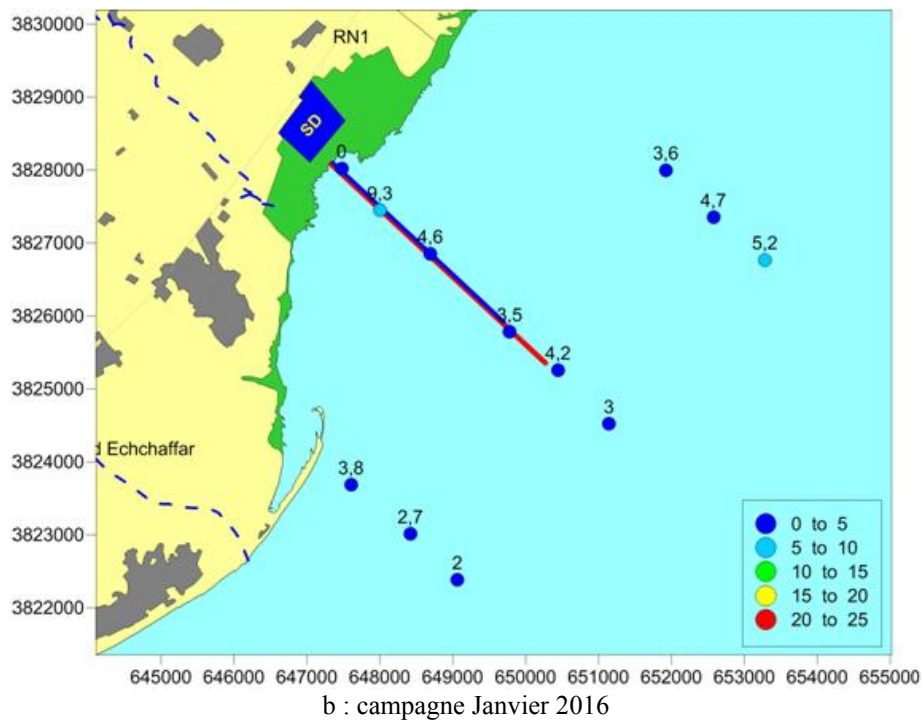
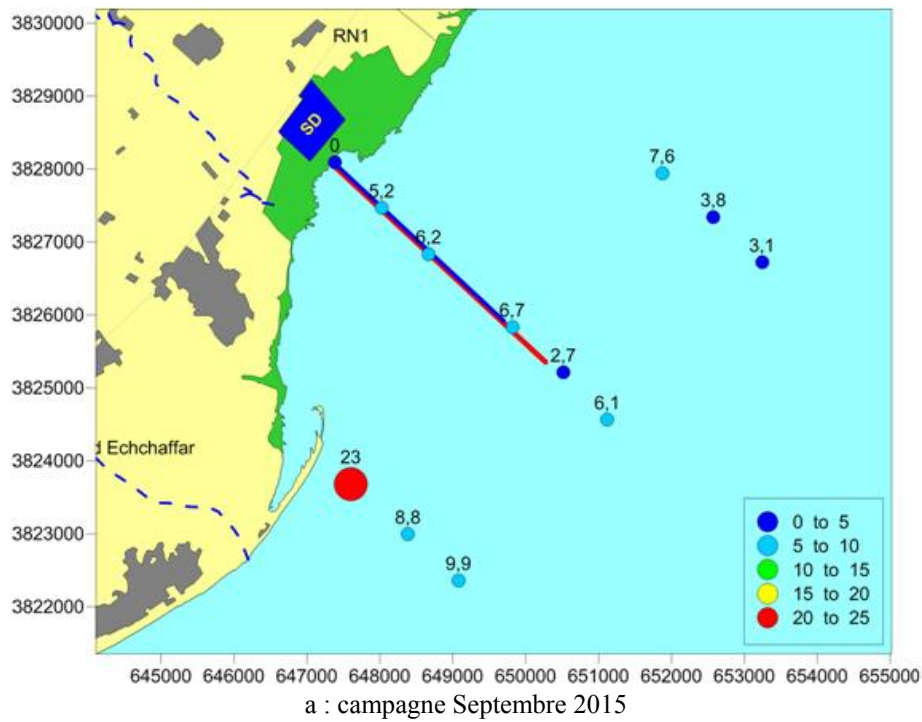


Figure 91 : Répartition spatiale de la concentration des MES dans les eaux de fond marines

3.3.4.8 Les composantes Azotées dans l'eau de mer

**Tableau 30 : Résultats des analyses in labo des composantes azotées dans les eaux de mer
Campagne de Septembre 2015**

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte	Prof. d'eau	Nitrate – mg NO3/l		TN – mgN/l	
Radiale	Station	X	Y	m	m	En surface	Au fond	En surface	Au fond
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	<0,1		2,34	
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	<0,1	<0,1	1,67	0,95
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	0,194	<0,1	2,51	3,23
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	<0,1	<0,1	1,92	1,92
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	<0,1	<0,1	2,26	2,21
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	<0,1	<0,1	2,04	2,04
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	<0,1	0,249	1,56	1,62
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	0,140	<0,1	2,51	1,73
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	0,352	<0,1	2,01	1,56
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	<0,1	<0,1	1,87	2,15
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	<0,1	<0,1	1,98	2,21
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	<0,1	<0,1	1,32	1,92
Min					0,8			1,32	0,95
Moyenne					8,3			2,00	1,96
Max					13,0			2,51	3,23

Les composantes minérales de l'Azote (N-NO₂ et N-NH₃) sont très faibles et inférieures, dans la plus part des cas, aux limites de détection des appareils de mesure. Ceci est dû en fait à la bonne oxygénation du milieu car ces deux paramètres sont instables en présence de l'oxygène qui les oxyde en Azote Nitrate (N-NO₃). En effet ce dernier présente quelques valeurs importantes aux stations A3, C1, C2 et C3 et des valeurs très faibles dans le reste des stations marines.

L'Azote total, d'une moyenne de l'ordre 2 mgN/l dans toutes les stations, est relativement important comparé aux valeurs usuellement trouvés dans le milieu marin (en général <1mgN/l).

**Tableau 31 : Résultats des analyses in labo des composantes azotées dans les eaux de mer
Campagne de Janvier 2016**

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte	Prof. d'eau	Nitrate – mg N-NO ₃ /l		Nitrite – mg N-NO ₂ /l	
Radiale	Station	X	Y	m	m	En surface	Au fond	En surface	Au fond
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	<0,1		<0,015	
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	<0,1	0,33	<0,015	<0,015
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	0,160	0,21	<0,015	<0,015
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	0,17	0,47	<0,015	<0,015
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	0,28	0,29	<0,015	<0,015
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	1,10	1,02	<0,015	<0,015
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	0,61	0,420	<0,015	<0,015
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	0,473	0,702	<0,015	<0,015
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	0,467	0,842	<0,015	<0,015
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	0,860	0,839	<0,015	<0,015
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	0,336	0,649	<0,015	<0,015
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	0,865	0,435	<0,015	<0,015
Min					0,8	<0,1	0,21	<0,015	<0,015
Moyenne					8,3				
Max					13,0	1,1	1,02	<0,015	<0,015

Les composantes minérales de nitrate sont très peu élevées que celle de la campagne précédente, dans la plus part des stations des mesures.

Les faibles teneur en Azote Nitrite dans l'eau montre l'instabilité de ce paramètre en milieu oxygéné où l'ion Nitrite se transforme en ion Nitrate..

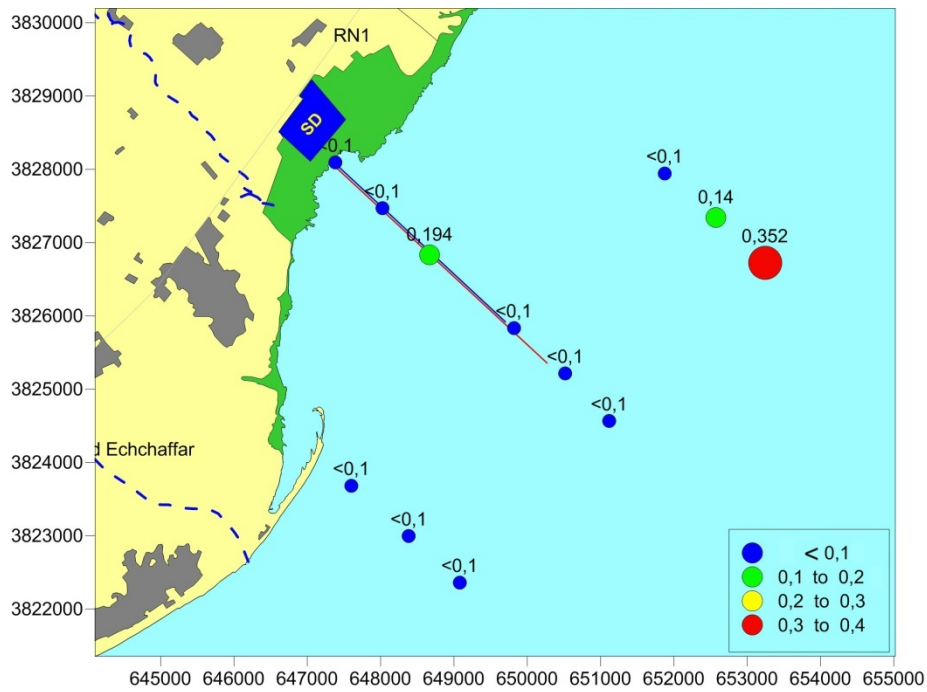


Figure 92 : Répartition spatiale de la concentration des Nitrates en mg/l dans les eaux de surface marines

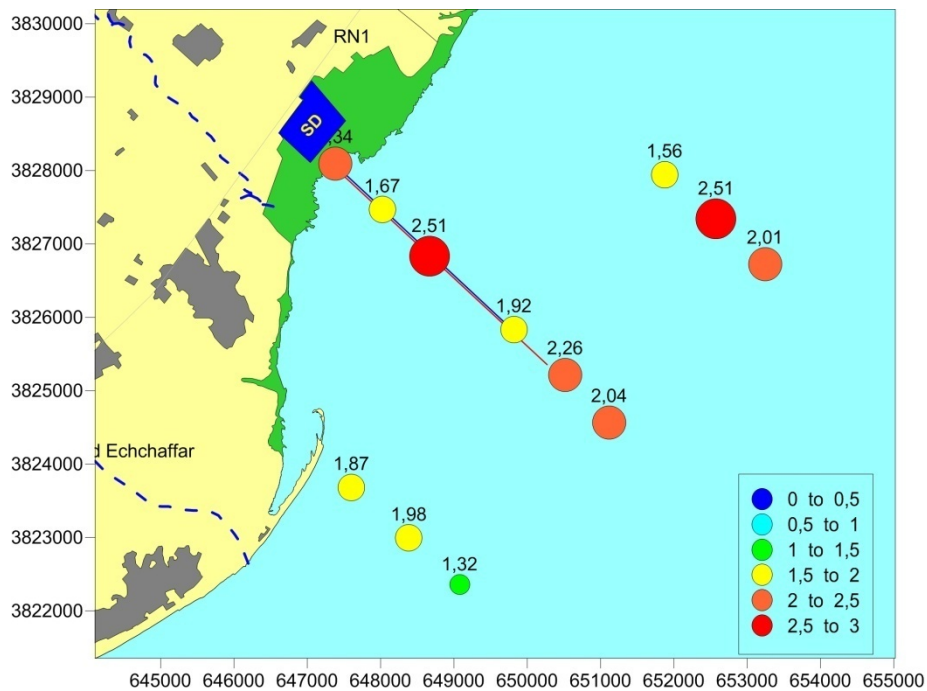


Figure 93 : Répartition spatiale de la concentration l'Azote total en mg/l dans les eaux de surface marines

3.3.4.9 Les composantes phosphatées dans l'eau de mer

**Tableau 32 : Résultats des analyses in labo des composantes phosphatées dans les eaux de mer
Campagne de Septembre 2015**

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte	Prof. d'eau	PO4 – mg P/l		TP – mgP/l	
Radiale	Station	X	Y	m	m	En surface	Au fond	En surface	Au fond
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	0,031		0,096	
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	0,083	0,066	0,133	0,098
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	0,048	0,078	0,096	0,103
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	0,043	0,035	0,048	0,045
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	0,031	0,030	0,034	0,048
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	0,020	0,046	0	0,049
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	0,006	0,011	0,026	0,031
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	0,008	0,026	0,011	0,028
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	0,004	0,009	0,005	0,010
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	0,036	0,044	0,043	0,045
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	0,031	0,034	0,043	0,043
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	0,044	0,035	0,046	0,038
Min					0,8	0,00	0,01	0,01	0,01
Moyenne					8,3	0,03	0,04	0,05	0,05
Max					13,0	0,08	0,08	0,13	0,10

Les composantes phosphatées en P-PO4 et en phosphore total TP sont très faibles et sont l'ordre de grandeurs des eaux marines non polluées.

La différence entre les concentrations des Orthophosphates et du Phosphore total est très faible ce qui témoigne l'absence du phosphore organique dans l'eau.

**Tableau 33 : Résultats des analyses in labo des composantes phosphatées dans les eaux de mer
Campagne de Janvier 2016**

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte	Prof. d'eau	PO4 – mg P/l		TP – mgP/l	
Radiale	Station	X	Y	m	m	En surface	Au fond	En surface	Au fond
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	<0,025	<0,025	0,033	
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	<0,025	<0,025	0,030	<0,025
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	<0,025	<0,025	<0,025	0,036
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	<0,025	<0,025	0,026	0,030
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	<0,025	<0,025	0,033	0,030
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	<0,025	<0,025	0,033	<0,025
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	<0,025	<0,025	<0,025	0,033
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	<0,025	<0,025	0,030	<0,025
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	<0,025	<0,025	0,035	<0,025
Min					0,8	<0,025	<0,025		
Moyenne					8,3				
Max					13,0	<0,025	<0,025		

Les analyses effectuées montrent que presque la totalité des stations ont des valeurs inférieures aux limites de détection des appareils de mesures. Il semble que ce paramètre est consommé par le phytoplancton en hiver avec un taux plus élevé que celui de la période estivale.

3.3.5 Les coliformes fécaux

Ils sont absents dans toutes les stations ce qui exclue toute contamination micro-biologique par des eaux usées domestiques continentales.

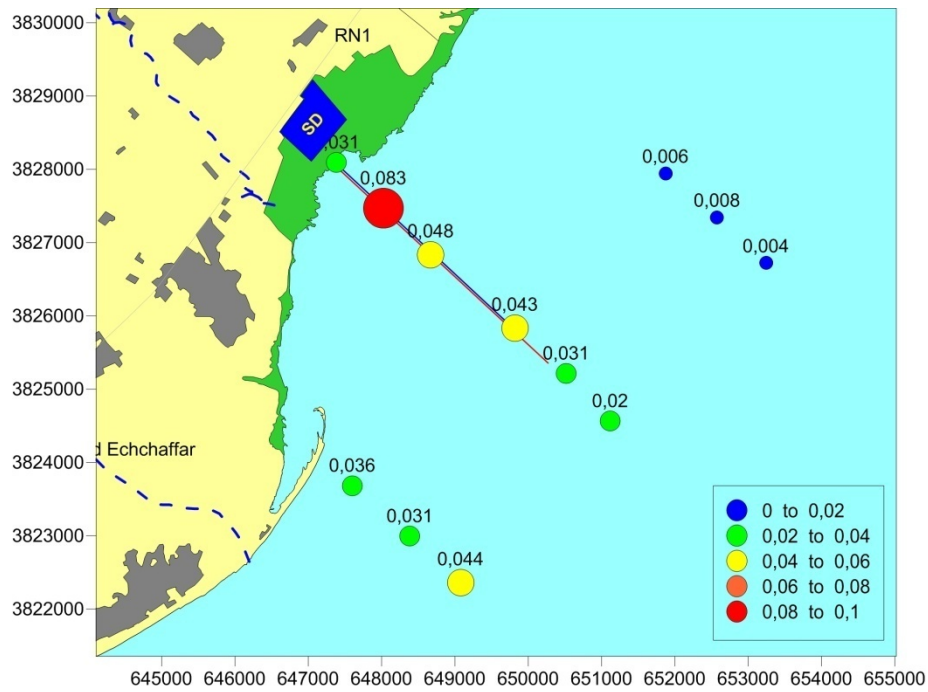


Figure 94 : Répartition spatiale du phosphore minéral (P-PO4 en mgP/l) dans les eaux de mer

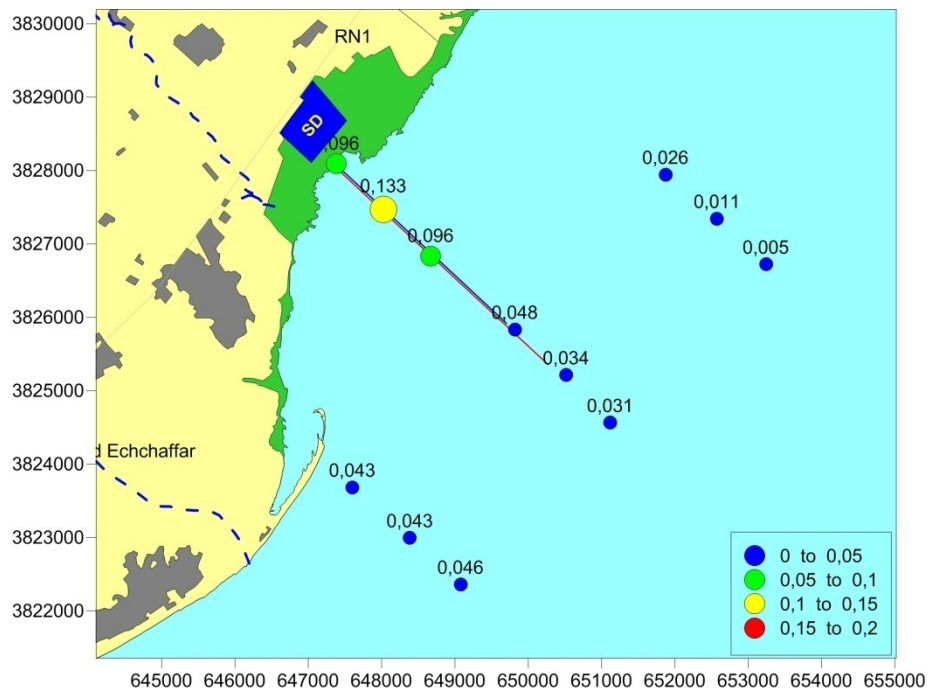


Figure 95 : Répartition spatiale du phosphore total (TP en mgP/l) dans les eaux de mer

3.3.5.1 Le éléments de trace

Les analyses effectuées pour les métaux dans l'eau de montrent des valeurs très faibles, voire inférieures aux limites de détection des appareils de mesure.

**Tableau 34 : Résultats des analyses in labo éléments de trace dans les eaux de mer
Campagne de Septembre 2015**

Paramètre	désignation	Valeur
Hydrocarbures	mg/l	<0,1
Fer	mg/l	<0,0046
Cuivre	mg/l	<0,0097
Zinc	mg/l	<0,0059
Arsenic	mg/l	<0,0071
Cadmium	mg/l	<0,0027
Chrome VI	mgCr6+/l	<0,010
Chrome III	mg/l	<0,010
T-Cr	mg/l	<0,0071
Mercure	µg/l	0,09
Plomb	mg/l	<0,010

3.3.6 Résultats d'analyse de la qualité des sédiments

3.3.6.1 Les éléments organiques

Le tableau suivant présente les résultats d'analyse de l'Azote Total (TN), le Phosphore (TP) et les Hydrocarbures totaux (HT).

**Tableau 35 : Résultats des analyses in labo du TN, TP et des HT dans les eaux de mer
Campagne de Septembre 2015**

Position		Coordonnées WGS84		distance à la côte	Prof. d'eau	TN	TP	HT
Radiale	Station	X	Y	m	m	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
Radiale centrale	A2	647 383	3 828 092	10	0,8	1 420,00	1,73	16,00
	A1	648 025	3 827 467	1 295	1,5	2 750,00	574,00	15,00
	A3	648 670	3 826 835	1 810	3,5	2 930,00	528,00	16,00
	B2	649 817	3 825 834	3 335	9,0	1 200,00	346,00	14,00
	B1	650 517	3 825 214	4 270	10,5	1 630,00	310,00	<12
	B3	651 118	3 824 564	5 150	12,0	998,00	256,00	<12
Radiale nord	C2	651 873	3 827 944	3 425	10,0	1,40	296,00	<12
	C1	652 575	3 827 344	4 350	11,0	1,60	267,00	<12
	C3	653 242	3 826 721	5 260	13,0	1 120,00	237,00	<12
Radiale sud	D2	647 601	3 823 683	585	5,0	357,00	110,00	<12
	D1	648 386	3 822 993	1 630	10,0	2,30	355,00	<12
	D3	649 078	3 822 360	2 565	13,0	1,47	285,00	<12
Min					0,8	1,40	1,73	14,00
Moyenne					8,3	1 034,31	297,14	15,25
Max					13,0	2 930,00	574,00	16,00

La concentration de l'Azote total dans les sédiments présente une moyenne de l'ordre de 1g/Kg avec un maxima de 2,9 g/Kg au niveau de la station A3. Ces valeurs sont relativement élevées et elles témoignent la présence de matière organique dans la zone qui peut être d'origine naturelle induite par la décomposition des feuilles des posidonies. La zone d'implantation des conduites présente les valeurs d'Azote les plus élevées ce qui montre qu'elle représente probablement une zone de décantation de matières fines et de débris de végétaux morts.

La carte de répartition du Phosphore total ne présente pas la même allure que celle de l'Azote total. Il y a une répartition plus au moins homogène pour ce qui concerne la concentration du phosphore dans les stations du large. Toutefois, on observe un effet de concentration au niveau de la zone de l'estran (station A2, A1 et A3).

Pour ce qui concerne les concentrations des hydrocarbures totaux, elles sont très inférieures aux limites et seuil de pollution connues. Les valeurs les plus importantes sont situées entre les valeurs 14 et 16mg/KgMS dans les stations de l'estran et la station A2 situées sur l'axe des futures conduites marines.

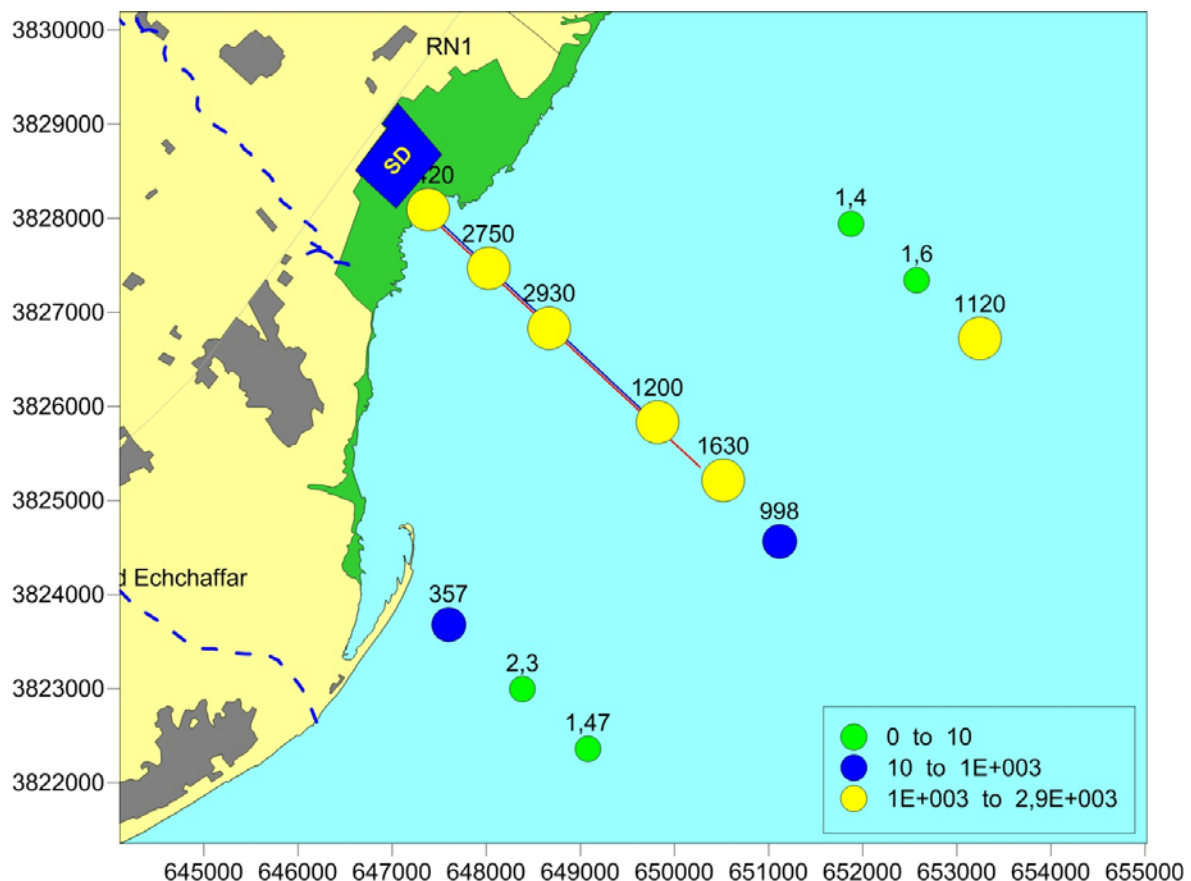


Figure 96 : Répartition spatiale de la concentration de l'azote total dans les sédiments marins

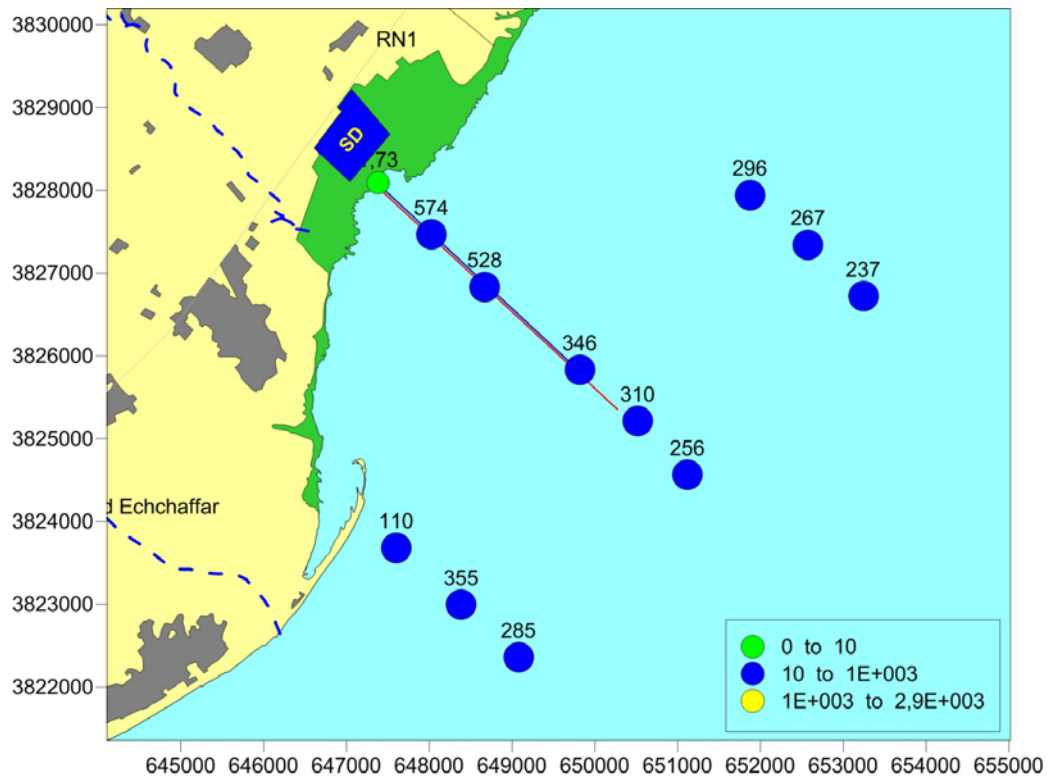


Figure 97 : Répartition spatiale de la concentration du Phosphore total dans les sédiments marin
 Concentration en mg/Kg MS

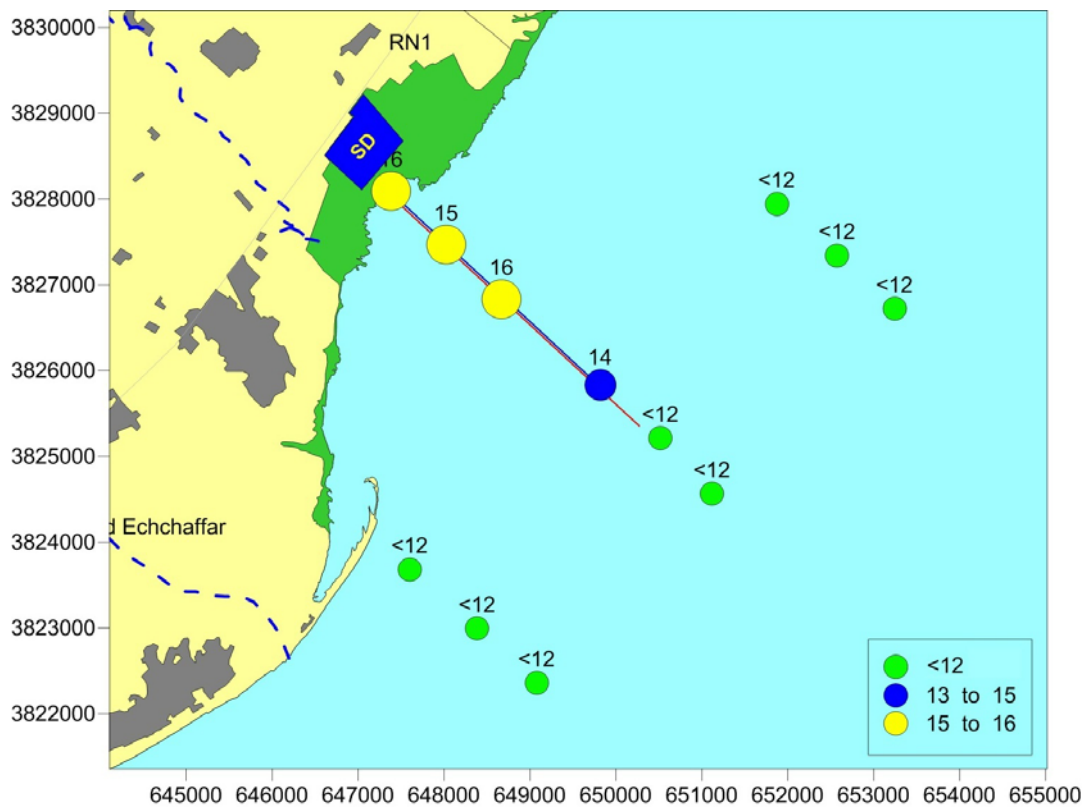


Figure 98 : Répartition spatiale de la concentration des hydrocarbures dans les sédiments marins
 Concentration en mg/Kg MS

3.3.6.2 Les métaux lourds

Le tableau suivant récapitule les éléments analysés au niveau des sédiments marin.

**Tableau 36 : Résultats des analyses in labo des métaux dans les eaux de mer
Campagne de Septembre 2015**

Radiale	Station	Fe - g/kg	Cu - mg/kg	Zn - mg/kg	As - mg/kg	Cd - mg/kg	Cr6+ mg/kg	Cr3+ mg/kg	T-Cr - mg/kg	Hg - ug/kg	Pb - mg/kg
Radiale centrale	A2	21,50	9,30	67,50	5,50	0,60	<1	68,80	68,80	9,65	10,60
	A1	16,20	15,60	32,30	5,57	0,33	2,33	29,70	32,00	49,20	9,31
	A3	14,10	10,40	36,60	4,90	0,68	<1	34,90	34,90	240,00	8,68
	B2	6,45	4,64	21,40	1,98	0,30	2,52	18,00	20,50	97,60	5,47
	B1	4,81	4,67	21,40	1,42	<0,27	1,60	18,50	20,10	417,00	5,48
	B3	2,22	2,42	11,00	1,26	<0,27	4,07	6,23	10,30	162,00	3,23
Radiale nord	C2	3,75	3,27	19,70	<0,72	<0,27	<1	18,90	18,90	567,00	3,98
	C1	5,62	6,59	15,20	1,96	0,36	<1	14,40	14,40	258,00	4,54
	C3	1,81	6,03	9,78	1,06	<0,27	<1	9,07	9,07	219,00	3,12
Radiale sud	D2	2,72	4,72	3,97	<0,72	<0,27	<1	4,18	4,18	209,00	1,44
	D1	10,70	6,62	24,50	5,01	0,57	<1	23,60	23,60	210,00	6,53
	D3	6,08	4,40	16,90	1,73	0,35	<1	15,80	15,80	165,00	4,92
Min		1,81	2,42	3,97	1,06	0,30	1,60	4,18	4,18	9,65	1,44
Moyenne		8,00	6,56	23,35	3,04	0,46	2,63	21,84	22,71	216,95	5,61
Max		21,50	15,60	67,50	5,57	0,68	4,07	68,80	68,80	567,00	10,60
Limité Non pollué			<50	<150		<3			<200	<1000	<300
Limite Peu pollué			50-300	150-500		3-5			200-400	1000-3000	300-500
Limite pollué			>300	>500		>5			>400	>3000	>500

Toutes ces valeurs montrent que les concentrations trouvées sont très inférieures aux seuils caractérisant un matériau non pollué.

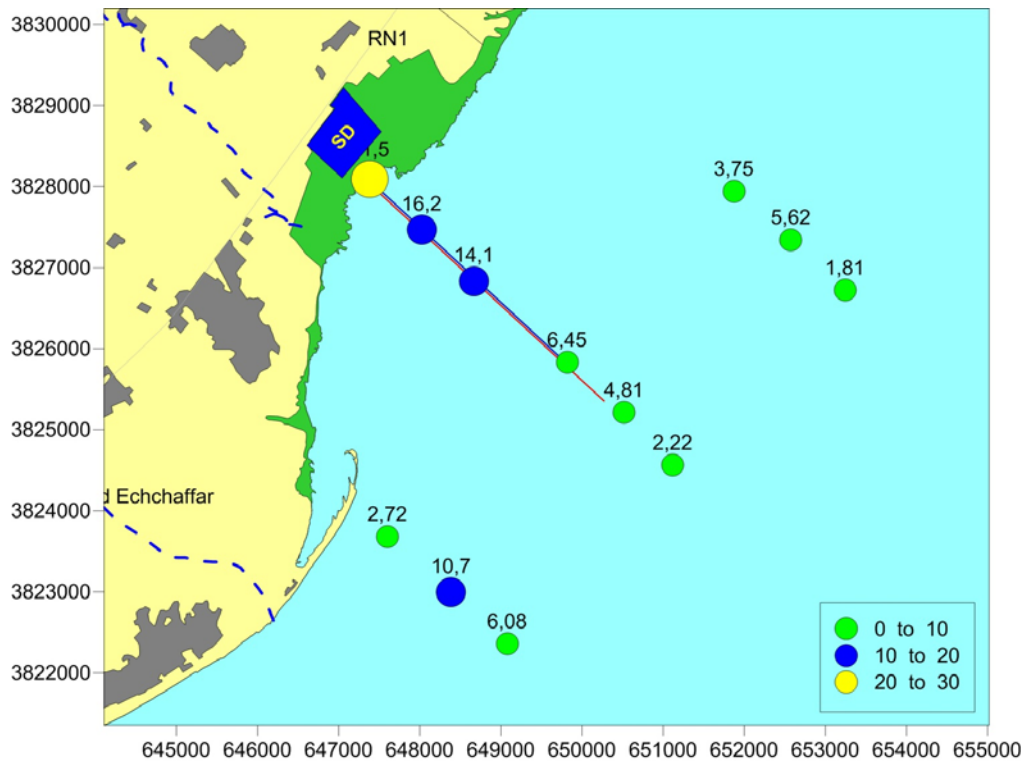


Figure 99 : Répartition spatiale de la concentration du Fer dans les sédiments marins

Concentration en mg/Kg MS

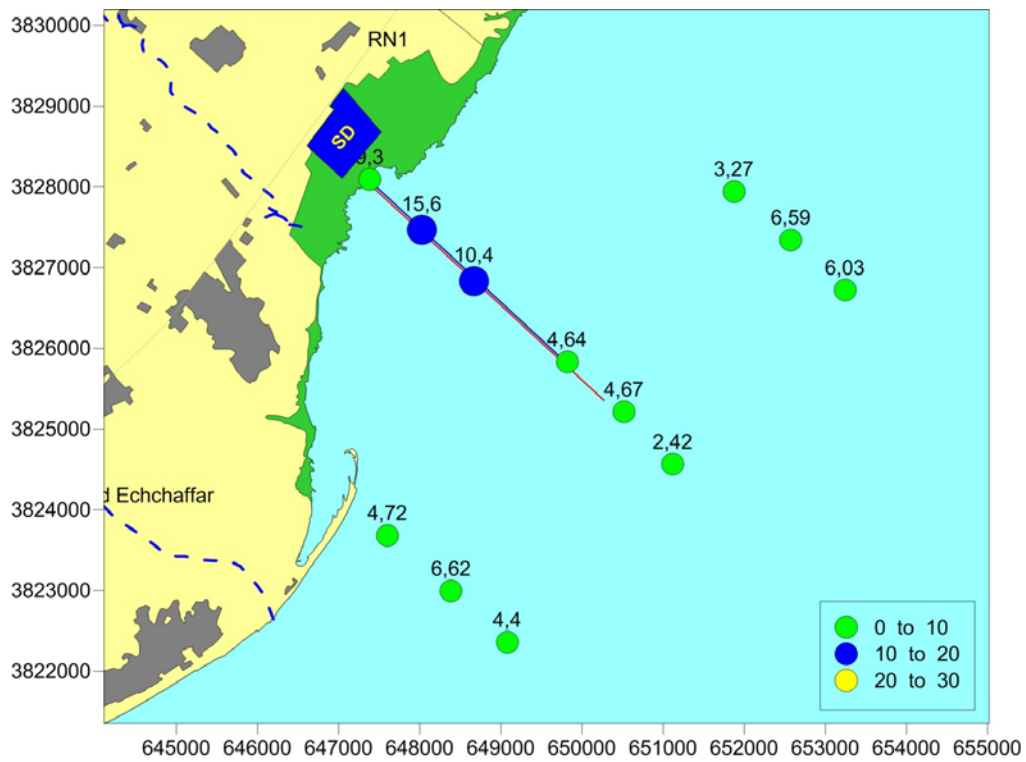


Figure 100 : Répartition spatiale de la concentration du Cuivre dans les sédiments marins

Concentration en mg/Kg MS

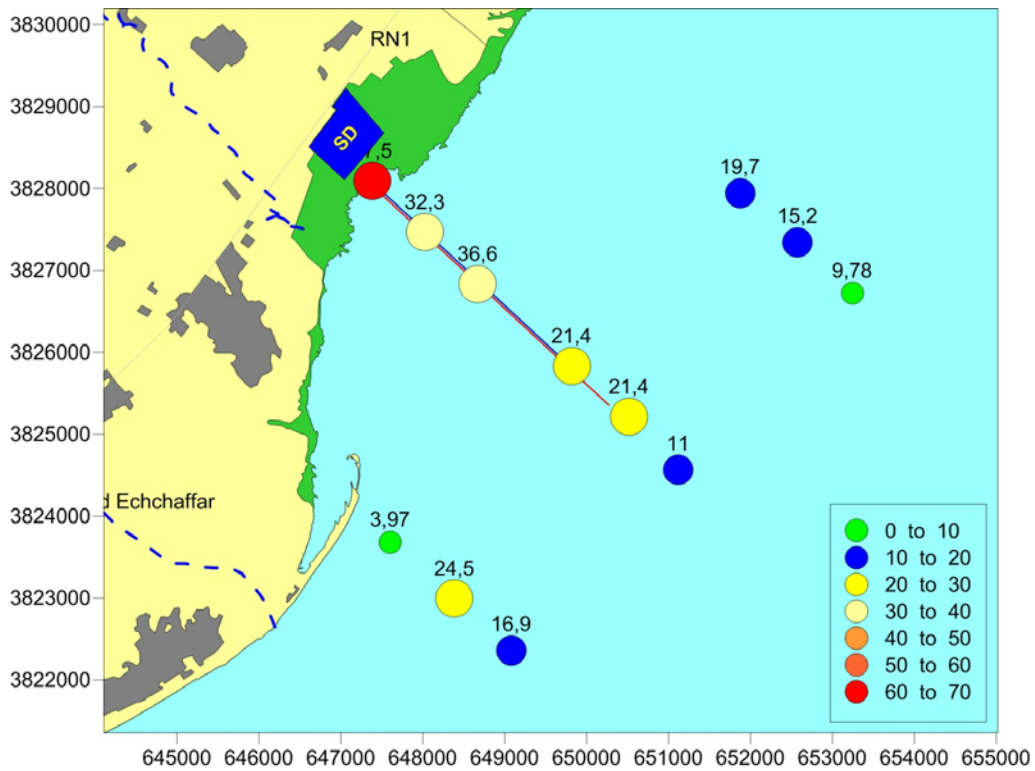


Figure 101 : Répartition spatiale de la concentration du Zinc dans les sédiments marins
Concentration en mg/Kg MS

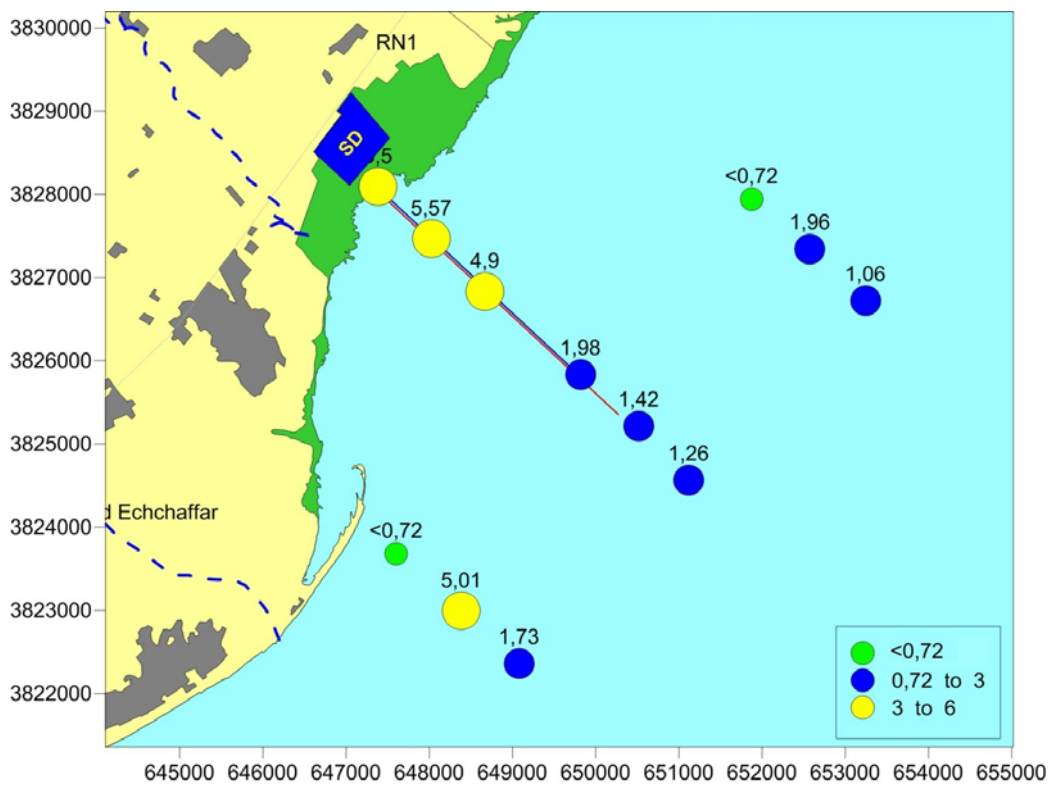


Figure 102 : Répartition spatiale de la concentration l'Arsenic dans les sédiments marins
Concentration en mg/Kg MS

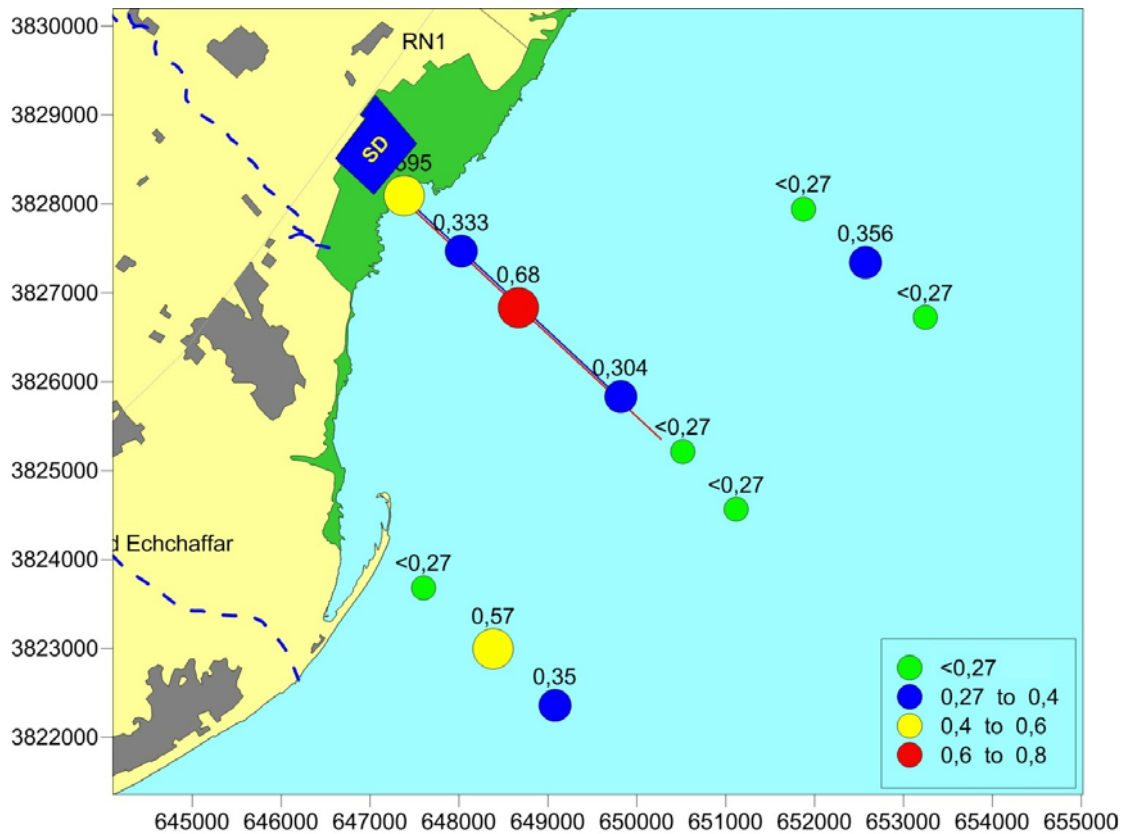


Figure 103 : Répartition spatiale de la concentration du Cadmium dans les sédiments marins

Concentration en mg/Kg MS

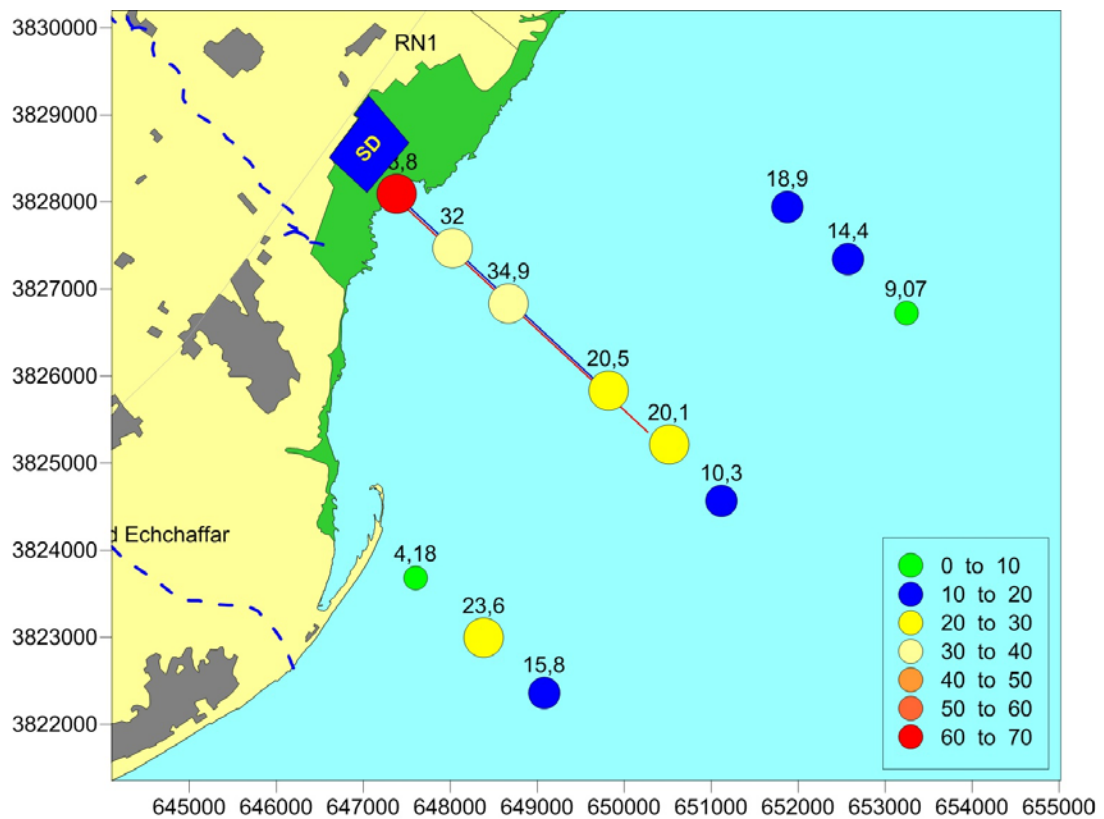


Figure 104 : Répartition spatiale de la concentration du Chrome total dans les sédiments marins

Concentration en mg/Kg MS

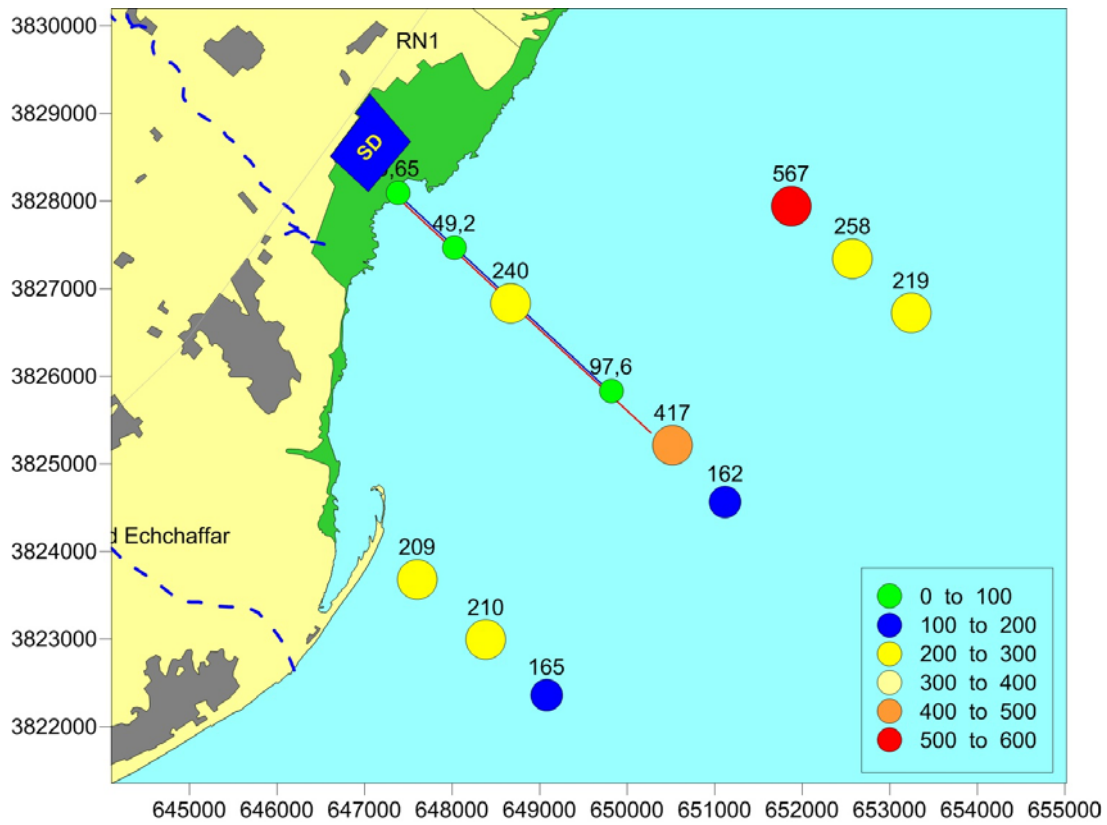


Figure 105 : Répartition spatiale de la concentration du Mercure Hg dans les sédiments marins
Concentration en $\mu\text{g/Kg MS}$

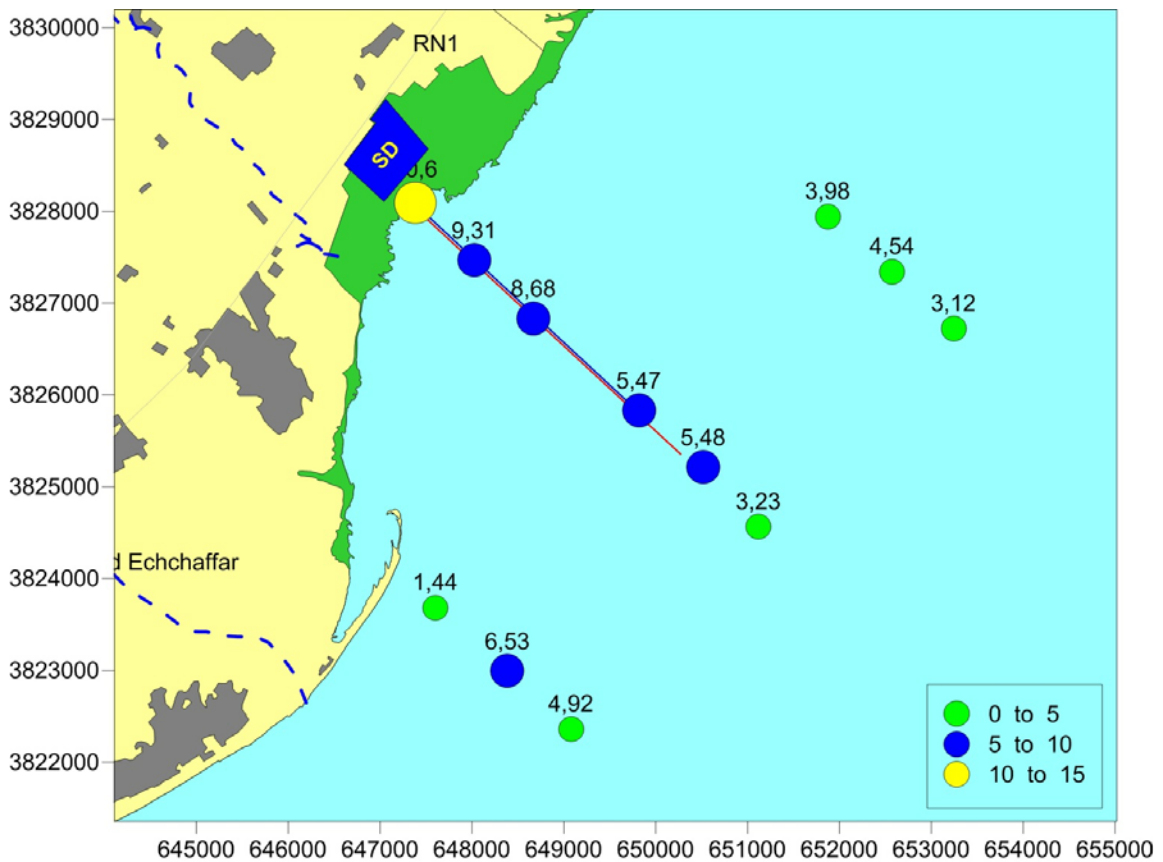


Figure 106 : Répartition spatiale de la concentration du Plomb Pb dans les sédiments marins
Concentration en $\mu\text{g/Kg MS}$

3.3.6.3 Résultats des analyses granulométriques

Les analyses granulométriques réalisées montrent que les matériaux les plus fins sont localisés dans la zone de l'estran. Sur les 2000 premiers mètres le pourcentage des matériaux fins (<63 μ m) est supérieur à 50%. Celui de la zone de la future zone de captage est de l'ordre de 30%. En s'éloignant vers le nord est de la zone de captage, les sédiments deviennent plus gros moins riches en matière fine (figure suivante de répartition des fin et courbes granulométriques correspondantes).

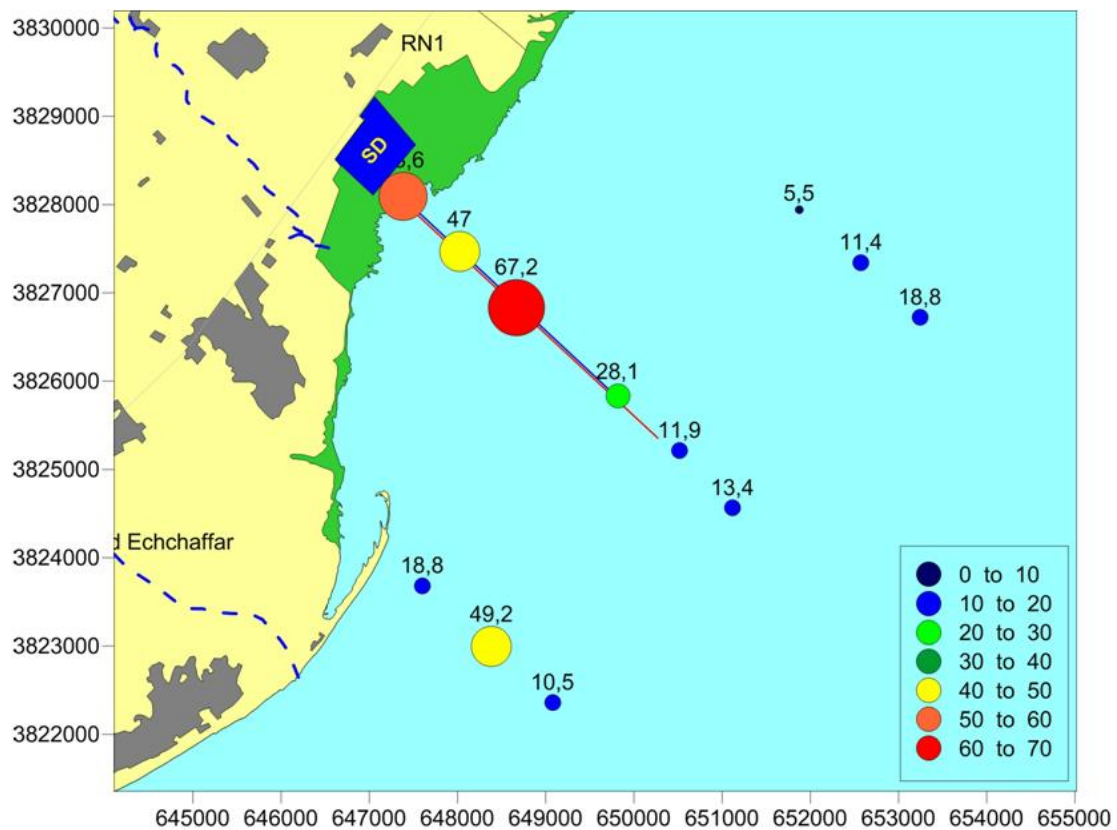


Figure 107 : Répartition en % des fins dans les sédiments superficiel de la zone marine

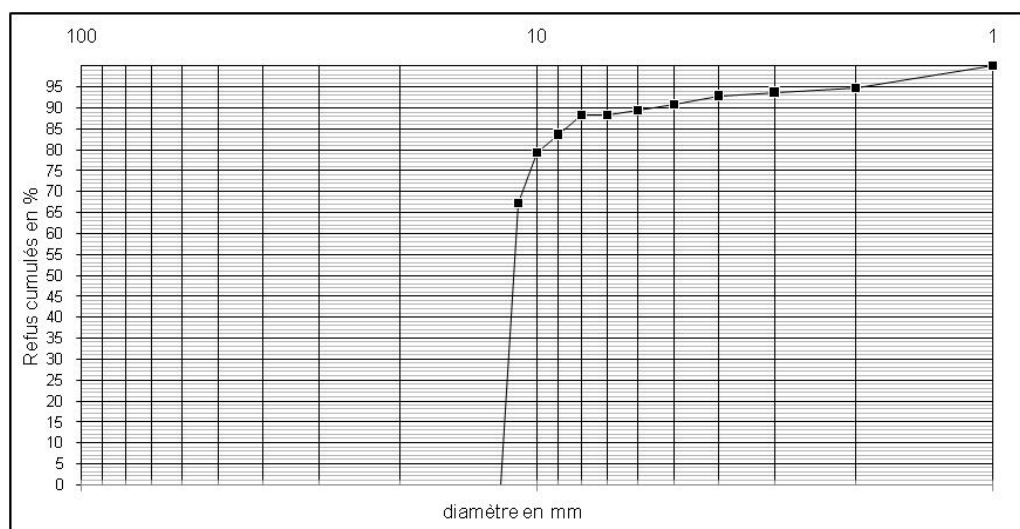
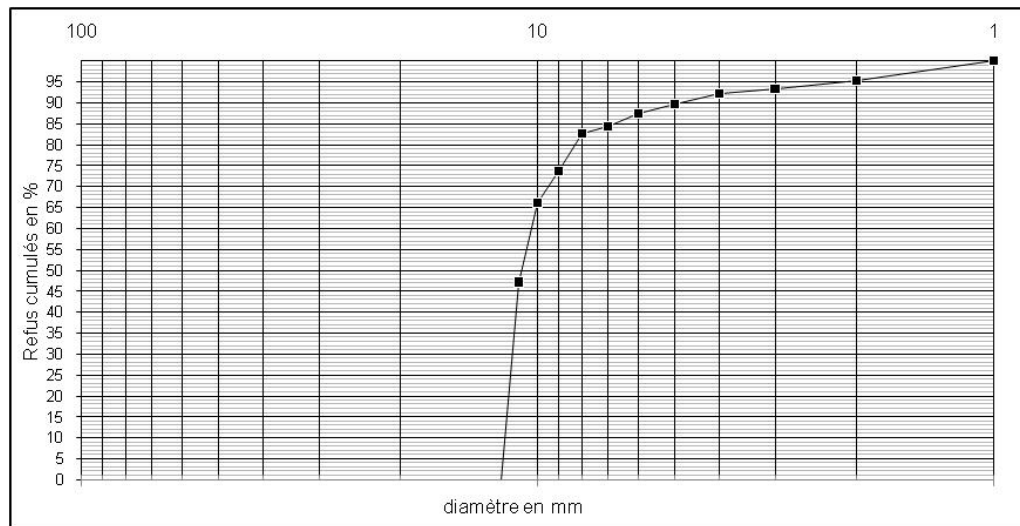
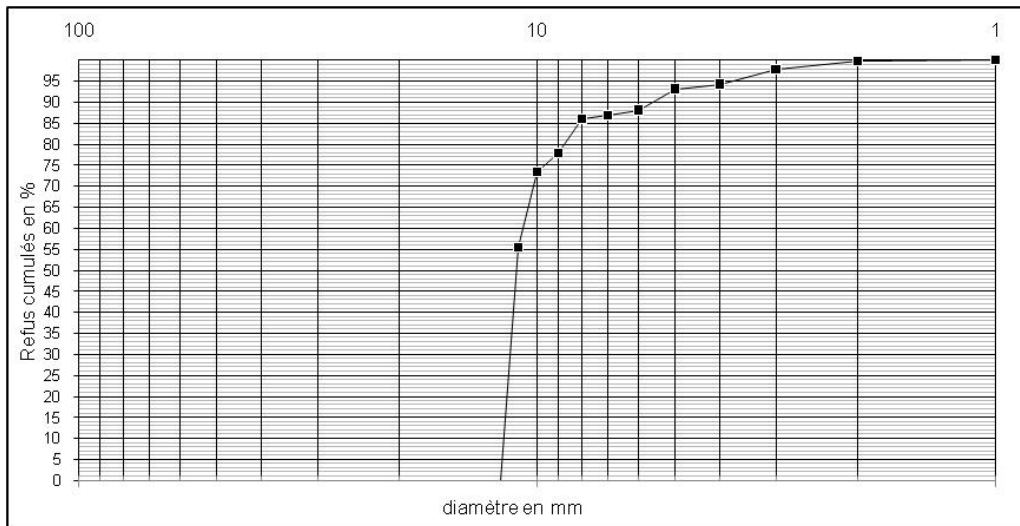
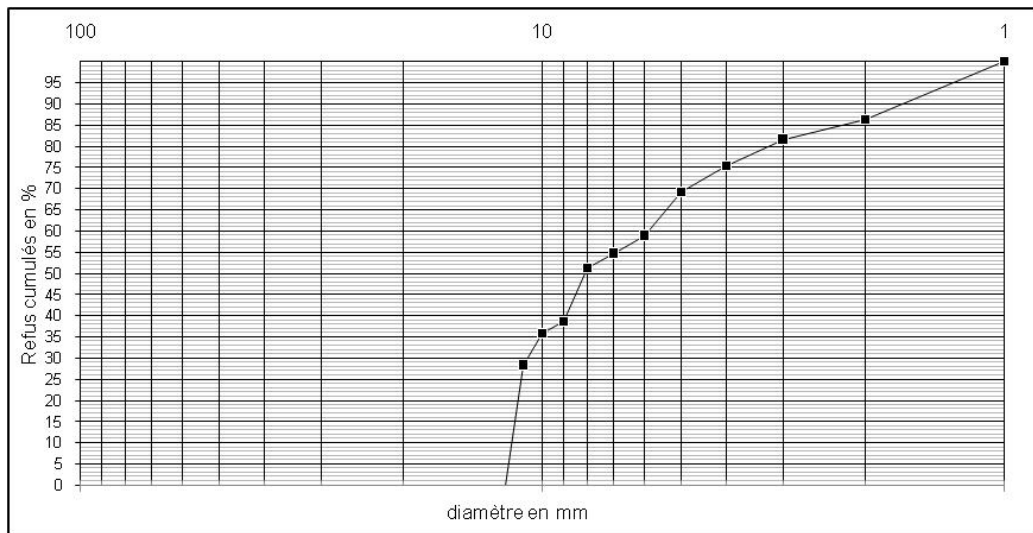
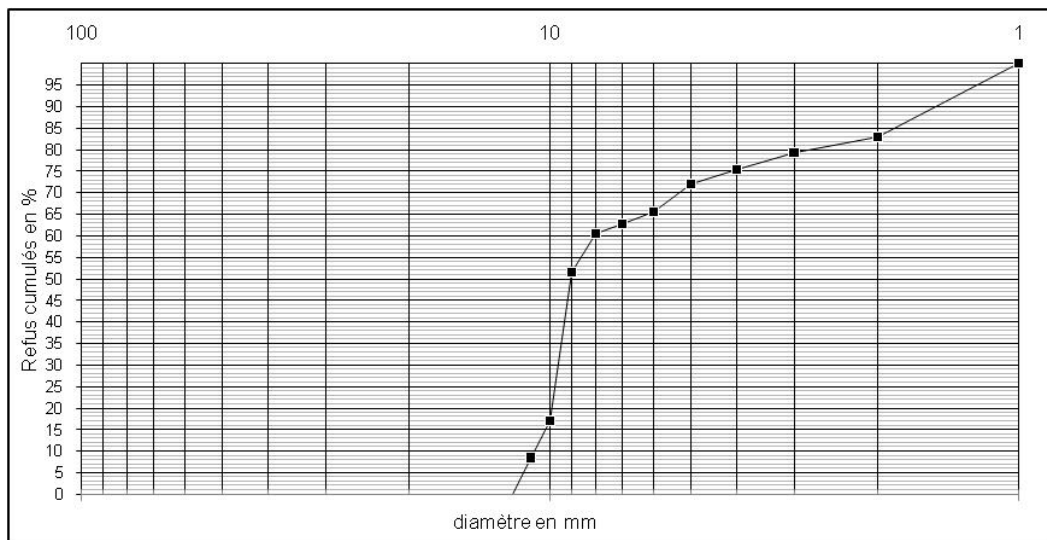


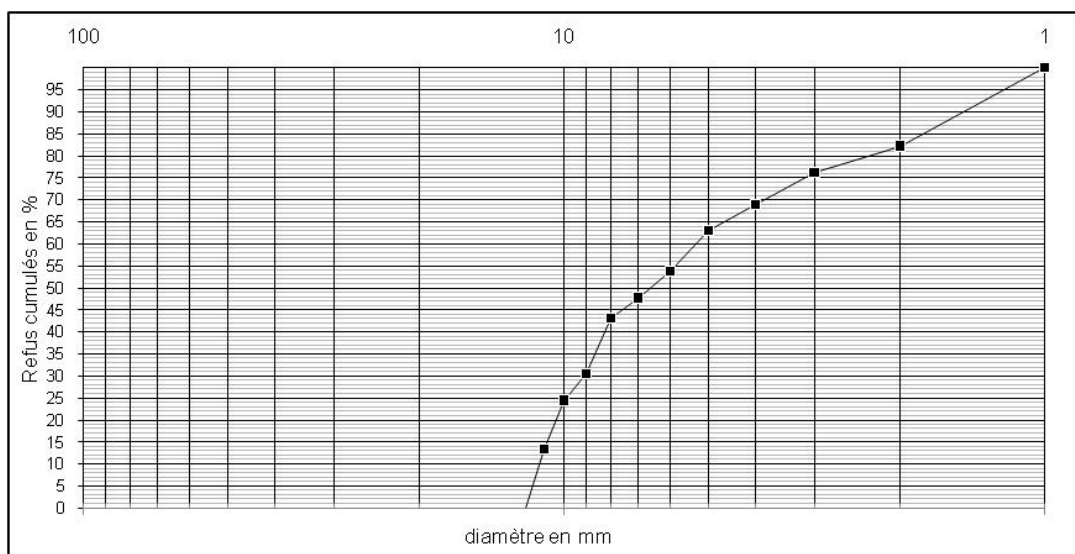
Figure 108 : Courbe granulométrique des sédiments de la zone A



Station B2

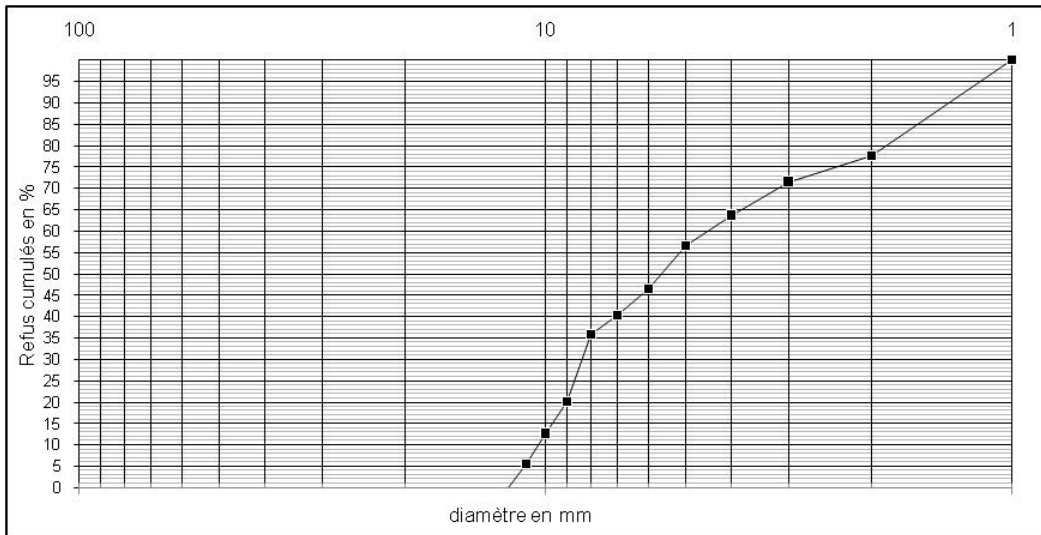


Station B1

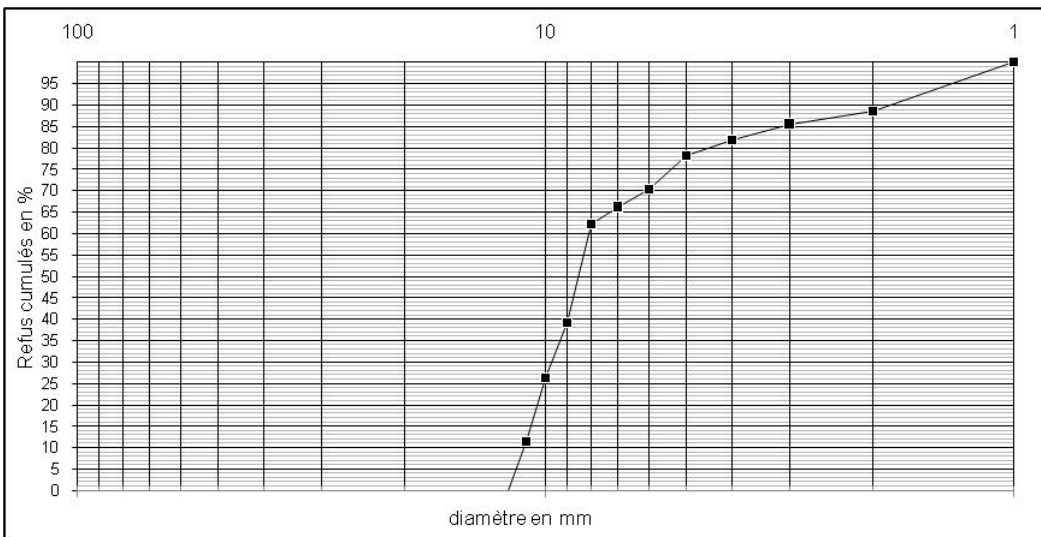


Station B3

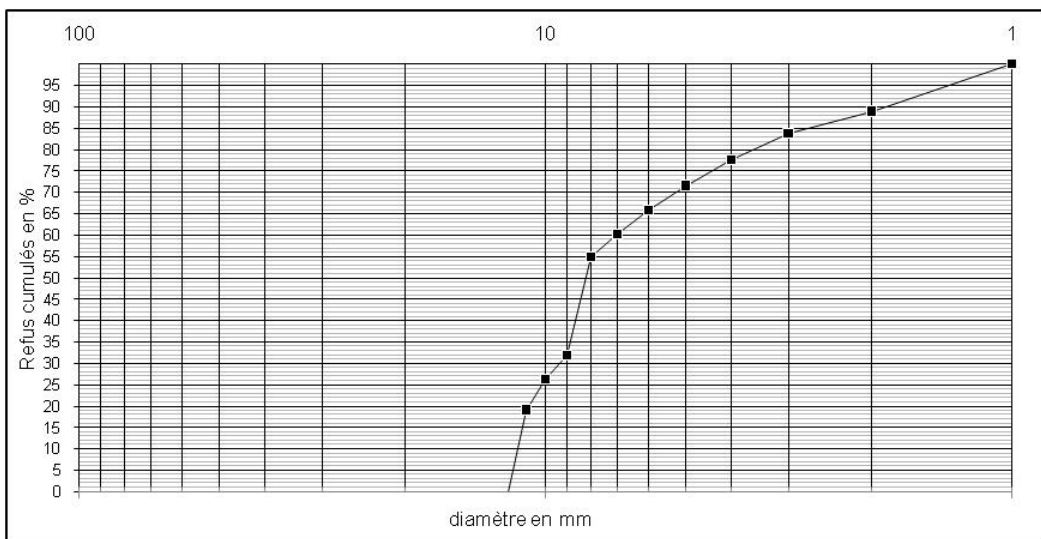
Figure 109 : Courbe granulométrique des sédiments de la zone B



Station C2

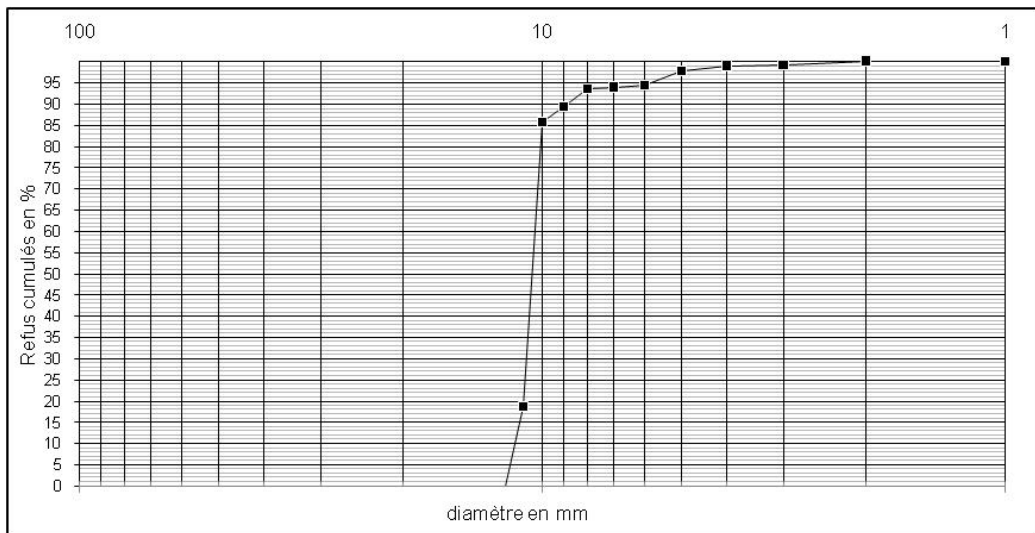


Station C1

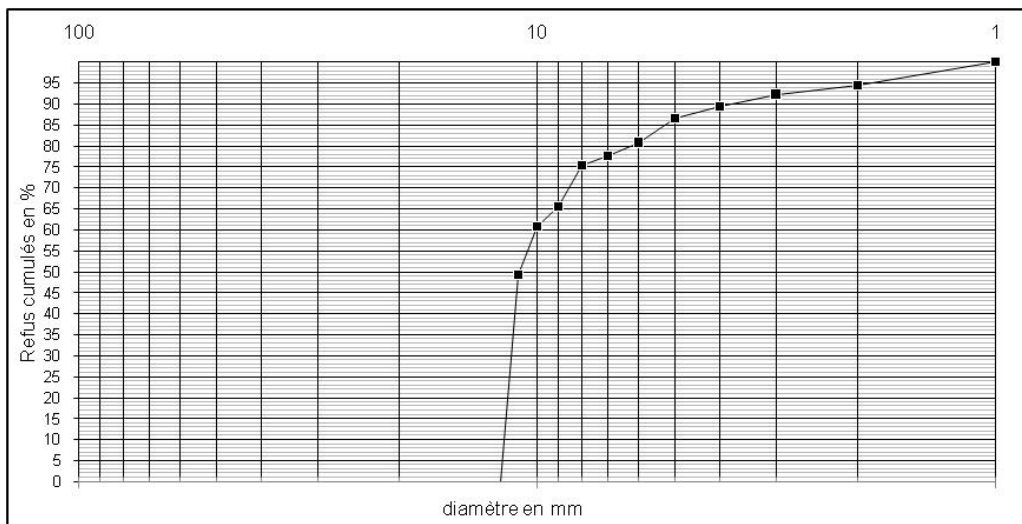


Station C3

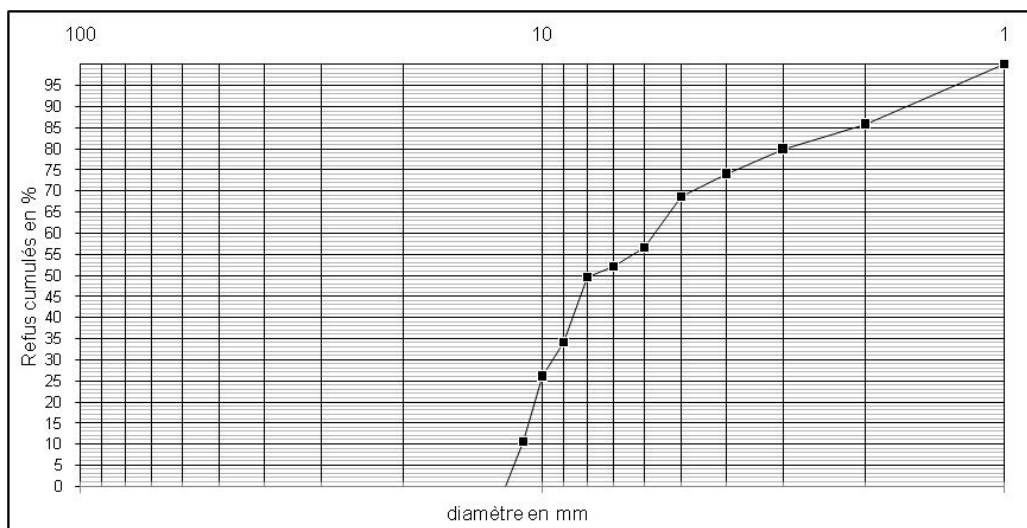
Figure 110 : Courbe granulométrique des sédiments de la zone C



Station D2



Station D1



Station D3

Figure 111 : Courbe granulométrique des sédiments de la zone D

3.3.7 Résultats d'analyse du plancton de la chlorophylle a

3.3.7.1 Biomasse chlorophyllienne

La biomasse chlorophyllienne est relativement faible malgré la saison automnale, ce que révèle une absorption de nutriments plutôt orienté vers le phyto-benthos. Les teneurs ont fluctué entre 0,114 et 0,570 $\mu\text{g/l}$.

Tableau 37 : Résultats d'analyse de la chrophylle a

Stations	A1	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
chlorophylle a($\mu\text{g/l}$)	0,456	0,570	0,340	0,312	0,228	0,520	0,482	0,302	0,220	0,114	0,298

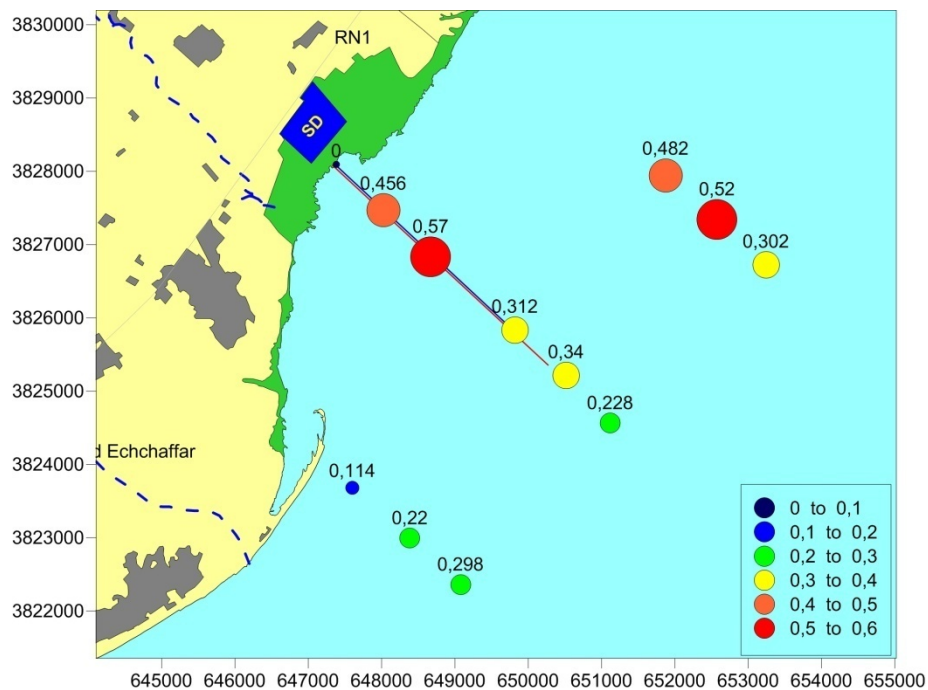


Figure 112: Répartition spatiale de la concentration de la chrolophylle a dans l'eau de mer



Figure 113 : Méduse observé dans la zone C (*Medusa cassiopea*)

3.3.7.2 *Le phytoplancton*

La composition du phytoplancton est assez varié avec 36 espèces rencontrées réparties sur 5 groupes, les diatomées dominant avec 19 espèces suivie par les dinophycées avec 13 espèces; le nombre d'espèces par station varie entre 8 et 20 avec des densités moyennes à faibles allant de 100 à 2000 cellules par litre. (tableau suivant).

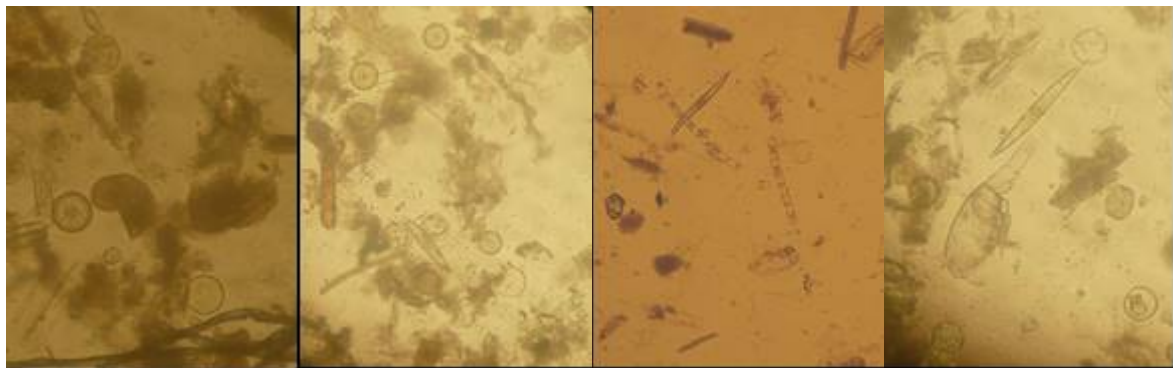
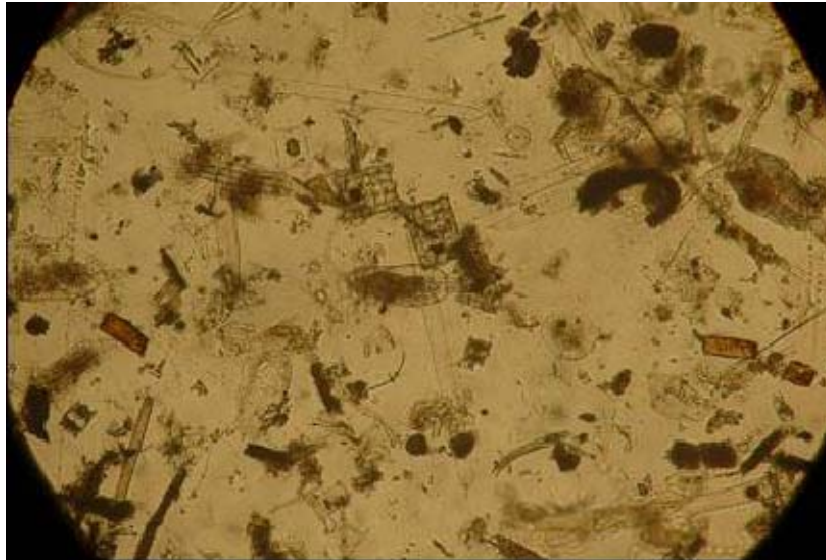


Figure 114 : Phytoplancton de la zone d'études

Tableau 38: Inventaires et densités du phytoplancton

(* : <500 Cel. /l, ** : 500 – 1000 Cel. /l, *** : 1000 – 2000 Cel./l)

Espèces / Stations	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
Diatomophycées												
<i>Asterionella sp</i>		*			**	*		*	*		*	**
<i>Biddulphia sp</i>			*		*		*	*	*	*	*	
<i>Chaetoceros socialis</i>	**			*	*	*	*	*	*	*	*	**
<i>Chaetoceros sp</i>		*	*		*			*			**	*
<i>Cocconeis pediculus</i>	*		***		*			*	*	*	*	
<i>Coscinodiscus sp</i>		*	*	*	**		***	**		**	*	*
<i>Diploneis sp</i>			**			*		*		*	*	
<i>Fragilaria sp</i>	*		*	*	*	*	*	*	*			
<i>Melosira sp</i>										*	*	
<i>Navicula sp</i>	*	*		*	*	**	*	**	*	**	**	***
<i>Nitzschia closterium</i>			*			*	*		*			
<i>Nitzschia longissima</i>				*		*	*					
<i>Nitzschia sp</i>	*	*	**			*	*		*	*		
<i>Pleurosigma sp</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Rhizosolenia pungens</i>	*		*	*	*	**	*	**	*	**	*	**
<i>Skeletonema costatum</i>		*	*	**	**	*	*	*	*	*	*	
<i>Striatella unipunctata</i>				*					*	*		
<i>Surirella sp</i>		*		*		*				*		
<i>Tabellaria sp</i>					*				*			
Dinophycées												
<i>Akashiwo sanguinea</i>				*			*					
<i>Gonyaulax spinifera</i>	*									*		
<i>Gonyaulax sp</i>					*				*			
<i>Gymnodinium simplex</i>	*	*		*			*				*	
<i>Gymnodinium sp</i>	*		*	*					*	*		
<i>Neoceratium furca</i>				*					*			
<i>Neoceratium lineatum</i>					*							*
<i>Neoceratium pentagonum</i>					*			*	*			
<i>Prorocentrum lima</i>			*		*				*			
<i>Prorocentrum micans</i>	*	*							*			
<i>Protoperidinium curvipes</i>				*								
<i>Protoperidinium sp</i>			*									
<i>Scrippsiella sp</i>				*		*	*			*	*	
Dictyochophycées												
<i>Dichtyocha sp</i>		*		*			*		*		*	
Euglenophycées												
<i>Euglena sp</i>	**	*	*		*							
<i>Phacus sp</i>	*	*										
Cyanobacteries												
<i>Oscillatoria sp</i>	*	*	*		*						*	

3.3.7.3 Le Zooplancton

Le zooplancton est bien présent et diversifié avec plus que 21 taxons inventoriés dans les prélèvements. La densité est moyenne allant de 0 à 241 ind/m³. Tableau

Tableau 39 : Inventaires et densité du zooplancton dans les stations explorées

Espèces groupes	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
Copépodes calanoides	133	232	128	189	241	82	42	122	147	208	167	184
Copépodes cyclopoïdes	62	82	32	62	82	48	56	72	38	46	66	80
Copépodes harpacticoides	12	41	24	40	43	10	22	8	14	6	24	28
Copépodes poecilostomoides	12	18	8	10	22	8	8	6	10	14	12	3
Ostracodes	0	0	2	0	0	2	4	2	6	6	8	4
Tintinnides- ciliés	10	142	125	140	150	241	146	88	49	55	120	80
Cladocères	0	7	11	2	0	0	2	4	7	6	0	0
Appendiculaires	0	2	2	4	4	1	2	0	0	2	3	0
Chaetognathes	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
Ptéropodes	0	1	2	1	2	4	2	1	0	2	2	2
Leptoméduses	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Nauplii	38	114	108	131	72	138	75	66	122	88	49	52
Zoe-Métazoé	4	4	1	2	8	2	4	4	4	2	2	2
Post larves	4	6	8	8	2	4	8	12	4	6	6	6
Larves de Cirripèdes	32	20	18	15	22	18	21	45	38	24	10	8
Larves d'Annélides - trocophore	1	7	2	3	0	0	0	0	0	1	0	1
Larves de Mollusques - veligères	14	23	30	25	34	12	18	22	35	6	8	4
Larves d'échinodermes - Pluteus	4	0	8	5	0	0	0	0	2	4	0	2
Nématodes	0	0	1	1	01	0	0	0	0	0	0	0
Foraminifères	4	4	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
Œufs	12	4	9	5	8	24	8	8	6	0	4	4

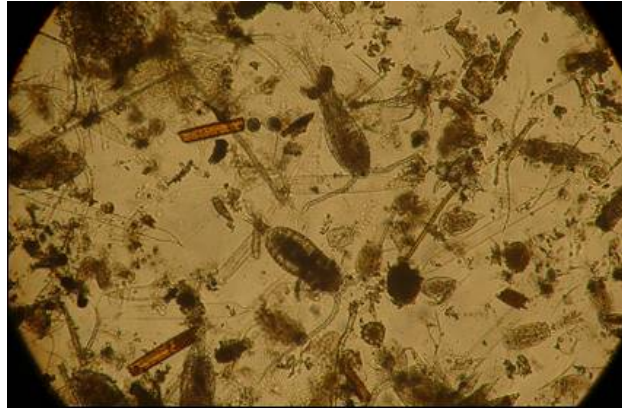


Figure 115 : Zooplancton de la zone d'étude

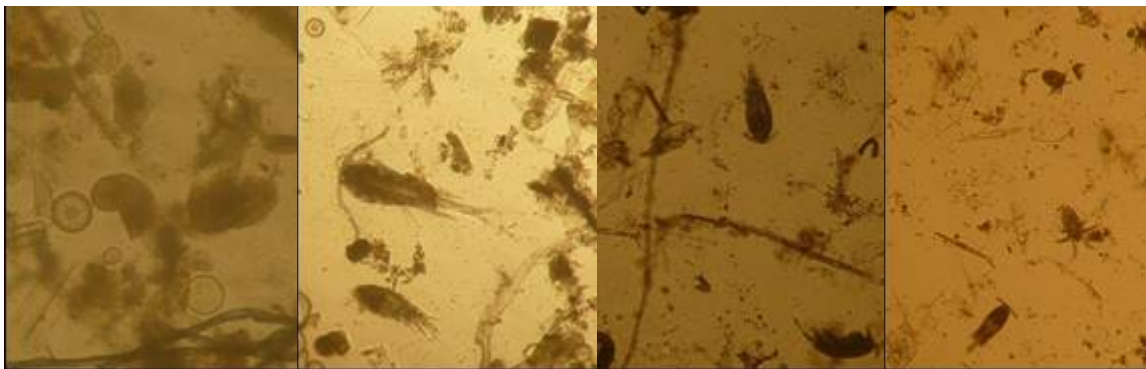


Figure 116 : Espèces Zooplanctoniques de la zone d'études

3.3.8 Le benthos de la zone

3.3.8.1 Aperçu général sur la zone d'étude

Le macrobenthos de la zone est dominées par les macrophytes *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* et *Halophilla stipulacea*, avec une faune associés assez riches. la macrofaune vagile est composée de poisson communs de la zone dont les sparidés, les mugilidés, les blennidés, les gobidés et les atherinidés.

Les herbiers sont assez dégradés par le chalutage illicite (Kiss) feuilles brisées et rhizomes déracinés. L'epiphytisme est aussi présent.



Figure 117 : Macrobenthos de la zone d'étude



Figure 118 : Epiphytes sur feuilles de posidonies



Figure 119 : Macrofaune associés aux herbiers

3.3.8.2 Diversité du benthos de Zone A

Dans la zone A, le phytobenthos est dominé par les ulves et chaetomorphes dans la zone d'estran, de cymodocés et d'*Halophilla* autour de 1 à 2 mètres de profondeur et de posidonies vers le large.

Le macrobenthos est composé de 54 espèces réparties sur 9 groupes (Tableau suivant)

Tableau 40: Inventaire et répartition du macro-benthos dans la zone A
(+:présent, ++: commun +++: fréquent)

Espèces	Radiales	A1	A2	A3
Algues vertes				
<i>Halimeda tuna</i>		++	+++	+
<i>Caulerpa racemosa</i>			+	
<i>Caulerpa prolifera</i>				
<i>Cladophora sp</i>			++	
<i>Flabellia petiolata</i>		+	+	
<i>Ulva lactuca</i>			+++	
Algues brunes				
<i>cystoseira zosteroides</i>				
Algues rouges				
<i>Dudresnaya verticillata</i>				
<i>Shaerococcus coronopifolius</i>		+		
<i>Peysonnelia squamaria</i>		+		
<i>Lithophyllum stictaefera</i>			+	+
<i>Mesophyllum lichenoides</i>				
Magnoliophytes				
<i>Cymodocea nodosa</i>		++		
<i>Posidonia oceanica</i>		+	++	+
<i>Halophila stipulacea</i>		+++	++	+
Annélides				
<i>Serpula vermicularis</i>				
<i>Perenereis cultrifera</i>		+	+	
<i>Nereis diversicolor</i>				
Bryozoaires				
<i>Electra posidonia</i>		+		+
Eponges				
<i>Spongia officinalis</i>				
<i>Tethya aurantium</i>				
<i>Acanthella acuta</i>			+	+
Cnidaires				
<i>Paranemonia cinera</i>				
<i>Dendrophyllia cornigera</i>		+		+
<i>Caryophyllia sp</i>			+	+
Echinodermes				
<i>Asterina gibbosa</i>			+	+
<i>Holothuria tubulosa</i>				
<i>Ophioderma longicauda</i>				
<i>Paracentrotus lividus</i>			+	++
Mollusques polyplacophores				
<i>Chiton olivaceae</i>				
Mollusques gastéropodes				
<i>Aplysia sp</i>				
<i>Bitium reticulatum</i>		+++	++	+
<i>Buccinulum corneum</i>				
<i>Bulla striata</i>		+	++	+

Espèces	Radiales	A1	A2	A3
<i>Calliostoma zizyphinum</i>		++	++	+++
<i>Cerithium scabridum</i>				
<i>Cerithium vulgatum</i>		+	++	
<i>Columbella rustica</i>		+		+
<i>Conus mediterraneus</i>			+	++
<i>Cyclope neritea</i>				
<i>Cymatium</i>				
<i>Fusinus syracusanus</i>		+		+
<i>Gibbula ardens</i>		+	+	
<i>Gibbula umbicolaris</i>				
<i>Haliotis tuberculata</i>				
<i>Hadriana craticuloides</i>				+
<i>Hinia reticulata</i>				+
<i>Mitrella sp</i>			+	
<i>Monodonta turbinata</i>			+	
<i>Mitra sp</i>		+		
<i>Murex trunculus</i>		+	+	++
<i>Nassarius mutabilis</i>			++	+
<i>Neverita josephina</i>		+		
<i>Phyllonotus trunculus</i>			+	+
<i>Rissoa ventricosa</i>		+	+	++
<i>Serpulorbis arenarius</i>				
<i>Smaragdia viridis</i>		+	+	++
<i>Tricolia speciosa</i>		+	+	++
<i>Turritella cingulata</i>				
<i>Turritella communis</i>		+	+	+
Mollusques lamellibranches				
<i>Acanthocardia tuberculata</i>		+	+	+
<i>Arca noe</i>				+
<i>Cerastoderma glaucum</i>		++	+	+
<i>Corbula gibba</i>		++	+	
<i>Dosinia lupinus</i>		+	+	+
<i>Chlamys varia</i>		+	+	+
<i>Flexopecten glaber</i>				+
<i>Fulvia fragilis</i>				
<i>Glycymeris glycymeris</i>		+	+	+
<i>Loripes lacteus</i>		+	+	+
<i>Mactra corallina</i>				
<i>Modiola barbata</i>		+	+	
<i>Mytilaster minimus</i>				+
<i>Pinctada radiata</i>			+	++
<i>Pinna nobilis</i>			+	
<i>Ruditapes decussatus</i>		+		
<i>Solemya velum</i>				
<i>Tapes rhomboides</i>				
<i>Tellina tenuis</i>			+	
<i>Venus verrucosa</i>			+	+
Mollusques décapodes				
<i>Sepia officinalis</i>				
Mollusques scaphopodes				
<i>Dentalium dentale</i>				+
Mollusques octopodes				
<i>Octopus vulgaris</i>				
Crustacés				
<i>Amphitrite sp</i>				+
<i>Carcinus aestuarii</i>		+		+

Espèces	Radiales	A1	A2	A3
<i>Cymodoce truncata</i>				
<i>Eriphia verrucosa</i>				+
<i>Gammarus aquicaudata</i>		+	+	+
<i>Idotea sp.</i>		+	+	+
<i>Maja squinado</i>				+
<i>Pagurus sp.</i>		+	+	++
<i>Palaemon seratus</i>				+
<i>Sphaeroma serratum</i>		+	+	+
<i>Pilumnus hirtellus</i>				+
Ascidies				
<i>Didemnum sp</i>				
<i>Phallusia nigra</i>		+		
Faune ichthyque				
Atherinidae				
<i>Atherina sp</i>		+	+	+
Gobidae :				
<i>Gobius sp</i>		+	+	+
Blennidae :				
<i>Blennius</i>		+	+	+
Mugilidae				
<i>Liza sp</i>		+	+	+
Sparidae				
<i>Diplodus sp</i>		++	++	++

3.3.8.3 Diversité du benthos de Zone B

Dans la zone B le phytobenthos est dominé par les herbiers de posidonies qui se présentent en herbier de plaine plus ou moins affectés par les activités anthropiques. Le phytobenthos est représenté par 5 espèces d'algues dont *Halimeda tuna* toujours présente.

Le macrobenthos est composé de 50 espèces réparties sur 9 groupes (Tableau suivant)

Tableau 41: Inventaire et répartition du macrobenthos dans la zone B

(+:présent, ++: commun +++: fréquent)

Espèces	Radiales	B1	B2	B3
Algues vertes				
<i>Halimeda tuna</i>		++	++	++
<i>Caulerpa racemosa</i>				
<i>Caulerpa prolifera</i>				
<i>Cladophora sp</i>				
<i>Flabellia petiolata</i>		+		
<i>Ulva lactuca</i>				
Algues brunes				
<i>cystoseira zosteroides</i>				
Algues rouges				
<i>Dudresnaya verticillata</i>				
<i>Shaerococcus coronopifolius</i>		+		
<i>Peysonnelia squamaria</i>		+		
<i>Lithophyllum stictaefera</i>			+	+
<i>Mesophyllum lichenoides</i>				

Espèces	Radiales	B1	B2	B3
Magnoliophytes				
<i>Cymodocea nodosa</i>				
<i>Posidonia oceanica</i>		+++	+++	+++
<i>Halophila stipulacea</i>				
Annélides				
<i>Serpula vermicularis</i>				
<i>Perenereis cultrifera</i>		+	+	
<i>Nereis diversicolor</i>				
Bryozoaires				
<i>Electra posidonia</i>		+		+
Eponges				
<i>Spongia officinalis</i>				
<i>Tethya aurantium</i>				
<i>Acanthella acuta</i>			+	+
<i>Aplysina fistularis</i>				+
Cnidaires				
<i>Paranemonia cinera</i>				
<i>Dendrophyllia cornigera</i>		+		+
<i>Caryophyllia sp</i>			+	+
Echinodermes				
<i>Asterina gibbosa</i>		+		+
<i>Holothuria tubulosa</i>				
<i>Ophioderma longicauda</i>				
<i>Paracentrotus lividus</i>			+	+
Mollusques polyplacophores				
<i>Chiton olivaceae</i>				
Mollusques gastéropodes				
<i>Aplysia sp</i>				
<i>Bitium reticulatum</i>		+	++	+
<i>Buccinulum corneum</i>				
<i>Bulla striata</i>		+		
<i>Calliostoma zizyphinum</i>		++	++	+++
<i>Cerithium scabridum</i>				
<i>Cerithium vulgatum</i>		+	++	+
<i>Columbella rustica</i>		+		+
<i>Conus mediterraneus</i>				
<i>Cyclope neritea</i>				
<i>Cymatium</i>				
<i>Fusinus syracusanus</i>		+		+
<i>Gibbula ardens</i>		+	+	
<i>Gibbula umbicolaris</i>				
<i>Haliotis tuberculata</i>				
<i>Hadriana craticuloides</i>		+		+
<i>Hinia reticulata</i>				+
<i>Mitrella sp</i>			+	
<i>Monodonta turbinata</i>			+	
<i>Mitra sp</i>		+		
<i>Nassarius mutabilis</i>			+	+
<i>Neverita josephina</i>		+		
<i>Phyllonotus trunculus</i>			+	+
<i>Rissoa ventricosa</i>		+	+	+
<i>Serpulorbis arenarius</i>				

Espèces	Radiales	B1	B2	B3
<i>Smaragdia viridis</i>		+	+	++
<i>Tricolia speciosa</i>		+	+	++
<i>Turritella cingulata</i>				
<i>Turritella communis</i>		+	+	+
Mollusques lamellibranches				
<i>Acanthocardia tuberculata</i>		+	+	+
<i>Cerastoderma glaucum</i>				+
<i>Corbula gibba</i>		+		
<i>Dosinia lupinus</i>		+	+	+
<i>Chlamys varia</i>		+	+	+
<i>Flexopecten glaber</i>				+
<i>Fulvia fragilis</i>				
<i>Glycymeris glycymeris</i>		+	+	+
<i>Loripes lacteus</i>		+	+	+
<i>Maetra corallina</i>				
<i>Modiola barbata</i>		+	+	
<i>Mytilaster minimus</i>				+
<i>Pinctada radiata</i>		++	+	+++
<i>Pinna nobilis</i>			+	
<i>Ruditapes decussatus</i>		+		
<i>Solemya velum</i>				
<i>Tapes rhomboides</i>				
<i>Tellina tenuis</i>			+	
<i>Venus verrucosa</i>				+
Mollusques décapodes				
<i>Sepia officinalis</i>				
Mollusques scaphopodes				
<i>Dentalium dentale</i>		+	+	
Mollusques octopodes				
<i>Octopus vulgaris</i>				
Crustacés				
<i>Carcinus aestuarii</i>		+		+
<i>Cymodoce truncata</i>				
<i>Gammarus aquicaudata</i>		+	+	+
<i>Idotea sp.</i>		+	+	+
<i>Pagurus sp.</i>		+	+	
<i>Palaemon seratus</i>				+
<i>Sphaeroma serratum</i>		+	+	+
<i>Pilumnus hirtellus</i>				+
Ascidies				
<i>Didemnum sp</i>				
<i>Phallusia nigra</i>		+		
Faune ichthyque				
Atherinidae				
<i>Atherina sp</i>		+	+	+
Gobiidae :				
<i>Gobius sp</i>		+	+	+
Blennidae :				
<i>Blennius</i>		+	+	+
Mugilidae				
<i>Liza sp</i>		+	+	+
Sparidae				
<i>Diplodus sp</i>		++	++	++

3.3.8.4 Diversité du benthos de Zone C

Dans la zone C le phytobenthos reste dominé par les herbiers de posidonies qui se présentent en herbier de plaine plus ou moins affectés par les activités anthropiques. Le phytobenthos est représenté par 5 espèces d'algues dont *Halimeda tuna* toujours présente.

Le macrobenthos est composé de 55 espèces réparties sur 9 groupes (Tableau)

Tableau 42: Inventaire et répartition du macrobenthos dans la zone C

(+:présent, ++: commun +++: fréquent)

Espèces	Radiales	C1	C2	C3
Algues vertes				
<i>Halimeda tuna</i>		++	++	+++
<i>Caulerpa racemosa</i>			+	
<i>Caulerpa prolifera</i>				
<i>Cladophora sp</i>				
<i>Flabellia petiolata</i>				+
<i>Ulva lactuca</i>				
Algues brunes				
<i>cystoseira zosteroides</i>				
Algues rouges				
<i>Dudresnaya verticillata</i>				
<i>Shaerococcus coronopifolius</i>			+	
<i>Peysonnelia squamaria</i>		+	+	
<i>Lithophyllum stictaefera</i>			+	+
<i>Mesophyllum lichenoides</i>				
Magnoliophytes				
<i>Cymodocea nodosa</i>				
<i>Posidonia oceanica</i>		++	++	++
<i>Halophila stipulacea</i>				
Annélides				
<i>Serpula vermicularis</i>				
<i>Perenereis cultrifera</i>		+	+	
<i>Nereis diversicolor</i>				+
Bryozoaires				
<i>Electra posidonia</i>		+		+
Eponges				
<i>Spongia officinalis</i>				
<i>Tethya aurantium</i>				+
<i>Acanthella acuta</i>			+	
Cnidaires				
<i>Paranemonia cinera</i>				
<i>Dendrophyllia cornigera</i>			+	+
<i>Caryophyllia sp</i>				
Echinodermes				
<i>Asterina gibbosa</i>		+		+
<i>Holothuria tubulosa</i>			+	

Espèces	Radiales	C1	C2	C3
<i>Ophioderma longicauda</i>				+
<i>Paracentrotus lividus</i>				+
Mollusques polyplacophores				
<i>Chiton olivaceae</i>				
Mollusques gastéropodes				
<i>Aplysia sp</i>				
<i>Bitium reticulatum</i>		+	+	+
<i>Buccinulum corneum</i>				
<i>Bulla striata</i>		+		+
<i>Calliostoma zizyphinum</i>		+	++	+
<i>Ceritium scabridum</i>				
<i>Ceritium vulgatum</i>		++	++	+
<i>Columbella rustica</i>		+	+	
<i>Conus mediterraneus</i>				
<i>Cyclope neritea</i>				
<i>Cymatium</i>				
<i>Fusinus syracusanus</i>				+
<i>Gibbula ardens</i>			+	
<i>Gibbula umbilicaris</i>				+
<i>Haliotis tuberculata</i>				
<i>Hadriana craticuloides</i>				
<i>Hinia reticulata</i>			+	+
<i>Mitrella sp</i>		+	+	
<i>Monodonta turbinata</i>		+	+	
<i>Mitra sp</i>				
<i>Nassarius mutabilis</i>				+
<i>Neverita josephina</i>			+	
<i>Phyllonotus trunculus</i>		+	+	+
<i>Rissoa ventricosa</i>		+	+	+
<i>Serpulorbis arenarius</i>			+	
<i>Smaragdia viridis</i>		+	+	+
<i>Tricolia speciosa</i>		+	+	+
<i>Turritella cingulata</i>		+		
<i>Turritella communis</i>		+	+	+
Mollusques lamellibranches				
<i>Acanthocardia tuberculata</i>		+	+	+
<i>Cerastoderma glaucum</i>		+	+	+
<i>Corbula gibba</i>		+		
<i>Dosinia lupinus</i>		+	+	+
<i>Chlamys varia</i>		+	+	+
<i>Flexopecten glaber</i>				
<i>Fulvia fragilis</i>				
<i>Glycymeris glycymeris</i>		+		
<i>Loripes lacteus</i>		+	+	+
<i>Mactra corallina</i>				
<i>Modiola barbata</i>		+	+	
<i>Mytilaster minimus</i>		+		+
<i>Pinctada radiata</i>		+	+	+
<i>Pinna nobilis</i>			+	
<i>Ruditapes decussatus</i>		+	+	
<i>Solemya velum</i>				
<i>Tapes rhomboides</i>				
<i>Tellina tenuis</i>		+	+	
<i>Venus verrucosa</i>			+	+
Mollusques décapodes				
<i>Sepia officinalis</i>				

Espèces	Radiales	C1	C2	C3
Mollusques scaphopodes				
<i>Dentalium dentale</i>		+		+
Mollusques octopodes				
<i>Octopus vulgaris</i>				
Crustacés				
<i>Carcinus aestuarii</i>		+	+	+
<i>Cymodoce truncata</i>		+		
<i>Gammarus aquicaudata</i>		+	++	+
<i>Idotea sp.</i>		+	+	+
<i>Pagurus sp.</i>		+	+	
<i>Palaemon serratus</i>			+	+
<i>Sphaeroma serratum</i>		+	+	+
<i>Pilumnus hirtellus</i>			+	+
Ascidies				
<i>Didemnum sp</i>		+		
<i>Phallusia nigra</i>		+		
Faune ichtyque				
Atherinidae				
<i>Atherina sp</i>		+	+	+
Gobiidae :				
<i>Gobius sp</i>		+	+	+
Blennidae :				
<i>Blennius</i>		+	+	+
Mugilidae				
<i>Liza sp</i>		+	+	+
Sparidae				
<i>Diplodus sp</i>		++	++	++

3.3.8.5 Diversité du benthos de Zone D

Dans la zone D le phytobenthos est toujours dominé par les herbiers de posidonies qui se présentent en herbier de plaine plus ou moins affectés par les activités anthropiques. Le phytobenthos est représenté par 7 espèces d'algues dont *Halimeda tuna* toujours présente. Le macrobenthos est composé de 51 espèces réparties sur 9 groupes (Tableau)

Tableau 43: Inventaire et répartition du macrobenthos dans la zone D
(+:présent, ++: commun +++: fréquent)

Espèces	Radiales	D1	D2	D3
Algues vertes				
<i>Halimeda tuna</i>		++	+++	++
<i>Caulerpa racemosa</i>				
<i>Caulerpa prolifera</i>				
<i>Cladophora sp</i>				
<i>Flabellia petiolata</i>		++	+++	
<i>Ulva lactuca</i>				
Algues brunes				
<i>cystoseira zosteroides</i>				
Algues rouges				
<i>Dudresnaya verticillata</i>		+	+	
<i>Shaerococcus coronopifolius</i>		+		
<i>Peysonnelia squamaria</i>		+	+	
<i>Lithophyllum stictaefera</i>			+	+
<i>Mesophyllum lichenoides</i>			+	+
Magnoliophytes				
<i>Cymodocea nodosa</i>				
<i>Posidonia oceanica</i>		+++	+++	+++
<i>Halophila stipulacea</i>				
Annélides				
<i>Serpula vermicularis</i>		+		+
<i>Perenereis cultrifera</i>			+	
<i>Nereis diversicolor</i>				+
Bryozoaires				
<i>Electra posidonia</i>			+	+
Eponges				
<i>Spongia officinalis</i>				+
<i>Tethya aurantium</i>				
<i>Acanthella acuta</i>		+	+	
<i>Aplysina fistularis</i>				+
Cnidaires				
<i>Paranemonia cinera</i>		+		
<i>Caryophyllia sp</i>				
<i>Dendrophyllia cornigera</i>				
Echinodermes				
<i>Asterina gibbosa</i>		+	+	
<i>Holothuria tubulosa</i>				

Espèces	Radiales	D1	D2	D3
<i>Ophioderma longicauda</i>				
<i>Paracentrotus lividus</i>		+	+	+
Mollusques polyplacophores				
<i>Chiton olivaceae</i>				
Mollusques gastéropodes				
<i>Aplysia sp</i>				
<i>Bitium reticulatum</i>		++	+	++
<i>Buccinulum corneum</i>				
<i>Bulla striata</i>				
<i>Calliostoma zizyphinum</i>		++	++	+
<i>Ceritium scabridum</i>				
<i>Ceritium vulgatum</i>		+	+	+
<i>Columbella rustica</i>			+	+
<i>Conus mediterraneus</i>				
<i>Cyclope neritea</i>				
<i>Cymatium</i>				
<i>Fusinus syracusanus</i>		+		
<i>Gibbula ardens</i>		+	+	
<i>Gibbula umbilicaris</i>				
<i>Haliotis tuberculata</i>		+		
<i>Hadriana craticuloides</i>		+		+
<i>Hinia reticulata</i>				+
<i>Mitrella sp</i>		+		
<i>Monodonta turbinata</i>		+		
<i>Nassarius mutabilis</i>			+	+
<i>Neverita josephina</i>		+		
<i>Phyllonotus trunculus</i>			+	+
<i>Pinna nobilis</i>				+
<i>Rissoa ventricosa</i>		+	+	+
<i>Serpulorbis arenarius</i>				
<i>Smaragdia viridis</i>		+	+	++
<i>Tricolia speciosa</i>		++	++	++
<i>Turritella cingulata</i>				
<i>Turritella communis</i>		+	+	
Mollusques lamellibranches				
<i>Acanthocardia tuberculata</i>		+	+	+
<i>Cerastoderma glaucum</i>		+	+	+
<i>Corbula gibba</i>			+	+
<i>Dosinia lupinus</i>		+	+	
<i>Chlamys varia</i>			+	+
<i>Flexopecten glaber</i>			+	+
<i>Fulvia fragilis</i>				
<i>Irus irus</i>				
<i>Loripes lacteus</i>		+	+	
<i>Mactra corallina</i>				
<i>Modiola barbata</i>		+		
<i>Mytilaster minimus</i>		+	+	
<i>Pinctada radiata</i>		++	+++	++
<i>Pinna nobilis</i>			+	
<i>Ruditapes decussatus</i>		+		
<i>Solemya velum</i>		+		
<i>Tapes rhomboides</i>				
<i>Tellina tenuis</i>				
<i>Venus verrucosa</i>		+		+
Mollusques décapodes				
<i>Sepia officinalis</i>				

Espèces	Radiales	D1	D2	D3
Mollusques octopodes				
<i>Octopus vulgaris</i>				
Crustacés				
<i>Carcinus aestuarii</i>		+	+	+
<i>Cymodoce truncata</i>				
<i>Gammarus aquicaudata</i>		++	+	++
<i>Idotea sp.</i>		+	+	+
<i>Pagurus sp.</i>			+	
<i>Palaemon seratus</i>				+
<i>Sphaeroma serratum</i>		+	+	
<i>Pilumnus hirtellus</i>			+	+
Ascidies				
<i>Didemnum sp</i>				
<i>Phallusia nigra</i>		+		
Faune ichtyque				
Atherinidae				
<i>Atherina sp</i>		+	+	+
Gobidae :				
<i>Gobius sp</i>		+	+	+
Blennidae :				
<i>Blennius</i>		+	+	+
Mugilidae				
<i>Liza sp</i>		+	+	+
Sparidae				
<i>Diplodus sp</i>		++	++	++

3.3.9 Etude des herbiers

3.3.9.1 Herbier de la Zone A

La prospection de l'herbier de la zone A révèle un recouvrement très irrégulier allant de 0 à 100% selon le point d'observation (tableau ci-dessous) la couverture moyenne de la posidonie est de l'ordre de 34%. Dans les stations littorales, les herbiers de posidonies sont partiellement substitués par la cymodocés jusqu'à 80 % de recouvrement et par la macrophyte exotique Halophilla stipulacea jusqu'à 70% de recouvrement dans certaines mailles.

Tableau 44 : Cartographie du recouvrement floristiques de la zone A (0 à 9/9, 9/9 = 100%)

	5	4	3	2	1	A
Posidonies →	0	0	0	0	0	1
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Halophilla →	6	6	4	7	7	
Posidonies →	0	0	0	0	0	2
Cymodocés →	8	8	8	8	3	
Halophilla →	1	1	1	1	4	
Posidonies →	0	0	0	1	0	3
Cymodocés →	9	8	7	8	8	
Halophilla →	0	1	2	0	1	
Posidonies →	0	4	7	8	4	4
Cymodocés →	8	2	1	0	1	
Halophilla →	1	1	0	1	0	
Posidonies →	6	6	1	9	9	5
Cymodocés →	2	2	8	0	0	
Halophilla →	1	1	0	0	0	
Posidonies →	9	9	3	8	8	6
Cymodocés →	0	0	5	0	0	
Halophilla →	0	0	1	1	1	

Tableau 45 : recouvrement des herbiers de posidonie en % dans la zone A

	5	4	3	2	1	A
	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	2
	0	0	0	11	0	3
	0	44	77	88	44	4
	66	66	11	100	100	5
	100	100	33	88	88	6

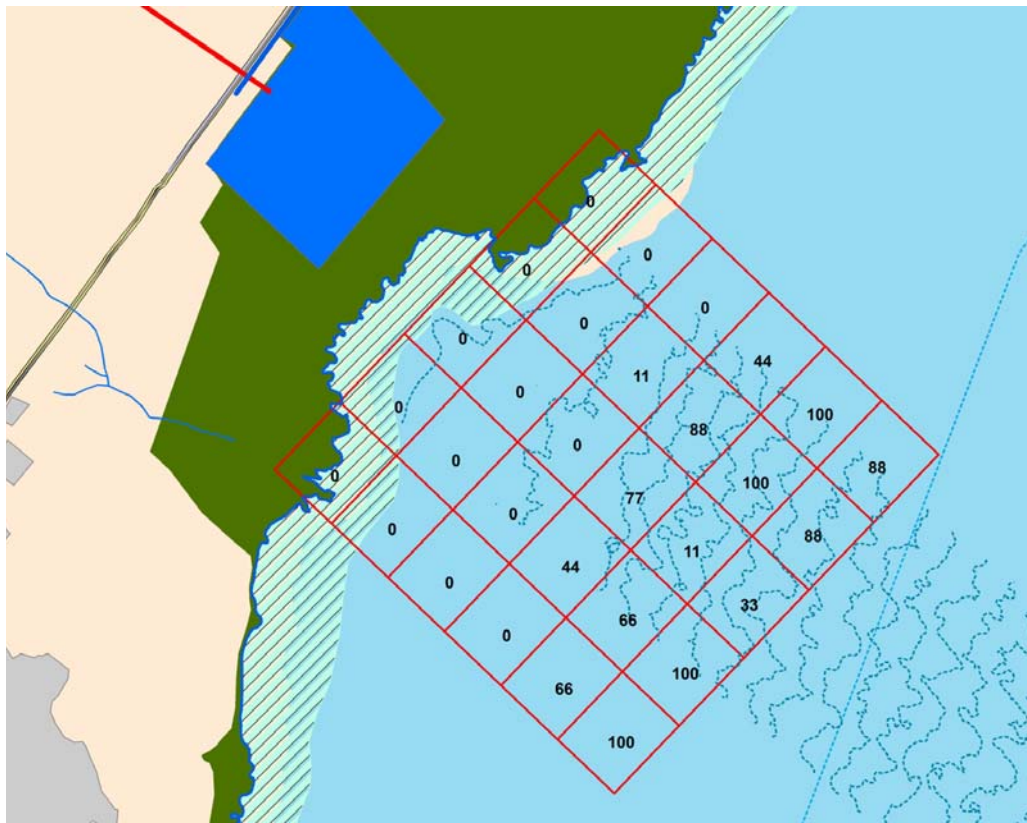


Figure 120 : Recouvrement des herbiers dans la zone A en %

La zone A est caractérisée par un herbier plaine plus ou moins dégradé, cet herbier est présent à partir de 1 m de profondeur.

- **La densité de l'herbier**, varie entre 660 et 766 faisceaux par m², ce qui permet de considérer la station A1 comme de densité anormale et la station (A3) de densité normale (Pergent et al., 1995); les deux stations sont qualifiées de Normale selon la standardisation proposé pour la cartographie et de surveillance des magnoliophytes marines en Méditerranée (CAR/ASP, 2010).
- **Le nombre moyen des feuilles** par faisceau est faible (relatif à la période automnale de chute de feuilles) variant entre 3.2 et 3.8. La longueur moyenne des feuilles adultes varie entre 6,0 cm et 29,5 cm, sachant que le nombre des feuilles abimés ou broutés est assez élevés, ce qui influencera d'autres paramètres phénologiques.
- **L'indice foliaire** par faisceau (**surface foliaire**) varie en moyenne entre 33,9±3,4cm² faisceau-1(A1) et 38,3±29,5cm² faisceau-1 (A3) pendant la saison automnale. A travers les stations il est compris entre 17,1 et 47,32 cm² pour la station (A1) et entre 9,5 et 99,3 cm² pour la station (A3).
- **Le coefficient «A»** correspond au pourcentage des feuilles intermédiaires et adultes ayant perdu leurs apex (feuilles broutées). Ce coefficient varie entre 29,9 (A1) et 44,0% (A3).
- **Le nombre des feuilles nécrosés** est aussi élevés soit 62 à 78% des feuilles par faisceau. (Tableau suivant)

Tableau 46: Paramètres et indices phénologiques de l'herbier au niveau des stations de la zone A.

Stations	Nombre faisceaux vivants (m ²)	Nombre moyen de feuilles broutées (%)	Nombre moyen des feuilles par faisceau (n)	Poids sec des feuilles sans épiphytes (g/faisceaux)	Epiphytes : poids sec après grattage (mg/cm ²)	Feuilles nécrosées par faisceaux (n).	Surface totale des feuilles (cm ² / faisceaux)
A1	766,6±48,8	29,9±14,1	3,8±2,1	2,2	17,7	3,0±2,1	33,9±3,4
A3	660,0±40,0	44,0±17,7	3,2±0,8	2,4	0,4	2,0±0,81	38,3±29,5

3.3.9.2 Herhier de la Zone B

La prospection de l'herhier de posidonies de la zone B révèlent un recouvrement plus ou moins homogène avec taux de recouvrement allant de 20 à 100% selon le point d'observation (tableau) la couverture moyenne de la posidonie est de l'ordre de 83%. Certaines stations revelent une presence considerable des macroalgues Halimeda tuna et à moindre frequence Flabellia petiolata. la macrophyte exotique Halophilla stipulacea présente un recouvrement de assez faible.

Tableau 47 : Cartographie du recouvrement floristiques de la zone B (0 à 9/9, 9/9 = 100%)

	5	4	3	2	1	B
Posidonies →	5	8	8	9	8	1
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Halophilla/algues →	4	0	0	0	0	
Posidonies →	7	9	9	7	8	2
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Halophilla/algues →	2	0	0	0	0	
Posidonies →	7	9	9	9	9	3
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Halophilla/algues →	0	0	0	0	0	
Posidonies →	6	9	9	6	9	4
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Halophilla/algues →	3	0	0	0	0	
Posidonies →	7	3	8	8	7	5
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Halophilla/algues →	1	6	0	0	0	
Posidonies →	8	7	6	9	2	6
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Halophilla/algues →	1	0	0	0	0	

Tableau 48 : recouvrement des herbiers de posidonie en % dans la zone B

	5	4	3	2	1	B
	55	88	88	100	100	1
	77	100	100	77	88	2
	77	100	100	100	100	3
	66	100	100	66	100	4
	77	33	88	88	77	5
	88	77	66	100	22	6

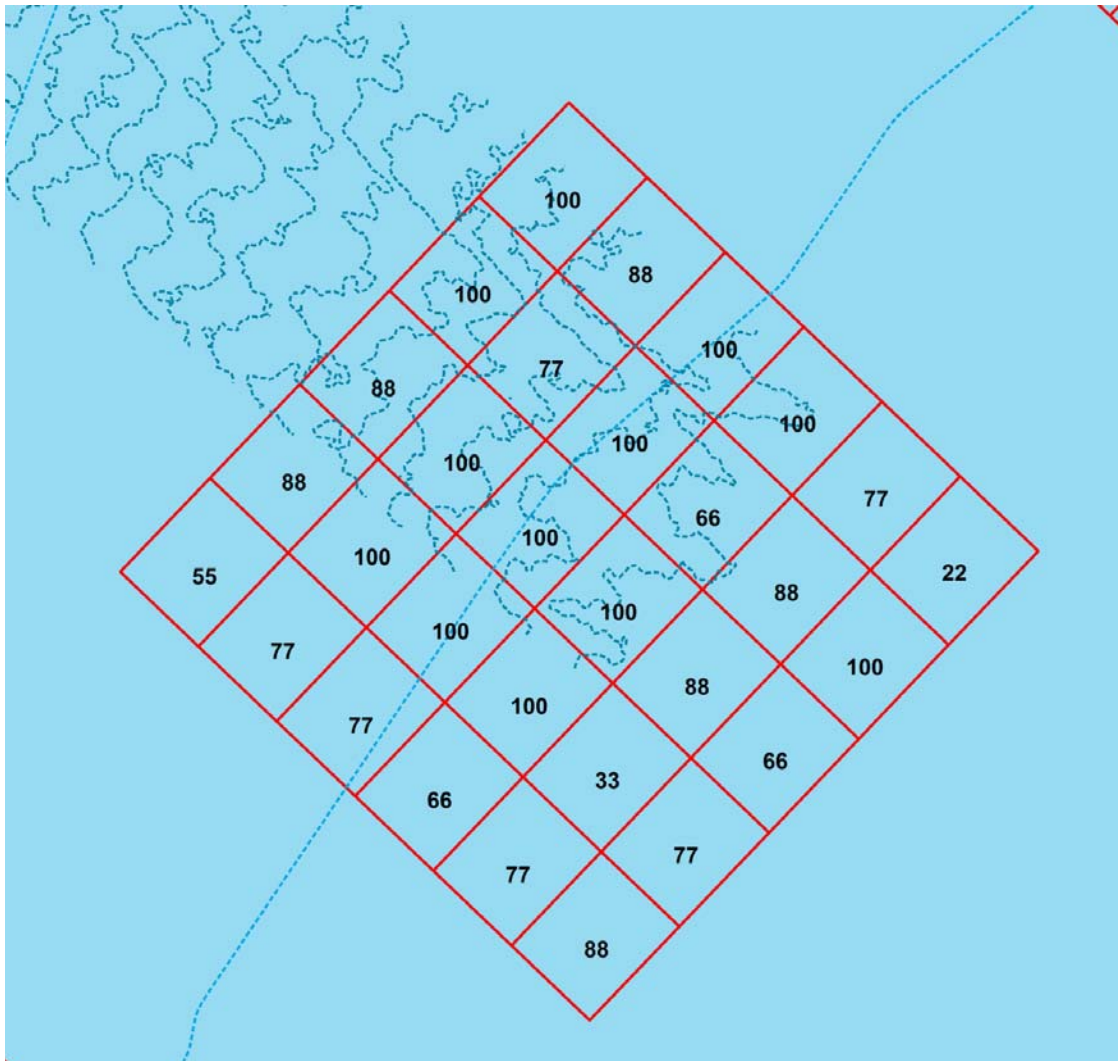


Figure 121 : Recouvrement des herbiers dans la zone B en %

La zone B est située entre les isobathes 8,5 et 12 m elle est caractérisée par un herbier plaine plus ou moins dégradé.

- **La densité de l'herbier**, varie entre 306 et 446 faisceaux par m², ce qui permet de considérer la densité dans les stations (B2) et (B3) comme normale, et celle de la station (B1) sub-anormale inférieure (Pergent et al., 1995) les stations (B1) et (B3) pauvres et (B2) normale selon la standardisation proposée pour la cartographie et de surveillance des magnoliophytes marines en Méditerranée (CAR/ASP, 2010).
- **Le nombre moyen des feuilles** par faisceau est faible (relatif à la période automnale de chute de feuilles) variant entre 2,1 et 3,8. La longueur moyenne des feuilles adultes varie entre 5,5 cm et 52,0 cm, sachant que le nombre des feuilles abimés ou broutés est assez élevés, ce qui influencera d'autres paramètres phénologiques.
- **L'indice foliaire** par faisceau (**surface foliaire**) varie en moyenne entre 30,9±4,5cm² faisceau-1(B3) et 61,5±35,4cm² faisceau-1 (A2) pendant la saison automnale. A travers les stations il est compris entre 8,37 et 61,27 cm² pour la station (B1), entre 10,8 et 115,9 cm² pour la station (B2), et entre 17,7 et 64,98 cm² pour la station (B3).

- **Le coefficient «A»** correspond au pourcentage des feuilles intermédiaires et adultes ayant perdu leurs apex (feuilles broutées). Ce coefficient varie entre 27,7 (B3) et 34,9% (B1). La perte d'apex est surtout liée à la dégradation causée entre autres par le chalutage illicite (Kiss).
- **Le nombre des feuilles nécrosées** est aussi élevés soit 63 à 86% des feuilles par faisceau. (Tableau suivant).

Tableau 49: Paramètres et indices phénologiques de l'herbier au niveau des stations de la zone B.

Stations	Nombre faisceaux vivants (m ²)	Nombre moyen de feuilles broutées (%)	Nombre moyen des feuilles par faisceau (n)	Poids sec des feuilles sans épiphytes (g/faisceaux)	Epiphytes : poids sec après grattage (mg/cm ²)	Feuilles nécrosées par faisceaux (n).	Surface totale des feuilles (cm ² / faisceaux)
B1	346,6±57,7	34,9±19,9	2,1±0,7	2,4	0,1	1,7±0,9	33,2±17,3
B2	466,6±70,2	28,8±25,4	3,8±1,6	3,8	0,3	2,4±1,26	61,5±35,4
B3	306,6±31,1	27,7±23,3	3,0±0,7	1,7	0,3	2,6±1,0	30,9±4,5

3.3.9.3 Herhier de la Zone C

La prospection de l'herhier de la zone C révèlent un recouvrement très irrégulier allant de 20 à 100% selon le point d'observation (tableau) la couverture moyenne de la posidonie est forte atteignant les 85%. La présence de la cymodocés est limitée dans 2 mailles sur 30.

Tableau 50 : Cartographie du recouvrement floristiques de la zone C (0 à 9/9, 9/9 = 100%)

	5	4	3	2	1	C
Posidonies →	7	7	7	9	8	1
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Algues →	1	0	0	0	0	
Posidonies →	9	9	9	9	7	2
Cymodocés →	0	0	0	0	1	
Algues →	0	0	0	0	1	
Posidonies →	9	9	9	8	8	3
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Algues →	0	0	0	0	0	
Posidonies →	9	9	9	9	9	4
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Algues →	0	0	0	0	0	
Posidonies →	7	9	9	7	8	5
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Algues →	0	0	0	2	0	
Posidonies →	2	6	2	2	8	6
Cymodocés →	4	0	0	0	0	
Algues →	0	0	2	0	0	

Tableau 51 : recouvrement des herbiers de posidonie en % dans la zone C

5	4	3	2	1	C
77	77	77	100	88	1
100	100	100	100	77	2
100	100	100	88	88	3
100	100	100	100	100	4
77	100	100	77	88	5
22	66	22	22	88	6

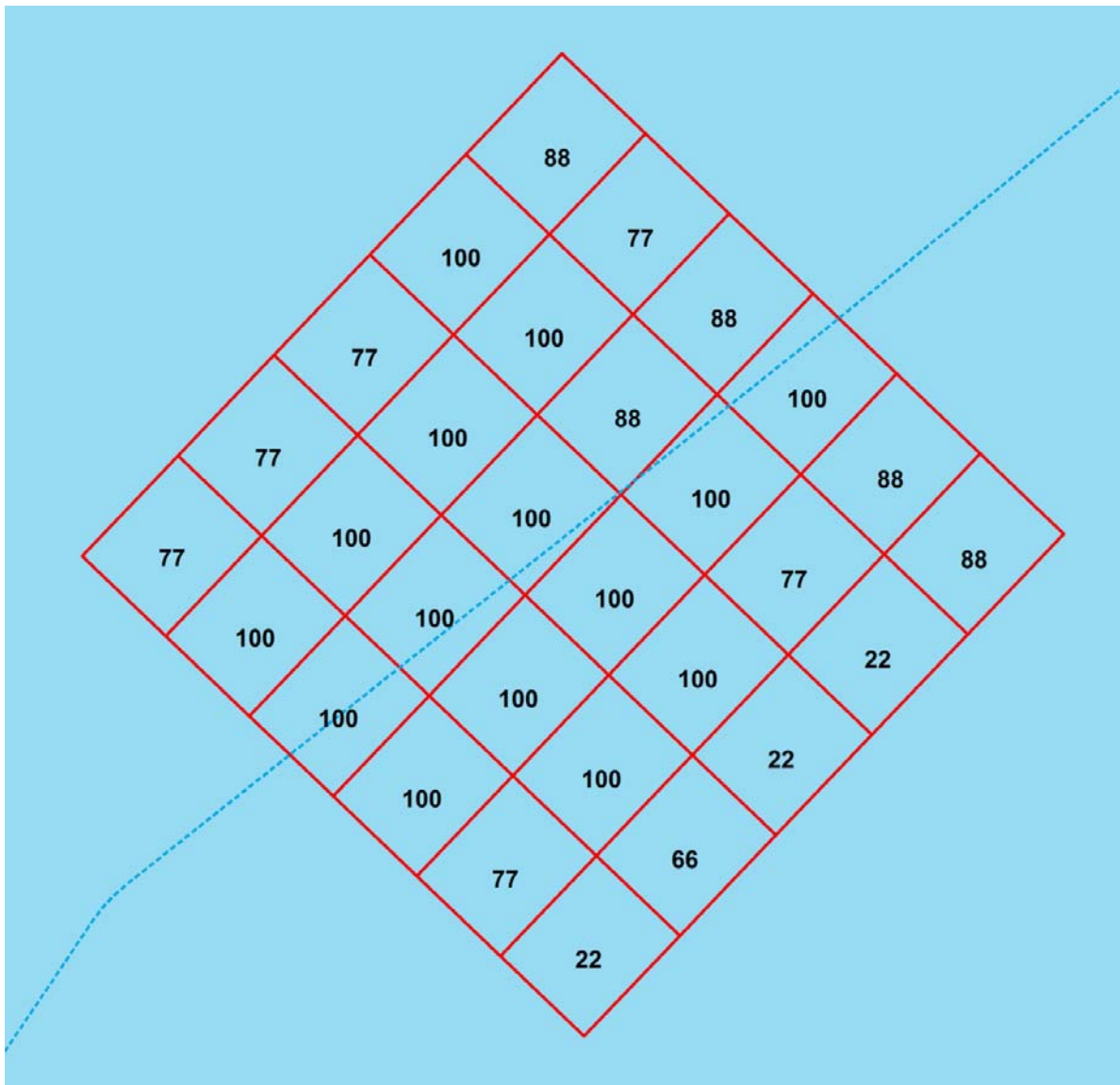


Figure 122 : Recouvrement des herbiers dans la zone C en %

La zone C est caractérisée par un herbier plaine plus ou moins dégradé,

- **La densité de l'herbier**, varie entre 840 et 873 faisceaux par m², ce qui permet de considérer les stations de la zone C comme de densité sub-normale supérieure (Pergent et al., 1995) ou très denses selon la standardisation proposé pour la cartographie et de surveillance des magnoliophytes marines en Méditerranée (CAR/ASP, 2010).
- **Le nombre moyen des feuilles** par faisceau est faible (relatif à la période automnale de chute de feuilles) variant entre 3,5 et 4.3. La longueur moyenne des feuilles adultes varie entre 12,5 cm et 64,5 cm, sachant que le nombre des feuilles abimés ou broutés est assez élevés, ce qui influencera d'autres paramètres phénologiques.
- **L'indice foliaire** par faisceau (**surface foliaire**) varie en moyenne entre 35,4±19,5cm² faisceau-1(C1) et 66,84±14,2 cm² faisceau-1 (C3) pendant la saison automnale. A travers les stations il est compris entre 12,83 et 64,6 cm² pour la station (C1), entre 10,98 et 81,14 cm² pour la station (C2) et entre 32,1 et 61,2 cm² pour la station (C3).

- **Le coefficient «A»** correspond au pourcentage des feuilles intermédiaires et adultes ayant perdu leurs apex (feuilles broutées). Ce coefficient varie entre 21,5 (C3) et 23,8 % (C2). La perte d'apex est surtout liée à la dégradation causé entres autres par le chalutage illicite (Kiss).
- **le nombre des feuilles nécrosés** est aussi élevés soit 48 à 65% des feuilles par faisceau. (Tableau)

Tableau 52: Paramètres et indices phénologiques de l'herbier au niveau des stations de la zone C.

Stations	Nombre faisceaux vivants (m ²)	Nombre moyen de feuilles broutées (%)	Nombre moyen des feuilles par faisceau (n)	Poids sec des feuilles sans épiphytes (g/faisceaux)	Epiphytes : poids sec après grattage (mg/cm ²)	Feuilles nécrosées par faisceaux (n).	Surface totale des feuilles (cm ² / faisceaux)
C1	840,0±80,0	21,8±15,5	3,5±1,1	2,6	0,2	2,3±0,9	35,4±19,5
C2	846,6±75,5	23,8±12,56	3,7±1,8	2,1	0,0	2,4±1,3	35,5±20
C3	873,3±75,5	21,5±3,5	4,3±0,9	3,5	0,8	2,1±0,8	66,84±14,2

3.3.9.4 Herhier de la Zone D

La prospection de l'herhier de la zone D révèlent un recouvrement assez homogène allant de 20 à 100% selon le point d'observation (tableau) la couverture moyenne de la posidonie est de l'ordre de 70%. la posidonie de cette zone est souvent accompagné par la macroalgue *Halimeda tuna*.

Tableau 53 : Cartographie du recouvrement floristiques de la zone D (0 à 9/9, 9/9 = 100%)

	5	4	3	2	1	D
Posidonies →	3	9	9	8	9	1
Cymodocés →	1	0	0	0	0	
Algues →	3	0	0	1	0	
Posidonies →	2	8	8	8	8	2
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Algues →	6	0	0	1	1	
Posidonies →	9	7	5	8	7	3
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Algues →	0	1	4	1	2	
Posidonies →	9	4	3	5	6	4
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Algues →	0	3	2	2	3	
Posidonies →	6	5	4	6	6	5
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Algues →	3	4	3	3	3	
Posidonies →	4	4	6	4	5	6
Cymodocés →	0	0	0	0	0	
Algues →	2	2	3	4	4	

Tableau 54 : recouvrement des herbiers de posidonie en % dans la zone D

	5	4	3	2	1	D
	33	100	100	88	100	1
	22	88	88	88	88	2
	100	77	55	88	77	3
	100	44	33	55	66	4
	66	55	44	66	66	5
	44	44	66	44	51	6

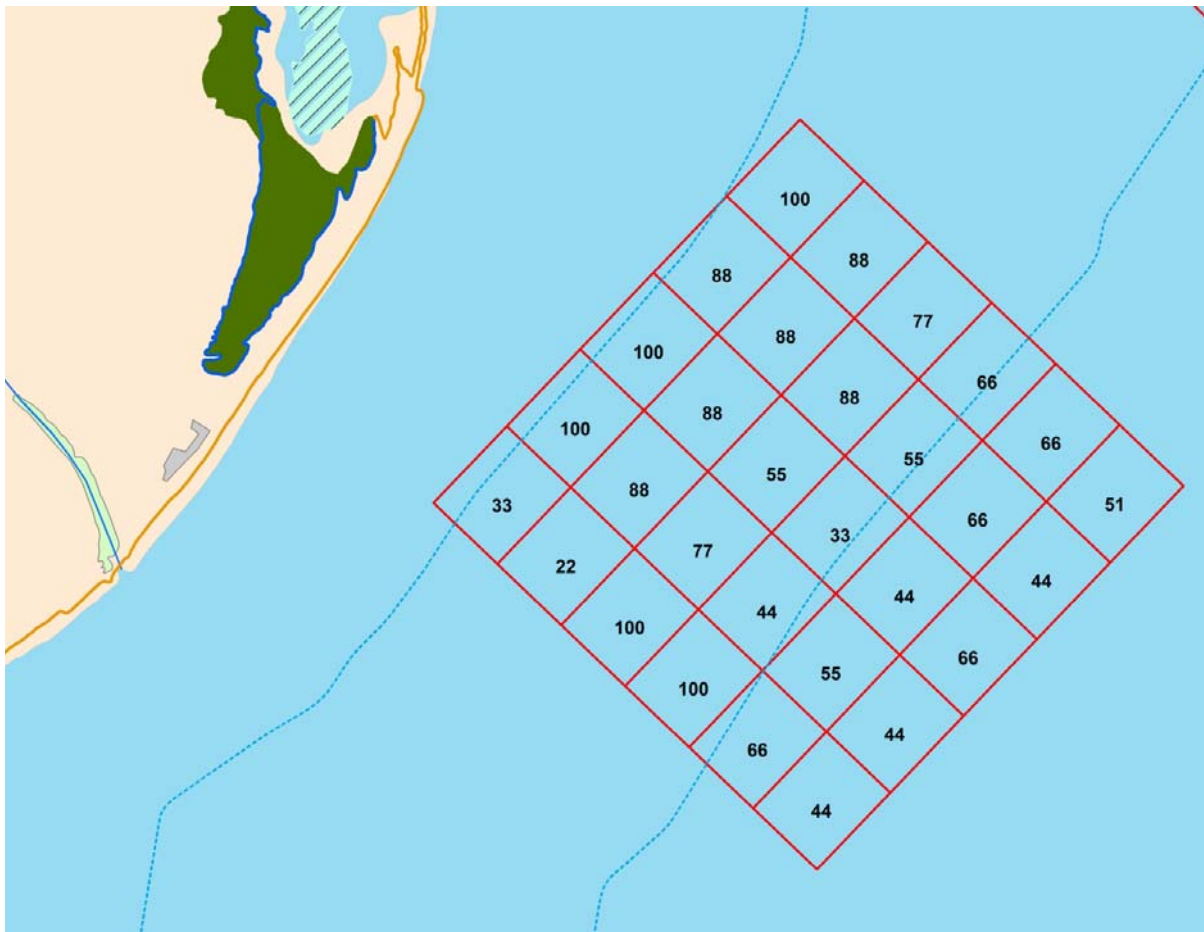


Figure 123 : Recouvrement des herbiers dans la zone D en %

La zone D est caractérisée par un herbier plaine plus ou moins dégradé.

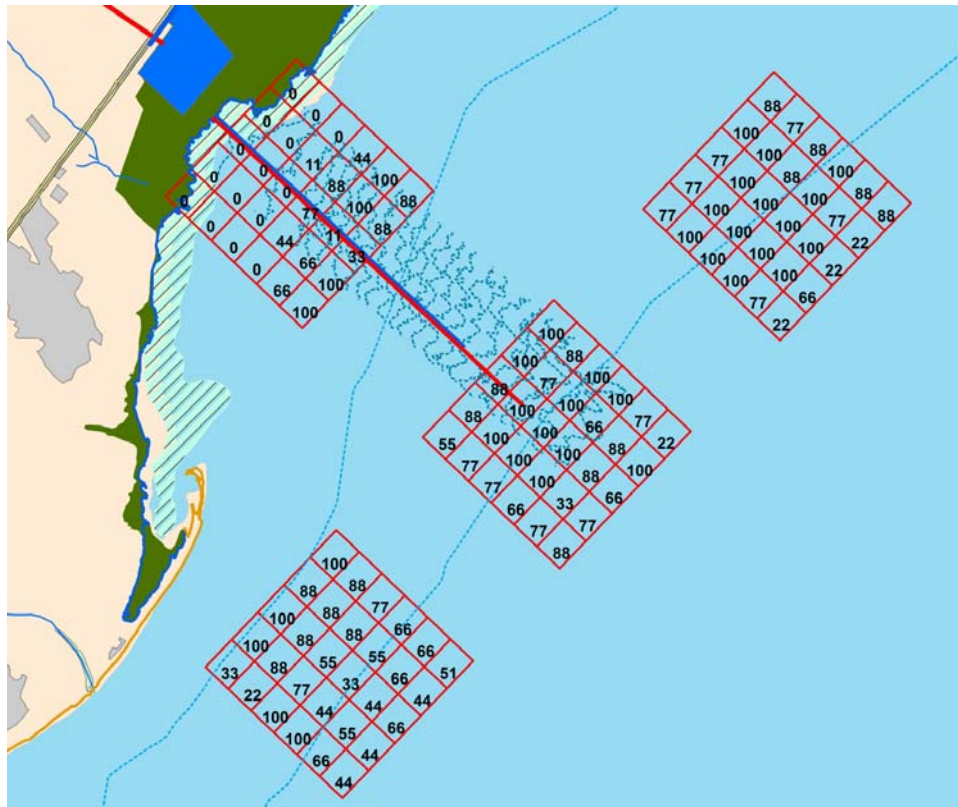
- **La densité de l'herbier**, varie entre 446 et 983 faisceaux par m², ce qui permet de considérer les stations (D1) et (D3) comme de densité Normale et la station (D2) comme sub-normale supérieure (Pergent et al., 1995) , les stations (D1) et (D3) Normale et la station (D2) Très dense selon la standardisation proposé pour la cartographie et de surveillance des magnoliophytes marines en Méditerranée (CAR/ASP, 2010).
- **Le nombre moyen des feuilles** par faisceau est faible (relatif à la période automnale de chute de feuilles) variant entre 2,9 et 4,0 . La longueur moyenne des feuilles adultes varie entre 5,8 cm et 56,5 cm, sachant que le nombre des feuilles abimés ou broutés est assez élevés, ce qui influencera d'autres paramètres phenologiques.
- **L'indice foliaire** par faisceau (**surface foliaire**) varie en moyenne entre 32,8±16,9cm² faisceau-1(D2) et 58,0±27,9cm² faisceau-1 (D1) pendant la saison automnale. A travers les stations il est compris entre 6,8 et 93,87 cm² pour la station (D1), entre 41,0 et 71,01 cm² pour la station (D2), et entre 36,38 et 81,27 cm² pour la station (D3).
- **Le coefficient «A»** correspond au pourcentage des feuilles intermédiaires et adultes ayant perdu leurs apex (feuilles broutées). Ce coefficient varie entre 35,8 (D2) et 43,1%

(D1). La perte d'apex est surtout liée à la dégradation causé entres autres par le chalutage illicite (Kiss).

- **Le nombre des feuilles nécrosés** est aussi élevés soit 45 à 86% des feuilles par faisceau. (Tableau)

Tableau 55: Paramètres et indices phénologiques de l'herbier au niveau des stations de la zone D.

FAISCEAUX	Nombre faisceaux vivants (n)	Nombre moyen de feuilles broutées (n)	Nombre moyen des feuilles par faisceau (n)	Poids sec des feuilles sans épiphytes (g/faisceaux)	Epiphytes : poids sec après grattage (mg/cm ²)	Feuilles nécrosées par faisceaux (n).	Surface totale des feuilles (cm ² / faisceaux)
D1	460,0±40,0	43,1±19,4	3,2±0,6	2,6	0,2	2,5±0,8	58,0±27,9
D2	893,3±48,8	35,8±17,15	4,0±0,4	2,0	0,1	1,8±0,4	32,8±16,9
D3	446,6±71,1	36,5±21,9	2,9±1,3	3,3	0,1	2,5±1,1	57,4±15,3



Chiffres en %

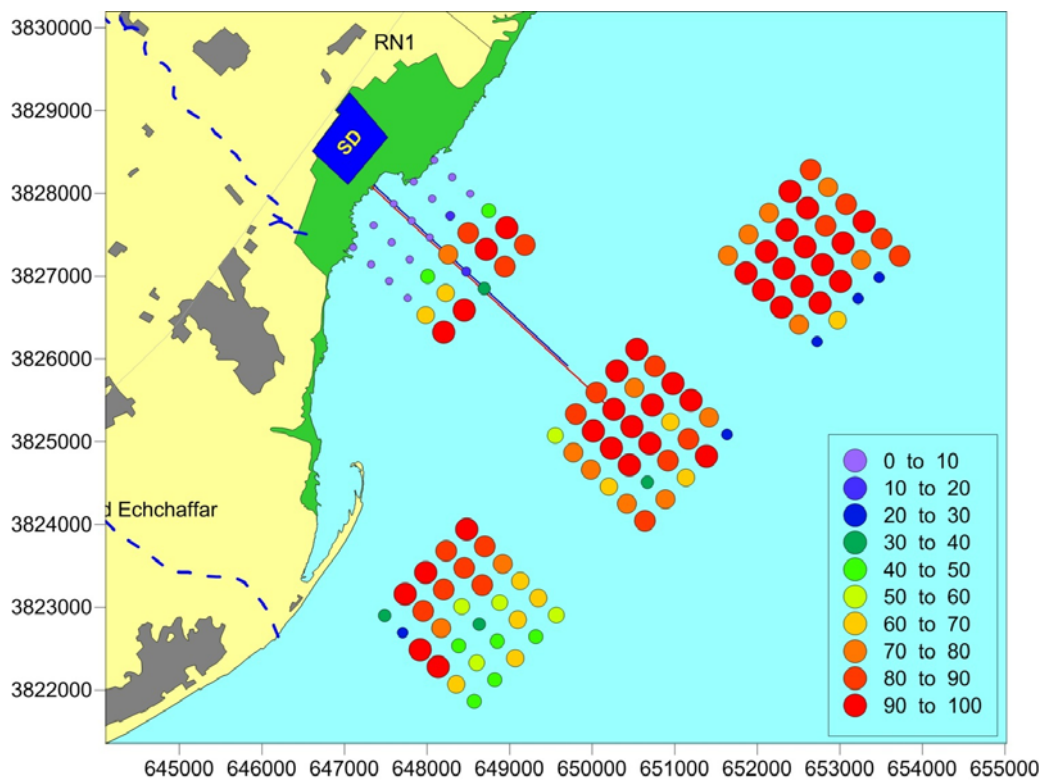


Figure 124 : Recouvrement des herbiers en % dans toute la zone d'étude

3.3.10 Etude de la méiofaune

La méiofaune de la zone est composée essentiellement de 4 groupes faunistiques :

- les nématodes,
- les copépodes harpacticoïdes,
- les annélides (polychètes et oligochètes) et ;
- les foraminifères.

D'autres groupes sont aussi signalés sporadiquement dont les turbellariés, les échinodermes, les mollusques scaphopodes, des formes larvaires sont aussi présentes dont les nauplii.

3.3.10.1 Densité et diversité du méiobenthos de la Zone A

Dans la zone A (tableau ci-dessous), le méiobenthos est dominé par les nématodes avec des densités assez élevées soit un maximum de **288 ind/10cm²**.

Viennent en second lieu les copépodes harpacticoïdes et les annélides ou les densités ne dépassent pas les **75 ind/10cm²**, en dernier les foraminifères marquent des densités inférieures à **38 ind/10cm²**.

La biomasse du méiobenthos dans la zone A est de l'ordre **520 µg/10cm²**.

3.3.10.2 Densité et diversité du méiobenthos de la Zone B

Dans la zone B (tableau ci-dessous), le méiobenthos reste dominé par les nématodes mais les densités sont moyennes ne dépassant pas le **100 ind/10cm²**.

Les copépodes harpacticoïdes, les annélides et les foraminifères présentent des densités comparables assez faibles inférieures à 10 ind/10cm², il en est de même pour le groupe des divers.

La biomasse du méiobenthos dans la zone B est de l'ordre **180 µg/10cm²**.

3.3.10.3 Densité et diversité du méiobenthos de la Zone C

Dans la zone C (tableau ci-dessous), le méiobenthos est le plus dense, aussi bien pour les nématodes que les copépodes harpacticoïdes et les annélides sont toujours supérieures à 100 ind/10cm² soit des maxima respectifs de 322, 260 et 262 ind/10cm².

Les foraminifères et les autres groupes marquent des densités moyennes de 10 à 100 ind/10cm².

La biomasse du méiobenthos dans la zone C est de l'ordre **640 µg/10cm²**.

3.3.10.4 Densité et diversité du méiobenthos de la Zone D

Dans la zone D (tableau ci-dessous), le méiobenthos est moyennement denses pour les 3 premiers groupes : nématodes, copépodes harpacticoïdes et annélides avec des densités moyennent entre 10 et **100ind/10cm²**.

Les foraminifères et les autres groupe marquent des densités plutôt faibles soit entre 1 et 10ind/10cm².

La biomasse du méiobenthos dans la zone C est de l'ordre **238µg/10cm²**.

Tableau 56: Inventaire et densité du méiobenthos dans la zone A
(+:1-10 ind/cm², ++: 10-100 ind/cm² +++: 100-1000ind/10cm²)

Groupes		<i>Nématodes</i>	<i>Copépodes</i>	<i>Annélides</i>	<i>Foraminifères</i>	<i>Autres</i>
Zones	Stations					
Zone A	A1	+++	++	++	+	+
	A2	+++	++	++	++	+
	A3	+++	+	++	+	+
Zone B	B1	++	+	+	+	+
	B2	++	+	+	+	+
	B3	++	+	+	+	+
Zone C	C1	+++	+++	+++	++	++
	C2	+++	+++	+++	++	++
	C3	+++	+++	+++	++	++
Zone D	D1	++	+	++	+	+
	D2	++	++	++	+	+
	D3	+	++	+	+	+

3.3.11 Etude du necton

Le necton observable dans la zone du projet est composée essentiellement de poissons et à moindre importance des céphalopodes (seiches et poulpes). L'ichtyofaune et les mollusques céphalopodes de cette zone restent typique de la zone côtière du golfe de Gabès avec une dominance des poissons des herbiers dont les sparidés et des seiches.

3.3.11.1 Inventaire des espèces

A travers notre enquête auprès des pêcheurs d'une part et les pêche test d'autres part ou nous avons utilisé deux types d'engins (figures ci-dessous):

- les filets droit (Hrira) et ;
- le chalut drague.

21 espèces de poissons et 2 céphalopodes sont répertoriés à travers les 4 zones de prospection.



Figure 125 : Engins de pêche test utilisés lors de la campagne de prospection

Les captures successives, pratiquées révèlent que cette faune est plus dense au niveau des herbiers (posidonies, cymodocés et halophylla) que dans les zones dénudées, d'où l'effet négatifs des engins de pêche qui prélèvent en même temps des quantités importante de ces macrophytes.



Figure 126 : Diversité de la faune vagile de la zone

Tableau 57: Inventaire et diversité de la faune vagile au niveau des zones de prospections

(+ : espèces présentes dans la zone)

Familles	espèces	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D
Atherinidés	<i>Atherina boyeri</i>	+		+	
Gobidés	<i>Gobuis niger</i>	+	+	+	+
	<i>Zosterisessor ophiocephalus</i>	+			
Blennidés	<i>Blennius pavo</i>	+			
	<i>Blennius ocellatus</i>		+	+	+
Mugilidés	<i>Liza ramada</i>		+	+	+
	<i>Liza saliens</i>	+	+	+	+
	<i>Mugilcephalus</i>		+	+	+
Labridés	<i>Labrus viridis</i>	+	+	+	+
	<i>Symphodus mediterraneus</i>		+		+
Serranidés	<i>Serranus scriba</i>		+	+	+
	<i>Serranus cabrilla</i>			+	+
Sparidés	<i>Diplodus vulgaris</i>	+	+	+	+
	<i>Diplodus annularis</i>	+	+	+	+
	<i>Sparus auratus</i>		+		+
	<i>Lithognathus mormyrus</i>		+		
	<i>Sarpa salpa</i>	+	+	+	+
	<i>Oblada melanura</i>			+	
Mullidés	<i>Mullus surmuletus</i>		+	+	+
Scorpaenidés	<i>Scorpaena notata</i>		+		+
	<i>Scorpaena porcus</i>		+		+
Spiidés	<i>Sepia officinalis</i>	+	+	+	+
Octopidés	<i>Octopus vulgaris</i>	+	+	+	+

3.3.11.2 Espèces pêchées

- **Espèces communes** : Parmi les 23 espèces inventoriés (21 poissons et 2 céphalopodes), 12 espèces sont considérés assez communes de par leurs apparitions dans les captures.
- **La Saupe** : La Saupe, *Sarpa salpa* est un poisson grégaire qui vit près des fonds sableux ou sablo-vaseux couverts d'algues et d'herbiers, la saupe est très ciblée par la pêche par les filets trémails et maillants.
- **Le Sparaillon** : Le sparaillon, *Diplodus annularis* se concentre dans les herbiers ou il se nourrit de petits invertébrés, la pêche du sparaillon aux filets droits est presque continue dans la zone.
- **Les Labridés** : Les labridés, *Labrus viridis* et *Symphodus mediterraneus* sont inféodés au herbier ou ils se nourrissent d'invertébrés benthiques, , ils font l'objet d'une pêche artisanale commune aux filets droits et nasses.
- **Les Rascasses** : Les rascasses, *Scorpaena porcus* et *Scorpaena notatase* réfugient dans les herbiers de posidonie elles sont communes dans les captures de la pêche côtière dans la zone d'étude.
- **Le Rouget** : le rouget, *Mullus surmuletus* est une espèce littorale de haute valeur commerciale, très ciblée par la pêche côtière, elle est principalement capturée par les filets trémails et maillants.
- **le Serran** : Les serrans, *Serranus scriba* et *Serranus cabrilla* sont communs des herbiers de posidonie de la zone d'étude, il s'agit d'espèces apprécié par les consommateurs locaux, pêchés par les filets et les nasses.
- **le Marbré** : Le marbré *Lithognathus mormyrus* représente espèce de grande valeur commerciale commune de la zone et ciblée par les pêcheurs aux filets droits.
- **la Daurade** : La daurade *Sparus aurata* est une espèce relativement commune dans la zone d'étude, elle est principalement capturée par les filets maillants et les trémails.
- **La seiche** : La seiche, *Sepia officinalis* est aussi inféodée aux zone à herbier elle est surtout ciblé au printemps par les filets trémails.



Figure 127 : espèces communes dans les captures

4. LE CONTEXTE SOCIAL

4.1 Données démographiques de la zone

La zone d'influence du projet peut toucher les populations des trois délégations d'Agareb, de Thyna et de Mahres. Dans ce suit, nous présentons les résultats des recensements de la population de 2014 des trois délégations touchées par les composantes du projet.

4.1.1 Délégation Agareb

D'après le dernier recensement de 2014, la population de la délégation Agareb compte 40 943 habitants répartis sur huit secteurs. La densité de la population est d'environ **56 habitants/Km²**. Les deux populations masculine et féminine, sont équilibrées à l'échelle de la délégation d'Agareb. Elles sont respectivement de l'ordre de 50,50% et 49,50%.

Tableau 58 : La population de la délégation Agareb en 2014

Secteur	Logement	Ménages	Population		
			Masculin	Féminin	Total
Agareb	4352	3748	7839	7590	15429
Gargour	1918	1689	3718	3698	7416
Bouledhieb	901	773	1745	1673	3418
El Mahrouka	1097	870	1659	1669	3328
Ettorba	1202	1064	2253	2310	4563
Ben Sahloun	827	674	1517	1495	3012
Zeliana	394	309	663	649	1312
Es-Soghar	741	616	1279	1186	2465
Total délégation	11 432	9 743	20 673	20 270	40 943

(Source, INS 2014)

Le secteur le plus concerné par le projet est celui de Gargour à travers lequel passe les lignes électriques.

La délégation est dominée par l'habitat rural (71,88 %) alors que 28,12 % de cette population vit en milieu urbain.

Parmi les huit secteurs de la délégation d'Agareb, un seul secteur est entièrement urbain (Agareb) et le reste est entièrement rural.

Tableau 59 : Répartition de la population Agareb par milieu en 2014

Secteur	Population		
	Communale	Non communale	Total
Agareb	11513	3916	15429
Gargour	0	7416	7416
Bouledhieb	0	3418	3418
El Mahrouka	0	3328	3328
Ettorba	0	4563	4563
Ben Sahloun	0	3012	3012
Zeliana	0	1312	1312
Es-Soghar	0	2465	2465
Total délégation	11 513	29 430	40 943

(Source, INS 2014)

4.1.2 Délégation Mahres

D'après les recensements de l'Institut National de Statistique (INS) en 2014, la délégation de Mahres a une population de 34 257 habitants, qui est répartie entre six secteurs. La densité de la population est d'environ **81,37 habitants/ Km²**. Les deux populations masculine et féminine, sont équilibrées à l'échelle de la délégation de Mahres. Elles sont respectivement de l'ordre de 49,00% et 51,00%.

Tableau 60 : La population de la délégation Mahres en 2014

Secteur	Logement	Ménages	Population		
			Masculin	Féminin	Total
Mahrès	4298	2310	4451	4541	8992
Mahres Sud	3656	2486	4553	4884	9437
Chaffar	1978	1611	3630	3707	7337
Sidi Ghrib	1065	881	1894	2105	3999
Aïthet Chelaïa	621	555	1273	1236	2509
Es-Smara	572	468	988	995	1983
Total délégation	12 190	8 311	16 789	17 468	34 257

(Source, INS 2014)

Le secteur le plus concerné par le projet est celui de Chaffar (Agglomération de Nakta et Mourij).

Le taux d'urbanisation dans la délégation de Mahres est d'environ 46,35%, soit une population communale totale de l'ordre de 15 878 habitants, alors que 53,65 % de cette

population vit en milieu urbain, soit une population non communale totale de l'ordre de 18 379 habitants.

Tableau 61 : Répartition de la population de Mahres par milieu en 2014

Secteur	Population		
	Communale	Non communale	Total
Mahrès	7621	1371	8992
Mahres Sud	8257	1180	9437
Chaffar	0	7337	7337
Sidi Ghrib	0	3999	3999
Aïthet Chelaia	0	2509	2509
Es-Smara	0	1983	1983
Total délégation	15 878	18 379	34 257

(Source, INS 2014)

4.1.3 Délégation Thyna

D'après le dernier recensement de 2014, la délégation de Thyna compte 62 997 habitants répartis entre trois secteurs. La densité de la population est d'environ **656 habitants/ Km²**. Les deux populations masculine et féminine, sont équilibrées à l'échelle de la délégation de Sfax Sud. Elles sont respectivement de l'ordre de 50,83% et 49,17%.

Tableau 62 : La population de la délégation Thyna en 2014

Secteur	Logement	Ménages	Population		
			Masculin	Féminin	Total
Thyna	7227	6172	12347	11766	24113
Sidi Abid	5508	4794	9785	9644	19429
El Hajeb	5260	4611	9887	9568	19455
Total délégation	17 995	15 577	32 019	30 978	62 997

(Source, INS 2014)

Les secteurs les plus concernés par le projet sont ceux de Thyna et d'El Hajeb à travers lesquels passe la ligne électrique.

Le taux d'urbanisation dans la délégation de Thyna est d'environ 53,05%, soit une population communale totale de l'ordre de 33 419 habitants.

Parmi les trois secteurs de la délégation de Thyna, deux sont entièrement urbains (Thyna et Sidi Abid) et le troisième secteur est entièrement rural (El Hajeb).

Tableau 63 : Répartition de la population de la délégation Thyna par milieu en 2014

Secteur	Population		
	Communale	Non communale	Total
Thyna	24075	38	24113
Sidi Abid	9344	10085	19429
El Hajeb	0	19455	19455
Total délégation	33 419	29 578	62 997

(Source, INS 2014)

4.2 Données sur l'agriculture

4.2.1 Données à l'échelle de la région

Bien que le secteur industriel soit bien développé à Thyna, l'activité agricole constitue le secteur dominant dans l'ensemble de la zone d'étude. Nous présentons ainsi, dans ce qui suit, les données agricoles des trois délégations de la zone du projet.

La quasi totalité des terres dans la zone du projet sont agricoles. En 2011, les terres exploitées dans les trois délégations s'étendent sur **97 307 ha**, soit d'environ 20,75% de l'ensemble du gouvernorat de Sfax. Ces terres sont en majorité exploitées en arboricultures (90 040 ha soit d'environ 92,53%). Le reste est réparti entre les maraîchages (3,1%), les fourrages (1,62%) et les céréalicultures (2,75%).

Tableau 64 : Répartition des terres exploitées dans les trois délégations en 2014 (ha)

Délégation	Arboricultures	Maraîchages	Fourrages	Céréalicultures	Total
Agareb	48750	444	40	1900	51 134
Mahres	38 280	1970	498	340	41 088
Thyna	3 010	600	1 035	440	5085
Total délégation	90 040	3 014	1 573	2 680	97 307

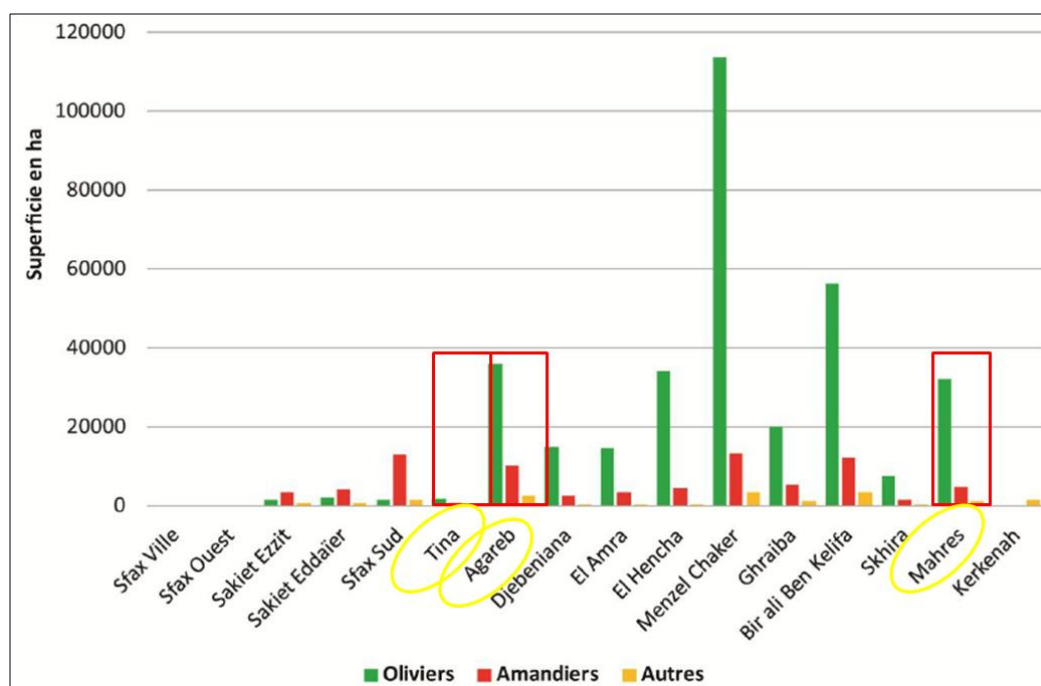
(Source, CRDA 2011)

Les périmètres irrigués dans la zone du projet ont été estimés à environ **3 272 ha**.

Tableau 65 : Répartition des périmètres irrigués dans les trois délégations en 2014 (ha)

Délégation	Superficies irriguées		
	Public	Privé	Total
Agareb	271	450	721
Mahres	0	1650	1650
Thyna	301	600	901
Total délégations	572	2700	3272

(Source, CRDA 2011)



(Source, CRDA 2011)

Figure 128 : Répartition de l'arboriculture par délégation en 2011 (ha)

4.2.2 Données spécifiques pour l'emprise des lignes électriques

Tout au long de son itinéraire, l'emprise des lignes d'alimentation traverse en majorité des terrains agricoles. Cette emprise, d'un linéaire de 15 Km et d'une largeur de 40m (20m de part et d'autres des lignes électriques), comporte environ **890 arbres d'oliviers** et **225 arbres d'amandiers**.

Le tableau suivant présente l'occupation des sols de cette emprise par délégation.

Tableau 66 : Occupation des sols au niveau d'une emprise de 40m le long des lignes électriques

Délégation	Oliviers	Amandiers	Total
Agareb	400	140	540
Mahres	125	35	160
Thyna	365	50	415
Total délégation	890	225	1 115

4.3 Données sur la pêche

4.3.1 Les infrastructures de pêches

Le gouvernorat de Sfax comporte un port de commerce à Sfax, 10 ports de ports de pêche et plusieurs sites d'embarquement pour des petites barques non motorisées. Le port de pêche le plus proche du site de la station de dessalement est celui de Mahrès. C'est un port îlot situé en face de la ville de Mahrès ; il a été construit entre 1981 et en 1987. Il comporte les infrastructures suivantes:

- Une jetée d'accès de 680 ml ;
- Un bassin de 5 ha dragué à -1,5 m hydro ;
- Un terre-plein de 0,7 ha, comportant les superstructures et les équipements ;
- Une marché de gros de 160 m² ;
- Un hall de rammenage de 320m² ;
- 3 Locaux administratifs sur 192m² ;
- 40 Locaux des pêcheurs sur 282m² ;
- 5 Locaux à usages sociaux et publics couvrants 121m².

Le port de pêche de Mahrès abrite en moyenne 263 unités actives réparties entre 80 barques côtières motorisées et 170 barques côtières non motorisées.



Figure 129 : Les ports de pêche du gouvernorat de Sfax

Les sites d'embarquement de la frange littorale située entre la limite sud de la digue Sfax et la flèche de Chaffar ont été prospectés dans le cadre de cette étude. Cinq sites ont été identifiés sur cette frange littorale (figure ci-dessous). Ces sites ne sont pas équipés par des structures solides sur la côte, toutes les barques accostent directement sur l'estran.

En effet, cette zone est classée par les autorités de pêche en tant que zone de collecte de coquillage sous la nomination "S2" ayant les caractéristiques suivantes :

- **Limite nord** : Sfax sud X= 652 259, Y= 3 833 636 (UTM WGS84) ;
- **Limite sud** : Nakta, X= 647 010, Y=3 827 389 (UTM WGS84) ;
- **Longueur** : 8 Km



Figure 130 : localisation des sites d'embarquement de la frange littorale Sfax Sud - Chaffar

Du Sud vers le nord, on distingue :

- **Le site de Nakta** ($X= 646\ 838$, $Y=3\ 827\ 385$) : Il s'agit du site le plus proche de la station de dessalement. C'est un point de rassemblement des barques de l'agglomération de Nakta. Il été remarqué la présence d'un canal creusé le long de la conduite à Gaz de British Gaz pour faciliter l'accès des bateaux vers la côte. Ce site abrite en moyenne 15 à 20 barques non motorisées destinées pour la pêche côtière dans la zone ;
- **Le site de Gargour** ($X=648\ 741$, $Y=3\ 829\ 750$) : C'est un site de rassemblement de quelques barques de Gargour (5 à 10 barques). Une ancienne construction se trouve dans cette zone et elle exploitée comme zone de rassemblement des collecteurs de la palourde.
- **Le site Dar Zekri** ($X=649\ 923$, $Y=3\ 831\ 803$) : C'est un site de rassemblement de quelques barques (10 à 15 barques) appartenant à la région de Gargour.
- **Le site Bayadha Km15** ($X=650\ 693$, $Y=3\ 833\ 345$) : C'est un site de rassemblement de quelques barques (10 à 15 barques) appartenant à la région de Gargour. Ce site représente aussi le lieu de rassemblement des commerçants de la palourde.
- **Le site de Sfax Sud Km15** ($X=652\ 121$, $Y=3\ 833\ 864$) : Ce site est rattaché au port de pêche de Sfax et il abrite 15 à 20 barques de pêche côtières. Il est collé directement à la digue de protection des salines de Sfax sud.

4.3.2 Les types de pêches pratiquées

La zone est connue par la pratique, d'une part, de la pêche littorale par biais de petites barques non motorisées et, d'autre part, de la pêche à pied qui caractérise la marque de la pêche de la zone du projet.

C'est l'une des zones où l'on pratique la pêche côtière avec des moyens modestes. L'étendue importante de l'estran (100 à 400m) offre la souplesse à la population locale d'utiliser des moyens simples de pêche telles que :

- Les petites barques non motorisées avec des rames ou des voiles ;
- La pêche directe à pied utilisant les éperviers ;
- La pêche directe à pied utilisant des pièges à filets fixes ;
- La pêche à pied de la palourde.

Pour ce qui concerne la **pêche côtière**, elle est pratiquée par des moyens modestes : des barques non motorisées ne dépassant pas une longueur de 8 à 9 m et des engins classiques utilisation les filets droits, des filets passifs, des éperviers, etc... Les principales espèces pêchées dans la zone sont la crevette, Marbré, Petit Pagre, Rouget blanc, Rouget rouge, seiche, sole, Spars, etc

Pour ce qui concerne la **pêche à pied**, il s'agit d'une technique artisanale qui se pratique dans les zones où le marnage est important. Il s'agit en particulier de la pêche à pied de la clovisse. Cette pratique est faite essentiellement par des femmes. L'engin de collecte utilisé est le faucillon appelé localement El Menjel. Après avoir repéré la clovisse par les deux trous causés par ses deux siphons la collectrice enfonce le faucillon et éjecte l'animal. Cette pratique se fait dans la zone estran et pendant la période de basse marée.



Figure 131 : pêche à pied

C'est une pêche ancestrale qui permet, grâce à des moyens rudimentaires (faucillons) mais efficaces de collecter les clovisse. Elle permet d'employer, durant la saison réglementaire de pêche (**1er octobre au 15 mai de chaque année**), une forte main d'œuvre à majorité de femmes.



Figure 132 : Zone de l'estran en phase de basse marée basse - pêche à pied des palourdes

A l'échelle du golfe du Gabès le gouvernorat de Sfax occupe une place importante du point de vue production globale de la palourde (figure suivante)

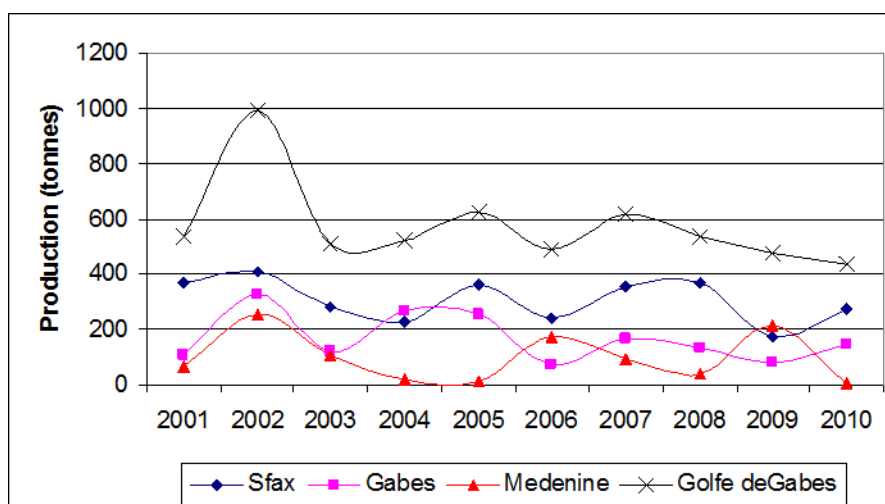


Figure 133 : Évolution de la production en poids de la pêche à la palourde dans l'ensemble du golfe de Gabès

4.3.3 Situation sociale de la population maritime

Selon une enquête sociale réalisée par le Ministère de l'Environnement en 2012 sur l'ensemble du golfe de Gabès la situation, sociale de la population maritime apparait comme suit:

La pêche littorale : Le taux de couverture sociale de la population maritime de pêche est de 50%. Les patrons côtiers sont à 86% mariés. En termes d'âge moyen il y a un équilibre d'âge entre les marins et les mécaniciens alors que les patrons de pêche sont plus âgés de 11 ans.

Tous les pêcheurs côtiers sont rémunérés à la part. Cette dernière varie selon le poste de travail, elle est :

- d'une part pour les marins ;
- 1,8 parts pour les mécaniciens et ;
- 2,8 parts pour les patrons de pêche.

Tableau 67 : Population maritime de la pêche côtière

Poste	Age moyen	Part moyenne	Pêche activité principale
Marin	33	1,0	85%
Mécanicien	33	1,8	100%
Patron	44,0	2,8	100%
Total général	36,5	1,7	91%

La pêche à pied : La population est à majorité féminine (84%). Les femmes sont en moyenne plus jeunes que les hommes. En plus, la pêche à pied ne constitue pas une activité de base pour la plupart des femmes qui exercent ce métier. La part du temps consacrée à la collecte de la palourde est égale à 47% et 54% du temps annuel d'activité respectivement pour les femmes et les hommes. Le pourcentage des mariés est de 67% alors que les célibataires constituent 33% dont la plupart sont de sexe féminin. Le taux de couverture sociale des pêcheurs à pied est le plus faible de tous les types de pêche présents dans le golfe de Gabès (5%).

Les individus instruits représentent 50% de la population de pêche à pied. Il s'agit du faible taux d'instruction parmi tous les types de pêche existants dans le golfe de Gabès. Parmi les personnes instruites, 88% ont un niveau primaire et 12% ont un niveau secondaire.

4.4 Enquête sociale

Dans le cadre de ce projet, une série des consultations publiques et des réunions avec des acteurs locaux ont été réalisées afin d'informer et de sensibiliser le public de l'importance du projet et des impacts potentiels correspondant.

Les consultations ont concerné notamment :

- Les responsables locaux afin de nous faciliter le contact avec le public concerné ;
- Le public de la population locale maritime et celle concernée par le passage des lignes électriques.

4.4.1 Enquêtes réalisées

Des consultations avec le public et des réunions avec les acteurs locaux ont été réalisées en Janvier 2016. Elles ont concerné :

- La population maritime de Nakta et Gargour ;
- La population agricole de Gargour et Mourij ;
- Les délégations et les omdas de Mahres, Gargours et Thyna.

Les consultations se sont déroulées de la même manière et elles ont traité les aspects suivants :

- Une présentation du projet de la station de dessalement ;
- Echanges/questions et réponses ;
- Etablissement de fiches d'enquêtes.

4.4.2 Enquêtes avec la population maritime

1. Consultation du public de Nakta

Lieu : Collège Nakta

Date : Janvier 2016

Objet : Consultations avec les populations concernées (pêcheurs et collecteurs des clovisses) du projet de la station de dessalement Sfax sud.

Enquêteurs BE :

- M. Rafik Ben Charrada IHE
- M. Saber Amira IHE
- M. Soufien Hedhli IHE

Acteur local :

- M. Mohamed Adelet Omda de Nakta

Population Maritime : (liste en annexe)

Participants : plus de **110** dont **83 femmes** +**25 hommes**

Présentation du projet

Le représentant du bureau d'études a fait une présentation des composantes du projet telles que :

- La station de dessalement
- Les conduites marines
- Les conduites d'adduction
- Les lignes électriques

Le BE a exposé aussi les avantages du projet sur l'ensemble du gouvernorat de Sfax et en particulier la zone du Nakta où elle sera installée la nouvelle station de dessalement :

- La création d'une nouvelle ressource non conventionnelle d'eau potable ;
- Une alimentation en AEP à long terme et sans coupure ;
- Une préservation des ressources en eau phréatiques et profondes ;
- Un bénéfice de la population de Nakta pour le recrutement du personnel permanent de l'exploitation de la station de dessalement ;
- La réalisation des nouvelles infrastructures pour la station de dessalement qui vont faciliter l'accès vers l'estran pour les femmes collectrices.

Il a exposé également les impacts potentiels générés durant les travaux et l'exploitation de la station de dessalement tels que :

- Une perturbation de la pêche à pied durant les travaux de pose des conduites avec la colonisation d'une partie de l'estran;
- Une réduction des aires de pêche côtière durant les travaux de pose des conduites avec interdiction de rapprochement pour la sécurité des pêcheurs.

Questions et interventions des citoyens

Les citoyens présents ont été invités à poser des questions et à exprimer leurs opinions concernant le projet.

Plusieurs membres ont exprimé leur avis vis-à-vis du projet. Les principales interventions et questions soulevées ont été focalisées autour des points suivants :

- L'importance de la zone de l'estran de Nakta qui représente le lieu principal de leur activité ;
- La nécessité de l'indemnisation de toute la population maritime durant toute la période des travaux du projet ;
- La nécessité de bénéficier la population locale pour tous les emplois créés aussi bien durant les travaux que durant l'exploitation ;
- L'amélioration de la situation du métier de pêche dans la zone ;
- La nécessité de la desserte des agglomérations locales (Nakta, Mahres, etc...) à partir des eaux osmosées de la nouvelle station de dessalement.

Remplissage des fiches d'enquêtes publiques

Des fiches d'enquêtes ont été préparées au préalable et elles ont été remplies suivant un questionnaire qui a comporté les éléments suivants :

- *Le pêcheur/Collecteur* : Non, prénom, âge, lieu de résidence, état civil, rôle, expérience, temps consacré pêche, sécurité sociale ;
- *Exploitation générale* : Engin de collecte, caractéristiques de l'équipage, les espèces capturées, la saison et les zones d'utilisation, le nombre de sortie par mois, coûts de production, etc. ;
- *Interaction avec le projet* : Impacts probables du projet sur la zone de l'estran, la zone de captage rejet et l'avis des pêcheurs sur le projet.

Selon les deux modèles d'enquêtes présentées en annexes, les participants ont rempli les fiches par les informations nécessaires avec l'assistance de l'équipe du bureau d'étude.

- Nombres des enquêtes de pêche côtière : 25
- Nombres des enquêtes de pêche à pied : 24

Conclusions

La consultation publique avec la population maritime de Nakta nous a permis de conclure que :

- Pour le pêche à pied, il ya environ 83 femmes qui pratiquent cette activité ;
- Pour le pêche côtière, il y a environ 25 hommes qui pratiquent cette activité ;
- Une importance primordiale de la zone du projet pour la population maritime ;
- Une demande d'indemnité durant les travaux de construction de la station de dessalement;
- Une nécessité de création des offres d'emploi pour la population locale de Nakta.



Figure 134 : Photos de la séance de la consultation du publique avec la population maritime de Nakta sur le projet de la station de dessalement

2. Réunion avec le délégué de Mahres

Lieu : Délégation de Mahres

Date : Janvier 2016

Objet : Consultation publique du projet de réalisation de la station de dessalement Sfax

Participants BE :

- M. Rafik Ben Charrada IHE
- M. Saber Amira IHE
- M. Soufien Hedhli IHE

Acteurs locaux :

- M. Dhia Eddine Achour Délégué de Mahres
- M. Mohamed Adelet Omda de Nakta
- M. Mohamed Trabelsi ONG

Présentation du projet

La réunion a été ouverte par Monsieur le délégué qui a commencé par souhaiter la bienvenue aux membres invités, puis il a cédé la parole au représentant du bureau d'étude pour présenter l'importance du projet de la station de dessalement sur le gouvernorat de Sfax et les impacts potentiels générés par ce projet sur la zone.

Le représentant du bureau d'étude a fait une présentation des composantes du projet telles que :

- La station de dessalement
- Les conduites marines
- Les conduites d'adduction
- Les lignes électriques

Le BE a exposé aussi les avantages du projet sur l'ensemble du gouvernorat de Sfax et en particulier la zone du Mahres.

Pour remédier aux impacts négatifs du projet (durant les travaux et l'exploitation), il a été proposé :

- D'indemniser les collecteurs de la palourde et des pêcheurs locaux de Nakta durant la période des travaux ;
- Voir la possibilité d'aménager un site d'embarquement à Nakta qui permet de mieux organiser le métier de pêche ;
- Voir la possibilité d'aménager la piste d'accès vers la mer en une route goudronnée.

3. *Entretien avec des représentants de Gargour*

Lieu : Bureau de l'omda de Gargour

Date : Janvier 2016

Objet : Impacts du projet de réalisation de la station de dessalement Sfax sud sur la zone de Gargour.

Participants BE :

- M. Rafik Ben Charrada IHE
- M. Saber Amira IHE
- M. Soufien Hedhli IHE

Présents locaux :

- M. Mounir Ben Mabrouk Omda de Gargour
- M. Béchir Intermédiaires entre collecteur palourdes et commerçants (El Wazzane)
- Mme Fatma. Collectrice palourde et responsable du groupe féminin des colleurs palourde de la zoine de Gargour

La réunion a été ouverte par l'omda de Gargour qui a commencé par souhaiter la bienvenue aux membres invités, puis il a cédé la parole au représentant du bureau d'étude qui il a fait une présentation des composantes du projet telles que La station de dessalement, Les conduites marines, Les conduites d'adduction et les lignes électriques.

Durant cette réunion, l'Omda a donné quelques renseignements sur la situation sociale de la zone rurale de Gargour. Il a décrit la situation sociale comme étant totalement rurale basée sur l'agriculture de l'olivier et la collecte du coquillage au niveau de l'estran.

Le représentant intermédiaire entre les pêcheurs et les commerçants nous a communiqué quelques données sur la production journalière et de la période de collecte.

La représentante du groupe de la pêche à pied a demandé une indemnisation des collecteurs du coquillage durant les travaux ainsi qu'une organisation du métier.



Figure 135 : Photo de la réunion avec la représentante des collectrices des palourdes dans la zone du Gargour

4. *Entretien avec des représentants du métier maritime à Nakta*

Lieu : Maison des jeunes de Nakta

Date : Janvier 2016

Objet : Impacts du projet de réalisation de la station de dessalement Sfax sud sur la zone de Nakta.

Participants BE :

- M. Rafik Ben Charrada IHE
- M. Saber Amira IHE
- M. Soufien Hedhli IHE

Acteurs locaux :

- M. Mohamed Adelet Omda de Nakta
- M. Nouredine ALOUI Représentant du conseil rural
- M. Houssine Dribek acheteurs intermédiaires

La réunion a été ouverte par l'omda de Nakta qui a commencé par souhaiter la bienvenue aux membres invités, puis il a cédé la parole au représentant du bureau d'étude qui il a fait un bref rappel sur les composantes du projet de la station de dessalement et les impacts potentiels générés par ce projet. Le BE a donné un bref aperçu sur la procédure des travaux de pose des conduites en mer.

Des discussions ont eu lieu entre les membres présents. Tout d'abord, le représentant de conseil du village de Nakta a présenté des informations sur l'activité de la pêche côtière dans la zone (le nombre des pêcheurs, les quantités, les zones et la durée de pêche). Il a insisté sur la nécessité d'une indemnité temporaire durant les travaux pour les pêcheurs.

Ensuite, le représentant des collecteurs de coquillage a présenté des informations sur le métier et il a exprimé ses inquiétudes à propos du projet sachant que les travaux du projet précédent de la compagnie à gaz "British Gaz" ont causé des impacts négatifs sur l'activité de la pêche littorale et à pied.

Les représentants de la société civile locale ont proposé les mesures suivantes:

- La nécessité d'évaluer les priorités d'indemnisation pour la population maritime ;
- La nécessité de bénéficier la population locale des emplois créés par le projet;
- La nécessité de la desserte de la localité de Nakta avec un prix convenable ;
- Le renforcement des contacts avec la société civile.



Figure 136 : Représentant de la société civile de Nakta

4.4.3 Enquêtes avec la population concernée par le passage des lignes électriques

5. Réunion avec le vice délégué de Thyna

Lieu : Délégation de Thyna

Date : Janvier 2016

Objet : Impacts de la traversée des lignes électriques à travers les champs agricole de la délégation de Thyna.

Participants BE :

- M. Rafik Ben Charrada IHE
- M. Saber Amira IHE
- M. Soufien Hedhli IHE

Acteurs locaux :

- Mohamed El Amri Vice-délégué de Thyna
- Mohamed Chermi Omda de Thyna
- M. Mounir Ben Mabrouk Omda de Gargour

La réunion a été ouverte par Monsieur le vice-délégué qui a commencé par souhaiter la bienvenue aux membres invités, puis il a cédé la parole au représentant du BE qui a fait un bref rappel sur les composantes du projet de la station de dessalement en particulier la composante relative à la traversée des lignes électriques HT par les terres agricoles de Thyna.

Le vice-délégué et l'omda de Thyna ont donné des informations générales sur les caractéristiques foncières de terres traversées par la ligne électrique HT. Ils ont insisté aussi sur la nécessité de l'indemnisation des personnes concernées par l'implantation des pylônes dans leurs terres.

Les principaux points discutés, durant cette réunion, ont concerné les aspects suivants :

- Acquisition d'une surface de 100 m² pour l'implantation de chaque pylône ;
- La composante comporte un total de 40 pylônes répartis sur un linéaire total de 15 Km ;
- Perturbation temporaire de l'activité agricole des régions traversées ;
- Risque de perturbation du trafic routier durant les travaux de montage des câbles ;
- Procédures de l'indemnisation des personnes concernées par le passage des lignes électriques.

6. *Entretien avec des personnes concernées par le passage des lignes électriques*

Lieu : Sur terrain à Gargour

Date : Janvier 2016

Objet : Impacts de la traversée des lignes électriques à travers les champs agricoles du secteur de Gargour.

Participants BE :

- M. Rafik Ben Charrada IHE
- M. Saber Amira IHE
- M. Soufien Hedhli IHE

Responsable local :

- M. Mounir Ben Mabrouk Omda de Gargour
- M. Ali BEN SALEM BEN KHLIFA
- M. Ali BEN AMMAR
- M. Khelifa BELAJMI
- M. Mansour ERRFAFI
- M. Brahim BEN AMOR

Après une présentation de la composante relative à la traversée des champs agricoles par les lignes électriques, des discussions ont eu lieu entre les membres présents. L'omda de Gargour a donné des informations générales sur les situations foncières de terres traversées par la ligne électrique HT.

Les principaux points discutés, durant cette réunion, ont concerné les aspects suivants :

- Acquisition d'une surface de 100 m² pour l'implantation de chaque pylône ;
- La composante comporte un total de 40 pylônes répartis sur un linéaire total de 15 Km ;
- Perturbation temporaire de l'activité agricole des régions traversées ;
- Risque de perturbation du trafic routier durant les travaux de montage des câbles ;
- Procédures de l'indemnisation des personnes concernées par le passage des lignes électriques.
- La nécessité de l'indemnisation de tous les agriculteurs concernés par l'implantation de pylônes dans leurs terrains.

Les personnes concernées par le passage des lignes électriques ne voient pas d'objection pour la réalisation du projet et ils ont exprimé leur avis de collaborer avec l'équipe du projet durant les travaux.

7. Entretien avec le gardien des champs d'oliviers de la Zone El Hajeb

Lieu : Thyna

Date : Janvier 2016

Objet : Impacts de la traversée des lignes électriques à travers les champs d'oliviers d'El Hajeb.

Participants BE :

- M. Rafik Ben Charrada IHE
- M. Saber Amira IHE
- M. Soufien Hedhli IHE

Acteurs locaux :

- M. Jelloul BOUZID Gardien de la zone agricole
- M. Mounir Ben Mabrouk Omda de Gargour
- M. Kilani BEN MOHAMED JOUIRA Gardien de la zone agricole

L'entretien avec les gardiens des champs d'olivier a eu lieu sur la nature des activités dans la zone. Ils ont donné des renseignements sur les propriétaires des champs d'olivier dans la zone (Famille Abid, Jilani Ben Sadek, Mhaddeb, Famille Masmoudi, Famille Dammak, etccc...).

Ils se sont montré très favorables pour coordonner avec l'équipe du projet durant les travaux en vue faciliter l'accès des engins et d'apporter l'assistance nécessaire pour le projet ainsi qu'à l'information de tous agriculteurs concernés par le passage des lignes électriques à travers leurs parcelles agricoles.

8. *Entretien avec la population de Mourij*

Lieu : Mourij

Date : Janvier 2016

Objet : Traversée des lignes électriques de la zone rurale El Mourij (Nakta-Chaffar).

Participants BE :

- M. Rafik Ben Charrada IHE
- M. Saber Amira IHE
- M. Soufien Hedhli IHE

Acteurs locaux :

- M. Mohamed Adelet Omda de Nakta

Population :

- M. Ghoulam El Idoudi
- M. El Fitouri Boukadi
- M. El Haj Ali BEN Abdallah
- M. Jamel MENII
- Quelques femmes

L'entretien a eu lieu sur le site à proximité des quelques habitation d'El Mourij concernée par le passage des lignes électriques.

Les représentants du Bureau d'étude ont informé la population rurale que les lignes électriques seront éloignées des habitations et une distance standard sera respectée. Les pylônes seront construits sur un espace de 25 m² et une servitude de 75 m² sera acquise soit une surface totale de 100 m² par pylône qui sera transférée pour le domaine d'état après indemnisation du propriétaire.

Les propriétaires n'ont pas exprimé une réticence sur la réalisation du projet et ils ont exprimé leur accord pour coordonner avec l'équipe du projet durant travaux.

Ils ont insisté également sur la nécessité de les desservir à partir de la station de dessalement sachant que leur zone est assoiffée et elle ne dispose pas de ressources en eau potable.



Figure 137 : Représentants de la zone rurale d'El Mourij

4.5 Conclusion sur la situation sociale de la zone du projet

4.5.1 La population agricole de la zone traversée par les lignes électriques

Le diagnostic réalisé dans le cadre de cette étude a montré que l'emprise des lignes d'alimentation traverse en majorité des terrains agricoles. Cette emprise, d'un linéaire de 15 Km et d'une largeur de 40m (20m de part et d'autres des lignes électriques), comporte environ **890 arbres d'oliviers** et **225 arbres d'amandiers**.

Tableau 68 : Occupation des sols au niveau d'une emprise de 40m le long des lignes électriques

Délégation	Oliviers	Amandiers	Total
Agareb	400	140	540
Mahres	125	35	160
Thyna	365	50	415
Total délégation	890	225	1 115

4.5.2 La population maritime de la zone de Nakta Chaffar

La zone de Mahres comporte une population maritime de 988 répartie entre 400 marins pêcheurs des unités motorisées, 510 des unités non motorisées et 78 actifs dans la pêche à poisson bleu.

La frange sociale concernée par les aménagements est la population maritime locale (Nakta) cette population est composée de marins pêcheurs et de femmes collectrices de palourde.

Les marins pêcheurs de la zone sont au nombre de 30 marins exerçant une pêche côtière artisanale dans un rayon de ± 5 km à partir des points de débarquement de Nakta, socialement ces pêcheurs sont identifiés comme suit :

- Un âge moyen allant de 50 à 53 ans
- Une expérience de 4 à 30ans
- Un pourcentage de diplômés de 20%
- Une affiliation CNSS de 50%

L'exercice de la pêche représente la seule activité chez plus que 80% des marins. Ces pêcheurs disposent de barques côtières non motorisés. Ils assurent environ 180 jours de pêche par an avec un rendement qui atteint le 170 kg par mois.

Pour la pêche à pieds, la collecte de la palourde est assurée par les femmes à plus de 90%, les femmes collectrices représentent le maillon fort de la filière de la palourde, elles révèlent en moyenne le statut social suivant :

- Un âge de 20 à 60 ans
- Une expérience de 1 à 30ans
- Un niveau d'instruction limité (32% illettrées, 43% niveau primaire et 25% du niveau secondaire)
- Un taux d'affiliation à la CNSS de 18%

La collecte de la palourde est l'activité principale chez 90% de ces femmes, elle est exercée avec une moyenne de 20 jours par mois pendant la campagne (octobre à mai), le rendement journaliers moyen est de 3kg avec un prix moyen de **2,5 DT**.

Ces deux groupes sociaux auront leurs activités perturbées et par suite leurs rendements réduits, au cours des travaux et après les travaux, le taux d'affectation serait estimé à 20%.

5. IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

5.1 Composantes de la matrice des impacts

5.1.1 Les composantes du projet

Tableau 69: Composantes du projet de la station de dessalement de Sfax Sud

Composante du projet	Composante technique
1. Station de dessalement	1.1. Bloc prétraitement 1.2. Bloc osmose 1.3. Bloc stockage eaux osmosées 1.4. Bloc stockage produit chimique et bloc administratif
2. Conduites de transferts en mer	2.1. Station de pompage 2.2. Tronçon du haut de plage 2.3. Tronçon de l'estran 2.4. Tronçon de bas de plage jusqu'au déferlement 2.5. Tronçon du large jusqu'au point de captage 2.6. Tronçon du large entre le captage et le rejet 2.7. La tour de prise 2.8. L'ouvrage de rejet
3. Conduites de transfert eaux osmosées	3.1. Tronçon de la RN1 3.2. Tronçon de la rocade de Sfax 3.3. Tronçon la route RN13 3.4. Tronçon de la piste PK10 – PK14 3.5. Tronçon de l'autoroute A1 3.6. Les sites des réservoirs SONEDE
4. Réseau d'alimentation en énergie électriques	4.1. Tronçon de Sfax Sud 4.2. Tronçon d'Agareb – Gargour 4.3. Tronçon Nakta

5.1.2 Composantes de l'environnement

Trois composantes seront considérées :

- Pollution
- Environnement naturel
- Environnement socio-économique

Tableau 70 : Composantes de l'environnement

Composante	Critère considéré
1. Pollution	1.1. Emission atmosphérique 1.2. Rejets liquides 1.3. Déchets solides 1.4. Emission de bruit et de vibration
2. Environnement naturel	2.1. Habitats naturels 2.2. Zones protégées 2.3. Hydrologie 2.4. Morphologie et géologie 2.5. Paysage 2.6. Changements climatiques
3. Environnement socio-économique	3.1. Déplacement involontaire des gens 3.2. Métiers et activité locale 3.3. Ressources naturelles ; 3.4. Infrastructures publiques 3.5. Agriculture 3.6. Industrie 3.7. Tourisme 3.8. Patrimoine historique 3.9. Genre 3.10. Santé et hygiène

5.2 Impact pendant les travaux

5.2.1 La station de dessalement

La station de dessalement de capacité finale 200 000 m³/jour sera implantée dans un terrain nu (DPM) sur une surface de 20 hectares et elle comportera les composantes suivantes :

8. Le bloc principal comportant les filtres à sable, les microfiltres, la salle des machines et la chassie principale de l'osmose ;
9. La tour de contrôle de la station de dessalement ;
10. Le bloc de stockage des produits chimiques ;
11. La zone de stockage des eaux osmosées ;
12. Le bloc administratif ;
13. Le bloc de réception de l'énergie électrique ;
14. Le bloc comportant la station de pompage des eaux brutes et la bache de rejet des eaux de la saumure.

5.2.1.1 Procédure des travaux

L'aménagement de la station de dessalement porte sur la mise en œuvre des différents ouvrages nécessaires pour le pompage et le traitement d'eaux de mer. Les travaux de construction nécessitent la préparation et l'aménagement du terrain avant de commencer la mise en œuvre des différents ouvrages de cette station.

Les travaux comporteront les étapes suivantes :

- **Les travaux de décapage** : Ils consistent à enlever la végétation halophile (salicornes, spartines, armoises, etc....) de la surface du terrain à aménager pour la station de dessalement. Une petite couche de 10 à 20 cm de terre végétale superficielle sera également décapée. Ces travaux seront effectués à l'aide des engins terrestres (pelle sur chenille, tractopelle, camion à benne, etc....).
La végétation terrestre sera enlevée sur une surface de 20 hectares et la terre végétale sera décapée sur une épaisseur de 10 à 20 cm. Donc, le volume de la terre végétale sera d'environ **30 000 m³**.

Les travaux de préparation de la plateforme de la station : Cette étape de travaux consiste à préparer le terrain jusqu'à la côte définitive du projet qui sera de l'ordre de + 2m NGT. Cette côte de **+2 m NGT**, est choisie entre la côte moyenne de chaussée de la RN1 (+4 m NGT) et la côte des plus hautes de mer qui est de l'ordre de **(+1m NGT)**. En effet l'analyse des levés réalisés montre que le terrain actuel se trouve entre les 1,5 à 3 m NGT. Cette première étape consiste à aménager des travaux internes de façon à éviter des apports extérieurs de surhaussement.

- **Les travaux de terrassement** : Une fois la plateforme est préparée, cette étape consiste à effectuer les différents travaux de terrassement des fondations des ouvrages projetés. Ces travaux comprennent:

La station de pompage, elle sera installée près de la station de dessalement sur un espace de 42m x20m et le radier de la bêche d'aspiration sera à 8,5 m en dessous du terrain naturel. En adoptant un coefficient de foisonnement de 30%, cette étape de travaux va générer l'excavation d'une quantité de matériaux de déblais de :

$$42 \times 20 \times 8,5 \times 1,3 = 9\,282 \text{ m}^3$$

Soit une quantité de matériaux de déblais de l'ordre de **10 000 m³** pour la station pompage principale des eaux de mer.

Le réservoir des eaux de lavage, Il sera installé à proximité de la station de pompage sur un espace de 22m x8m et le radier de la bêche sera à 4,0 m en dessous du terrain naturel. En adoptant un coefficient de foisonnement de 30%, cette étape de travaux va générer l'excavation d'une quantité de matériaux de déblais de :

$$22 \times 8 \times 4 \times 1,3 = 915 \text{ m}^3$$

Soit une quantité de matériaux de déblais de l'ordre de **1 000 m³** pour le réservoir des eaux de lavage.

Les réservoirs de stockage des eaux dessalées, ils seront installés sur la plateforme de la station de dessalement avec un diamètre de 45 m chacun. Cette étape de travaux va générer l'excavation d'une quantité de matériaux de déblais de : 31 800 m³ pour les cinq réservoirs. Soit une quantité de matériaux de déblais de l'ordre de **32 000 m³** pour les cinq réservoirs des eaux dessalées.

Tableau 71 : Quantité approximative des matériaux de déblais durant les travaux construction de la station de dessalement

	Dimension m	Hauteur m	Volume Déblais (m ³)
Terre végétale	200000	15 cm	30 000
Station de pompage	42x20	8,5	10 000
Réservoir des eaux de lavage	22x8	4,0	1 000
Réservoirs de stockage des eaux dessalées	22x8	1,0	32 000
Total			73 000

- **Les travaux des fondations** : Ils assurent la stabilité des bâtiments de la station de dessalement. Il s'agit de remplir les fouilles de terrassement des divers ouvrages par des matériaux de construction (matériaux de propreté, béton de propreté, béton de fondation, etc....).
- **Les travaux de Génie Civil** : Ils concernent la construction des ouvrages avec ses différentes structures annexes comme indiqué sur le plan d'implantation présenté dans le chapitre 'Présentation du projet'.

5.2.1.2 Pollution générée

Dans cette partie nous étudions l'impact des divers produits générés durant la période de construction des ouvrages de la station de dessalement.

Émission atmosphérique : Pendant la durée de construction, la qualité de l'air peut être affectée, d'une part, par le soulèvement de poussières causées par des déplacements des engins, des véhicules de chantier et des travaux de terrassements et, d'autre part, par les dégagements gazeux provenant des échappements des véhicules motorisées. Bien que les quantités de ces émissions atmosphériques soient faibles, elles pourraient impacter les usagers de la route nationale RN1 et les parcelles agricoles riveraines.

Rejet liquides : Les types de rejets liquides éventuels pendant les travaux de construction de la station de dessalement sont :

- **Des eaux de rabattement de la nappe :** Il s'agit des eaux pompées pour abaisser temporairement le niveau piézométrique de la nappe, pour permettre le bon déroulement des opérations de constructions et de réalisation des ouvrages en Génie Civil à sec. Ces eaux concerneront en particulier les ouvrages de la station de pompage, du réservoir de lavage et des réservoirs de stockage. Le pompage sera effectué uniquement durant les travaux de fondation de ces ouvrages. Les quantités correspondantes seront tributaires du niveau de la nappe et elles seront évaluées durant la période des travaux. Ces eaux seront légèrement chargées par des matières en suspension ;
- **Des rejets sanitaires (eaux usées) des bureaux de chantier :** Ils sont assimilés aux eaux usées ménagères. Ces eaux proviennent des douches et des locaux sanitaires. En supposant un nombre total moyen d'ouvriers de 40 et une consommation spécifiques des eaux de l'ordre de 100 l/j, la quantité des eaux usées produites est estimée à **4 m³/jour** des travaux de la station ;
- **Des rejets liquides du chantier :** Il s'agit des eaux provenant des ateliers d'entretien des équipements et des engins de Chantiers. Ces eaux peuvent contenir des traces d'hydrocarbures et des huiles usées ;
- **Des eaux pluviales de drainage du site de chantier :** Il s'agit des eaux de drainage de la plateforme du chantier.

Bien que ces rejets soient faibles, ils peuvent engendrer une pollution de sol, et des eaux de mer en cas de fuite.

Déchets solides : Les travaux de construction sont susceptibles d'engendrer des déchets solides qui peuvent être éventuellement :

- Des déchets de la végétation superficielle décapée : Il s'agit de la végétation halophile du site de chantier décapée sur une surface total de l'ordre de 20 hectares ;
- Des déchets de produit naturels résultant des travaux de décapage, de terrassements, de remblais, etc.... Ces déchets se composent essentiellement de déchets de la terre végétale décapée et des déchets de remblais. Comme présenté dans le paragraphe précédent, ces déchets comprennent :
 - 30 000 m³ de terre végétale décapée ;
 - 43 000 m³ de matériaux inertes de terrassement des fondations.
- Des déchets de construction provenant des divers travaux de Génie civil : Ils se composent de reste et de déchets de béton, briques, tuiles, pièces d'équipements de la station ;

- Des déchets industriels provenant des ateliers d'entretien des engins : Ces déchets se forment par des chutes de ferrailles, des bidons vides de ayant contenus du carburants et huiles, filtres et batteries usagers ;
- Des déchets organiques provenant des diverses consommations de ouvriers du chantier : Ils se composent généralement de reste d'aliment et d'emballages alimentaires (sachets, bouteilles plastiques, etc...). En supposant une moyenne de 0,5 Kg/personnes/ jour, la quantité totale de déchets organiques produite par 40 personnes présentes sur le chantier serait de l'ordre de 20 Kg/jour durant la période des travaux.

Ces éventuels déchets peuvent présenter une source de pollution mais qui restent facile à maîtriser dans le cadre d'un plan de gestion adéquat.

Émission de bruit et de vibration : Les nuisances sonores et vibration seront générées par les engins de transport et de terrassements et de construction de la station de dessalement. Etant donné la situation de la station loin des habitations, il n'y aurait pas de retombées négatives à ce niveau.

Tableau 72 : Types de pollution générés pendant les travaux de construction de la station de dessalement

Catégorie	Type de pollution générée
Émissions atmosphériques	- Soulèvement de poussières ; - Dégagements de gaz d'échappement des engins.
Rejets liquides	- Des rejets de rabattement de la nappe souterraine ; - Des rejets sanitaires 4 m³/jour ; - Des rejets liquides des ateliers d'entretien ; - Des eaux pluviales de drainage du site de chantier.
Déchets solides	- Végétation décapée sur une surface de 20 hectares ; - Terres végétale : 30 000 m³ ; - Matériaux inertes de terrassement : 43 000 m³ ; - Déchets industriels des ateliers d'entretien des engins ; - Des déchets organiques alimentaire 20 Kg/ jour .
Émission de bruit et de vibration	- Nuisances sonores et vibrations causées par les engins de transport et de terrassements.

5.2.1.3 Impact sur le milieu naturel

Habitats naturels : Les premières opérations (décapage) de préparation du terrain à exploiter pour l'installation de la station, vont aboutir à une rupture transversale (depuis la route RN1 jusqu'à la ligne d'eau) du cordon de marais maritime qui s'étend le long du littoral. Cette action provoquera une subdivision nord-sud, qui affecte la végétation d'une part, et surtout la faune accompagnatrice (oiseaux, reptiles, insectes, etc...) d'autre part. Des dérangements temporaires des habitats du site et de ses environs seront manifestés :

- **La végétation du site :** Il est à signaler que le terrain est formé par une couche de surface portant des espèces halophiles (salicornes). Cette dernière sera totalement détruite par

les travaux de décapage (environ 20 ha surface occupée par une végétation halophile, ex. les salicornes) ;

- **La faune terrestre associée à la végétation :** Les espèces vivant sur la couche de surface et dont la mobilité est forte pourront fuir de la zone du projet vers d'autres zones, par contre, les espèces à mobilité faible qui vivent dans la couche superficielle du sol seront touchées par les travaux d'aménagement de la plateforme de la station de dessalement ;
- **L'avifaune de la zone :** L'avifaune de la zone littorale va certainement fuir de la zone du chantier pour s'installer dans une autre zone plus calme. Cette perturbation reste temporaire et tributaire uniquement à la phase du chantier ;
- **La zone de l'estran :** Le chantier de la station de dessalement est relativement éloigné de l'estran d'une distance de l'ordre de 400m. Seuls les oiseaux de cette zone seront impactés par les bruits du chantier terrestre de la station de dessalement.

Zones protégées: Le gouvernorat de Sfax comporte quatre zones protégées dans le statut national ou international :

- L'archipel de Kerkennah, situé à 34,5 Km de la station de dessalement, il est classé un site Ramsar depuis Février 2012 pour une surface de 1500 hectares ;
- Iles Kneiss avec les zones intertidales, localisées au centre du golfe de Gabès à 37 Km de la station de dessalement de Sfax sud. Cet archipel est classé comme site Ramsar en Octobre 2007 pour une surface de 22,027 hectares ;
- Salines de Thynda : situées à 6,5 Km de l'usine de dessalement, elles sont classées comme site Ramsar depuis Octobre 2007 pour une surface de 3,343 hectares ;
- El Gonna, c'est une réserve Nationale créée en 2010 sur une surface de 4711,48 hectares et elle se situe à 12 Km de la station de dessalement.



Figure 138 : Situation des zones protégées de Sfax par rapport à la station de dessalement

Tenant compte de la présence de ces zones sensibles, sites Ramsar et Zones ZICO, à savoir Thynda vers le nord et Kneiss vers le sud, ces milieux seront partiellement touchés notamment pour ce qui concerne le transit et le vas et viens des oiseaux d'eaux. La rupture par les activités des engins et des hommes représenteront un gêne physique certain. Toutefois l'impact reste limité dans le temps pour la période des travaux et très faible vue l'éloignement de ces zones du site du projet.

Hydrologie : Le site de la station de dessalement n'est pas traversé par un oued ou un cours d'eau superficiel, A cet effet, les travaux de chantier n'auront pas d'impacts sur le système hydrologique de surface de la zone d'études. Par contre les matériaux de terrassement accumulés provisoirement sur le chantier peuvent gêner le drainage superficiel de la plateforme du projet.

Morphologie et géologie : Les travaux de terrassement et de construction de la station de dessalement entraîneront une légère modification de la topographie du haut de plage suite à un réaménagement interne du terrain pour implanter les ouvrages de Génie Civil. Ces impacts sont faibles et locaux.

Paysage : L'aspect paysager de la zone du projet sera affecté par les travaux de terrassements et de génie civil de la station de dessalement. En effet, les travaux seront réalisés dans une zone de marais maritime. Le paysage général durant les travaux sera affecté par suite au décapage de la végétation du marais, de l'accumulation provisoire des matériaux de terrassement et du stockage des matériaux de construction. L'impact paysager sera le premier perçu sachant que ce chantier sera bien apparent comme première affectation concrète du milieu naturel avoisinant. Un terrain dénudé artificiellement, étendu sur 20 ha, défigure bien le paysage.

Changements climatiques : La contribution aux changements climatiques est relative aux divers gaz d'échappement émis par les engins motorisés pouvant augmenter le taux du CO2 dans l'atmosphère. Cet impact reste très minime puisqu'il est restreint uniquement aux engins motorisés mobilisés durant le chantier.

Tableau 73 : Impacts sur le milieu naturel pendant les travaux de construction de la station de dessalement

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Habitats naturels	- Destruction des habitats terrestres du site de la station de dessalement ; - Fuites de la faune mobile vers des zones plus calme.
Zones protégées	- Non applicable
Hydrologie	- Aucun impact sur le système hydrologique existant ; - Perturbation provisoire du drainage des eaux pluviales du site de la station de dessalement.
Morphologie et géologie	- Modification légère de la topographie du haut suite au nivellement interne du site.
Paysage	- Changement au niveau de l'aspect paysager suite à la destruction de la végétation du marais maritime dans le site de la station de dessalement.
Changements climatiques	- Impact faible

5.2.1.4 *Impact sur le milieu socio-économique*

Déplacement involontaire des gens : Les travaux de construction de la station de dessalement seront effectués dans le Domaine Public Maritime (DPM) où le terrain est nu et loin des habitations. Donc, aucune habitation ne sera déplacée de la zone du projet.

Métiers et activité locale : Etant donné que la station soit située sur le haut de plage (plus de 400 m loin de la ligne de côte), donc, on n'aura pas des impacts négatifs sur les activités des pêcheurs et des femmes qui collectent la palourde (passage et accès en mer). D'un autre coté, le chantier nécessitera le recrutement de cadre et d'ouvriers pour la réalisation des travaux.

Ressources naturelles : Les impacts directs sont liés à l'élimination d'un couvert végétal constitué de plantes halophile sur 20ha. Cette perte est aussi limitée, elle soit touche légèrement un élément clé de l'équilibre du milieu terrestre littoral.

Infrastructures publiques : Pendant la phase de construction, certaines infrastructures publiques (route nationale RN1 en particulier, etc.....) peuvent être soumises à des dégâts temporels dans les zones traversées par les équipements du chantier.

Un autre risque de perturbation du trafic routier est essentiellement au niveau de la route nationale RN1 par suite à la mobilisation des engins et véhicules dans la zone du projet.

Agriculture : Du coté ouest de la route nationale RN1, à environ 400 m de la station de dessalement, il y a des champs d'oliviers qui peuvent être affectés par les poussières émises par le chantier du site. La zone impactée par ces poussières comporte environ 500 arbres d'oliviers et d'amandiers.

Industrie : L'industrie profitera des différents approvisionnements qui seront effectués durant la phase du chantier. Les types d'industrie qui vont bénéficier de projet sont ceux relatifs aux secteurs des pièces de rechange, des matériaux de construction, des tuyauteries, etc....

Tourisme : La zone du projet est dépourvue de l'activité touristique. Donc, durant les travaux de construction de la station de dessalement, on n'aura pas d'impacts sur le tourisme.

Patrimoine historique : En se basant sur la carte archéologique de Mahres (feuille 115), l'emplacement de la station de dessalement est loin de 300m du patrimoine classé le plus proche. Donc, les travaux de construction de la station n'auront pas des impacts sur le patrimoine historique.

Dans le cas d'une éventuelle découverte (vestige archéologique, etc....) lors des travaux de construction de la station, la SONEDE s'engage à informer les services compétents du Ministère de la Culture et de la Sauvegarde du Patrimoine ou les autorités territoriales les plus proches pour veiller à la supervision des vestiges pendant le déroulement du travail.



Figure 139: Sites Archéologiques et Monuments Historiques les plus proches de la station de dessalement

(Source, INP 2008)

Genre : Le genre masculin et/ou féminin sera susceptible d’être bénéficié durant les travaux de construction de l’usine de dessalement par la création d’offres d’emplois directes ou indirectes dans la zone et aux environs.

Dans la région, la femme joue un rôle clé dans la pêche à pieds (la collecte de la palourde) qui nécessite des déplacements journalier vers les zones de collecte l’estran, ce transit quotidien sera légèrement perturbé, avec une perte de temps et un surplus de cout.

Santé et hygiène: Les effets resteront limités à des perturbations locales d’émissions de poussières et d’émanations des gaz des engins du chantier. Les travaux peuvent générer des impacts négatifs temporaires, concerneront en particulier :

- Les nuisances sonores dues à la mobilisation et au fonctionnement des équipements du chantier.
- Les accidents de travail ;
- Les vibrations dues aux matériels de travail.

Tableau 74 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant les travaux de construction de la station de dessalement

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Déplacement involontaire des gens	- Non applicable
Métiers et activité locale	- Création d'emploi local
Ressources naturelles	- Non applicable
Infrastructures publiques	- Utilisation de la route nationale (RN1)
Agriculture	- Impact faible sur les parcelles agricoles riveraines.
Industrie	- Certains secteurs peuvent bénéficier d'approvisionnements divers de chantier.
Tourisme	- Non applicable
Patrimoine historique	- Non applicable
Genre	- Création des offres d'emplois pour les deux sexes.
Santé et hygiène	- Nuisance sonore due à la mobilisation et au fonctionnement des équipements du chantier ; - Les accidents éventuels de travail ; - Les vibrations dues aux matériels de travail.

Tableau 75: Impact de la station de dessalement pendant les travaux

	1	2	3	4	5	Commentaire
	I	C	D	T	A	
1 Pollution générée						
Emission atmosphérique	1	C	1	-	O	- Soulèvement de poussières ; - Dégagements de gaz d'échappement des engins.
Rejets liquides	1	P	1	-	O	- Des rejets d'eau de rabattement de la nappe ; - Des rejets sanitaires 4 m³/jour ; - Des rejets liquides des ateliers d'entretien ; - Des eaux pluviales de drainage.
Déchets solides	1	C	2	-	O	- Végétation décapée S= 20 hectares ; - Terres végétale : 30 000 m³ ; - Matériaux inertes de terrassement: 43 000 m³ ; - Déchets industriels des ateliers d'entretien ; - Déchets organiques alimentaire: 20 Kg/ jour .
Bruit et de vibration	1	P	1	-	O	- Nuisances sonores et vibrations causées par les engins de transport et de terrassements.
2 Environnement naturel						
Habitats naturels	1	E	1	-	N	- Destruction des habitats terrestres ; - Fuites de la faune mobile vers des zones calme.
Zones protégées						- Non applicable
Hydrologie	1	E	1	-	O	- Aucun impact sur le système hydrologique ; - Perturbation provisoire du drainage des eaux pluviales du site de la station de dessalement.
Morphologie et géologie	1	P	3	-	N	- Modification légère de la topographie du haut suite au nivellement interne du site ;
Paysage	1	C	1	-	N	- Changement au niveau de l'aspect paysager suite à la destruction de la végétation du marais maritime dans le site de la station de dessalement.
Changements climatiques						- Impact faible
3 Environnement socio-économique						
Déplacement involontaire des gens						- Non applicable
Métiers et activité locale	2	C	3	+		- Création d'emploi local
Ressources naturelles						- Non applicable
Infrastructures publiques	1	E	1	-	O	- Utilisation de la route nationale (RN1)
Agriculture						- Impact faible sur les parcelles agricoles riveraines.
Industrie	2	C	3	+		- Certains secteurs peuvent bénéficier d'approvisionnements divers de chantier.
Tourisme						- Non applicable
Patrimoine historique						- Non applicable
Genre	2	C	3	+		- Création des offres d'emplois
Santé et hygiène	1	E	1	-	O	- Nuisance sonore due à la mobilisation et au fonctionnement des équipements du chantier ; - Les accidents éventuels de travail ; - Les vibrations dues aux matériels de travail.

Légende 1 : Importance
1 : mineure
2 : moyenne
3 : majeur

2. Certitude
C : certain
P : probable
E : peu probable

3. Durée
1 : courte
2 : moyenne
3 : longue

4. Type impact
+ : positif
- : négatif

5. degrés d'Atténuation
O : impact corrigible
N : impact non corrigible

5.2.2 Les conduites de transfert en mer

Cette composante comporte les éléments suivants :

- Station de pompage
- Tronçon du haut de plage
- Tronçon de l'estran
- Tronçon de bas de plage jusqu'au déferlement
- Tronçon du large jusqu'au point de captage
- Tronçon du large entre le captage et le rejet
- La tour de prise
- L'ouvrage de rejet

5.2.2.1 Procédure des travaux

La station de pompage

L'aménagement de la station de pompage porte sur la mise en œuvre des différents ouvrages nécessaires pour le transfert des eaux brutes vers les unités de prétraitement de la station de dessalement. La station de pompage sera installée sur le haut de plage près de la station de dessalement pour une espace de 42m x20m et le radier de la bêche d'aspiration sera à 8,5 m en dessous du terrain naturel.

La mise en œuvre de la station de pompage passera par les étapes suivantes :

- La réalisation des travaux de terrassement jusqu'aux côtes du projet (8,5 m en dessous du terrain naturel) ;
- La réalisation des ouvrages de fondation et de Génie civil (couche de propreté, semelles, bajoyers, support des pompes, pavements, etc....) ;
- Le montage des équipements nécessaires (pompes, moteurs de pompes, Anti béliers, armoires électrique, etc....).

Les quantités des matériaux de terrassement inhérent à cette composante du projet sont présentées au paragraphe précédent.

La tour de prise

La tour de prise se situe à **3600m** de la côte au niveau de l'isobathe – **8 m ZH**. La prise d'eau sera effectuée au niveau de tranche d'eau située à 1,5 m au dessus du fond (pour éviter les zones de turbulence) et à 1,5 m en dessous de la surface d'eau (pour éviter la tranche des activités photosynthétiques). La tour de prise va transférer un débit de (**444 400 m³/j**) d'eau de mer brute vers la station de dessalement par le biais de deux conduites de captage (2000 mm) type PEHD. Elle doit permettre d'obtenir à l'entrée de la station de dessalement une eau de bonne qualité, en particulier du point de vue concentration en matières en suspension. La tour de prise comportera des fenêtres en grille pour éviter l'entrée des poissons et de tous types d'objets volumineux.

Les travaux de construction des ouvrages du Génie Civil de la tour de prise seront effectués sur terre, puis ces ouvrages seront transportés vers le point de captage par voie maritime. Deux tours de prise seront installées pour les deux phases 1 et 2.

La tour de rejet

La tour de rejet des eaux saumâtres sera installée à 4400 m de la station de dessalement d'eau de mer au niveau de l'isobathe -10m ZH. Elle rejette l'eau de saumure avec un débit de (244 400 m³/j). Le point de rejet sera situé à une distance de 800 m de la tour de prise pour éviter le retour des eaux salées vers le point de captage. De même que la tour de prise, les travaux de construction des ouvrages du Génie Civil de la tour de rejet seront effectués en terre, puis ces ouvrages seront transportés vers le point de rejet, par voie maritime, pour mise à l'eau.

Les conduites sous-marines

Les travaux consistent à la pose de trois conduites pour la prise et le rejet des eaux de mer. Ces conduites seront totalement ensouillées dans le fond marin. Elles seront installées parallèlement l'une à l'autre sur le même tracé afin de faire des économies dans les coûts et la période de construction. L'excavation de la tranchée sera réalisée sur une largeur de 34 m.

Les conduites sous-marines selon le mode de pose, elles seront réparties entre les quatre tronçons suivants:

1. **Tronçon terrestre du haut de plage:** Il s'agit de la zone terrestre comprise entre la station de pompage et la ligne des plus hautes eaux marines :
 - Longueur : 400 m
 - Conduites : 3 (2Ø2000 + 1 Ø1800)
 - Mode de pose : ensouillé
2. **Tronçon de l'estran:** Il s'agit de la zone de balancement de la marée entre la ligne des plus hautes eaux et la ligne des plus basses eaux :
 - Longueur : 400 m
 - Conduites : 3 (2Ø2000 + 1 Ø1800)
 - Mode de pose : ensouillé avec des lests
3. **Tronçon marin jusqu'à la tour de prise:** Il s'agit du tronçon marin entre la ligne des plus basses eaux et la tour de prise :
 - Longueur : 2 800 m
 - Conduites : 3 (2Ø2000 + 1 Ø1800)
 - Mode de pose : ensouillé avec des lests
4. **Tronçon marin du large jusqu'au point de rejet:** Il s'agit du tronçon marin du large entre la ligne la tour de prise et le point de rejet :
 - Longueur : 800 m
 - Conduites : 1 Ø1800
 - Mode de pose : ensouillé avec des lests

Ces 4 tronçons sont schématisés sur la figure suivante :

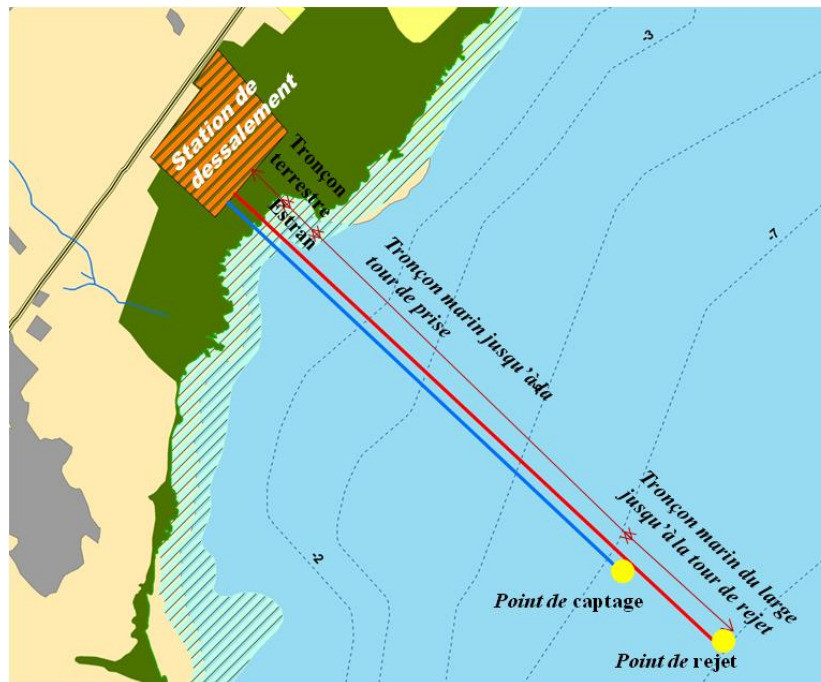


Figure 140 : Tronçons de pose des conduites en mer

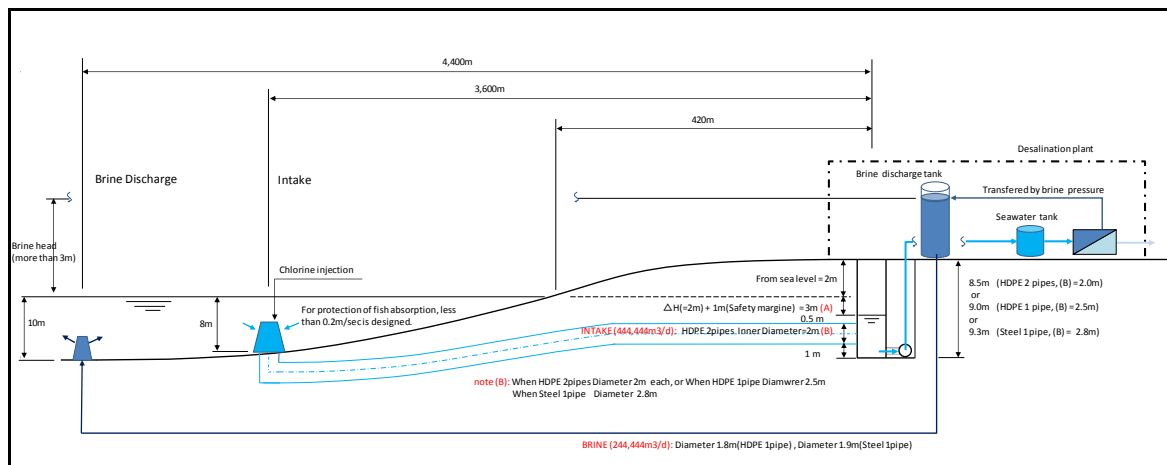


Figure 141 : Conduites de prise et de rejet des eaux de mer pour la station de dessalement Sfax sud
(Source: Equipe d'étude de la JICA)

Tronçon terrestre du haut de plage : 400 m.

Pour ce premier tronçon de la zone côtière, les travaux seront réalisés par voie terrestre sur 400m de longueur. Vu les profondeurs importantes de l'excavation, la tranchée sera ouverte par des engins terrestres en utilisant des rideaux de palplanches. Les dimensions de la tranchée seront approximativement comme suit :

- Longueur : 400 m
- Largeur moyenne : 10 m ;
- Côte moyenne d'implantation : - 7,5 m NGT
- Profondeur moyenne tranchée : 8,5 m
- Conduites : 3 (2Ø2000 + 1 Ø1800)

Le volume des matériaux de terrassement sera de l'ordre de $400 \times 10 \times 8,5 \times 1,2 = 40\ 800\ m^3$

La surface de l'emprise occupée durant les travaux (avec la prise en compte d'une marge pour la manutention des engins) sera de l'ordre de $400 \times 20 = 8\ 000\ m^2$.

La procédure des travaux comportera les étapes suivantes :

- ❖ Mise en place de rideaux de palplanches ;
- ❖ Excavation par des engins terrestres ;
- ❖ Pose des conduites ;
- ❖ Remblayage de la tranchée ;
- ❖ Dégagement des palplanches.

Tronçon de l'estran (environ 400m):

De même que pour le tronçon précédent premier, ce tronçon sera réalisé par voie terrestre avec des rideaux de palplanches. Les dimensions de la tranchée seront approximativement comme suit :

- Longueur : 400 m
- Largeur moyenne : 12 m ;
- Côte moyenne d'implantation : - 8,0 m NGT
- Profondeur moyenne tranchée : 8 m
- Conduites : 3 (2Ø2000 + 1 Ø1800)

La procédure des travaux comportera les étapes suivantes :

- ❖ La préparation de l'emprise par des matériaux de remblais sur une longueur de 400 m environ à partir du rivage ;
- ❖ Mise en place de rideaux de palplanches par le biais d'engins terrestres ;
- ❖ L'Excavation par des engins terrestres ;
- ❖ La Pose des conduites ;
- ❖ Le Remblayage de la tranchée ;
- ❖ Le Dégagement des palplanches ;
- ❖ L'enlèvement des matériaux de remblais ;
- ❖ La remise des fonds à leur état initial.

Cette étape de travaux va nécessiter :

- L'exploitation d'une surface totale de l'estran de l'ordre de $400 \times 25 = 10\ 000\ m^2$;
- La mobilisation d'une quantité de l'ordre de $4\ 000\ m^3$ de matériaux de remblais pour l'ouverture des piste d'accès des engins dans l'estran;
- Le terrassement d'une quantité de déblais de l'ordre de $400 \times 12 \times 8 = 38\ 400\ m^3$

Tronçon marins de la zone de déferlement (1300) m

Il s'agit de la zone marine entre la zone de l'estran et la ligne de déferlement des vagues. D'après la modélisation, cette zone est relativement large et elle s'étend sur une largeur moyenne de l'ordre de **1300m**.

Dans cette zone, les conduites seront ensouillées avec les caractéristiques suivantes :

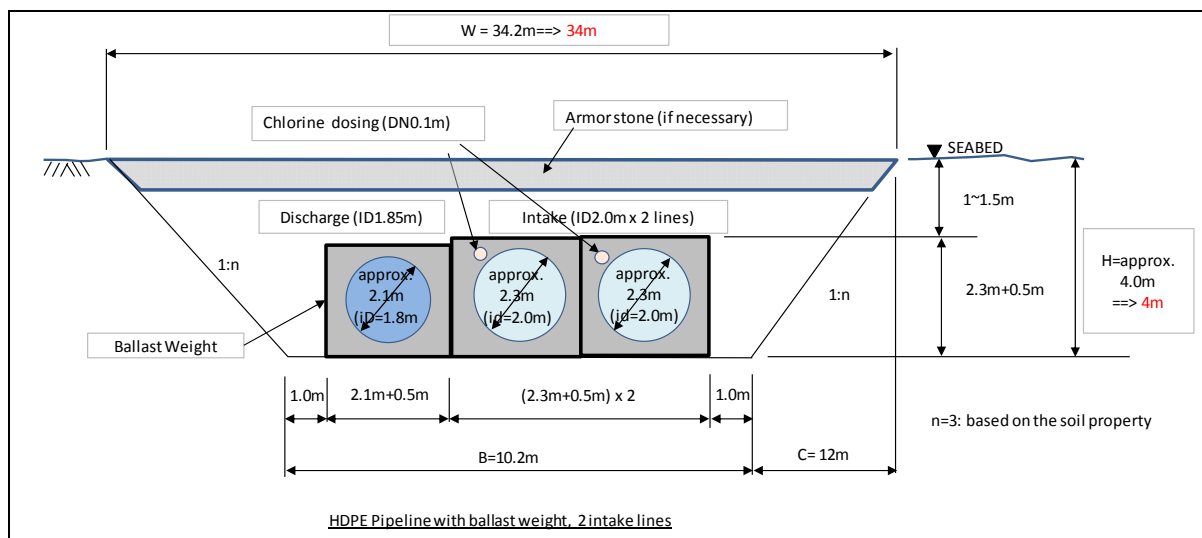
- Longueur : **1300 m ;**
- Profondeur moyenne : 1,5 m ;
- Côte moyenne d'implantation : - 8,5 m NGT ;

- Profondeur moyenne tranchée : 7 m ;
- Largeur moyenne de fond : 10 m ;
- Pente talus de la tranchée : 3/1
- Largeur moyenne de surface : 50 m ;
- Conduites : 3 (2Ø2000 + 1 Ø1800)

Cette tranche des conduites sera réalisée par voie maritime en utilisant des engins flottants. Deux méthodes peuvent être envisagées pour la réalisation des travaux : Soit par une méthode mécanique utilisant une pelle montée sur un ponton flottant soit une drague hydraulique succeuse, autoporteuse refouleuse.

Cette étape de travaux va nécessiter :

- L'ouverture d'une tranchée sur surface de l'ordre de $1300 \times 50 = 65\,000 \text{ m}^2$;
- Terrassement d'une quantité de déblais de l'ordre de $1300 \times (10+50) \times 7/2 = 273\,000 \text{ m}^3$.



Source: Equipe d'étude de la JICA

Figure 142 : Coupe transversale des conduites de prise et de rejet en mer avant le point de captage

Tronçon du large jusqu'au point de captage :

Au-delà de la zone de déferlement, les conduites marines vont continuer en position ensouillée dans le fond sur un linéaire de 1 500m jusqu'à la tour de prise.

Les conduites seront ensouillées dans le fond marins avec les caractéristiques suivantes :

- Longueur : **1 500 m** ;
- Profondeur moyenne : 5 m ;
- Côte moyenne d'implantation : -8,5 à -11,5 m NGT ;
- Profondeur moyenne tranchée : 7 m à 3 m ;
- Largeur moyenne de fond : 10 m ;
- Pente talus de la tranchée : 3/1
- Largeur moyenne de surface : 50 m à 30 m ;
- Conduites : 3 (2Ø2000 + 1 Ø1800)

Cette tranche des conduites sera réalisée par voie maritime en utilisant des engins flottants. Deux méthodes peuvent être envisagées pour la réalisation des travaux : Soit par une méthode

mécanique utilisant une pelle montée sur un ponton flottant soit une drague hydraulique succeuse, autoporteuse refouleuse.

Cette étape de travaux va nécessiter :

- L'ouverture d'une tranchée sur surface de l'ordre de $1\,500 \times (50 + 30)/2 = 60\,000 \text{ m}^2$;
- Le terrassement d'une quantité de déblais de l'ordre de $157\,500 \text{ m}^3$

Tronçon du point de captage jusqu'à point de rejet (800 m)

Au-delà de la tour de prise, la conduite de rejet va continuer en position ensouillée sur un linéaire de 800m jusqu'à la tour de rejet.

Dans ce tronçon, la conduite de rejet sera ensouillée dans le fond marins avec les caractéristiques suivantes :

- Longueur : **800 m** ;
- Profondeur moyenne : 10 m ;
- Côte moyenne d'implantation : -13 m NGT ;
- Profondeur moyenne tranchée : 3 m ;
- Largeur moyenne de fond : 5 m ;
- Pente talus de la tranchée : 3/1 ;
- Largeur moyenne de surface : 25 m ;
- Conduites : 1 Ø1800.

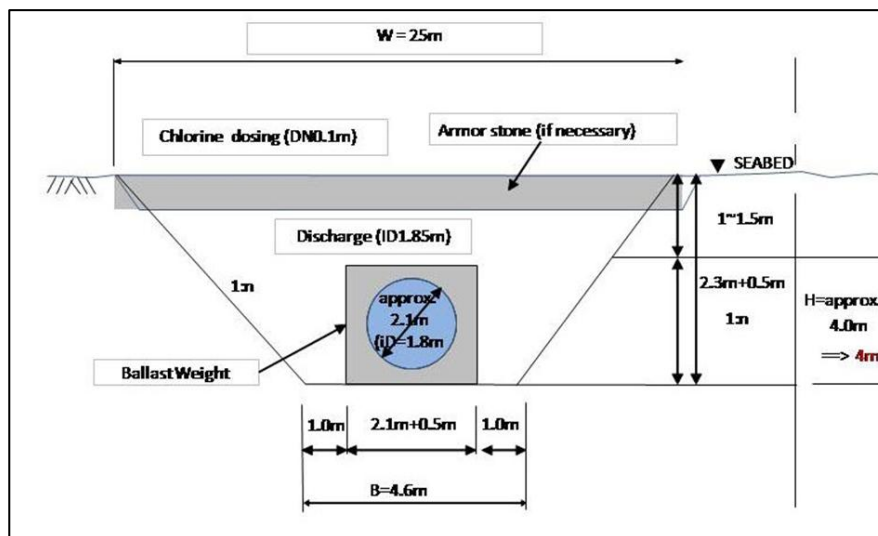


Figure 143 : Coupe transversale de la conduite de rejet au niveau du dernier tronçon

Cette tranche des conduites sera réalisée par voie maritime en utilisant des engins flottants. Deux méthodes peuvent être envisagées pour la réalisation des travaux : Soit par une méthode mécanique utilisant une pelle montée sur un ponton flottant soit une drague hydraulique succeuse, autoporteuse refouleuse.

Cette étape de travaux va nécessiter :

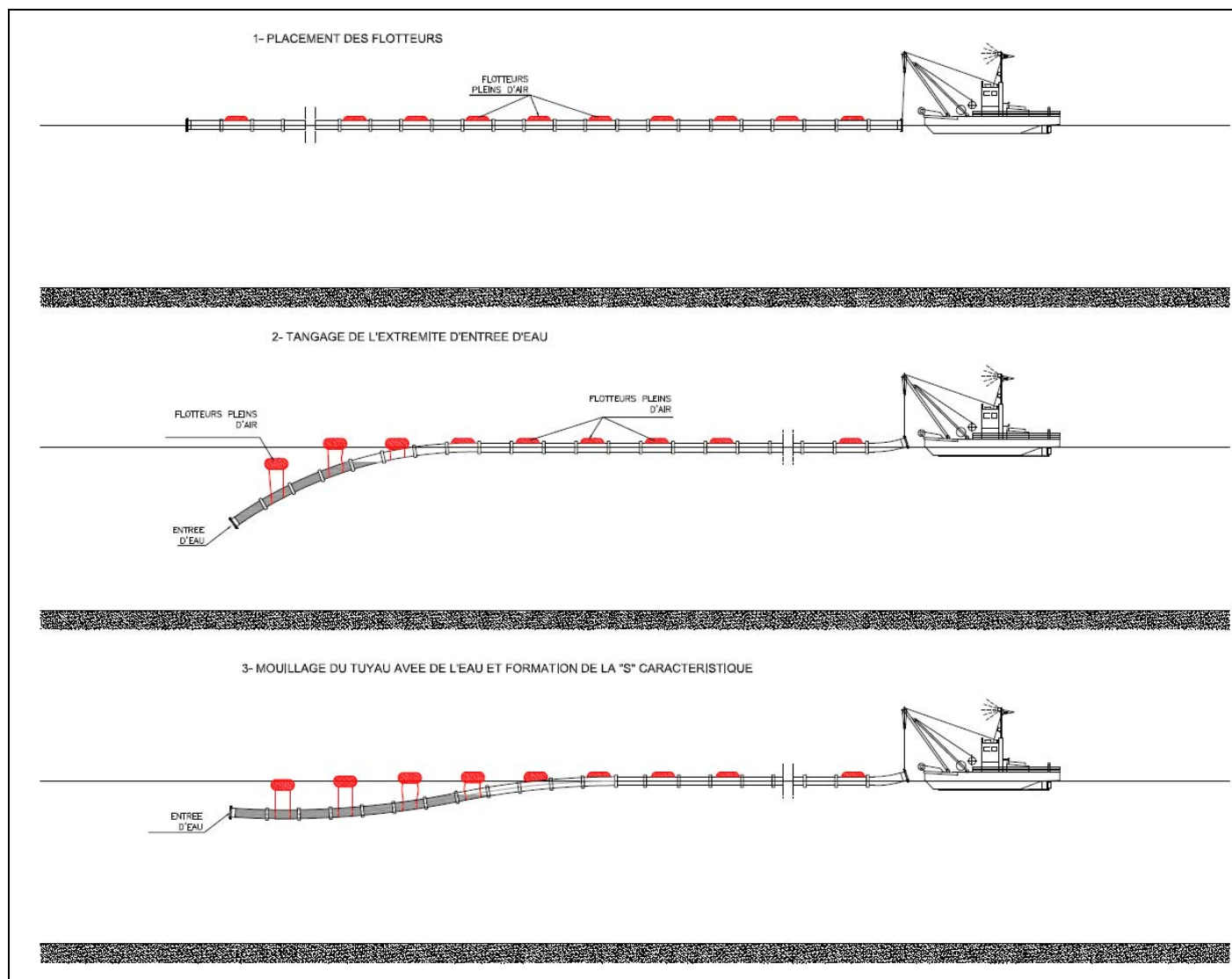
- L'ouverture d'une tranchée sur surface de l'ordre de $800 \times 25 = 20\,000 \text{ m}^2$;
- Le terrassement d'une quantité de déblais de l'ordre de $800 \times (5+25) \times 3/2 = 36\,000 \text{ m}^3$

Étapes d'exécution des travaux maritimes

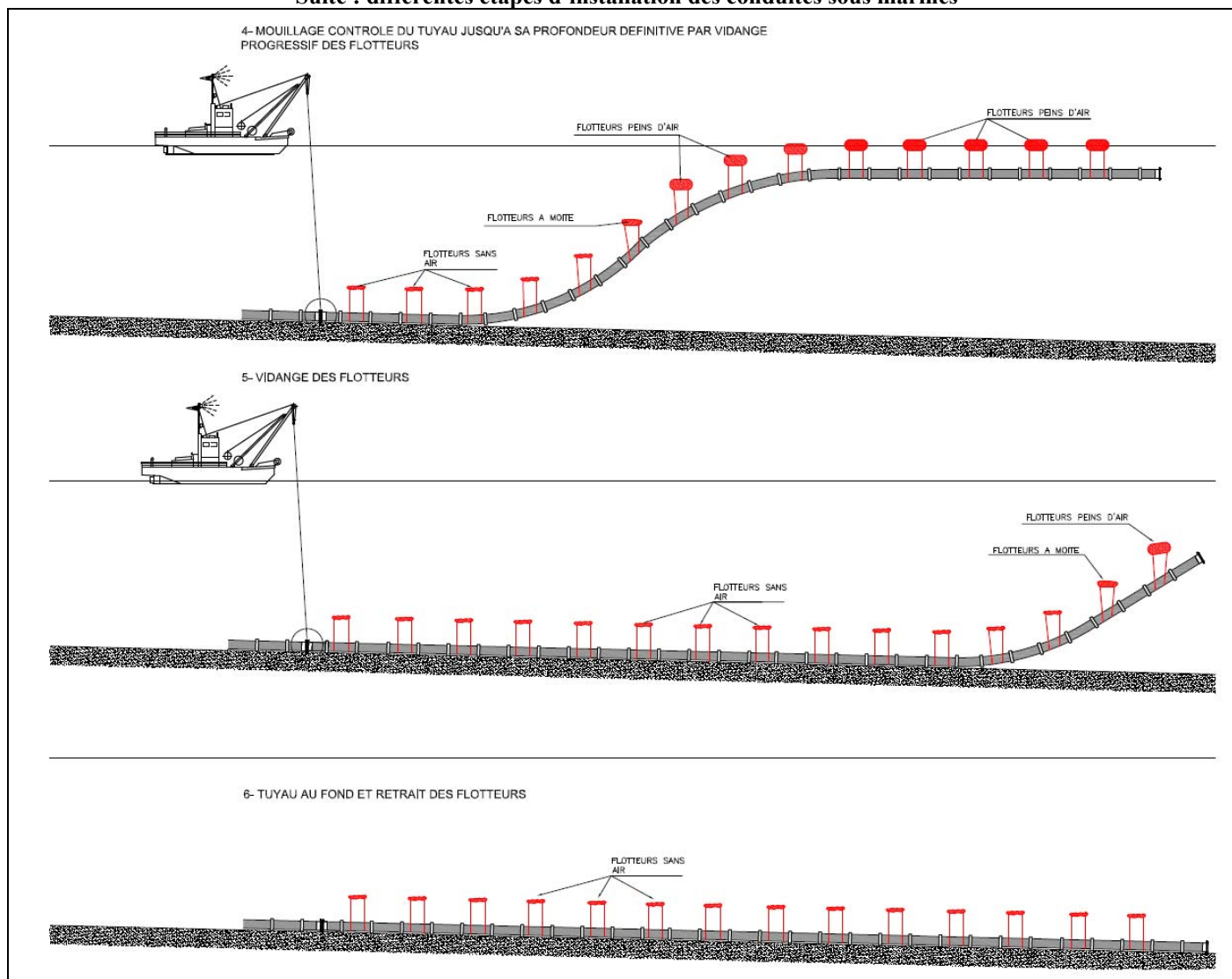
Le mode d'exécution des travaux de pose des conduites marines (au delà de l'estran) comportera les étapes suivantes :

- **Dragage de la tranchée** : L'excavation des tranchées sera effectuée par voie maritime par des engins flottants par une méthode mécanique ou hydraulique.
- **Transport des conduites** : Les conduites marines seront posées par tronçon de 400 à 500m par segments. Ils seront remorqués par voie maritime. Une embarcation auxiliaire tirera à l'autre extrémité pour contrôler plus facilement les mouvements du segment.
- **Procédé mouillage des conduites** : La descente de la conduite se fera à l'aide de flotteurs sur toute sa longueur jusqu'à atteindre la profondeur maximale. Le déroulement de l'installation par descente avec aide de flotteurs se fait en deux étapes distinctes décrites ci-après.
 - **Première étape** : La première étape consiste à noyer complètement et progressivement la conduite alors qu'elle reste suspendue aux flotteurs par des câbles. Ainsi, une fois que la conduite s'est remplie d'eau, elle reste en position horizontale, totalement suspendue aux flotteurs, à quelques mètres de la surface.
 - **Seconde étape de la descente** : Une fois que la conduite est droite et en position horizontale, suspendue aux flotteurs à une longueur fixée par les élingues, on passe à la seconde étape qui consiste à noyer progressivement les flotteurs, en commençant par une extrémité et en avançant jusqu'à ce que la conduite repose sur le fond.
- **Remblayage** : Une fois la conduite en place, on procède à l'étape suivant qui consiste à remblayer la tranchée pour assurer sa stabilité.

La figure suivante illustre les différentes phases de mouillage des conduites marines.

Figure 144 : Différentes étapes de mouillage des conduites sous marines

Suite : différentes étapes d'installation des conduites sous marines



5.2.2.2 *Approvisionnement pour le chantier maritime*

Les divers matériaux et équipements du chantier maritime comporteront :

- 2 conduites de captage Ø2000 mm d'une longueur de 3600 m ;
- Une conduite de rejet Ø1800mm d'une longueur de 4400 m ;
- Des lests préfabriqués des conduites ;
- Deux tours de prise et une tour de rejet ;
- Des divers approvisionnements du projet.

Il est évident que les travaux maritimes nécessiteront un site marin abrité pour le stockage des conduites marines et un site d'embarquement pour l'approvisionnement du chantier marin. En effet la création de ces deux sites sur les côtes de Sfax auront des répercussions sur l'environnement marin tels que.

- L'occupation temporaire de la zone d'embarquement sur la côte durant une période de l'ordre de 10 mois ;
- La déviation temporaire du transit littoral et la génération d'une légère érosion de la côte au cas où le site d'embarquement est choisi sur la plage ;
- L'occupation de la zone marine abris du DPM destinée pour le stockage provisoire des conduites marine. Il y aurait approximativement 18 tronçons de conduite Ø 2000mm de longueur 400m chacun et environ 11 tronçons de conduite Ø 1800mm chacun. En supposant un intervalle de 1m entre deux conduites, la surface totale occupée par les conduites serait de l'ordre 25 000 m² : soit une surface totale brut de l'ordre de 3 hectares occupée pour une période de l'ordre de 3mois ;
- L'impact généré sur la faune et flore de la zone d'occupation temporaire des conduites sous marines ;
- La perturbation de la navigation et l'activité nautique durant l'approvisionnement, le transport et le mouillage des conduites sous marines.

Sur les figures suivantes sont présentés les modes de remorquage et de mouillage des conduites sous marines.



Figure 145 : Mode de remorquage des conduites sous marines du fournisseur vers le site de chantier



Figure 146 : Mode de stockage des conduites dans une zone abritée

5.2.2.3 Pollution générée

Emission atmosphérique : La mobilisation des équipements (barges, pelles, camions, etc....) et les activités d'ouverture de tranchée des conduites sous-marine peuvent engendrer des émissions atmosphériques. Ces dernières seront composées de poussières des engins terrestres et des gaz d'échappements des engins motorisés.

Rejet liquides : Durant les travaux, les rejets hydriques se composent essentiellement d'eaux usées sanitaires des bureaux de chantier et des diverses huiles usées des ateliers d'entretien des engins flottants. Ces rejets seront faibles mais ils pourront polluer les eaux de mer au cas où un plan de gestion adéquat n'est pas mis en place.

Déchets solides : Les déchets solides potentiellement générés durant les travaux maritimes sont :

- Des déchets domestiques générés des consommations du chantier marin ;
- Des déchets industriels générés des ateliers d'entretien et de maintenance (chutes de ferrailles, batteries usées, filtres, etc....) ;
- Des déchets résultant des déblais provenant des travaux d'excavation de la tranchée de pose des conduites marines. La quantité de matériaux générée selon la procédure des travaux décrite ci-dessus est estimée, pour les différents tronçons marins, comme suit :

Tableau 76 : Quantité approximative des matériaux excavés durant les travaux de pose des conduites de transfert en mer

Tronçon	Conduites	Longueur - m	Surfaces excavées en m ²	Volume déblais en m ³
Haut de plage	2Ø2000+1Ø1800	400	8 000	40 800
Estran	2Ø2000+1Ø1800	400	10 000	38 400
Zone de déferlement	2Ø2000+1Ø1800	1300	65 000	273 000
Zone marine jusqu'au captage	2Ø2000+1Ø1800	1 500	60 000	157 500
Zone marine entre le captage et le rejet	1Ø1800	800	20 000	36 000
Total		4 400	163 000	545 700

Soit une quantité totale de dragage de l'ordre de **545 700 m³** de matériaux vaseux et sableux des fonds marins.

Émission de bruit et de vibration : En phase de construction, les nuisances sonores et vibrations sont dues essentiellement à la mobilisation d'engins lourds (barges, remorqueurs, pelles, etc....) et aux travaux d'ouvertures de tranchée et elles peuvent occasionner une gêne essentiellement sur la population maritime de Nakta.

Le tableau suivant récapitule les impacts générés durant les travaux de pose des conduites marines.

Figure 147 : Types de pollution générés pendant les travaux de pose des conduites de transfert en mer

Catégorie	Type de pollution générée
Emission atmosphérique	- Dégagements gazeux des engins mobilisés.
Rejets liquides	- Les rejets des sanitaires dans le chantier ; - Les rejets liquides des ateliers de chantier.
Déchets solides	- Déchets alimentaires des consommations de chantier - Des déchets industriels des ateliers de chantiers ; - Des matériaux de terrassement des tranchées et souilles (545 700 m³).
Emission de bruit et de vibration	- Nuisances sonores et vibrations de la mobilisation d'engins terrestres et marins.

5.2.2.4 Impact sur le milieu naturel

Habitats naturels : Lors de l'aménagement de l'emprise de trois conduites captage-rejets, les herbiers de Posidonie, de Cymodocée, de Halophila et Salicornes vont subir le double impact suivant :

- *Impacts directs* : Les herbiers situés dans l'emprise seront enlevés par suite de la pose des conduites en mer ;
- *Impacts indirects* : Les herbiers situés de part et d'autres de l'emprise vont probablement subir la sédimentation des matières en suspension remuées par suite de l'aménagement de l'emprise. Ceci a un effet sur la croissance des herbiers suite à la réduction du taux de luminosité du fond.

Sur la surface totale excavée de 163 000 m², il y aurait environ une surface moyenne de végétation détruite par le dragage de la souille de l'ordre de (tableau suivant) :

- 8 000 m² de végétation halophile terrestre de haut de plage ;
- 11 500 m² de végétation de Halophila (de l'estran) ;
- 45 320 m² de végétation de Cymodocée (de la zone côtière) ;
- 82 370 m² de végétation de posidonie de la mer.

Pour la faune, Les espèces vivant sur le fond et dont la mobilité est forte pourront fuir de la zone d'emprise vers d'autres zones, par contre, les espèces à mobilité faible comme les bivalves qui vivent dans le sédiment seront touchées par les travaux d'aménagement des conduites de prise d'eau de mer.

La surface occupée de l'estran durant les travaux (produisant la palourde) serait de l'ordre **10 000 m²** (1 hectares environ). Ceci peut être considéré comme minime car la reconquête du milieu à partir des « viviers » voisins risque d'être assez rapide.

Les habitats marins de l'estran

Au niveau de l'estran ce sont les ressources marines de l'étage supralittoral et de l'étage médiolittoral qui seront affectés

Au niveau de l'étage supralittoral, c'est une biocénose des sables fin plus ou moins enrichi de particules fines et à Faciès des phanérogames échouées qui sera touché.

Cette biocénose abrite en particulier des insectes des crustacés isopodes et amphipodes ainsi que des xylophages. Elle est ainsi fréquentée par les oiseaux d'eaux comme zone de nourrissage.

Cette zone représente aussi un habitat en contact supérieur avec la Végétation annuelle halophyte et en contact inférieur avec la moyenne plage

L'emprise de chantier et les excavations vont s'ajouter aux effets du piétinement et des rejets anthropiques.

Au niveau de l'étage médiolittoral, il s'agit de la Biocénose des sables vaseux et vases. Dans cet habitat, très fréquenté par les oiseaux comme aire de nourrissage, la diversité biologique et moyenne. Elle se caractérise par la présence de Cyanophycées, d'annélides, des Mollusques bivalves fouisseurs dont la palourde, des Gastéropodes, des Crustacés amphipodes et Isopodes et les juvéniles de poissons sont aussi présent (muges et sparidés).de même une association à *Halophila stipulacea* (espèce exotique) est aussi présente.

C'est la largeur des emprises des conduites qui va affecter directement les composantes de cet habitat. Le rétablissement de cette biocénose après travaux est certain vu la largeur de la souille limitée.

Les habitats marins

La zone franchement marine concernée par les travaux se situe au niveau de l'étage infralittoral, jusqu'à l'isobathe -10m. L'excavation porte sur une largeur qui varie entre 25 et 50 mètres de largeur. Les impacts touchent la couverture végétale d'une part et la faune et la flore accompagnatrice d'autre part.

Concernant la couverture végétale trois faciès successifs seront affectés : le faciès à *Halophila stipulacea* qui s'étend entre 0,5 et 1.20m, ou **1,15 ha de cette espèce exotique** seront éliminées sachant que le recouvrement constaté varie entre 11 et 44%. Cette espèces à caractère invasifs s'est développée au cours des dernières années au dépend de la Cymodocés.

Le faciès à *Cymodocea nodosa* sera affecté en deuxième lieu à partir de 0,8m de profondeur jusqu'à 4m, avec la densité de 11 à 89%, **4,5 ha de Cymodocés** seront excavés.

Quant à l'herbier de Posidonie, *Posidonia oceanica*, principal habitats de la zone, cet herbier est qualifié de bon état, avec une couverture allant de 11 à 100%, soit un recouvrement moyen de 75%, à travers la zone d'intervention ce sont **8,2 ha** qui seront affectés directement.

L'élimination d'un couvert végétal étendue total de l'ordre de **14 hectares**, avec une couverture moyenne de 89%, représente une biomasse estimée à **18 tonnes en poids sec**, environ pour les feuilles et plus de **36 tonnes pour les racines et les rhizomes**. Cette

biomasse devrait jouer un rôle écologique important par la production d'oxygène et l'exportation de matière organique vers le large ou vers le littoral, le milieu sera aussi privé d'une zone de frayère, de nurserie ou d'habitat large de 14 ha ou des centaines d'espèces et milliers d'individus trouvent refuge. Enfin cette élimination sera aussi perceptible localement en ce qui concerne l'équilibre sédimentaire et la stabilisation du substrat, l'atténuation de la houle et la protection de la plage en face.

Pour l'ensemble de ce couvert végétal et le long du « chenal » excavé deux expectatives sont probables et attendues : l'une positive liée à un certain pourcentage de repousses et de ré-enracinement de ces magnoliophytes, l'autre négative liée à l'ensevelissement d'autres herbiers limitrophes à la zone excavée par les remblais.

Dans la zone on estime que les nombres d'espèces accompagnatrices des herbiers à 104 espèces entre épiphytes, sédentaires, fouisseuses, rampantes ou vagiles, il s'agit de :

- 12 macroalgues
- 3 annélides
- 1 bryozoaire
- 4 spongiaires
- 3 cnidaires
- 4 échinodermes
- 51 mollusques
- 8 crustacés
- 2 ascidies
- 14 poissons

La surface excavée est de l'ordre de 14 ha, prise sur une largeur allant de 25 à 50 m, l'effet sur la biodiversité (spécifique) reste minime. L'impact le plus marqué sera l'effet sur l'herbier de la zone qui va d'une part perdre environ 8ha et d'autre part sera longitudinalement découpé et par suite discontinu. Cette discontinuité affectera la faune accompagnatrice des herbiers, notamment les alevins et la petite faune vagile qui sera incapable de franchir cet espace dénudé. La submersion des conduites devra être parfaite en terme de bathymétrie (identique à l'état initial) pour éviter l'évolution en couloir ou en dos d'âne.

Le tracé d'une conduite submergée persiste longtemps (cas la conduite British Gaz qui date depuis des années) cette apparence est plus remarquable au niveau des herbiers.

Quant aux ressources halieutiques comme déjà signalé la perturbation sera subite essentiellement pendant les travaux, en fin de chantier la répartition et les concentrations des peuplements des poissons, des crustacés ou des mollusques seront rétablis et normalisés.

Tableau 77 : Évaluation des surfaces de la végétation au niveau de l'emprise de la conduite de transfert en mer

Station	Distance à la côte - m		Largeur	Section	Couverture végétation			Surface végétation emprise		
					Posidonie	Cymodocée	Halophila	Posidonie	Cymodocée	Halophila
	0	côte	m	m ²	%	%	%	m ²	m ²	m ²
A31	296	Estran	25	7 393	0%	0%	44%	0	0	3 286
	400	Estran	25	2 607	0%	0%	44%	0	0	1 158
A32	595	Déferlement	50	9 752	0%	89%	11%	0	8 668	1 084
A33	896	Déferlement	50	15 035	0%	78%	22%	0	11 694	3 341
	1 000	Déferlement	50	5 213	0%	78%	22%	0	4 055	1 158
A34	1 196		48	9 614	78%	11%	0%	7 478	1 068	0
A35	1 495		45	14 025	11%	89%	0%	1 558	12 467	0
A36	1 796		43	13 271	33%	56%	11%	4 424	7 373	1 475
	2 000		41	8 545	89%	0%	0%	7 595	0	0
	3 200	Captage	30	42 545	100%	0%	0%	42 545	0	0
B31	3 643		25	11 067	89%	0%	0%	9 837	0	0
B32	3 943		25	7 497	100%	0%	0%	7 497	0	0
	4 000	Rejet	25	1 437	100%	0%	0%	1 437	0	0
TOTAL – m²				148 000				82 371	45 324	11 502

Zones protégées : Les conduites sous-marines ne traversent aucune zone protégée. Donc, la pose des conduites n'a aucun impact sur les zones protégées du gouvernorat de Sfax.

Hydrologie : Le tronçon terrestre du haut de plage ne traverse aucun oued ou un cours, à cet effet les travaux de pose du tronçon terrestre n'auront pas d'impact sur le drainage des eaux superficielles.

Morphologie et géologie : Les travaux d'ouverture de tranchée auront des impacts sur la morphologie de l'emprise traversée qui aura une profondeur moyenne de 8m et une largeur variable de 20 à 50m. Cette tranchée peut entraîner le déplacement de matériaux et par suite la création d'un déséquilibre au niveau du transport solide littoral. Ceci peut entraîner une érosion temporaire des zones proches de la tranchée durant les travaux. D'un autre côté l'accumulation provisoire des matériaux d'excavation à proximité de la tranchée va modifier la morphologie des fonds et la création d'obstacles provisoires qui peut gêner les circulations littorales.

Paysage : La modification du paysage ne serait ressentie que par la population maritime de Nakta puisque la majeure partie de pose sera réalisée en mer. Elle est le résultat des travaux d'ouverture de tranchée (déblais d'excavation, rideaux de palplanches), de l'implantation des pontons flottants et ou de la mobilisation de barge dans la zone du projet. Cette modification sera limitée à la durée de chantier.

Changements climatiques : La pose des conduites en mer n'aura pas des impacts sur les changements climatiques.

Tableau 78 : Impacts sur le milieu naturel de pose des conduites de transfert en mer pendant les travaux

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Habitats naturels	<p>Impact directs au niveau de l'emprise : Une surface totale excavée de 163000 m² comporte :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 8 000 m² de végétation halophile terrestre; • 10 000 m² de surface produisant la palourde • 11 500 m² de végétation de Halophila; • 45 320 m² de végétation de Cymodocée ; • 82 370 m² de végétation de posidonie. <p>Perte d'une biomasse estimée à 18 tonnes en poids sec, environ pour les feuilles et plus de 36 tonnes pour les racines et les rhizomes.</p> <p>Impacts indirects : Pour les zones proches de l'emprise :</p> <ul style="list-style-type: none"> • migration des matériaux solides de dragage vers les habitats proches de la tranchée ; • Fuite des espèces à mobilité fortes (poissons pélagiques, avifaunes, etc....).
Zones protégées	- Non applicable
Hydrologie	- Non applicable
Morphologie et géologie	- Une modification temporaire de la topographie
Paysage	- Une modification de l'aspect paysager
Changements climatiques	- Non applicable

5.2.2.5 *Impact sur le milieu socio-économique*

Déplacement involontaire des gens : Les travaux de pose des conduites seront effectués dans le DPM et la mer. Donc, il n'y aura pas de personnes ou d'habitations à déplacer pour la réalisation du projet.

Métiers et activité locale :

Comme présenté au chapitre précédent "état initial" la frange littorale située entre la digue de Sfax sud et la flèche de Chaffar révèle d'une importance primordiale pour la population maritime locale en particulier pour les familles ayant des revenus moyens à faibles. C'est l'une des zones où l'on pratique la pêche côtière avec des moyens modestes (Zone S2 de 8 Km). L'étendue importante de l'estran offre la souplesse à la population locale d'utiliser des moyens simples de pêche telles que : les petites barques non motorisées, la pêche directe à pied utilisant les éperviers, la pêche directe à pied utilisant des pièges à filets fixes, la pêche à pied de la palourde.

L'horizon inférieur de l'estran est le domaine d'élection des bivalves dont l'importance socio-économique est primordiale pour la population régionale. Les chiffres officiels comptabilisent, une production de palourde de l'ordre **25 tonnes/an** et une population maritime pour ce type de pêche de **159** dont plus 90% est du sexe féminin.

Les impacts sur la population maritime se manifestent principalement :

- L'activité de la pêche à pied pratiquée essentiellement par une population féminine de Nakta et de Gargour. La perturbation sera temporaire durant les travaux par la colonisation d'une surface de l'ordre de 1 hectare au niveau de l'estran. Du côté de la ressource et du stock palourdes, ou ce chantier va détruire une large portion de l'habitat et par suite de la ressource disponible. En rapport avec la pêche de la palourde les centres de purification de coquillages, au nombre de 4 pourront subir les aléas de la dégradation de la qualité des eaux. L'installation du chantier va créer un obstacle au niveau de l'estran ce qui va gêner le déplacement des collecteurs de coquillage. La perturbation ne concernera que la période de collecte qui va d'Octobre à Avril. En dehors de cette période, il n'y aura pas d'impact sur cette activité ;
- L'installation du chantier maritime va également gêner la pêche côtière. Il s'agit d'une pêche plutôt artisanale avec des barques non motorisées ou à faible motorisation (moteurs hors-bord), deux sites de débarquement seront affectés par les travaux celui de Nakta au sud avec 15 à 20 barques côtières soit 30 à 40 marins pêcheurs, et la zone de Gargour au nord avec 10 barques soit 20 marins pêcheurs, les travaux d'excavation vont contribuer directement à une fuite de la faune ichtyque, les poissons vont très rapidement fuir la zone d'activité. De même les perturbations sédimentaires et par de turbidité vont éloigner davantage cette faune ; sachant que les techniques de pêche pratiques sont l'épervier et le trémail, la turbidité des eaux est facteur défavorable de cette pêche. Les pêcheurs de la zone seront obligés d'aller plus loin pour déployer leurs engins et pratiquer leurs métiers. En effet des mesures de sécurité pour les pêcheurs seront prises pour éviter leur rapprochement à la zone de chantier. Ceci va réduire le champ d'activité des pêcheurs utilisant des petites barques pour la pêche côtière.

Ces impacts vont engendrer une baisse de revenu des pêcheurs vivant de cette activité.

Ressources naturelles : Les ressources naturelles concernées par la période des travaux sont relatives aux ressources halieutiques. Ces dernières seront impactées selon la période choisie pour le dragage et bien entendu par l'enlèvement d'une aire de l'ordre de **13 hectares** d'herbiers (Posidonies et Cymodocées) utilisées comme nurserie pour les poissons. Les travaux vont toucher également un élément clé de la production marine, qui est la production primaire planctonique (premier maillon de la chaîne trophique), cette microflore sera partiellement réduite par la réduction de l'éclairement qui réduira la photosynthèse et par suite la biomasse phytoplanctonique. Le phytoplancton va contribuer à la production secondaire du niveau 1 : le zooplancton ; ainsi la nutrition des tous les naissains, les larves, et les alevins sera dépendante. En conséquence un manque de nourriture pour la palourde et pour les poissons et crustacés est attendu, surtout lorsque cette réduction (dû aux travaux) coïncide avec les pics saisonniers de la production chlorophyllienne et les cycles de reproduction des espèces clés.

Infrastructures publiques : Pendant la période de pose des conduites en mer, les deux ports de Sfax et Mahres peuvent être soumis à une perturbation du trafic maritime. Cette perturbation est due essentiellement à l'approvisionnement pour le chantier maritime (transport des conduites et des lests, etc....).

Agriculture : Les travaux de pose des conduites en mer n'auront pas des impacts sur l'agriculture.

Industrie : L'industrie profitera des différents approvisionnements qui seront effectués durant la phase du chantier.

Tourisme : La zone du projet est dépourvue de l'activité touristique. Donc, durant les travaux de construction, on n'aura pas des impacts sur le tourisme.

Patrimoine historique : La zone ne comporte pas de patrimoine historique. Donc, on n'aura pas des impacts à ce niveau.

Genre : L'impact concerne une population maritime féminine qui exerce le métier de pêche à pied dans la zone de l'estran (voir paragraphe ci-dessus).

Santé et hygiène : Pendant la phase de construction, les risques d'accidents seront toujours probables durant:

- L'ouverture des tranchées de pose des conduites en mer ;
- L'installation des pontons flottants ou la mobilisation des barges ;
- Les opérations d'approvisionnement pour le chantier maritime.

Tableau 79 : Impacts sur le milieu socio-économique de pose des conduites de transfert en mer pendant les travaux

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Déplacement involontaire des gens	- Non applicable
Métiers et activité locale	- Une perturbation de la pêche à pied ; - Une réduction des aires de pêche côtière ; - Une baisse de revenu des pêcheurs.
Ressources naturelles	- Réduction des surfaces des herbiers utilisées comme nurserie pour les poissons.
Infrastructures publiques	- Une perturbation du trafic maritime de deux ports de Sfax et Mahres.
Agriculture	- Non applicable
Industrie	- Profits des différents approvisionnements.
Tourisme	- Non applicable
Patrimoine historique	- Non applicable
Genre	- Population féminine de collecte des palourdes.
Santé et hygiène	- L'ouverture des tranchées de pose des conduites en mer ; - L'installation des pontons flottants ou la mobilisation des barges ; - Les opérations d'approvisionnement pour le chantier maritime.

Tableau 80 : Impact de pose des conduites de transfert en mer pendant les travaux

	1 I	2 C	3 D	4 T	5 A	Commentaire
1 Pollution généré						
Emission atmosphérique	1	C	1	-	O	Dégagements gazeux des engins mobilisés.
Rejets liquides	1	P	1	-	O	- Les rejets des sanitaires dans le chantier ; - Les rejets liquides des ateliers de chantier.
Déchets solides	1	C	2	-	O	- Déchets alimentaires de chantier ; - Des déchets industriels des ateliers ; - Des matériaux de terrassement (545 700 m³).
Bruit et de vibration	1	P	1	-	O	- Nuisances sonores et vibrations
2 Environnement naturel						
Habitats naturels	1	C	1	-	O	Impact directs au niveau de l'emprise : Une surface totale excavée de 163000 m ² comporte : <ul style="list-style-type: none"> • 8 000 m² de végétation halophile terrestre; • 10 000 m² de surface produisant la palourde • 11 500 m² de végétation de Halophila; • 45 320 m² de végétation de Cymodocée ; • 82 370 m² de végétation de posidonie. • Perte d'une biomasse estimée à 18 tonnes en poids sec, environ pour les feuilles et plus de 36 tonnes pour les racines et les rhizomes. Impacts indirects : <ul style="list-style-type: none"> • migration des matériaux solides de dragage vers les habitats proches des tranchées • Fuite des espèces à mobilité fortes
Zones protégées						- Non applicable
Hydrologie						- Non applicable
Morphologie et géologie	1	P	3	-	0	- Une modification temporaire de la topographie.
Paysage	1	E	1	-	0	- Une modification de l'aspect paysager.
Changements climatiques						- Non applicable
3 Environnement socio-économique						
Déplacement involontaire des gens						- Non applicable
Métiers et activité locale	2	C	3	+		- Une perturbation de la pêche à pied ; - Une réduction des aires de pêche côtière ; - Une baisse de revenu des pêcheurs.
Ressources naturelles						- Réduction des surfaces des herbiers utilisées comme nurserie pour les poissons.
Infrastructures publiques	1	E	1	-	O	- Une perturbation du trafic maritime
Agriculture						- Non applicable
Industrie	2	C	3	+		- Profits des différents approvisionnements.
Tourisme						- Non applicable
Patrimoine historique						- Non applicable
Genre	2	C	3	+		- Population féminine de collecte des palourdes.
Santé et hygiène	1	E	1	-	O	- L'ouverture des tranchées ; - L'installation des pontons flottants ou la mobilisation des barges ; - Les opérations d'approvisionnement

Légende	1 : Importance	2. Certitude	3. Durée	4. Type impact	5. degrés d'Atténuation
	1 : mineure	C : certain	1 : courte	+ : positif	O : impact corrigible
	2 : moyenne	P : probable	2 : moyenne	- : négatif	N : impact non corrigible
	3 : majeur	E : peu probable	3 : longue		

5.2.3 Les conduites de transfert des eaux osmosées

Cette composante comporte les éléments suivants:

- Le tronçon de la RN1
- Le tronçon de la rocade de Sfax
- Le tronçon la route RN13
- Le tronçon de la piste PK10 – PK14
- Le tronçon de l'autoroute A1
- Les sites des réservoirs SONEDE

5.2.3.1 Procédure des travaux

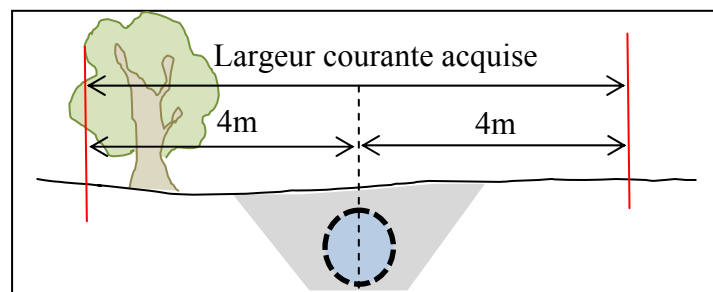
Le réseau de transfert des eaux dessalées sur le Grand Sfax consiste à la réalisation des travaux de pose d'environ 50 Km des conduites en fonte ductile de diamètre variable et la construction de leurs ouvrages annexes destinés à la distribution des eaux dessalées de la station de dessalement Sfax sud. Le tracé du réseau de transfert des eaux osmosées empreinte en majeure partie des routes nationales et des routes locales.

Les principales étapes de construction du réseau de transfert des eaux osmosées sur le grand Sfax sont :

Bornes de repérages : La position des conduites enterrées sera repérée tout au long de son parcours par des bornes de repérage conformément au tracé fourni par la SONEDE. Ce repérage du tracé sera effectué avant le commencement des travaux de pose des conduites du transfert. Cette phase sera réalisée par un géomètre.

Occupation des emprises : Tous les problèmes fonciers et administratifs seront résolus durant cette phase des travaux. Avant le démarrage des travaux de pose des conduites, des opérations d'identification des divers concessionnaires et d'acquisitions avec les concernés seront effectuées par la SONEDE.

En général, pour les terrains agricoles la SONEDE a une procédure qui consiste à acquérir une emprise de 8 m largeur centrée sur l'axe de pose des conduites.

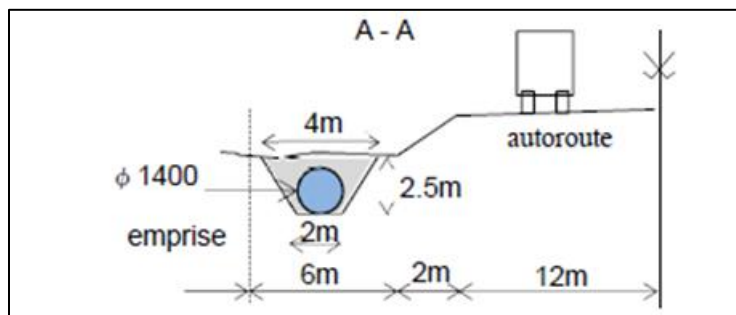


Source: Equipe d'enquête de la JICA

Figure 148 : Schéma des acquisitions courantes réalisées par la SONEDE

Aménagement des chemins d'accès : Comme présenté dans le chapitre 'présentation du projet', l'itinéraire des travaux de pose des conduites suivra des routes nationales, régionales et locales. Donc, aucun nouveau chemin d'accès ne sera aménagé pour la mise en place de la canalisation.

Ouverture des tranchées : Des tranchées de profondeurs variables (largeur d'excavation égale au diamètre extérieur de la conduite majoré par une marge de 0,3m de chaque côté) selon les diamètres des conduites seront ouvertes au niveau de l'emprise du tracé. Ces tranchées seront creusées à l'aide d'engins mécaniques et ou hydrauliques conformément aux plans fournis par la SONEDE.



Source: Equipe d'enquête de la JICA

Figure 149 : Coupe de l'ouverture de tranchée pour les conduites de refoulement Ø1400

Durant les travaux, Les quantités de déblais des travaux d'excavation des tranchées seront les suivants :

Tableau 81 : Quantité approximative des matériaux excavés durant les travaux de pose des conduites de refoulement des eaux osmosées

Section	Longueur m	Largeur de fond m	Largeur surface m	Profondeur moyenne m	Section fouille m ²	Volume excavatio n m ³
Site de la station de dessalement—PK11	26,3	2	4	2,5	78 900	197 250
PK11—Bou Merrra	2,9	1	2	1,6	4 350	6 960
PK11—PK10	6,1	1,6	3,5	2,2	15 250	33 550
PK10—PK14	4,8	1,4	3	2	10 560	21 120
PK14—S.Salah EH	9,4	1,4	3	2	20 680	41 360
Total						300 000

Franchissement des obstacles : Les obstacles particuliers du réseau de transfert des eaux dessalées sur le Grand Sfax sont présentés par des routes, des voies ferrées et des oueds. La traversée des oueds sera effectuée selon la méthode en tranchée à ciel ouvert sans installer un pont. Par contre le franchissement des routes et des voies ferrées sera effectué par la technique de fonçage qui permet le maintien de la circulation durant les travaux.

Préparation du fond des tranchées : Cette tâche consistera à l'enrobage du fond des tranchées par une couche sableuse d'épaisseur 0,2m.

Transport et bardage des conduites : L'opération consistera à transporter et à aligner les conduites le long du tronçon, les uns à la suite des autres.

Pose des conduites dans la tranchée : Cette opération consistera à faire descendre les conduites dans la tranchée à l'aide d'engin approprié (Grues).

Assemblage des conduites et raccords : Les procédures d'assemblage varient en fonction du type de raccordement. Pour un bon raccordement, il faut assurer les conditions suivantes :

- La propreté de toutes les pièces ;
- La bonne position de toutes les conduites ;
- L'alignement parfait des deux conduites à emboîter ;
- Un respect strict des recommandations pour l'assemblage.

Remblayage : Une fois la mise en place des conduites est complétée au fond de la fouille, le remblayage des diverses sections de la conduite s'effectue à l'aide des engins adéquats. La mise en place des avertisseurs est également faite à cette étape.

Essais hydraulique : Avant la mise en service, la canalisation doit être soumise aux épreuves hydrauliques de résistance et d'étanchéité;

Vidange et nettoyage des conduites : Il est important d'évacuer de l'eau présente dans la canalisation une fois l'essai hydrostatique termine.

Remise en état de la zone de travail : Cette opération consistera à reconstituer l'état initial des terrains dans les zones de travail.

5.2.3.2 *Pollution générée*

Émission atmosphérique : La phase de chantier aura des impacts sur la qualité de l'air lié essentiellement à la circulation des engins de transport et de pose. Les impacts correspondants sont liés à l'émission des poussières et à l'émission des gaz d'échappement des engins motorisés.

Rejet liquides : Les rejets liquides sur site de chantier proviendront essentiellement :

- Eaux utilisées pour le test hydraulique : Avant l'entrée en exploitation, les conduites de refoulement subissent une épreuve hydraulique de résistance et d'étanchéité. A l'achèvement de l'épreuve, l'eau utilisée sera rejetée dans un cours d'eau ou dans le réseau de l'ONAS. Le volume d'eau rejetée sera d'environ 120 000 m³ ;
- Eau de nettoyage : Cette phase consiste à écouler l'eau dans la conduite jusqu'à ce que les eaux deviennent propres. Les eaux utilisées pour cette étape et celle précédente sont issus du réseau d'eau potable de la SONEDE, elles sont déversées dans des oueds en zone peri-urbaine et dans le réseau des eaux pluviales en zone urbaine s'il existe ;
- De rejets sanitaires (eaux usées) de chantier : La quantité des eaux usées produites sera faible puisque il n'est pas prévu d'installer des bureaux de chantiers sur l'itinéraire de la conduite. Les ouvriers exploiteront les bureaux de chantier du site principal de la station de dessalement et des bureaux existants des sites des réservoirs de stockage.

Déchets solides : Les travaux de pose des conduites d'adduction sont susceptibles de générer différents types de déchets solides qui sont :

- Déblais d'excavation des travaux d'ouverture des fouilles, des travaux de remblayage et des travaux de remise en état des lieux. Les déchets engendrés par les travaux d'ouverture des tranchées sont estimés à environ 300 000 m³ (voir paragraphe précédent). Ces matériaux seront réutilisés en partie pour le remblayage des tranchées. Une quantité en excès, de l'ordre de 175 000 m³, ne sera pas réutilisée ;
- Déchets de construction : Il s'agit des restes des matériaux de construction, de chutes diverses et de restes des équipements de chantiers (morceaux de conduites, chutes ferrailles, etc.....).

Émission de bruit et de vibration : Durant les travaux, des bruits et des vibrations proviennent essentiellement des engins de chantier (camions, pelles mécaniques, trax, grue, etc....). Ces émissions sont perceptibles essentiellement par le personnel du chantier et les usagers des routes proches du chantier. Elles sont temporaires et locales.

Tableau 82 : Types de pollution générés pendant les travaux de pose des conduites de transfert des eaux osmosées

Catégorie	Type de pollution générée
Émissions atmosphérique	- Émission de poussières et de gaz d'échappement des engins motorisés.
Rejets liquides	- Eaux utilisées pour le test hydraulique (120000m ³) et de nettoyage de la conduite.
Déchets solides	- Déchets de déblais d'excavation des fouilles de pose (175000m ³) ; - Déchets de consommations du chantier ; - Déchets de construction du chantier.
Émission de bruit et de vibration	- Les bruits et vibrations des engins motorisés.

5.2.3.3 Impact sur le milieu naturel

Habitats naturels : Étant donnée la nature de la zone traversée (routes et pistes existantes), l'impact sur la faune et flore sera très limité. Seuls les tronçons traversant les marais maritimes le long de la RN1 affecteront légèrement la flore à proximité de la route.

Zones protégées : Les travaux de construction n'auront aucun impact sur les zones protégées de gouvernorat de Sfax.

Hydrologie : Ce volet concernera les traversées des oueds. Comme présenté au paragraphe précédent, toutes les traversées seront effectuées en mode de siphonage par pose à ciel ouverts dans des tranchées effectuées dans le cadre de ces travaux. Le tableau suivant récapitule les traversées des oueds des différents tronçons de la conduite d'adduction :

Tableau 83 : Traversées des oueds par les conduites de transfert des eaux osmosées

Section	Oued traversée	Situation de la traversé
Site de la station de dessalement—PK11	• Oued Gargour	• PK 3920m
PK11—Bou Merra		
PK11—PK10	• Oued Awabid	• PK 2625
PK10—PK14	• Oued Awabid	• PK 4200
PK14—S.Salah EH	<ul style="list-style-type: none"> • Oued Awabid • Ecoulement • Oued Daroug • Ecoulement • Oued Sidi Salah 	<ul style="list-style-type: none"> • PK 600 m • PK 7590 m • PK 8200 m • PK 8325 m • PK 8730 m

Morphologie et géologie : Les travaux de pose auront des impacts très limités sur la morphologie et la géologie. En effet, l'emprise suivra des routes et pistes, donc, la topographie ne sera pas changée.

Paysage : L'impact visuel des installations de chantier, des ouvertures des tranchées, des déblais excédentaires ou de remblayage et de stockage des conduites peut engendrer une modification temporaire du paysage. Cette modification de paysage ne serait ressentie que par les usagers des routes, des pistes et de la population locale.

Changements climatiques : Des impacts Minimes sont générés à ce niveau par les gaz d'échappement des engins motorisés.

Figure 150 : Impacts sur le milieu naturel pendant les travaux de pose des conduites de transfert des eaux osmosées

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Habitats naturels	- Des impacts minimes sur la faune des marais et des oueds traversés par la conduite.
Zones protégées	- Non applicable
Hydrologie	- 8 points de croisement avec des oueds et écoulement d'eau.
Morphologie et géologie	- Un éventuel risque d'affaissement du sol durant les travaux d'ouverture des tranchées.
Paysage	- Perturbation temporaire du paysage.
Changements climatiques	- Impacts Minimes

5.2.3.4 Impact sur le milieu socio-économique

Déplacement involontaire des gens : Il est à noter que le tracé du réseau de transfert des eaux dessalées suivra des routes et des pistes, donc le projet ne prévoit aucun déplacement involontaire de population.

Métiers et activité locale : Les travaux de pose des conduites vont générer un certain nombre d'emplois directs ou indirects dans la zone du projet. Aussi, ils engendrent une augmentation des échanges à l'intérieur de la zone du projet. Les travaux peuvent également engendrer une perturbation de l'activité des usagers des routes et des pistes et de la population limitrophe.

Ressources naturelles : Il y aurait une consommation d'eau pour le test hydraulique et pour le nettoyage de la conduite. Cette eau serait soustraite des ressources en eau potable du réseau de la SONEDE.

Infrastructures publiques : Selon le tracé de la conduite fourni par l'étude de faisabilité, il y aurait

1. Croisement d'infrastructures routières :

- Route nationale RN1, rocade N°11, route Menzel Chaker et Autoroute Sfax-Gabès ;
- Piste Boumerra et des pistes agricoles ;
- Croisement avec la route Gremda, la route El Ain, la route Lafrane, la route Taniour et l'autoroute A1.

Tableau 84 : Traversées des routes par les conduites de transfert des eaux osmosées

Section	route traversée	Situation de la traversé
Site de la station de dessalement—PK11	<ul style="list-style-type: none"> • Route RN1 • Route Aéroport • Route Menzel Chaker 	<ul style="list-style-type: none"> • PK 8670 m • PK 18440 m • PK 26200 m
PK11—Bou Merra	<ul style="list-style-type: none"> • Route Menzel Chaker 	<ul style="list-style-type: none"> • PK 50 m
PK11—PK10	<ul style="list-style-type: none"> • Route Menzel Chaker • Route El Ain • Route Lafrane 	<ul style="list-style-type: none"> • PK 0 m • PK 2325 m • PK 2610 m
PK10—PK14	<ul style="list-style-type: none"> • Route Gremda 	<ul style="list-style-type: none"> • PK 40 m
PK14—S.Salah EH	<ul style="list-style-type: none"> • Route 1 • Route 2 • Autoroute A1 • Route Sidi Salah 	<ul style="list-style-type: none"> • PK 1970 m • PK 4250 m • PK 6865 m • PK 8740 m

2. Croisement d'infrastructures diverses :

- Un croisement avec la ligne de chemin de fer Sfax-Gabès.
- Des croisements avec câbles électriques, fibres optiques, conduite de gaz et conduite ONAS.

Le franchissement de ces obstacles particuliers sera effectué selon la technique de fonçage. Cette technique permet la mise en place des conduites sans tranchée, tout en évitant les perturbations du chantier en surface.

Le tableau suivant récapitule toutes les infrastructures croisées avec le réseau d'adduction des eaux osmosées :

Tableau 85 : Tableau récapitulatif des obstacles particuliers présents sur l'emprise des conduites de transfert des eaux osmosées

Obstacles	Quantité	situation
Croisement routes	11	• Voir tableau 15
Croisement chemin de fer	1	• PK 8860 m
Croisement conduite gaz	2	• PK 8780 m • PK 11200 m
Croisement câble électrique	2	• PK 1250 m • PK 13240 m
Croisement conduite ONAS	1	• PK 11770 m
Croisement fibre optique	3	• PK 11740 m • PK 18230 m • PK 24400 m
Croisement construction	9	• PK 1250 m • PK 3610 m • PK 6200 m • PK 6550 m • PK 8710 m • PK 11195 m • PK 11705 m • PK 13200 m • PK 24400 m
Total	29	

Cependant, une perturbation assez importante du trafic routier aura lieu durant les travaux de pose. Elle est due essentiellement aux travaux des ouvertures des tranchées, circulation des engins du chantier et à la mobilité sur les aires de pose. Cette perturbation est temporaire et locale puisque les aires de pose changeront selon les tronçons objet de pose.

3. Croisement d'agglomérations urbaines : Il s'agit du passage à travers les agglomérations urbaine et ou passage devant des constructions existantes.

Tableau 86 : Traversées d'agglomérations et/ou passage devant des constructions

Section	Description de la construction	Situation de la traversé
Site de la station de dessalement—PK11	<ul style="list-style-type: none"> • Clôture industrielle • Clôture agricole • Clôture industrielle • Clôture industrielle • Clôture industrielle • Construction • Construction • Construction • Construction 	<ul style="list-style-type: none"> • PK 1250 m • PK 3610 m • PK 6200 m • PK 6550 m • PK 8710 m • PK 11195 m • PK 11705 m • PK 13200 m • PK 24400 m
PK11—Bou Merra	Pas de croisement avec des constructions	
PK11—PK10	Pas de croisement avec les constructions	
PK10—PK14	Pas de croisement avec les constructions	
PK14—S.Salah EH	Pas de croisement avec les constructions	

Agriculture : Les travaux de pose des conduites seront effectués dans le domaine Public Routier. Il n'y aura donc pas ou très peu d'impact sur les terres agricoles limitrophes. Cependant, il pourrait y avoir des émissions de poussière sur les champs situés à proximité de l'emprise de la conduite projetée.

Industrie : L'industrie profitera des différents approvisionnements qui seront effectués durant la phase du chantier. C'est surtout le secteur de construction de tuyauterie et de fourniture de pièces de rechange qui vont bénéficier du projet.

Tourisme : Il est à noter que la zone du projet sera située dans des zones dépourvues de l'activité touristique. Donc, on n'aura pas des impacts sur le tourisme.

Patrimoine historique : L'emprise des conduites d'adduction ne contient aucun site archéologique classé. Le site le plus proche de la zone est celui de Thyna et il est situé à 1 Km de la zone du projet.

Genre : Les travaux de pose de conduite n'aura aucun effet sur le genre.

Santé et hygiène : Les travaux de pose des conduites peuvent engendrer des impacts négatifs sur la santé et l'hygiène des personnels du chantier et les usagers des routes traversées par les conduites de transfert. Ces impacts seront temporaires, et ils concerneront :

- Les nuisances sonores et vibration proviennent de la mobilisation des engins de transport et de terrassement;
- Les accidents éventuels de travail.

Tableau 87 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant les travaux de pose des conduites de transfert des eaux osmosées

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Déplacement involontaire des gens	- Non applicable
Métiers et activité locale	- Emploi durant le chantier ; - Une perturbation des activités locales des usagers des routes et la population limitrophe.
Ressources naturelles	- Utilisation d'eau à partir des ressources potables pour le test et le nettoyage des conduites.
Infrastructures publiques	- 29 points de croisement de routes et d'infrastructures publiques.
Agriculture	- Émissions de poussières pouvant gêner les champs d'oliviers adjacents à l'emprise.
Industrie	- Promotion du secteur industriel de construction de tuyauterie et de fourniture de pièces de rechange.
Tourisme	- Non applicable
Patrimoine historique	- Non applicable
Genre	- Impacts Minimales
Santé et hygiène	- Nuisances dues aux éventuels accidents de travail.

Tableau 88: Impact de pose des conduites de transfert des eaux osmosées pendant les travaux

	1 I	2 C	3 D	4 T	5 A	Commentaire
1 Pollution générée						
Emission atmosphérique	1	C	1	-	O	- Émission de poussières et de gaz d'échappement des engins motorisés.
Rejets liquides	1	C	1	-	O	- Eaux utilisées pour le test hydraulique (120000m ³) et de nettoyage de la conduite.
Déchets solides	1	C	2	-	O	- Déchets de déblais d'excavation des fouilles de pose (175000m ³) ; - Déchets de consommations du chantier ; - Déchets de construction du chantier.
Bruit et de vibration	1	E	1	-	O	- Les bruits et vibrations des engins motorisés.
2 Environnement naturel						
Habitats naturels	1	P	1	-	O	- Des impacts minimes sur la faune des marais et des oueds traversés par la conduite.
Zones protégées						- Non applicable
Hydrologie	1	C	1	-	O	- 8 points de croisement avec des oueds et écoulement d'eau.
Morphologie et géologie	1	E	1	-	O	- Un éventuel risque d'affaissement du sol durant les travaux d'ouverture des tranchées.
Paysage	1	E	1	-	O	- Perturbation temporaire du paysage.
Changements climatiques	1	E	1	-	O	- Impacts Minimes
3 Environnement socio-économique						
Déplacement involontaire des gens						- Non applicable
Métiers et activité locale	2	C	3	+		- Emploi durant le chantier ; - Une perturbation des activités locales des usagers des routes et la population limitrophe.
Ressources naturelles	1	C	1	-	O	- Utilisation d'eau à partir des ressources potables pour le test et le nettoyage des conduites.
Infrastructures publiques	1	C	1	-	O	- 29 points de croisement de routes et d'infrastructures publiques.
Agriculture	1	E	3	-	O	- Émissions de poussières pouvant gêner les champs d'oliviers adjacents à l'emprise.
Industrie	2	C	3	+		- Promotion du secteur industriel de construction de tuyauterie et de fourniture de pièces de rechange.
Tourisme						- Non applicable
Patrimoine historique						- Non applicable
Genre	1	E	1	-	O	- Impacts Minimes
Santé et hygiène	1	E	1	-	O	- Nuisances dues aux éventuels accidents de travail.

Légende
1 : Importance
1 : mineure
2 : moyenne
3 : majeur

2. Certitude
C : certain
P : probable
E : peu probable

3. Durée
1 : courte
2 : moyenne
3 : longue

4. Type impact
+ : positif
- : négatif

5. degrés d'Atténuation
O : impact corrigible
N : impact non corrigible

5.2.4 Les lignes d'alimentation en énergie électrique

Dans ce chapitre, nous présentons une description de la procédure des travaux de réalisation des lignes aériennes HT et une évaluation des impacts potentiels susceptibles de se manifester durant les travaux.

L'évaluation des impacts sera traitée selon les composantes environnementales suivantes :

- Pollution générées (émissions atmosphériques, rejets hydriques et déchets solides) ;
- Milieu naturel (habitats naturels, zones protégées, morphologie et géologie, etc....) ;
- Milieu socio économique (ressources naturels, métiers et activités locales, etc....).

5.2.4.1 Procédure des travaux

Les ouvrages seront réalisés selon les prescriptions en vigueur de l'Union Technique de l'Électricité, la norme de construction CM66 et l'arrêté interministériel en vigueur en France. La procédure doit en outre répondre à toutes les prescriptions et réglementation tunisiennes en vigueur.

La ligne HT sera équipée d'environ 40 pylônes en treillis métalliques de base carrée, avec quatre fondations en béton séparées. Ces pylônes auront une hauteur standard de 40 m et ils seront implantés sur le tracé de la ligne tous les 400 m environ, à l'exception dans le cas où il y a des angles de changement de direction.



Figure 151 : Pylône type six triangles de la ligne HT Thyna-Sfax nord

Les étapes de déroulement des travaux d'implantation de la nouvelle ligne électrique sont les suivantes :

Le repérage et le piquetage sur le terrain: Cette action consiste à matérialiser le tracé de la ligne aérienne sur le sol. Un topographe relèvera tous les éléments topographiques nécessaires

(angles, côtes, obstacles, rivières, routes, chemins de fer etc.). Cette tâche permettra de fixer les positions définitives des pylônes.

Autorisation d'exécution : Elle a pour but de recueillir l'accord des services concernés par la réalisation de la ligne aérienne. Tous les problèmes fonciers et administratifs seront résolus durant cette phase des travaux. Chaque pylône nécessitera une surface de l'ordre de $10 \times 10 = 100 \text{m}^2$ pour la fondation.

Ouvertures des accès : Cette étape consiste à ouvrir les accès pour accéder à l'implantation des pylônes et le montage des lignes électriques ;

Ouverture de fouilles : Les travaux consistent à creuser pour chaque pylône quatre fouilles de 4m^2 chacune à une profondeur de 2 à 3m selon la lithologie des fouilles. Les fouilles seront ouvertes avec des pioches et ou des pelles mécaniques. La surface totale affectée par l'ouverture des fouilles est d'environ 25m^2 .

Exécution des fondations des pylônes : Les travaux de fondation en béton consistent à établir un massif permettant de supporter les pylônes. Ce massif sera fonction du terrain rencontré (fondation profonde ou fondation superficielle).



Figure 152 : Massifs réalisés pour supporter le pylône

Assemblage et levage des pylônes : Dans les endroits d'accès facile, des grues sont utilisées pour lever des parties pré-assemblées. Dans les endroits d'accès difficile, le pylône sera monté à l'avancement, c'est-à-dire cornière par cornière transportée à dos d'homme.

Mise en place des câbles : Le montage des câbles représente le travail le plus délicat dans la construction des lignes. Il comporte deux opérations principales :

- Le déroulage des câbles conducteurs et des câbles de garde ;
- Le réglage et la mise sur pinces des câbles avec le montage des accessoires (bretelles, contrepoids, entretoises, boules de balisage, etc...).

5.2.4.2 Pollution générée

Émissions atmosphériques : Les activités de mise en place de la ligne électrique aérienne HT peuvent engendrer quelques émissions atmosphériques (poussières et gaz d'échappement) par suite au déplacement des engins motorisés dans les pistes agricoles. Les quantités libérées des émissions atmosphériques seront très limitées.

Rejet liquides : Durant les travaux de montage des lignes électriques, il n'y aura pas de rejets liquides ;

Déchets solides : Il s'agit essentiellement des déchets industriels issus des ateliers de montage composés de chutes de ferrailles, de restes d'équipements (câble, emballage, etc...). Les quantités de ces déchets sont faibles et sont facilement maîtrisables.

Émissions de bruit et de vibration : Il s'agit essentiellement des bruits générés par les engins motorisés lors de leurs déplacements dans les pistes agricoles.

Tableau 89 : Types de pollution générés pendant les travaux de réalisation des lignes d'alimentation en énergie électriques

Catégorie	Type de pollution générée
Émissions atmosphérique	- Émission de poussières ; - Dégagements gazeux.
Rejets liquides	- Non applicable
Déchets solides	- Déchets industriel de chutes et de restes de câbles, des ferrailles, etc....
Émissions de bruit et de vibration	- Nuisances sonores causées par les engins motorisés.

5.2.4.3 Impact sur le milieu naturel

Habitats naturels : Les pylônes seront implantés sur des terrains à vocations agricoles (champs d'oliviers et champs d'amandiers). Il sera tenu compte des positions des arbres afin de choisir les emplacements des pylônes dans des terrains nus. L'impact sur les habitats sera donc Minime. De plus, les lignes électriques seront montées à une hauteur minimale de 25m par rapport aux arbres existants ce qui réduit l'impact sur les zones agricoles.

Zones protégées : L'emprise de la ligne HT ne traversera aucune zone protégée, elle se trouvera à plus de 1 Km de la zone protégée la plus proche du gouvernorat de Sfax (>1 Km pour El Gonna ; >6 Km pour la saline de Thyna ; >30 Km pour Kerkennah ; >36 Km pour îles Kneiss).

L'impact du projet est par conséquent nul.

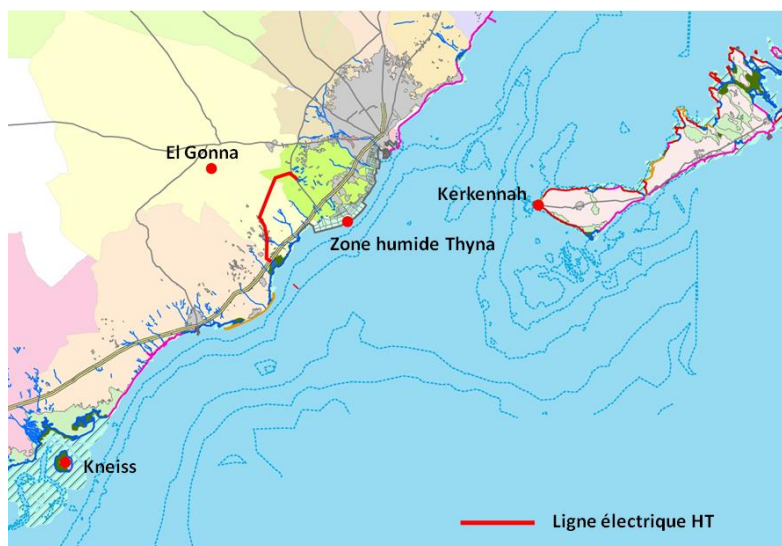


Figure 153 : Situation des zones protégées de Sfax par rapport à la ligne électrique HT

Hydrologie : Bien que la ligne électrique traverse l’oued Cherchar, elle n’aura aucun impact sur le drainage des eaux pluviales. Aucun pylône ne sera implanté dans un lit d’oued.

Morphologie et géologie : Les travaux projetés auront des impacts très limités sur la géologie. En effet, la grande partie de l’emprise traversée par la ligne HT est constituée par un terrain plat, la topographie ne sera ni modifiée ni changée. Aucun impact n’est signalé à ce niveau.

Paysage : La modification du paysage ne serait ressentie que par les usagers de la rocade de Sfax et la RN1 et les habitations de Gargour et Mourij durant la phase de réalisation de la ligne HT puisque la majeure partie du tracé passera à travers des terrains agricoles. Les travaux pourraient affecter l’aspect paysager durant l’implantation des pylônes.

Changements climatiques : Durant les travaux de réalisation de la ligne aérienne HT, il n’y a pas d’impacts engendrés par le projet sur la composante du climat.

Tableau 90 : Impacts sur le milieu naturel pendant les travaux de réalisation des lignes d’alimentation en énergie électriques

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Habitats naturels	- Impact très faible sur les habitats
Zones protégées	- Non applicable
Hydrologie	- Non applicable
Morphologie et géologie	- Non applicable
Paysage	- Modification de l’aspect paysager des usagers de la rocade de Sfax et la RN1 et les habitations de Gargour et Mourij durant la phase de réalisation de la ligne HT.
Changements climatiques	- Non applicable

5.2.4.4 *Impact sur le milieu socio-économique*

Déplacement involontaire des gens : L'implantation de la ligne HT nécessitera uniquement l'implantation de **40 pylônes** dont chacun occupera une surface de 25 m² et aura une surface de servitude de l'ordre de 75 m² : soit une surface totale de 100 m² par pylône et **4 000 m²** pour l'ensemble des pylônes projetés. Les emplacements des pylônes seront choisis de telle façon à éviter les habitations et les arbres fruitiers (oliviers et/ou amandiers). Le transfert de la propriété de ces espaces au profit du Domaine Public Électrique se fera à l'amiable avec les propriétaires. La procédure suivie par la STEG consiste à faire le transfert à l'amiable et à laisser le propriétaire exploiter les terrains pour son propre compte. **Il n'y aurait donc aucun déplacement involontaire des gens.**

Métiers et activité locale : La ligne électrique passera en majorité par des champs agricoles à plantations d'oliviers. Ces derniers sont suffisamment espacés (15 à 20 m entre deux arbres) pour permettre le passage des engins de montage. Le déplacement entre les champs d'oliviers se fera via les pistes existantes et entre les champs avec l'accord préalable des propriétaires. Néanmoins ceci n'exclue pas la possibilité d'une perturbation de l'activité des agriculteurs.

Ressources naturelles : Selon les investigations réalisées sur site, aucune ressource d'eau n'a été identifiée dans l'emprise de la ligne haute tension, à l'exception de l'oued Cherchar non permanent.

Infrastructures publiques : La ligne haute tension projeté va croiser les différentes infrastructures publiques suivantes:

- Croisement avec la rocade N°11 de Sfax au PK 0,78 Km ;
- Croisement avec la route locale RL 926 au PK 3,65 Km ;
- Croisement avec des routes goudronnées aux PK 8,15 Km ; PK 11 Km et PK 12,2 Km (délégations Agareb) ;
- Croisement avec le chemin de fer (Sfax-Gabès) au PK 14,6 Km ;
- Croisement avec la route nationale RN1 au PK 14,7 Km.

Pendant la phase de construction, un risque de perturbation du trafic routier et ferroviaire causé par la forte mobilisation des engins et véhicules dans la zone du projet. Cette perturbation est temporaire et locale puisque les aires d'implantation des lignes électriques changeront selon les tronçons objet d'implantation.

Agriculture : Le tracé de la ligne aérienne passera dans sa majorité par des terrains cultivables (champs d'oliviers et champs d'amandiers). Il sera tenu compte des positions des arbres afin de choisir les emplacements des pylônes dans des terrains nus. Les travaux de construction pourront perturber temporairement l'activité agricole des régions traversées. Ces impacts sur l'agriculture seront Minimes.

Industrie : L'industrie profitera des différents approvisionnements qui seront effectués durant la phase du chantier. C'est surtout le secteur de fabrication de câbles électriques et les accessoires qui vont bénéficier du projet.

Tourisme : Il est à noter que la ligne aérienne haute tension sera située dans des zones dépourvues d'activité touristique. Donc, on n'aura pas d'impacts sur le tourisme.

Patrimoine historique : L'emprise de la ligne HT ne traversera aucun site historique. Donc, on n'aura pas d'impacts sur cette composante environnementale.

Genre : Les travaux d'installation de la ligne haute tension n'aura aucun effet sur le genre.

Santé et hygiène : Pendant la phase de construction, des risques d'accidents sont probables durant:

- L'ouverture des fouilles pour implantation des pylônes ;
- L'assemblage et le levage des pylônes ;
- La mise en place des câbles sur pince.

Tableau 91 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant les travaux de réalisation des lignes d'alimentation en énergie électriques

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Déplacement involontaire des gens	- Non applicable
Métiers et activité locale	- Possibilité d'une perturbation de l'activité des agriculteurs.
Ressources naturelles	- Non applicable
Infrastructures publiques	- 7 points de croisement de routes et chemins de fer ; - Risque de perturbation du trafic routier et ferroviaire.
Agriculture	- Perturbation temporaire de l'activité agricole des régions traversées.
Industrie	- Promotion du secteur industriel de fabrication des câbles et accessoires.
Tourisme	- Non applicable
Patrimoine historique	- Non applicable
Genre	- Non applicable
Santé et hygiène	- L'ouverture des fouilles pour implantation des pylônes ; - L'assemblage et levage des pylônes ; - La mise en place des câbles sur pince.

Tableau 92: Impact de l'installation des lignes électriques durant les travaux

	1	2	3	4	5	Commentaire
	I	C	D	T	A	
1 Pollution généré						
Emission atmosphérique	1	P	1	-	O	- Émission de poussières ; - Dégagements gazeux.
Rejets liquides						- Non applicable
Déchets solides	1	P	1	-	O	- Déchets industriels de chutes et de restes de câbles, des ferrailles, etc....
Bruit et de vibration	1	E	1	-	O	- Nuisances sonores causées par les engins motorisés.
2 Environnement naturel						
Habitats naturels	1	E	1	-	O	- Impact très faible sur les habitats
Zones protégées						- Non applicable
Hydrologie						- Non applicable
Morphologie et géologie						- Non applicable
Paysage	1	C	1	-	N	- Modification de l'aspect paysager des usagers de la rocade de Sfax et la RN1 et les habitations de Gargour et Mourij durant la phase de réalisation de la ligne haute tension.
Changements climatiques						- Non applicable
3 Environnement socio-économique						
Déplacement involontaire des gens						- Non applicable
Métiers et activité locale	1	E	1	-	O	- Possibilité d'une perturbation de l'activité des agriculteurs.
Ressources naturelles						- Non applicable
Infrastructures publiques	1	P	1	-	O	- 7 points de croisement de routes et chemins de fer ; - Risque de perturbation du trafic routier et ferroviaire.
Agriculture	3	C	3	-	O	- Perturbation temporaire de l'activité agricole des régions traversées.
Industrie	1	P	1	+		- Promotion du secteur industriel de fabrication des câbles et accessoires.
Tourisme						- Non applicable
Patrimoine historique						- Non applicable
Genre						- Non applicable
Santé et hygiène	1	P	1	-	O	- L'ouverture des fouilles pour implantation des pylônes ; - L'assemblage et levage des pylônes ; - La mise en place des câbles sur pince.

Légende 1 : Importance 2. Certitude 3. Durée 4. Type impact 5. degrés d'Atténuation
 1 : mineure C : certain 1 : courte + : positif O : impact corrigible
 2 : moyenne P : probable 2 : moyenne - : négatif N : impact non corrigible
 3 : majeur E : peu probable 3 : longue

5.3 Impact durant l'exploitation

5.3.1 La station de dessalement

5.3.1.1 Renforcement des ressources en eau potables

Le projet va générer une nouvelle ressource d'eau potable non conventionnelle de 200 000 m³/jour ce qui représente un renforcement de l'ordre de **73 millions de m³ par an** pour les ressources en eau de la Tunisie. Les retombées seront bénéfiques essentiellement pour les aspects suivants :

Les ressources en eau utilisées dans le Gouvernorat de Sfax proviennent du système d'adduction des eaux du nord, du réseau des eaux souterraines de Jelma-Sbeitla situé dans le Gouvernorat de Sidi Bouzid, et des nappes phréatiques du Gouvernorat de Sfax. Le volume total actuellement consommé à partir de ces trois ressources s'élève à environ 200 000 m³/jour (figure suivantes).

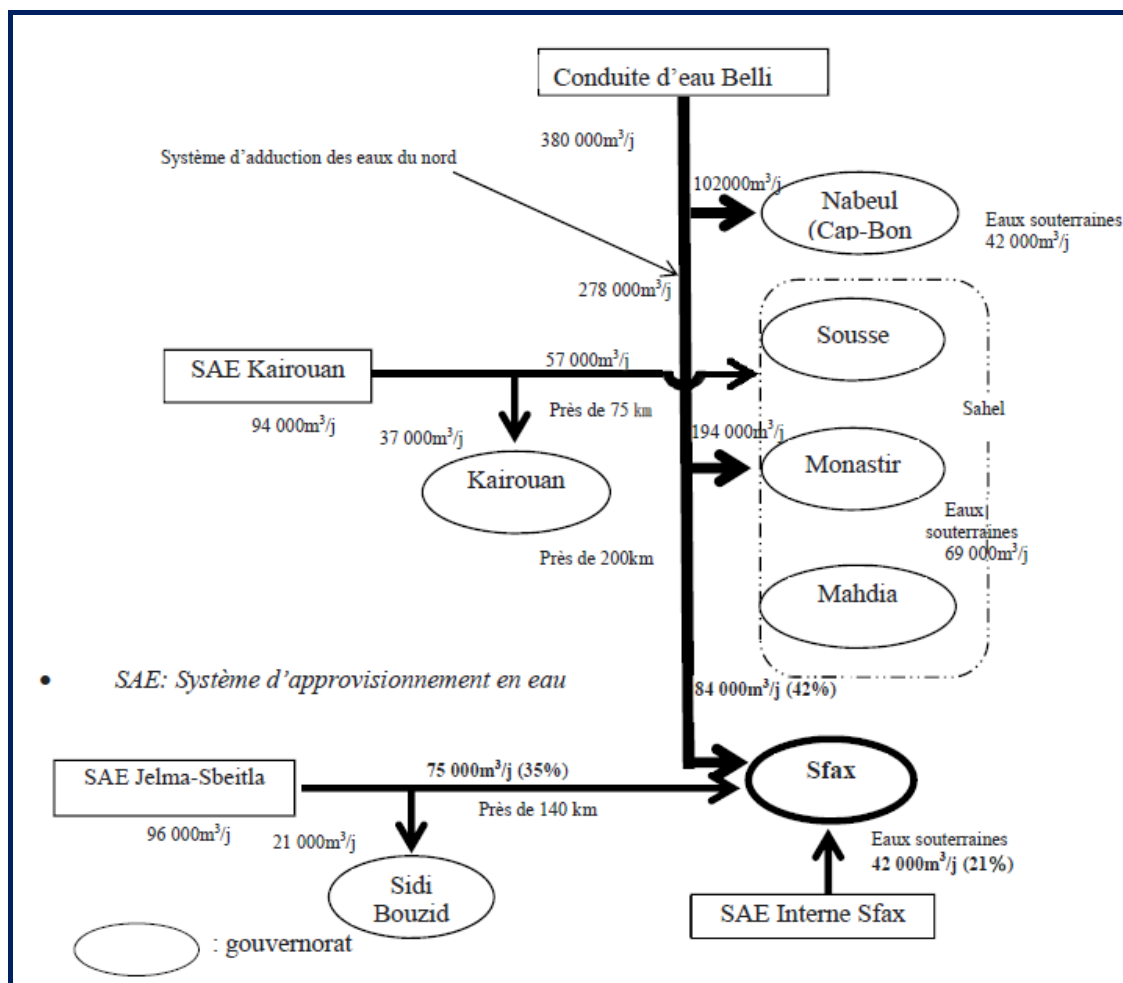


Figure 154: Ressources en eau potables actuellement desservies à Sfax

Source : Étude de faisabilité JICA, 2015

Actuellement la ville de Sfax dépend de trois ressources qui sortent de sa gestion :

- **Les eaux du nord** : Dans le nord de la Tunisie, l'eau de surface est utilisée à partir des réservoirs et de barrages. Après son traitement dans la station de traitement de Belli, l'eau est transmise du Nord vers les 7 gouvernorats du Centre et du Sud à travers le système de transfert des Eaux du Nord. Le Grand Sfax se trouve plus en aval. Par conséquent, l'eau restante est transportée au Grand Sfax après extraction de la quantité d'eau nécessaire en amont. Donc la ville de Sfax est à la fin de la chaîne de transfert et elle menacée par des coupures et des arrivées de l'eau ;
- **Les eaux souterraines de Jelma- Sbeitla** situées dans le Gouvernorat de Sidi Bouzid sont relativement de bonne qualité. L'eau souterraine est consommée dans le gouvernorat de Sidi Bouzid, puis transmise vers le Grand Sfax. Comme pour les eaux du nord, la ville de Sfax reste à la fin de chaîne de transfert ;
- **Les eaux souterraines dans le Gouvernorat de Sfax** sont pompées à partir des nappes profondes. Pour préserver les eaux souterraines, l'extraction se fait sur autorisation spéciale accordée par le Ministère de l'Agriculture. Les problèmes à signaler sont les quantités limitées à extraire et la salinité élevée des eaux extraites qui est en général supérieure à 3 g/L.

L'entrée de la station de dessalement de Sfax en exploitation va d'une part, renforcer la chaîne globale d'exploitation des eaux potables et, d'autre part, doter la ville de Sfax d'une source propre qui peut être gérée à l'échelle locale. Les deux figures ci-dessous montrent une comparaison entre la situation sans projet et avec projet de renforcement des ressources avec la station de dessalement de Sfax.

La mise en service de la station de dessalement de Sfax sud renforcera la chaîne d'alimentation à partir des ressources et surface (Les eaux du nord) et aussi les ressources souterraines de Sfax, de Jelma et de Sbeitla.

Le tableau suivant donne l'exploitation actuelle des ressources souterraines par rapport aux ressources allouées par le Ministère de l'Agriculture.

Tableau 93 : état d'exploitation des ressources souterraines

D'après étude de faisabilité JICA

unité: million m³/ar

Site	Année	Usage domestique	industriel	agricole	Total	limite d'extraction	Extraction excessive
Gouvernorat de Sfax	2010	5,6	12,7	7,6	25,9	25,5	▲0,4
	2011	6,3	11,8	8,7	26,8	25,5	▲1,3
	2012	8,8	8,5	6,6	23,9	25,5	1,6
Sources de Jelam	2010	22,0	-	9,0	31,0	27,8	▲3,2
Sources de Sbeitla	2009	9,2	0,1	6,8	16,1	13,5	▲2,6

Note: L'extraction pour usage industriel a été grandement réduite en 2011 et 2012 à cause de la révolution.

Source: Equipe d'étude de la JICA

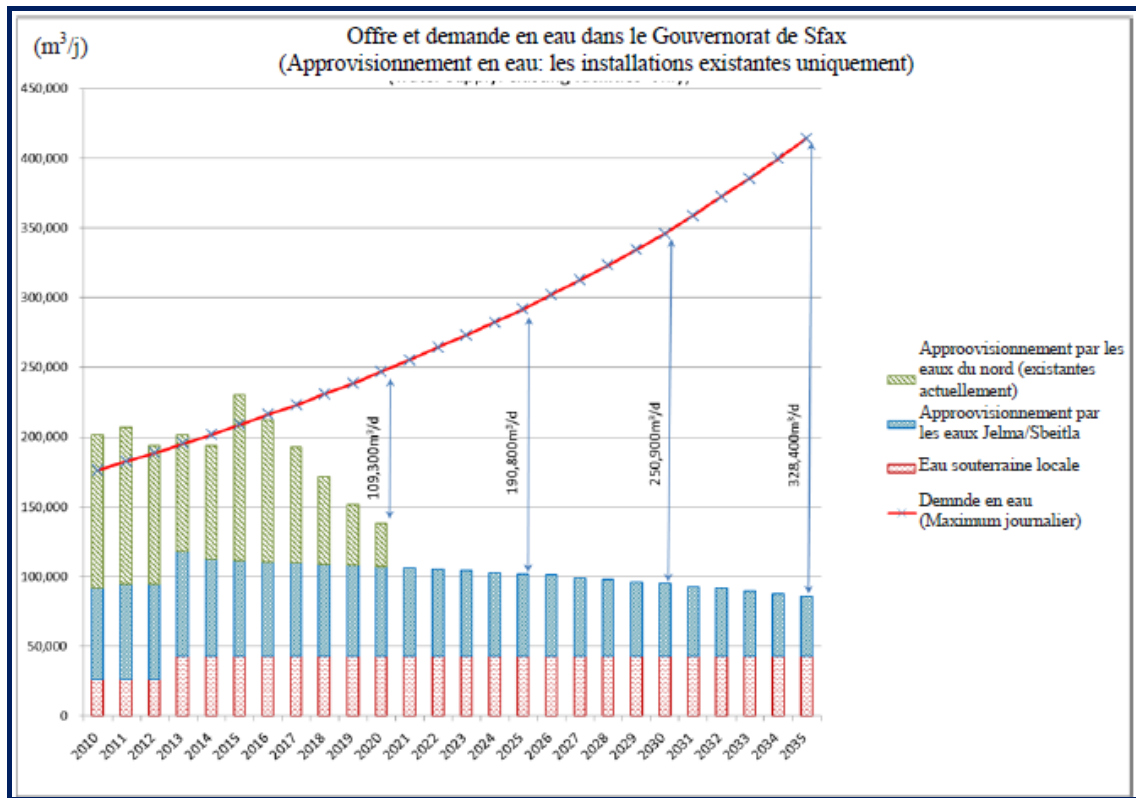


Figure 155 : Évolution des besoins en eau par rapport aux ressources actuelles dans le gouvernorat de Sfax

Source : Étude de faisabilité JICA, 2015

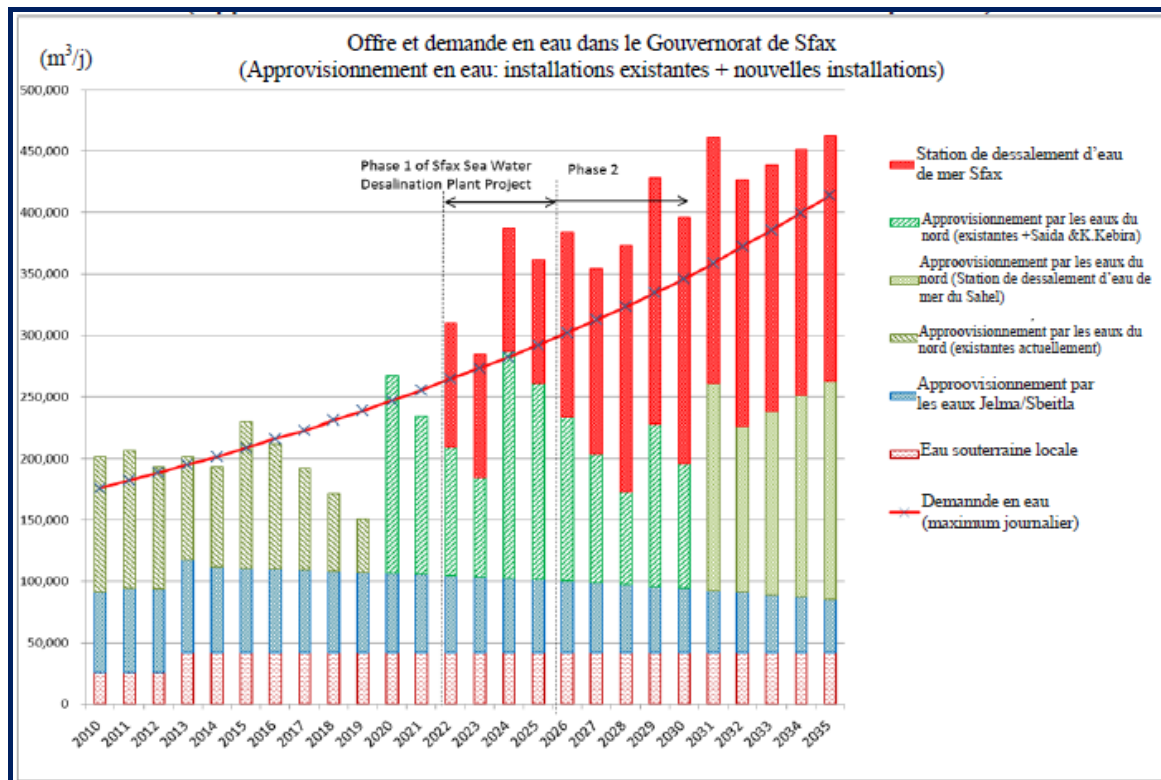


Figure 156 : Évolution des besoins en eau par rapport aux ressources futures dans le gouvernorat de Sfax avec la mise en service de la station de dessalement de Sfax Sud

Source : Étude de faisabilité JICA, 2015

5.3.1.2 *Pollution générée*

Pendant la phase d'exploitation de la station de dessalement, les différents types de pollution générés sont récapitulés dans ce qui suit:

Émission atmosphérique : Pendant la phase d'exploitation, il n'y aurait ni émission atmosphérique ni émanation d'odeur nauséabonde. La source d'énergie principale est l'électricité de la STEG qui est une source non polluante.

Rejet liquides : Durant l'exploitation de la station de dessalement, on distingue les rejets liquides suivants:

- Les eaux usées d'origine domestiques (sanitaire et entretien des équipements) ;
- Les rejets de saumures (**240 444 m³/j**) provenant de l'unité d'osmose inverse ;
- Les eaux de lavage des filtres à sable. Ces eaux sont recyclées des eaux de la saumure avec un débit de l'ordre de **4 000 m³/j**.

Les eaux domestiques : Il s'agit des eaux des douches et des toilettes du personnel d'exploitation permanent de la station de dessalement. En se basant sur un effectif moyen de 20 personnes dans la station de dessalement, la quantité totale serait de l'ordre de **2m³/jour**. Du point de vue qualité, ces eaux sont domestiques et sont en général collectées dans une fosse septique étanche puis transportées vers la station d'épuration de l'ONAS.

La saumure : Le procédé de l'osmose inverse génère un débit d'une saumure de **244 444 m³/jour**. L'opération de dessalement consiste à une séparation entre une partie de l'eau (le solvant) et les sels dissous (en partie) ce qui induit une concentration des sels. Finalement, les sels dissous qui étaient dans un volume V , vont se retrouver en grande partie dans un volume plus réduit égal à $(1-T_c) \times V$ où T_c est le taux de conversion. Le tableau suivant récapitule la qualité des eaux de la saumure comparée à la qualité de l'eau brute pompée selon le taux de conversion de la station de dessalement :

Tableau 94 : Composition chimique attendue dans la saumure due à l'osmose

Désignation	unité	Eau de mer brute	Saumure
Turbidité	NTU	4.93	négligeable
Température	°C	14-25	
pH		8.15	7.66
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	400	712
Magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/l	1516	2699
Sodium (Na ⁺⁺)	mg/l	12889	22817
Potassium (K ⁺)	mg/l	370	654
Carbonates (CO ₃ ⁻)	mg/l	0	25
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	213	368
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	21 540	41822
Sulfates (SO ₄ ⁻)	mg/l	2154	3839
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	9	15
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	-	-
Résidu sec (RS)	mg/l	40 500	73.0

En se basant sur les résultats des quantités des divers produits chimiques utilisés, les produits résiduels dans la saumure seront comme suit :

Tableau 95: Impact des produits utilisés sur la qualité de la saumure

Désignation		Consommation annuelle Kg/an	Produit résiduel	destination
Prise d'eau de mer	Hypochlorite de sodium	27 720	Na	Tour de prise
Prétraitement	Hypochlorite de sodium	1 946 000	Na, Cl	saumure
	Chlorure ferrique	904 000	Cl Fe	saumure
	Métabisulfite de sodium	348 000	Na	saumure
Post-traitement	Hypochlorite de sodium	438 000	Na	Eau potable
	Hydroxyde de sodium	636 000	Na	Eau potable
Osiose inverse	inhibiteur d'incrustation	464 000	Cl Na	saumure

La qualité finale des eaux de la saumure, comparée à la norme tunisienne de rejet, avec la prise en compte des produits chimiques ajoutée est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 96 : Composition chimique attendue dans la saumure comparée à la norme de rejet en Tunisie

Désignation	unité	Eau de mer brute	Saumure	Norme de rejet en mer NT 106.002
Turbidité	NTU	4.93	négligeable	
Température	°C	14-25		<35°C
pH		8.15	7.66	6,5 à 9
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	400	712	Sans exigence
Magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/l	1516	2699	2 000
Sodium (Na ⁺⁺)	mg/l	12 889	22 817 + 3*	Sans exigence
Potassium (K ⁺)	mg/l	370	654	1 000
Carbonates (CO ₃ ²⁻)	mg/l	0	25	Sans exigence
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	213	368	Sans exigence
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	21 540	41 822 + 5*	Sans exigence
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/l	2154	3839	1 000
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	9	15	90
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	-	-	5
Résidu sec (RS)	mg/l	40 500	73.0	Sans exigence
Fer (Fe)	Mg/l	0	0,95 *	1

* surconcentration due à l'utilisation des produits chimiques

Les concentrations élevées de certains composés dont les sulfates ou le Magnésium proviennent de l'eau brute initiale qui a été concentrée suite à l'opération de dessalement. **Ces concentrations n'ont pas été induites par l'ajout de produits chimiques.** Notons que la concentration de l'eau brute de la mer en sulfates (2 154 mg/l) n'est pas conforme à la norme de rejet (2000 mg/l). Les autres paramètres restent conformes à la norme de rejet en mer.

Les eaux de lavage des filtres : Un débit journalier de **4000 m³/jour** est recyclé pour laver les filtres des diverses matières solides et planctoniques, puis les produits de lavage sont recyclés avec la saumure qui est rejetée en mer par un émissaire. En se basant sur une concentration maximale de 10 mg/l de MES et d'une concentration maximale de 1mg/l de plancton dans l'eau brute, les eaux de lavage vont contenir environ 4,5 Kg de Matière solide et 0,45 Kg de matière organique ce qui donnerait une concentration dans la saumure de **18 mg/l** de MES et de **0,18 mg/l** de matière organique. Cette valeur des MES reste inférieure à la norme de rejet dans le milieu marin de 30 mg/l.

Déchets solides : Les déchets solides générés lors de l'exploitation de la station de dessalement comprennent les éléments suivants :

- Des cartouches filtrantes qui sont au nombre de $4 \times 10 \times 410 = 16\ 400$ sont renouvelées tout les six mois, soit une consommation annuelle moyenne de 32800 cartouches ayant un volume total de l'ordre de **100 m³ par an**;
- Des modules d'osmose inverse qui sont au nombre de 17 080 sont renouvelés une fois tous les cinq ans, c.à.d. 3416 modules d'osmose inverse sont renouvelés chaque années. Le volume total des modules d'osmoses inverses est de l'ordre de **110 m³ par an** ;
- Déchets industriels de la station : ferrailles et pièces de machines cassées et rouillées, déchets d'emballage, déchets divers.
- Déchets de bureau qui proviennent des diverses consommations de personnels de la station. Ils se composent généralement de reste d'aliment et d'emballages alimentaires (sachets, bouteilles plastiques, etc...).

Emission de bruit et de vibration : Les équipements de la station de dessalement sont sans effet sonore négatif. En effet, la SONDE n'autorise pas des équipements dont l'effet sonore dépasse la norme. En ce qui concerne les vibrations, tous les équipements utilisés, seront conformes aux normes et ne produisent aucune menace de vibration. Aussi, ces équipements seront installés à l'intérieur des bâtiments pour atténuer l'effet de bruit et de vibration à l'extérieur. Egalement, Il faut noter que l'emplacement de la station est une mesure d'atténuation de l'impact sonore. Nous considérons donc, que la station de dessalement n'aura pas d'impact négatif sur l'environnement sonore et vibration.

Tableau 97 : Types de pollution générés pendant l'exploitation de la station de dessalement

Catégorie	Type de pollution générée
Emission atmosphérique	- Non applicable
- Rejets liquides	- Les eaux domestiques : Ils seraient de l'ordre de 2m ³ /jour. - La saumure : Le procédé de l'osmose inverse génère un débit d'une saumure de 244 444 m ³ /jour. - Les eaux de lavage des filtres : Un débit journalier de 4000 m ³ /jour est recyclé pour laver les filtres des diverses matières solides et planctoniques, puis les produits de lavage sont recyclés avec la saumure qui est rejetée en mer par un émissaire.
Déchets solides	- Une consommation annuelle moyenne de 32800 cartouches ayant un volume total de l'ordre de 100 m ³ ; - Une consommation annuelle moyenne de 3416 modules d'osmose inverse ayant un volume total de l'ordre de 110 m ³ ; - Déchets industriels de la station (ferrailles et pièces de machines cassées et rouillées, déchets d'emballage, déchets divers). - Déchets de bureau (sachets, bouteilles plastiques, etc...).
Emission de bruit et de vibration	- Non applicable

5.3.1.3 Impact sur le milieu naturel

Habitats naturels : Le fonctionnement de la station de dessalement n'a aucun impact sur la faune et la flore dans la zone d'étude.

Zones protégées : Aucune aire protégée n'existe dans la zone d'implantation de la station de dessalement. Donc, l'impact sera nul lors de fonctionnement de la station sur les zones protégées.

Hydrologie : Durant la période d'exploitation de la station de dessalement, aucun impact négatif ne sera manifesté sur l'hydrologie de la zone. Par ailleurs, cette station va générer une nouvelle ressource d'eau potable non conventionnelle d'une quantité de 200 000 m³/jour ce qui représente un apport important dont les conséquences sont positives sur tous les niveaux. La création d'une nouvelle ressource non conventionnelle d'eau potable va soulager les réserves hydrologiques de surface en Tunisie et en particulier le système de transfert des eaux du nord décrit ci-dessus.

Morphologie et géologie : Aucune modification ne sera réalisée sur la morphologie et la géologie de la zone durant la période d'exploitation de la station de dessalement. Néanmoins, pour éviter l'inondabilité du site à long termes, il serait nécessaire de rehausser légèrement le site par rapport à son niveau actuel.

Paysage : Toute intrusion de nouveaux éléments dans le champ visuel a un impact sur la qualité du paysage. On note que la station sera l'élément dominant dans le paysage global de la zone puisqu'elle est implantée dans une zone de marais maritime au bord de la mer.

Changements climatiques : Les impacts sont Minimes durant l'exploitation de la station par les émissions gazeuses des équipements de la station.

Tableau 98 : Impacts sur le milieu naturel pendant l'exploitation de la station de dessalement

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Habitats naturels	- Non applicable
Zones protégées	- Non applicable
Hydrologie	- Création d'une nouvelle de ressource non conventionnelle d'eau potable (200 000m ³ /j) qui va soulager les réserves hydrologiques
Morphologie et géologie	- Non applicable
Paysage	- La station devient l'élément dominant dans le paysage global de la zone
Changements climatiques	- Impact faible

5.3.1.4 Impact sur le milieu socio-économique

Déplacement involontaire des gens : La station de dessalement sera formée par des bâtiments classiques de Génie Civil. Il n'y aurait pas d'activités durant l'exploitation pouvant déranger les riverains. A cet effet aucun déplacement involontaire ne sera effectué durant l'exploitation de la station de dessalement ;

Métiers et activité locale : La création de cette station va générer un certains nombre d'emplois durant la phase d'exploitation (directement au sein de la station ou indirectement dans les secteurs des services).

Par ailleurs, la création de cette station aura un impact positif sur les activités locales de la population maritime (pêcheurs et collecteurs des clovisses) de la zone de Nakta par les nouvelles infrastructures (routes) créés pour la station. Ces routes vont faciliter l'accès des personnes en mer pour exercer leur métier. Notons aussi que durant l'exploitation l'estran sera remis à son état initial et l'activité de la pêche à pied sera reprise.

Ressources naturelles : La station de dessalement va générer une nouvelle ressource d'eau potable non conventionnelle d'une quantité de **200 000 m³/jour** ce qui représente un apport important dont les conséquences sont positives sur les ressources en eaux.

La création d'une nouvelle ressource non conventionnelle d'eau potable va soulager les réserves hydrologiques et hydrogéologiques de Sfax, Jelma et Kasserine.

Infrastructures publiques : L'usine de dessalement sera reliée par la RN1 par des routes goudronnées pour l'accès des camions, des machines et des employeurs de la station. Un réseau d'éclairage sera mis en place alentours de la station. Ces installations seront bénéficiaires essentiellement pour la population de la zone de Nakta.

Agriculture : Le secteur agricole bénéficiera du renforcement des ressources en eau potable. Les réserves hydrologiques et hydrogéologiques seront soulagées partiellement au profit de l'agriculture. Le secteur agricole aura plus de souplesse pour l'utilisation des eaux de la nappe phréatique ou des eaux de la nappe profonde.

Industrie : La station de dessalement introduira une consommation supplémentaire en énergie électrique et quelques produits chimiques pour le Process de dessalement. L'énergie électrique sera desservie de poste Thyna (STEG) par le biais d'une nouvelle ligne électrique haute tension. Les produits chimiques et les membranes seront assurés par des fournisseurs. Ces divers types de consommation introduiront au circuit économique un nouveau maillon positif. Notons aussi que le secteur industriel consommateur de l'eau bénéficiera de la disponibilité des nouvelles ressources créées.

Tourisme : Sfax est une ville côtière dépourvue de zones touristiques. L'activité touristique est en effet très limitée et concerne essentiellement le tourisme d'affaire. Mais, actuellement, le projet Taparoura ouvre des perspectives nouvelles pour le développement de ce secteur dans la ville de Sfax. Donc, la réalisation de la station aura un impact positif pour le tourisme puisque elle offrira des ressources en eau pour les hôtels.

Patrimoine historique : Le fonctionnement de la station n'aura pas des impacts sur le patrimoine historique.

Genre : Il est à noter que les zones rurales de la région d'études sont dépourvues de réseaux de distribution d'eau potable. Ces zones se desservent en eau essentiellement par des citernes à partir des potences d'un réseau collectif ou partir des bassins collecteurs des eaux pluviales (Majel). Les femmes jouent un rôle très important pour ce qui concerne la collecte des eaux dans ces zones rurales aux alentours de la station de dessalement. La disponibilité des nouvelles ressources potables par cette station va certainement améliorer la situation sociale de la femme dans la région.

Santé et hygiène : La station va produire une eau de très bonne qualité (salinité inférieure à 0,5g/l) conforme aux normes internationales de potabilité. Ceci ne peut être que bénéfique pour la santé et l'hygiène de la population de Sfax.

Tableau 99 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant l'exploitation de la station de dessalement

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Déplacement involontaire des gens	- Non applicable
Métiers et activité locale	- Création de certains nombre d'emplois en phase d'exploitation de la station de dessalement - Impact positif sur les activités locales de la population maritime par les nouvelles infrastructures (routes) créées pour la station.
Ressources naturelles	- Le projet va soulager la surexploitation des ressources en eaux de Sfax et Kasserine
Infrastructures publiques	- Installation des nouvelles infrastructures qui seront bénéficiaires essentiellement pour la population de la zone de Nakta.
Agriculture	- Le secteur agricole aura plus de souplesse pour l'utilisation des eaux de la nappe phréatique ou des eaux de la nappe profonde.
Industrie	- Production supplémentaire de l'énergie (STEG) - Importation des produits chimiques et des membranes de quelques fournisseurs tunisiens ou étrangers.
Tourisme	- La réalisation de la station aura un impact positif pour le tourisme puisque elle offrira des ressources en eau pour les hôtels.
Patrimoine historique	- Non applicable
Genre	- Le fonctionnement de la station aura un impact positif sur la condition de la femme.
Santé et hygiène	- Le bon fonctionnement de la station va produire une eau de très bonne qualité (salinité inférieure à 0,5g/l) qui ne peut être que bénéfique pour la santé et l'hygiène de la population de Sfax.

Tableau 100 : Impact de la station de dessalement pendant l'exploitation

	1 I	2 C	3 D	4 T	5 A	Commentaire
1 Pollution généré						
Emission atmosphérique						- Non applicable
Rejets liquides	3	C	3	-	O	- Les eaux domestiques (2m3/jour) - La saumure (244 444 m3/jour) - Les eaux de lavage des filtres (4000 m3/jour)
Déchets solides	2	C	3	-	O	- Une consommation annuelle moyenne de 32800 cartouches ayant un volume total de l'ordre de 100 m3 ; - Une consommation annuelle moyenne de 3416 modules d'osmose inverse ayant un volume total de l'ordre de 110 m3 ; - Déchets industriels de la station (ferrailles et pièces de machines cassées et rouillées, déchets d'emballage, déchets divers). - Déchets de bureau (sachets, bouteilles plastiques, etc...).
Bruit et de vibration						- Non applicable
2 Environnement naturel						
Habitats naturels						- Non applicable
Zones protégées						- Non applicable
Hydrologie	3	C	3	+		- Création d'une nouvelle ressource non conventionnelle d'eau potable (200 000m ³ /j) qui va soulager les réserves hydrologiques
Morphologie et géologie						- Pas d'impact
Paysage	2	P	3	-	O	- La station devient l'élément dominant dans le paysage global de la zone
Changements climatiques	1	E	3	-	O	- Emissions des gaz à effet de serre
3 Environnement socio-économique						
Déplacement involontaire des gens						- Non applicable
Métiers et activité locale	2	C	3	+		- Création de certains nombre d'emplois - Impact positif de nouvelles infrastructures (routes) réalisées pour la station
Ressources naturelles						- Le projet va soulager la surexploitation des ressources en eaux de Sfax et Kasserine
Infrastructures publiques	1	E	1	-	O	- Installation des nouvelles infrastructures
Agriculture	3	P	3	+		- Souplesse pour l'utilisation des eaux de la nappe phréatique ou des eaux de la nappe profonde.
Industrie	2	C	3	+		- Production supplémentaire de l'énergie (STEG) - Importation des produits chimiques et des membranes
Tourisme	1	E	1	+		- Impact positif pour le tourisme
Patrimoine historique						- Non applicable
Genre	2	C	3	+		- Impact positif sur la condition de la femme
Santé et hygiène	3	C	3	+		- Impact positif sur la santé et hygiène

Légende 1 : Importance 2. Certitude 3. Durée 4. Type impact 5. degrés d'Atténuation
 1 : mineure C : certain 1 : courte + : positif O : impact corrigible
 2 : moyenne P : probable 2 : moyenne - : négatif N : impact non corrigible
 3 : majeur E : peu probable 3 : longue

5.3.2 Les conduites de transfert en mer

Cette composante comporte les éléments suivants:

- Station de pompage
- Tronçon du haut de plage
- Tronçon de l'estran
- Tronçon de bas de plage jusqu'au déferlement
- Tronçon du large jusqu'au point de captage
- Tronçon du large entre le captage et le rejet
- La tour de prise
- L'ouvrage de rejet

5.3.2.1 Pollution générée

Émission atmosphérique : Aucune émission atmosphérique n'est à signaler durant la phase d'exploitation des conduites en mer.

Rejet liquides : Pendant l'exploitation, la conduite de rejet va déverser en mer une saumure avec un débit de **244 444 m³/j** d'une salinité d'environ 73 g/l comprenant **4000 m³/j** d'eau de lavage des filtres (voir paragraphe précédent).

Déchets solides : Aucun déchet solide ne sera pas généré par les conduites marines durant la phase d'exploitation.

Émission de bruit et de vibration : Durant la phase d'exploitation, les conduites en mer ne généreront ni émission sonore ni vibration puisqu'elles sont ensouillées dans le fond marin.

Tableau 101 : Types de pollution générés pendant l'exploitation des conduites de transfert en mer

Catégorie	Type de pollution générée
Emission atmosphérique	- Non applicable
Rejets liquides	- Les saumures seront rejetées en mer avec un débit de 244444 m ³ /j et une salinité d'environ 73 g/l et elles incluent les eaux de lavage des filtres à sable avec un débit d'environ 4000 m ³ /j.
Déchets solides	- Non applicable
Emission de bruit et de vibration	- Non applicable

5.3.2.2 *Impact sur le milieu naturel*

Habitats naturels :

A ce niveau le milieu naturel avoisinant affecté lors des travaux va reprendre progressivement son équilibre, en terme de la végétation halophyte et d'autres associations végétales, cependant le fonctionnement de la station pourra contribuer à l'attraction voir l'implantation de certaines activités secondaires.

- ***Les habitats de l'estran et de la basse plage*** : La zone traversée par l'excavation sera à nouveau unifiée (la discontinuité induite par les travaux ne sera plus). Pour la faune et la flore de l'estran, et en fonction de la résilience des espèces, nous nous attendons à la réinstallation des espèces communes de la zone le long du tracé des conduites, et ce sont surtout les magnoliophytes (cymodocés) qui marqueront vraiment le retour à l'état « initial ».

Les habitats marins : Après les travaux, une surface totale de 14,8 hectares a été dénudée de sa végétation (8,2 ha de Posidonie et 4,5 de cymodocées). Cette végétation constitue en fait un refuge pour les poissons et pour leur reproduction. Il y donc une perte indirecte par suite à l'absence de cette végétation au niveau de l'emprise des conduites sous marines. Pour ces raisons, il est nécessaire de prévoir de mesures de compensation par suite à cette perte de couvert végétal.

Cependant, un rétablissement progressif du milieu physique après l'enfouissement des conduites va favoriser la reprise de la productivité du milieu, le développement et l'installation des espèces dans la zone affectée ; les mollusques et les annélides plus ou moins indépendants des herbiers s'installeront en premier lieu ; par contre le redéploiement d'autres espèces sera conditionné par le développement attendu des magnoliophytes (Cymodocés, Halophilla ou Posidonies).

En effet, il a remarqué lors de notre campagne de terrain que la végétation benthique (en particulier les cymodocées) a été reprise au niveau de l'emprise de la conduite à gaz de British Gaz qui a été réalisée depuis 2009. Le couvert végétal s'est réinstallé en un temps très courts (5 à 7 ans).

Le captage des eaux : Le projet prévoit le captage d'un débit de **444 444 m³/jour** d'eau brute au niveau de l'isobathe – 8 m pour les besoins du procédé de dessalement. L'impact de ce captage sur les habitats pourrait concerner :

- La faune pélagique mobile dans la colonne d'eau qui peut être entraînée dans la tour de prise et passer dans les conduites de captage ;
- Le plancton vivant dans la colonne et qui représente une source de nourriture des poissons et de quelques espèces marines benthiques. La quantité entraînée dans les conduites serait bien évidemment retranchée du milieu marin.

Ce volume d'eau renferme du plancton qui sera éliminé du réseau trophique local. Les densités phytoplanctoniques (100 à 2000 cel/l) et zooplanctoniques (0 à 241 ind/m³) sont naturellement faibles à moyennes, dans cette zone, où la production primaire possède un caractère benthique dominant. Une telle élimination aura certainement ses effets trophiques notamment chez les bivalves filtreurs ou suspensivores dont la palourde, toute fois il serait possible de gérer le pompage en fonction des profondeurs de concentrations du plancton.

Le rejet de la saumure : La saumure rejetée en mer, d'une salinité d'environ 73 g/l et d'un débit journalier est de l'ordre de 244 444 m³, aura certainement des impacts sur les habitats naturels qui vont se trouver dans de nouvelles conditions de salinité.

La variation de la salinité de l'eau provoquera automatiquement des variations de la qualité des eaux dont le pH et la solubilité de l'oxygène :

- *Le pH* : Le potentiel hydrogène moyen de l'eau de mer étant 8,19 à 8,42, la forte salinité entraînera une augmentation du pH, qui peut perturber du milieu et affecter certains cycles biologiques ;
- *L'oxygène dissous* : sachant que la solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de la température et de la salinité, dans les conditions normales une salinité 38psu aura une saturation en oxygène avec 8mg/l ; l'augmentation de la salinité entraîne la diminution de ce taux de saturation à moins de 5mg/l, ceci réduit presque de moitié la capacité biotique du milieu.

Quant à la bioécologie des espèces nous considérons la salinité de **45 psu** comme limite tolérable par les espèces de la zone (en majorité euryhalines et eurythermes).

Les herbiers de posidonies et cymodocés seront pris comme références. En effet on peut bien considérer que la posidonie et la cymodocés d'une part et les mugilidés et les sparidés d'autre part, supportent bien la salinité de 45 psu comme dans la lagune d'El Biban.

Reste à réduire au maximum, grâce à une meilleure diffusion, la zone où la salinité dépasse la salinité de 45psu qui sera considérée comme létale pour toutes les espèces locales, dans cette aire l'impact sur les herbiers et les espèces accompagnatrices pourra être irréversible.

En général nous pouvons assister à 3 scénarios de réaction des espèces en rapport avec la salinité :

- La résistance des espèces locales ;
- La disparition (fuite ou extinction) des espèces locales ;
- L'installation d'autres espèces (opportunistes).

Impact sur la flore marine : Il n'existe pas dans la littérature des chiffres exacts sur les concentrations létales en sel pour la croissance de la flore marine. Certaines mentionnent des concentrations plus que 50 g/l qui réduisent légèrement la croissance des posidonies, d'autres parlent de la résistance des herbiers jusqu'à des salinités de 45 à 50g/l.

Contrairement à une opinion très répandue, nous l'avons déjà noté, les herbiers de phanérogames marines et leur faune associée sont susceptibles de supporter des salinités élevées pouvant atteindre de façon quasi permanente les 50 psu (exemple les herbiers bien vivaces des Bibans et de Farwa).

Toutefois, s'il y a un impact direct sur les herbiers il reste réduit à la zone de rejet comme l'indique la figure suivante.

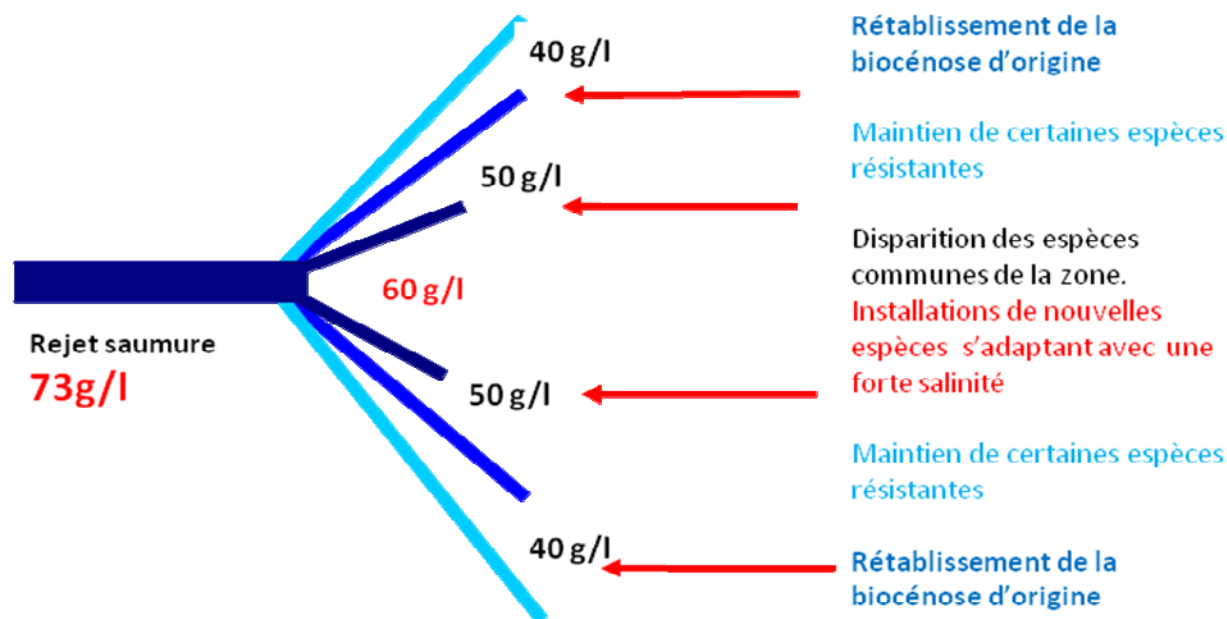


Figure 157 : Esquisse potentielle du comportement de la biocénose devant le rejet de la saumure

Ainsi, une étude de dispersion a été faite par modèle afin d'évaluer les zones affectées par la salinité (voir chapitre suivant).

Les simulations réalisées de la dispersion de la saumure rejetée montrent qu'elle est transportée par le courant de marée et diffusée par la turbulence générée par le vent. La tache de saumure est orientée alternativement vers le Nord-Est (en marée ascendante) et vers le Sud-Ouest (en marée descendante), en passant par une légère migration vers les côtes.

Le rejet en un seul point donne une variation de la salinité à partir du point de rejet comme suit :

Tableau 102 : Gradients de salinité à partir des orifices de rejet

ΔS (psu)	Salinité psu	Distance à point de rejet - m
33	74	0
15	56	3
10	51	6
5	46	20
2	43	120
1	42	1200
0,5	41,5	> 2 000

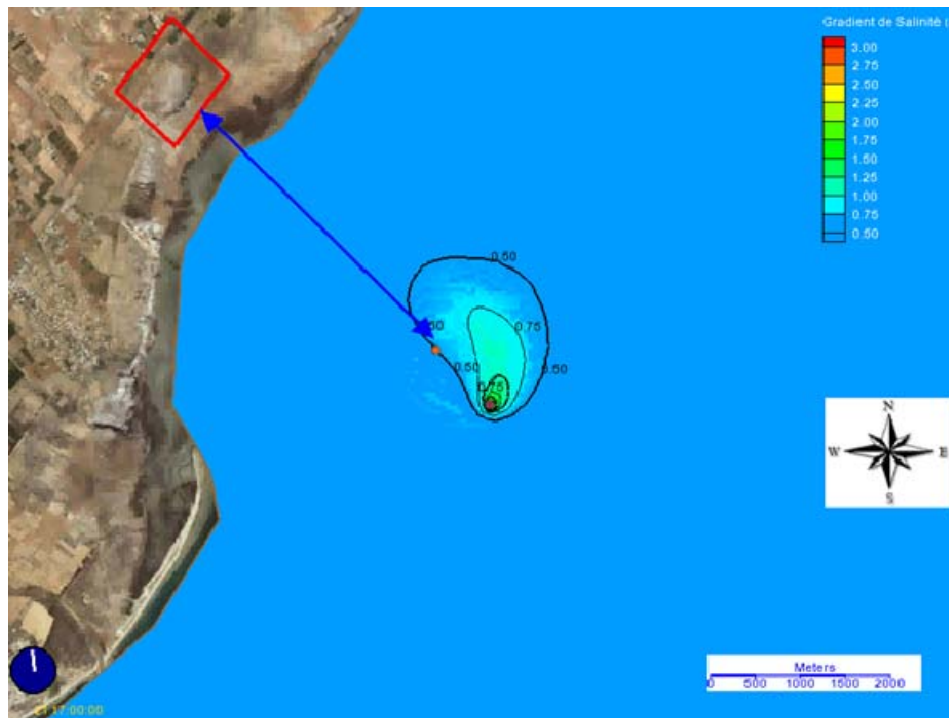


Figure 158 : Répartition de la saumure maximale calculée en marée ascendante

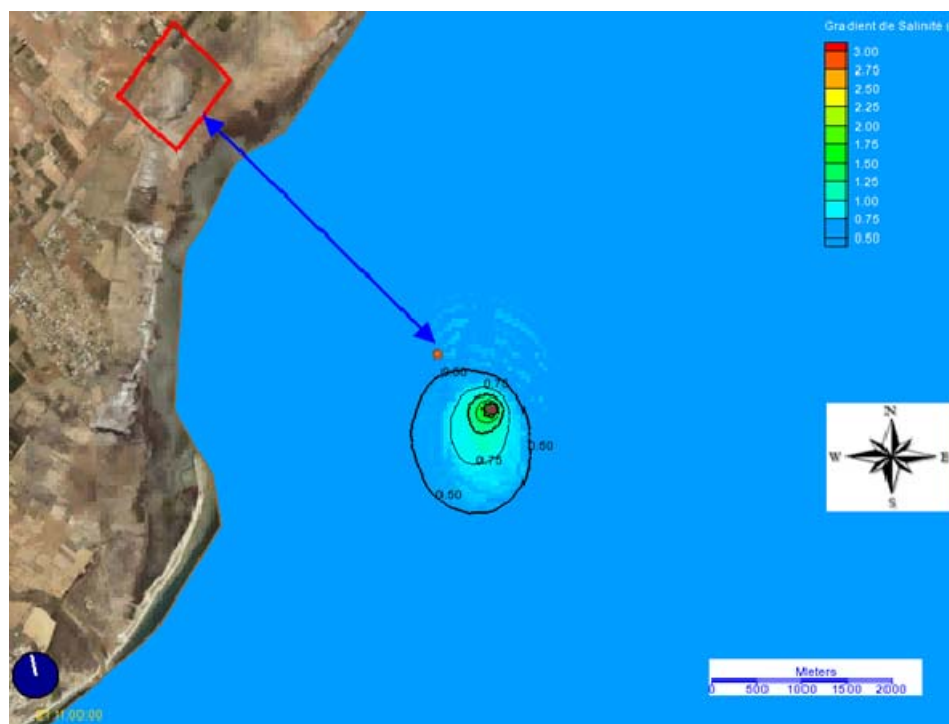


Figure 159 : Répartition de la saumure maximale calculée en marée descendante

Ces calculs montrent que la saumure est progressivement dispersée dans le milieu, la dilution permettra d'atteindre celle du milieu naturel à une distance de l'ordre de 1200 m du point de rejet ou des diffuseurs ;

En supposant une concentration de 46 g/l à partir de laquelle la croissance des posidonies est perturbée, on peut dire que l'impact est réduit à une surface circulaire de rayon 20 m autour du point de rejet soit une surface de l'ordre de **1260 m²**.

Impact sur la faune marine : Comme pour le cas de flore, les espèces faunistiques peuvent être affectées par les rejets de saumure. Pour la population des poissons, la forte mobilité leur permettra d'éviter les endroits à haute salinité. Par contre, les espèces à mobilité faible comme les bivalves qui vivent dans le sédiment seront touchées par le rejet des saumures.

Zones protégées : Il n'existe aucun impact sur les zones protégées de gouvernorat de Sfax pendant la période d'exploitation des conduites en mer.

Hydrologie :

Impact sur la courantologie : Après rejet, la saumure (73 g/l), du fait de sa différence de densité avec l'eau de mer (39 à 40g/l) chute dans la colonne d'eau et il s'établit un panache de salinité dans la direction du courant.

Du point de vue hydrodynamique dans la zone de rejet, on aura :

- ❖ Un jet d'eau vertical de la saumure qui fait varier la vitesse verticale de l'eau : Dans cette zone du jet les caractéristiques hydrodynamiques des eaux sont fonction du débit de rejet et de la vitesse d'éjection des saumures ;
- ❖ Une chute du jet dans la direction du courant : Dans cette zone les caractéristiques hydrodynamiques sont intermédiaires entre les conditions du rejet et les conditions hydrographiques du milieu marin ;
- ❖ Un panache de saumure dans la direction du courant marin : dans cette phase, les conditions hydrographiques sont celles du milieu marin proprement dit. Les particules de la saumure deviennent passives vis à vis du courant et il s'établit une dispersion dépendant uniquement des conditions hydrodynamiques du milieu marin.

Impact sur la salinité : La salinité de l'eau est le paramètre fondamental qui sera affecté par suite du rejet de la saumure dans la mer.

Comme présenté au paragraphe précédent, les conditions hydrodynamiques résultantes du rejet induisent une variation de la salinité dans le sens du panache. Cette variation s'effectue dans les deux sens comme suit :

- ❖ Dans le sens inverse du courant : il y a une tranche qui est affectée par la salinité dont la longueur dépend essentiellement de la vitesse du courant ;
- ❖ Dans le sens du courant : La salinité de l'eau diminue dans le sens du courant. Cette diminution dépend des conditions de rejet (vitesse d'éjection, etc....) et des conditions hydrographiques locales du milieu.

Impact sur la physicochimie de l'eau de mer : La variation de la salinité de l'eau va induire automatiquement la variation d'autres paramètres physico-chimiques tels que l'oxygène dissous et le pH.

❖ **La conductivité** : Ce paramètre est en étroite relation avec la salinité. L'augmentation de la salinité entraîne l'augmentation de la conductivité de l'eau ;

Morphologie et géologie : Les impacts du projet sur la morphologie et la géologie se traduisent par un changement permanent de la structure du fond marin traversé par les conduites et par une légère surélévation de la bathymétrie du fond marin (après le remblayage des conduites en mer).

Paysage : Aucun impact négatif n'est à signaler car les conduites seront ensouillées sur le fond marin. A l'exception, L'impact visuel des ouvrages captage-rejets peut engendrer une modification du paysage. Cette modification de paysage ne serait ressentie que par les pêcheurs.

Changements climatiques : Les conduites en mer n'auront aucun impact sur les changements climatiques.

Tableau 103 : Impacts sur le milieu naturel pendant l'exploitation des conduites de transfert en mer

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Habitats naturels	<p>Impacts indirects : réduction des surfaces de reproduction de la faune ichthyique par suite la diminution du couvert végétal au niveau de l'emprise des conduites sous marines (8,2 ha de posidonie et 4,5 ha de Cymodocées) ;</p> <p>Pour le captage des eaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - La faune pélagique mobile dans la colonne d'eau qui peut être entraînée dans la tour de prise et passer dans les conduites de captage ; - Le plancton vivant dans la colonne et qui représente une source de nourriture des poissons et de quelques espèces marines benthiques peut être entraîné dans la tour de prise et passer dans les conduites de captage. <p>Pour le captage des eaux <i>Impact sur la flore marine :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Légère réduction de la croissance des posidonies ; - Une perturbation de la croissance des posidonies avec une concentration supérieure à 46 g/l, (surface circulaire de rayon 20 m autour du point de rejet soit une surface de l'ordre de 1260 m²). <p><i>Impact sur la faune marine :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Les espèces à mobilité faible comme les bivalves qui vivent dans le sédiment seront touchées par le rejet des saumures.
Zones protégées	- Non applicable
Ressources en eaux	<ul style="list-style-type: none"> - Un jet d'eau vertical de la saumure qui fait varier la vitesse verticale de l'eau - Une chute du jet dans la direction du courant - Un panache de saumure dans la direction du courant marin
Morphologie et géologie	<ul style="list-style-type: none"> - Un changement permanent de la structure du fond marin ; - Une légère surélévation de la bathymétrie du fond marin (après les travaux de remblayage)
Paysage	- L'impact visuel des ouvrages captage-rejets peut engendrer une modification du paysage
Changements climatiques	- Non applicable

5.3.2.3 *Impact sur le milieu socio-économique*

Déplacement involontaire des gens: L'exploitation des conduites en mer ne génère aucun déplacement involontaire des gens.

Métiers et activité locale : Les conduites seront ensouillées sur le fond marin à une profondeur de sécurité et elles seront protégées par des piquets de limites. Donc, l'impact sur les activités locales et métiers sera quasi nul.

Ressources naturelles : Sur le plan socioéconomique, la zone d'activité de la pêche de la palourde, la zone Sfax S2 sera à nouveau réunifiée, cependant l'impact attendu sur la ressource sera constaté lors de l'exercice de la pêche et l'estimation du rendement ou des stocks. De même la reprise de l'activité de pêche côtière n'aura plus aucun obstacle mise à part la tour de prise qui sera signalée et balisée et qui bénéficiera d'un périmètre de sécurité. Les ressources halieutiques, pourront subir des fluctuations en rapport avec le comportement et la productivité du milieu. Notons aussi que les ouvrages de captage-rejets constituent des îlots de substrat dur qui favorisent la formation d'un récif artificiel et par suite la diversification de la faune marine.

Ces ouvrages constituent d'une part un substrat solides favorables à l'installation de nombreuses espèces en particulier les algues les éponges les bryozoaires ..., d'autre part un obstacle physique qui favorise l'installation plusieurs microbiotopes (zone calmes, zones obscure etc.) ou plusieurs autres espèces y trouvent refuges.

Le biotope du fooling favori de très nombreux petits poissons appartenant à toutes sortes d'espèces qui les utilisent comme de véritables petites « autoroutes ». Cette attraction préférentielle est due au fait que les poissons sont, d'une part, attirés par le fooling qui constitue pour eux une nourriture de choix et, d'autre part, par la présence d'une importante et dense faune fixée qui, le cas échéant, leur sert de zone refuge. La colonisation par la faune benthique des installations sur le fond, bien au contraire, permet, à la fois une intensification de la biodiversité et, de plus, par le fait que la quasi totalité des espèces fixées sont suspensivores, une épuration du milieu dont l'impact positif sur la clarification des eaux ne doit pas être négligée.

Infrastructures publiques : Le tracé des conduites en mer est éloigné du pipeline du BG d'une distance d'environ 1300m. Cette distance est assez suffisante pour protéger les eaux captées de tout type d'influence directe ou indirecte du pipeline à gaz. Notons également que la société BG a utilisé des matériaux anticorrosion pour la construction du pipeline. Ce dernier est ensouillé dans le fond marin à une profondeur de sécurité et il est répertorié dans la zone littorale par des balises de signalisation. Pour ce qui concerne l'impact en relation avec toute fuite accidentelle, la société BG dispose d'un plan d'urgence qui est déjà intégré dans la carte Nationale en relation avec les risques littoraux.



Figure 160 : Situation des conduites en mer de la SONED par rapport au pipeline du BG

Agriculture : Il est à noter que l'exploitation des conduites sera effectuée en dehors des zones agricoles, donc, l'impact sera nul sur l'agriculture.

Industrie : L'industrie profitera des différents approvisionnements qui seront effectués durant les travaux d'entretien et de maintenance des conduites en mer.

Tourisme : Dans ce projet, on n'aura pas des impacts sur le tourisme.

Patrimoine historique : Aucun impact n'est à signaler au niveau des patrimoines historiques, car ils sont absents dans la zone du projet.

Genre : D'une manière générale, l'exploitation des conduites en mer n'a aucun impact sur le genre. La zone de l'estran sera remise à son état initial, la faune sera rétablie petit à petit et l'activité de la collecte de la palourde sera reprise d'une façon normale.

Santé et hygiène : L'existence des conduites en mer ensouillées n'a pratiquement aucun impact sur la santé et l'hygiène de la population maritime de Sfax. L'implantation des ouvrages de captage et de rejet au large de Nakta peut engendrer potentiellement des accidents de navires.

Tableau 104 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant l'exploitation des conduites de transfert en mer

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Déplacement involontaire des gens	- Non applicable
Métiers et activité locale	- Non applicable
Ressources naturelles	- Les ouvrages de captage-rejets constituent d'une part un substrat solides favorables à l'installation de nombreuses espèces faunistiques, d'autre part un obstacle physique qui favorise l'installation plusieurs microbiotopes ; - Le biotope du fooling favori de très nombreux petits poissons.
Infrastructures publiques	- Non applicable
Agriculture	- Non applicable
Industrie	- Profit des différents approvisionnements
Tourisme	- Non applicable
Patrimoine historique	- Non applicable
Genre	- Non applicable
Santé et hygiène	- Non applicable

Tableau 105: Impact des conduites de transfert en mer durant l'exploitation

	1 I	2 C	3 D	4 T	5 A	Commentaire
1 Pollution générée						
Emission atmosphérique						- Non applicable
Rejets liquides	3	C	3	-	O	- Les saumures seront rejetées en mer avec un débit de 244444 m ³ /j et une salinité d'environ 73 g/l et elles incluent les eaux de lavage des filtres à sable avec un débit d'environ 4000 m ³ /j.
Déchets solides						- Non applicable
Bruit et de vibration						- Non applicable
2 Environnement naturel						
Habitats naturels	3	C	3	-	O	- La faune pélagique mobile va passer dans les conduites de captage ; - Le plancton vivant dans la colonne peut être entraîné dans la tour de prise et passer dans les conduites de captage. - Une perturbation de la croissance des posidonies avec une concentration supérieure à 46 g/l, (surface circulaire de rayon 20 m autour du point de rejet soit une surface de l'ordre de 1260 m ²) ; - Les espèces à mobilité faible comme les bivalves qui vivent dans le sédiment seront touchées
Zones protégées						- Non applicable
Hydrologie	1	P	1	-	O	- Un jet d'eau vertical de la saumure qui fait varier la vitesse verticale de l'eau - Une chute du jet dans la direction du courant - Un panache de saumure dans la direction du courant marin
Morphologie et géologie	1	C	3	-	O	- Un changement permanent de la structure du fond marin ; - Une légère surélévation de la bathymétrie du fond marin (après les travaux de remblayage)
Paysage	1	P	3	-	O	- L'impact visuel des ouvrages captage-rejets peut engendrer une modification du paysage
Changements climatiques						- Non applicable
3 Environnement socio-économique						
Déplacement involontaire des gens						- Non applicable
Métiers et activité locale						- Non applicable
Ressources naturelles	3	C	3	+		- Impact positif
Infrastructures publiques						- Non applicable
Agriculture						- Non applicable
Industrie	3	C	3	+		- Profit des différents approvisionnements
Tourisme						- Non applicable
Patrimoine historique						- Non applicable
Genre						- Non applicable
Santé et hygiène						- Non applicable

Légende

1 : Importance

1 : mineure

2 : moyenne

3 : majeur

2. Certitude

C : certain

P : probable

E : peu probable

3. Durée

1 : courte

2 : moyenne

3 : longue

4. Type impact

+ : positif

- : négatif

5. degrés d'Atténuation

O : impact corrigible

N : impact non corrigible

5.3.3 Les conduites de transfert des eaux osmosées

5.3.3.1 Pollution générée

Émission atmosphérique : Pendant les travaux d'entretien du réseau d'adduction, des travaux de fouilles et de mobilisation des engins peuvent engendrer des émissions atmosphériques qui sont susceptibles de polluer l'air. Toutes ces émissions restent très faibles voire Minimales.

Rejet liquides : Pendant la phase d'exploitation, le réseau d'adduction peut avoir des fuites d'eau (cassures). Cependant, cet impact est minime du fait de la présence d'un système de contrôle continu effectué par la SONEDE et de la bonne qualité des conduites.

Déchets solides : Les travaux d'entretien et d'exploitation ne généreront aucun déchet solide. En cas d'intervention sur le réseau d'adduction, des déchets pourraient être produits suivant la nature des travaux réalisés. Ces déchets seront collectés et transportés vers les zones adéquates.

Emission de bruit et de vibration : La phase d'exploitation du réseau d'adduction ne générera aucun impact sonore ni de vibration puisque la majeure partie de ces installations est enfouie dans le sol ou installée dans des bâtiments fermés.

Tableau 106 : Types de pollution générés pendant l'exploitation des conduites de transfert des eaux osmosées

Catégorie	Type de pollution générée
Emission atmosphérique	- Impact minime
Rejets liquides	- Risque des fuites d'eau (cassures)
Déchets solides	- Non applicable
Emission de bruit et de vibration	- Non applicable

5.3.3.2 Impact sur le milieu naturel

Habitats naturels : Le réseau d'adduction sera enfouie et ne produira aucun impact sur la faune et la flore de la zone du projet.

Zones protégées : L'exploitation du réseau de transfert des eaux osmosées n'aura aucun impact sur les zones protégées du gouvernorat de Sfax.

Hydrologie : Les conduites seront entièrement enfouies et n'auront aucun impact sur les ressources en eaux superficielles. Les risques de fuites au niveau des canalisations pourraient recharger la nappe souterraine.

Morphologie et géologie : En phase d'exploitation, une fuite des eaux peut entraîner des effondrements au niveau du sol. Cependant, cet impact sera minime car la SONEDE dispose d'un système d'alerte très performant.

Paysage : Toute intrusion de nouveaux éléments dans le champ visuel a un impact sur la qualité esthétique du paysage. Dans le cas de ce projet, le réseau d'adduction sera entièrement enterré et non visible.

Changements climatiques : La phase d'exploitation des conduites de transferts des eaux osmosées ne générera aucun impact sur les changements climatiques.

Tableau 107 : Impacts sur le milieu naturel pendant l'exploitation des conduites de transfert des eaux osmosées

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Habitats naturels	- Non applicable
Zones protégées	- Non applicable
Ressources en eaux	- Eventuels rechargement de la nappe en cas de fuites des eaux
Morphologie et géologie	- Eventuels risques d'effondrement en cas des fuites d'eaux
Paysage	- Non applicable
Changements climatiques	- Non applicable

5.3.3.3 Impact sur le milieu socio-économique

Déplacement involontaire des gens : Il est à noter que l'exploitation du réseau d'adduction ne génère aucun déplacement involontaire des gens.

Métiers et activité locale : Les conduites seront enterrées à une profondeur de sécurité et elles seront protégées par des piquets de limites et des avertisseurs. L'impact sur les activités locales et métiers sera quasi nul.

Ressources naturelles : Le réseau d'adduction sera le moyen qui assurera l'arrivée des eaux osmosées vers l'utilisateur. Donc c'est le moyen qui va permettre le renforcement des ressources potables de la région de Sfax.

Infrastructures publiques : En phase d'exploitation, le seul impact sur les infrastructures publiques peut être engendré par une éventuelle fuite d'eaux. Donc, cette dernière entraînera des dégâts sur les infrastructures existantes.

Agriculture : L'existence du réseau d'adduction enterré n'a pratiquement aucun impact sur la l'agriculture dans la zone du projet. Les exploitations agricoles ne seront pas également perturbées par ce réseau.

Industrie : L'impact sur les activités industrielles de fonctionnement du réseau d'adduction sera positif. En effet, dans la zone de Sfax, la réalisation de réseau de transferts des eaux osmosées assurera la satisfaction des besoins domestiques et industriels. Ceci permettra un développement industriel et une perspective d'ouverture d'autres zones industrielles. Lors des travaux d'entretien, l'industrie profitera également des différents approvisionnements qui seront effectués durant ces travaux. Les types d'industrie qui vont bénéficier de projet sont ceux relatifs aux secteurs des tuyauteries et accessoires.

Tourisme : Il est à noter que la zone du projet sera située dans des zones dépourvues de l'activité touristique. Donc, on n'aura pas des impacts sur le tourisme.

Patrimoine historique : L'exploitation du réseau d'adduction n'a aucun impact sur le patrimoine historique de gouvernorat de Sfax.

Genre : D'une manière générale, le réseau d'adduction n'a aucun impact sur le genre.

Santé et hygiène : L'existence du réseau d'adduction enterré n'a pratiquement aucun impact sur la santé et l'hygiène de la population de Sfax.

Tableau 108 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant l'exploitation des conduites de transfert des eaux osmosées

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Déplacement involontaire des gens	- Non applicable
Métiers et activité locale	- Non applicable
Ressources naturelles	- Non applicable
Infrastructures publiques	- Des éventuelles fuites entraîneront des dégâts sur les infrastructures existantes.
Agriculture	- Pas des impacts
Industrie	- Développement industriel et une perspective d'ouverture d'autres zones industrielles. - Profit des différents approvisionnements
Tourisme	- Non applicable
Patrimoine historique	- Non applicable
Genre	- Non applicable
Santé et hygiène	- Non applicable

Tableau 109 : Impact des conduites de transfert des eaux osmosées durant l'exploitation

	1 I	2 C	3 D	4 T	5 A	Commentaire
1 Pollution générée						
Emission atmosphérique	1	E	1	-	O	- Impact minime
Rejets liquides	1	E	1	-	O	- Risque des fuites d'eau (cassures)
Déchets solides						- Non applicable
Bruit et de vibration						- Non applicable
2 Environnement naturel						
Habitats naturels						- Non applicable
Zones protégées						- Non applicable
Hydrologie	1	E	1	-	O	- Eventuels rechargement de la nappe en cas de fuites des eaux
Morphologie et géologie	1	E	1	-	O	- Eventuels risques d'effondrement en cas des fuites d'eaux
Paysage						- Non applicable
Changements climatiques						- Non applicable
3 Environnement socio-économique						
Déplacement involontaire des gens						- Non applicable
Métiers et activité locale						- Non applicable
Ressources naturelles						- Non applicable
Infrastructures publiques	1	E	1	-	O	- Des éventuelles fuites entraîneront des dégâts sur les infrastructures existantes.
Agriculture						- Non applicable
Industrie	1	P	1	-	O	- Développement industriel et une perspective d'ouverture d'autres zones industrielles. - Profit des différents approvisionnements
Tourisme						- Non applicable
Patrimoine historique						- Non applicable
Genre						- Non applicable
Santé et hygiène						- Non applicable

Légende 1 : Importance 2. Certitude 3. Durée 4. Type impact 5. degrés d'Atténuation
 1 : mineure C : certain 1 : courte + : positif O : impact corrigible
 2 : moyenne P : probable 2 : moyenne - : négatif N : impact non corrigible
 3 : majeur E : peu probable 3 : longue

5.3.4 Les lignes d'alimentation en énergie électrique

En phase d'exploitation, les activités d'entretien sont les plus importantes et risquent d'engendrer des impacts sur les milieux naturel et socioéconomiques. Ces activités, si elles sont mal encadrées, peuvent engendrer des risques d'accident corporel pour les travailleurs.

5.3.4.1 Pollution générée

Émission atmosphérique : Aucun impact sur la qualité de l'air n'est à signaler suite à l'exploitation d'une ligne électrique haute tension.

Rejet liquides : Il n'existe aucun rejet liquide sur le milieu, pendant la phase d'exploitation de la ligne aérienne haute tension.

Déchets solides : Durant l'entretien des lignes électriques, des déchets industriels pourraient être générés suite aux remplacements de pièces de rechange et des diverses réparations.

Émission de bruit et de vibration : Des vibrations et des bruits sous forme de sifflements peuvent être générés notamment en temps de vents forts. Ces nuisances ne sont perceptibles qu'à proximité immédiate de la ligne et dépendent de la tension dans le premier cas et des supports utilisés dans le second.

Tableau 110 : Types de pollution générés pendant l'exploitation des lignes d'alimentation en énergie électriques

Catégorie	Type de pollution générée
Emission atmosphérique	- Non applicable
Rejets liquides	- Non applicable
Déchets solides	- Déchets de remplacement de matériels et des diverses réparations
Emission de bruit et de vibration	- Vibrations et des bruits sous forme de sifflements (générés par des vents forts)

5.3.4.2 Impact sur le milieu naturel

Habitats naturels : Durant l'exploitation de la ligne aérienne haute tension, les impacts sur la faune terrestre seront quasi nuls seulement pour ce qui concerne l'avifaune. Ces dernières peuvent bénéficier des poteaux électriques pour nidifier ce qui représente un avantage paysager pour la zone. La zone humide Thyna (90 000 oiseaux en 2004), constitue un lieu de repos intermédiaire pour l'avifaune migratrice. Certaines espèces sont sensibles aux lignes électriques aériennes haute tension et elles sont soumises aux risques suivants:

- Le risque d'électrocution concerne particulièrement les oiseaux de grande taille. Ce risque concerne essentiellement les lignes à moyenne et à basse tension, où la distance

qui sépare les câbles est plus faible que la taille de l'animal. C'est un risque improbable avec une ligne haute tension.

- Le risque de percussion sur les câbles haute tension est probable en raison de leur grande hauteur et de leur mauvaise perception par les oiseaux. Ce risque est localisé surtout dans les zones à relief accidenté ou à couvert végétal haut et dense. Le risque pour ce projet est probable mais faible à cause de l'absence d'un relief accidenté et de la présence d'une forte densité forestière.

Zones protégées : L'exploitation de la ligne haute tension n'a aucun impact sur les zones protégées.

Hydrologie : L'exploitation de la ligne haute tension n'a pas d'impacts sur les eaux de surface seulement s'il y a un pylône implanté dans un oued ou un cour d'eau.

Morphologie et géologie : Aucune modification ne sera réalisée sur la morphologie et la géologie de la zone du projet durant l'exploitation de la ligne électrique haute tension.

Paysage : La mise en place de lignes électriques aériennes a un impact négatif sur le paysage naturel. La ligne électrique à 150 kV (hauteur de pylônes égale à 40m) peut être considérée comme un élément d'incohérence dans le paysage naturel, puisque elle transforme le champ visuel du paysage agricole. Elle sera plus visible dans les espaces ouverts, qui correspondent aux zones agricoles.

Changements climatiques : Le poste Thyna (STEG) va alimenter la station de dessalement en énergie électrique par le biais d'une ligne électrique haute tension. L'impact à ce niveau est relatif à la consommation des carburants fossiles pour produire l'énergie électrique. Cette transformation va générer des émissions de CO₂ dans l'atmosphère.

Tableau 111 : Impacts sur le milieu naturel pendant l'exploitation des lignes d'alimentation en énergie électriques

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Habitats naturels	- Risque de percussion d'avifaunes sur les lignes électrique haute tension
Zones protégées	- Non applicable
Hydrologie	- Non applicable
Morphologie et géologie	- Non applicable
Paysage	- Élément d'incohérence dans le paysage naturel
Changements climatiques	- Emissions de CO ₂ dans l'atmosphère

5.3.4.3 *Impact sur le milieu socio-économique*

Déplacement involontaire des gens : Il est à signaler qu'aucun déplacement physique involontaire des populations n'est prévu dans le cadre de ce projet.

Métiers et activité locale : Le seul impact engendré par l'exploitation de la ligne se manifeste par une gêne pour l'exploitation agricole. La gêne sera proportionnelle au terrain occupé. Les pylônes limitent le mouvement des engins autour des pylônes.

Ressources naturelles : Aucun impact sur les ressources naturelles n'est à signaler suite à l'exploitation d'une ligne électrique haute tension.

Infrastructures publiques : Les infrastructures existantes dans la zone du projet sont essentiellement le poste STEG (Thyna), les routes et le chemin de fer. A l'exception du poste STEG, aucune autre infrastructure ne pourrait être soumise à l'endommagement lors de l'exploitation de la ligne électrique.

Agriculture : L'implantation des pylônes sur le terrain peut entraîner une réduction de la surface utilisable par les agriculteurs. En effet, la présence des pylônes constitue généralement une gêne pour l'exploitation agricole. La gêne sera proportionnelle au terrain occupé. Les pylônes limitent le mouvement des engins, donc ce qui il peut traduire une perte de production et du temps passé pour manœuvrer autour de pylône.

Industrie : L'industrie profitera des différents approvisionnements qui seront effectués durant les travaux d'entretien et de maintenance de la ligne électrique HT.

Tourisme : Il est à noter que la ligne aérienne HT sera située dans des zones dépourvues de l'activité touristique. Donc, on n'aura pas des impacts sur le tourisme.

Patrimoine historique : L'exploitation de la ligne électrique HT n'affectera aucun patrimoine historique dans le gouvernorat de Sfax.

Genre : Aucun impact spécifique au genre n'a été identifié en phase d'exploitation de la ligne HT.

Santé et hygiène : L'exploitation des lignes haute tension (150 kV) peuvent engendrer des risques pour la santé des personnes qui sont liés essentiellement aux :

- Rayonnements électromagnétique émis notamment par les lignes haute tension. Le passage du courant à travers la ligne HT 150 kV va indéniablement créer un champ électromagnétique aux alentours de la zone sous son emprise. Sous cette ligne, les champs électriques atteignent au maximum 3000 V/m et les champs magnétiques atteignent au maximum 20 microteslas. En comparant avec les normes françaises de sécurité pour les champs électromagnétiques (5 000 V/m et 100 μ T), les champs émis par une ligne HT de 150 kV sont toujours très faibles. Mais cette norme ne garantit que l'absence d'effets graves au niveau du système nerveux central pour une exposition irrégulière à de tels champs. Elle ne tient pas compte des effets à long terme lorsque les individus sont exposés régulièrement à des champs (ex : personnes habitants à proximité d'une ligne électrique). Face à ces incertitudes, les opposants aux lignes hautes tensions demandent l'application du principe de précaution. Le couloir de l'emprise de la ligne sera de 40 à 50 m de largeur selon les clauses techniques de la

STEG pour une ligne HT de 150 kV. L'impact est lié à la durée d'exposition à ces champs électromagnétiques, Il n'y a pas d'impacts pour les passagers dont la durée d'exposition est faible. Le problème se uniquement pour les habitations qui se trouvent dans la portée de ces champs. C'est pour cela qu'il a été nécessaire de respecter une distance minimale de ces lignes par rapport aux habitations. Il est à signaler que la grande partie de tracé se trouve à une distance des habitations égale ou supérieure **de 100m**, les populations locales (Gargour et Mourij) seront donc exposées à des niveaux de champ magnétique très faible;

- Électrocution, Compte-tenu de la hauteur des pylônes (40 m), les câbles seront peu accessibles. Ce risque concerne essentiellement les lignes moyenne et basse tension, ou la distance qui sépare les câbles est plus faible. C'est un risque improbable avec une ligne HT. Toutefois il n'est pas exclu qu'un individu parvienne à grimper le long des pylônes, si la probabilité d'un contact avec la ligne existe, il entraîne généralement des blessures graves ou le décès de la personne.
- Accidents mécaniques, Il est à signaler que les lignes haute tension de 150 kV seront robustes, bien dimensionnées pour résister aux intempéries. Ces risques restent toujours possibles mais avec une probabilité très limitée.
- Accidents d'incendie, Ils existent dans le cas d'un balancement des câbles sous l'effet du vent ou lorsque les arbres à l'aplomb des lignes sont trop haute. En effet, la probabilité d'un déclenchement d'incendie est très faible à cause de la hauteur de sécurité entre les pylônes et les arbres existantes alentours de l'emprise de la ligne.

Tableau 112 : Impacts sur le milieu socio-économique pendant l'exploitation des lignes d'alimentation en énergie électriques

Composantes du milieu	Impacts potentiels
Déplacement involontaire des gens	- Non applicable
Métiers et activité locale	- Gêne pour l'exploitation agricole
Ressources naturelles	- Non applicable
Infrastructures publiques	- Risque de l'endommagement de la poste de production d'électricité Thyna (STEG)
Agriculture	- Réduction de la surface utilisable par les agriculteurs. - Gêne pour l'exploitation agricole - Perte de production et du temps passé pour manœuvrer autour de pylône
Industrie	- Profits des différents approvisionnements
Tourisme	- Non applicable
Patrimoine historique	- Non applicable
Genre	- Non applicable
Santé et hygiène	- Risque des rayonnements électromagnétique émis notamment par la ligne haute tension de 150 kV (3000 V/m et 20 µtesla) - Electrocutation due à un contact avec les lignes - Risque des accidents mécaniques durant les catastrophes majeures - Risque des accidents d'incendie

Tableau 113 : Impact de l'installation des lignes électriques durant l'exploitation

	1 I	2 C	3 D	4 T	5 A	Commentaire
1 Pollution générée						
Emission atmosphérique						- Non applicable
Rejets liquides						- Non applicable
Déchets solides	1	P	1	-	O	- Déchets de remplacement de matériels et des diverses réparations
Bruit et de vibration	1	P	1	-	O	- Vibrations et des bruits sous forme de sifflements (générés par des vents forts)
2 Environnement naturel						
Habitats naturels	1	P	1	-	O	- Risque de percussio n d'avifaunes sur les lignes électrique haute tension
Zones protégées						- Non applicable
Hydrologie						- Non applicable
Morphologie et géologie						- Non applicable
Paysage	2	C	3	-	N	- Elément d'incohérence dans le paysage naturel
Changements climatiques	1	E	3	-	O	- Emissions de CO ₂ dans l'atmosphère
3 Environnement socio-économique						
Déplacement involontaire des gens						- Non applicable
Métiers et activité locale	1	E	1	-	O	- Gêne pour l'exploitation agricole
Ressources naturelles						- Non applicable
Infrastructures publiques	1	E	1	-	O	- Risque de l'endommagement de la poste de production d'électricité Thyna (STEG)
Agriculture	1	E	1	-	O	- Réduction de la surface utilisable par les agriculteurs. - Gêne pour l'exploitation agricole - Perte de production et du temps passé pour manœuvrer autour de pylône
Industrie	2	C	3	+		- Profits des différents approvisionnements
Tourisme						- Non applicable
Patrimoine historique						- Non applicable
Genre						- Non applicable
Santé et hygiène	2	P	1	-	O	- Risque des rayonnements électromagnétique - Risque d'électrocution - Risque des accidents mécaniques - Risque des accidents d'incendie

Légende

1 : Importance
1 : mineure
2 : moyenne
3 : majeur

2. Certitude

C : certain
P : probable
E : peu probable

3. Durée

1 : courte
2 : moyenne
3 : longue

4. Type impact

+ : positif
- : négatif

5. degrés d'Atténuation

O : impact corrigible
N : impact non corrigible

6. MESURES D'ATTENUATION ENVIRONNEMENTALES

6.1 Introduction

Après l'identification et l'évaluation des différents impacts du projet sur l'environnement, on procède dans ce chapitre à l'identification des mesures d'atténuation au cas où l'impact serait corrigible et des mesures de compensation au cas où l'impact ne serait pas corrigible. Ces mesures doivent répondre aux critères de faisabilité technique et économique du projet.

L'atténuation des impacts vise la meilleure intégration possible du projet au milieu. A cet égard, l'étude précise les actions, les ouvrages, les correctifs ou les ajouts prévus aux différentes phases de la réalisation, pour éliminer les impacts négatifs associés à chacune des variantes ou pour réduire leur intensité, de même que les actions ou les ajouts prévus pour favoriser ou maximiser les impacts positifs.

Compte tenu des caractéristiques du projet, on présentera dans ce chapitre :

- ❖ Les mesures d'atténuation durant les travaux ;
- ❖ Les mesures arrêtées pour la période d'exploitation.

6.2 Mesures d'atténuation pendant les travaux

6.2.1 La station de dessalement

6.2.1.1 *Choix du site de chantier*

Les premiers mois du délai total de l'exécution des travaux (36 mois) seront consacrés au développement du projet de construction, à l'implantation du système de suivi et de contrôle des ouvrages en vue de l'obtention la mobilisation des ressources humaines et des engins dans la zone d'intervention du projet.

Cette période de démarrage comportera également l'ingénierie de détail de toutes les composantes du projet.

Elle débouche sur les piquetages des zones de travail, la définition du baraquement de chantier, après avoir mobilisé le personnel et les engins, afin de permettre le conditionnement et de la zone de chantier.

Pour le développement d'un chantier de cette envergure, il sera procédé à un choix du site adéquat du chantier qui permet de couvrir les besoins en hygiène et en confort des travailleurs affectés au projet.

Pour minimiser les impacts, on prévoit l'aménagement d'un site de chantier commun pour la l'ensemble des composantes du projet telles que la station de dessalement et les conduites marines et terrestres. Ce site sera choisi à l'intérieur du périmètre de 50 hectares acquis pour l'implantation de la station de dessalement.

Le site de chantier occupera une surface de l'ordre de 5 ha (figure ci-dessous) à l'intérieur de la parcelle acquise à proximité de la zone d'implantation des ouvrages. Ce site est choisi

- D'une part proche de la route Nationale pour faciliter l'accès des engins et le ravitaillement du chantier en équipement et en matériaux de construction ;
- D'autre part à une distance assez éloignée de la mer et des habitation pour éviter tout type d'impact en relation avec ces composantes.

Ce site comportera (voir figure ci-dessous):

- Les bureaux de chantier ;
- La centrale à béton ;
- La zone de stockage des conduites ;
- La zone de stockage des matériaux de construction ;
- La zone de préfabrication des lests et autres ;

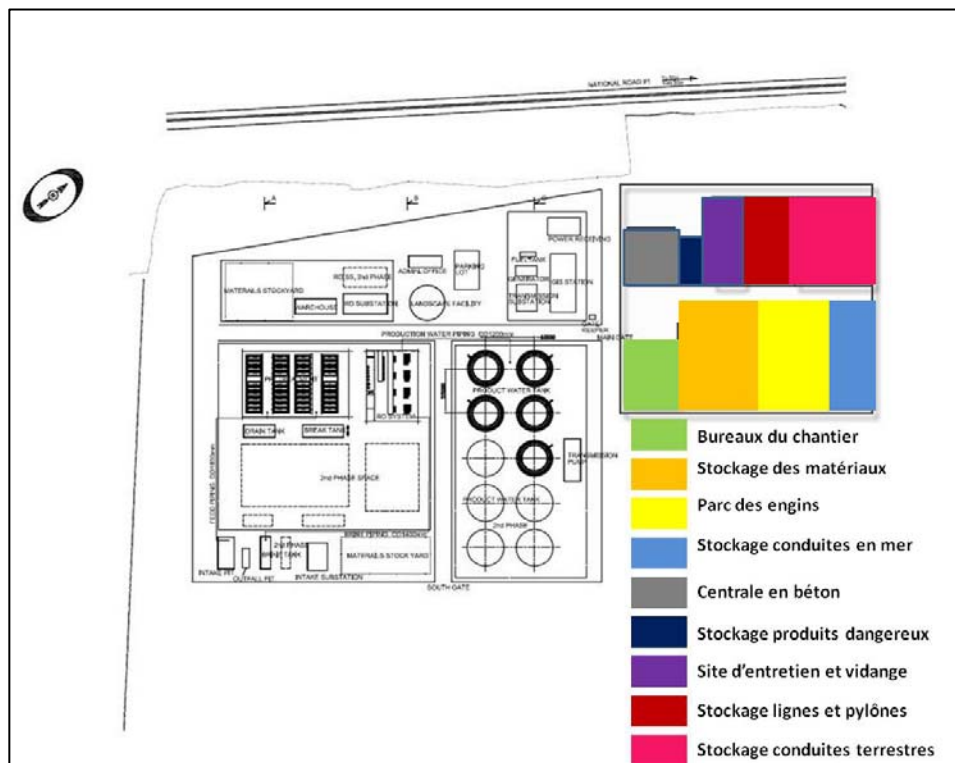


Figure 161 : Position du site de chantier pour les travaux de construction de la station de dessalement

Au niveau du site de la station de dessalement, une aire de 1200 m² (30 x 40 m²) sera réservée pour le stockage des divers déchets solides du chantier (matériaux de terrassement et déchets de construction). Ces matériaux seront sélectionnés sur site : les matériaux propres et inerte seront réutilisés pour le chantier (rehaussement et travaux divers, etc.), les autres types de déchets seront transportés ailleurs. La destination de ces derniers sera choisie en commun accord avec les autorités locales (Municipalité, Gouvernorat, Anged, etc...)

6.2.1.2 Mesures pour réduire la pollution

Mesures relatives aux émissions atmosphériques : Les mesures d'atténuation qui seront adoptées pour réduire les émissions atmosphériques dans la zone du projet sont :

- Arrosage des zones exposées au vent, des pistes ouvertes et des zones fréquentées par les camions, etc.... ;
- Couverture des camions qui transportent des matériaux de construction ;
- Limitation de la vitesse de circulation des engins à l'intérieur du site.

Mesures relatives aux rejets liquides : Un système de gestion des rejets liquides sera mis en place. Il comportera les mesures suivantes :

- ***Pour les eaux de rabattement de la nappe :*** Un système de pompage à l'intérieur de la station de dessalement sera installé. Les eaux de rabattement seront pompées dans un bassin de décantation qui sera dimensionné sur la base d'un temps de séjour minimal de quelques heures pour éliminer les matières en suspension avant le rejet en mer. Ce bassin sera en terre d'une surface de l'ordre de 2 hectares entouré par des digues d'encloture en terre d'une hauteur de 1 m au dessus du terrain naturel. Les eaux seront évacuées vers la mer via une boîte de drainage à l'exutoire du bassin et qui sera suivie par des conduites jusqu'à la zone de l'estran.
- ***Pour les rejets sanitaires :*** Le site du chantier ne comporte de réseaux d'assainissement ONAS. Par conséquent, les rejets sanitaires du chantier sont collectés dans des fosses septiques qui sont vidangées périodiquement et les eaux usées sont transportées vers la station de traitement la plus proche ;
- ***Pour les rejets liquides des ateliers d'entretien :*** Les huiles usagées seront collectées dans des futs étanches afin de les évacuer pour recyclage ;
- ***Pour les eaux pluviales de drainage :*** le site du projet comportera un système de drainage des eaux pluviales qui sont acheminées vers la mer.

Mesures relatives aux déchets solides : Durant les travaux de construction, un système de gestion approprié sera mis en place. Il comportera les mesures suivantes :

- ***Pour les déchets de la végétation superficielle décapée :*** Ces déchets seront collectés dans une aire appropriée jusqu'à un certains temps pour que leur volume soit réduit au maximum et ils seront transportés vers la décharge contrôlée El Gonna (Agareb);
- ***Pour la terre végétale 30 000 m³ :*** Ces déchets seront collectés dans une aire appropriée à l'intérieur du site de la station et ils seront réutilisés pour l'aménagement d'espaces verts et du gazon ;
- ***Pour les déchets de déblais naturels 43 000m³ :*** Ils seront réutilisés pour l'aménagement du terrain jusqu'à la côte du projet **+2,6 m NGT** ;
- ***Pour les déchets de construction et organiques :*** Ils seront collectés et transportés vers la décharge contrôlée El Gonna ;
- ***Pour les déchets industriels :*** ils seront collectés dans des bacs et ils seront transportés vers la décharge contrôlée El Gonna.

La décharge d'El Gonna est située à la délégation Agareb. Elle est exploitée depuis 2008 par les communes de Sfax (sauf Bir Ali Ben Khelifa, Ghriba et Skhira) pour l'élimination des déchets ménagers et déchets inertes d'une quantité annuelle d'environ 180 000 Tonnes. Elle vient remplacer l'ancienne décharge anarchique de Sfax sud (Thyna).

Le coût de réalisation de la décharge contrôlée El Gonna et le sept centres de transferts est de l'ordre de 9 Millions de Dinar.

Mesures relatives aux émissions de bruit et de vibration : Bien que le projet ne comporte pas d'impacts de cet type, il est prévu de mettre en place un système d'entretien des engins motorisés pour éviter et/ou atténuer les éventuelles nuisances sonores.

6.2.1.3 Mesures prévues pour le milieu naturel

Protection des habitats naturels : Pour atténuer les impacts susceptibles d'affecter les habitats naturels durant les travaux, on prévoit les mesures suivantes :

- *Pour la faune et la flore terrestre décapée :* Il n'y aurait pas de mesure particulière à envisager pour la faune et la flore du marais maritime décapée ;
- *Pour l'avifaune de la zone :* A ce niveau, on prévoit des mesures pour réduire les bruits dans la zone du projet et limiter les zones de circulations des engins.

Protection des zones protégées : Aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Protection de l'hydrologie : Un système de drainage des eaux pluviales du site sera mis en place pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales vers mer et pour éviter les stagnations dans le site du projet.

Protection de la morphologie et géologie : Aucune mesure particulière n'est envisagée à ce niveau.

Protection du paysage : Bien que l'impact soit négligeable, des bonnes pratiques de gestion des matériaux de terrassements et de construction contribueront à minimiser l'impact sur le paysage. Des mesures seront prises comme suit :

- Une organisation du chantier avec des zones dédiées aux différents stocks, déchets... ;
- La hauteur des stocks sera adoptée afin d'éviter le gêne visuel des riverains ;
- Les déblais excavés seront mis à l'intérieur du site du projet pour être réutilisés pour les travaux de terrassements ;
- Restauration du site de projet en fin des travaux du chantier.

Mesures de sécurité pour les changements climatiques : Durant les travaux de chantier, l'unique mesure de compensation préconisée concernera le contrôle et l'entretien des engins motorisés afin de minimiser les émissions de CO₂ dans l'atmosphère.

6.2.1.4 Mesures prévues pour le milieu socio-économique

Mesures prévues au déplacement involontaire des gens : Aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau ;

Mesures d'atténuation de l'impact sur les métiers et l'activité locale : Il est prévu de bénéficier la population locale des postes d'emplois qui seront créés durant les travaux du chantier.

Protection des ressources naturelles : La terre végétale décapée (30 000 m³) sera stockée dans une aire appropriée dans le site et sera réutilisée pour créer des espaces verts à l'intérieur de la station de dessalement.

Protection des infrastructures publiques : A part la route nationale RN1, les travaux de construction seront effectués loin des infrastructures publiques de la zone. On prévoit des mesures d'atténuation pour réduire les éventuels dégâts sur les infrastructures publiques et pour minimiser la perturbation du trafic routier :

- Etablir un plan de circulation qui sera réalisé pendant la durée des travaux ;
- Conserver la circulation libre aux riverains de la route nationale RN1 ;
- Mettre en place des dispositifs de sécurité (panneaux de signalisation, etc.) sur la route nationale RN1 pour donner des renseignements relatifs aux déviations et accès au chantier ;
- Maintenir les voies traversées en état de propreté (réparation des voiries dégradées) ;
- Informer les usagers de la route nationale RN1 des horaires et des jours où la circulation sera perturbée.

Protection de l'agriculture : Pour réduire les impacts de la poussière sur l'agriculture, les mesures suivantes seront prises en compte :

- Limiter la vitesse des engins roulant. Les conducteurs des engins de construction doivent travailler dans des conditions minimisant les émissions de poussières.
- Arroser en continu les zones exposées au vent, les pistes d'accès au chantier et les zones fréquentées par les camions.

Mesures prévues pour l'industrie : En l'absence des impacts négatifs en phase des travaux sur la composante de l'industrie, aucune mesure n'est à mettre en œuvre.

Mesures prévues pour le tourisme : Vue l'absence d'impact négatif sur le tourisme, aucune mesure spécifique n'est prévue.

Mesures de sécurité pour le patrimoine historique : Comme il a été expliqué précédemment, les travaux de construction de la station de dessalement n'aura pas des impacts négatifs sur le patrimoine historique du gouvernorat de Sfax. Cependant, dans le cas d'une éventuelle découverte (vestige archéologique, etc....) lors des travaux de construction de la station, la SONEDE s'engage à informer les services compétents du Ministère de la Culture et de la Sauvegarde du Patrimoine ou les autorités territoriales les plus proches pour veiller à la supervision des vestiges pendant le déroulement du travail.

Mesures prévues pour le genre : Durant les travaux de construction, il est prévu de laisser des passages pour les femmes collectrices du coquillage dans l'estran.

Mesures prévues pour la santé et hygiène : Pour atténuer les impacts négatifs sur la santé et l'hygiène du personnel, les mesures de protection à respecter sont :

- Mise en place d'un plan assurance qualité comprenant un système d'évacuation et un plan d'urgence pour les situations accidentelles durant le chantier;
- Limiter les heures d'expositions des travailleurs aux bruits ;

- Utiliser des engins lourds et légers dont les émissions sonores respectent les textes réglementaires ;
- Disposer du matériels de protection individuelle (casques, bouchons d'oreilles, etc....) afin de pouvoir travailler dans des conditions sécurisantes ;
- Disposer des services médicaux, ainsi des équipements de premier secours en permanence sur le site ;
- Mise en plan d'un plan d'urgence pour les ouvriers sinistrés ;
- Sensibiliser et former les personnels sur les risques des accidents durant les travaux de construction de la station de dessalement.

6.2.2 Les conduites de transfert en mer

6.2.2.1 Choix du site de chantier

En plus de la zone principale (site terrestre de chantier), il est prévu trois autres zones d'installations auxiliaires pour les travaux maritimes.

Zone de construction des tours de captage : Il est prévu une zone d'installation auxiliaire dans le port de Sfax pour les travaux construction de deux tours de prise d'eau. Le site exact d'implantation de la zone de construction des ouvrages sera arrêté avec la concertation des services de l'OMMP et de l'APAL. La tour de prise sera transportée par voie maritime sur un ponton flottant.

Zone de stockage des conduites marines: Comme présenté au chapitre précédent, les conduites marines seront mouillées par tronçon de 400 à 500m. Avant mouillage ces tronçons nécessitent une zone partiellement abritée pour un stockage provisoire. D'après le modèle de réfraction (voir chapitre 4 suivant), la zone potentielle qui peut abriter les conduites avant mouillage est celle de la zone de Nakta abritée partiellement par la flèche de Chaffar (figure ci-dessous).



Figure 162 : Zone potentielle pour le stockage des conduites de transfert en mer

Zone d'embarquement pour l'approvisionnement du chantier : Pour l'approvisionnement de chantier, trois sites peuvent être utilisés :

- Le port de Sfax : pour l'approvisionnement des équipements lourds ;
- Le port de Mahres : Pour des approvisionnements légers à moyens ;
- Un site d'embarquement aménagé à Nakta à proximité du site de la station de dessalement pour les approvisionnements légers et quotidiens.



Figure 163 : Sites potentiels pour la construction des tours de captage et pour l'approvisionnement vers la zone du projet (station de dessalement de Sfax sud)

6.2.2.2 Mesures pour réduire la pollution

Mesures relatives aux émissions atmosphériques : Afin de réduire les impacts liés aux poussières et des gaz d'échappements des engins et équipements, des mesures seront prises en compte :

- Réduction dans les mesures du possible des zones de stockages des matériaux de déblais pour le tronçon terrestre ;
- Mise en place d'un programme d'entretien des engins et des équipements du chantier ;
- Contrôle continu et de façon régulière de la consommation du carburant.

Mesures relatives aux rejets liquides : Bien que l'impact des rejets liquides soit relativement faible en phase de chantier, il est prévu une bonne gestion de ces rejets. On prévoit les mêmes mesures d'atténuation présentées ci-dessus pour le site de chantier terrestre.

Mesures relatives aux déchets solides : Les mesures relatives aux déchets domestiques et déchets industriels sont les mêmes que celles présentées pour la station de dessalement. Pour ce qui concerne les matériaux d'excavation des tranchées des conduites marines (545 700 m³), les mesures correspondantes seront décrites ci-dessous pour la protection des habitats.

Mesures relatives aux émissions de bruit et de vibration : Bien que ces émissions soient faibles, des campagnes d'information seront effectuées afin de préparer la population maritime pour les conditions du travail de chantier.

6.2.2.3 Mesures prévues pour le milieu naturel

Protection des habitats naturels:

Dans le chapitre précédent, il a été montré que des surfaces importantes seront excavées pour la pose des conduites marines. Une surface totale de l'ordre de **16,3 hectares** sera excavée pour enlever une quantité totale de **545 700 m³** de matériaux des fonds marins. Ces opérations vont générer l'enlèvement d'une surface de l'ordre de **14 hectares d'herbiers**.

Bien que derniers soient sacrifiés, on prévoit la protection des espaces adjacents ainsi que toute la zone du projet :

Pour la procédure des travaux : Chaque tronçon des conduites marines fera l'objet d'un plan de gestion comportant des mesures spécifiques comme suit :

- *Haut de plage (400m) :* Les matériaux d'excavation correspondant (**40 800 m³**) seront stockés provisoirement à proximité de l'emprise et ils seront réutilisés en partie pour le remblayage de la tranchée et l'excès sera réutilisé pour le réaménagement du site de la station de dessalement. L'emprise sera réaménagée à la fin des travaux à côte initiale ;
- *Zone de l'estran (400 m) :* Ce tronçon sera réalisé par voie terrestre. Les matériaux correspondants (**38 400 m³**) seront réutilisés pour le remblai de la tranchée après la pose. Les matériaux en excès seront réutilisés pour l'aménagement du site de la station de dessalement. La zone de l'estran exploitée durant les travaux sera remise à son état initial à la fin des travaux ;

- *Zone de déferlement (1300 m)* : Cette zone sera réalisée par voie maritime (méthode hydraulique ou mécanique). La quantité des matériaux excavée sera de l'ordre de **273 000 m³**. On prévoit les mesures suivantes :
 - L'installation d'un écran flottant, de part d'autre de l'emprise du dragage, pour éviter la dispersion des matières en suspension vers les zones adjacentes ;
 - Réutiliser les matériaux d'excavation pour le remblai des souilles des conduites ;
 - Éviter de poser les matériaux d'excavation sur les herbiers marins ;
 - Remettre l'emprise de la souille à sa topographie initiale.

- *Zone du large (1 500 m)* : ce tronçon sera réalisé par voie maritime (méthode hydraulique ou mécanique). La quantité des matériaux excavée sera de l'ordre de **157 500 m³**. On prévoit les mesures suivantes :
 - L'installation des écrans flottants, de part et d'autre de l'emprise, pour éviter la dispersion des matières en suspension vers les zones adjacentes
 - La réutilisation des matériaux d'excavation pour le remblai des souilles des conduites ;
 - L'interdiction de poser les matériaux d'excavation sur les herbiers marins ;
 - La remise l'emprise de la souille à sa topographie initiale.

- *Zone au-delà du captage (800m)* : ce tronçon sera réalisé par voie maritime (méthode hydraulique ou mécanique). La quantité des matériaux excavée sera de l'ordre de **36 000 m³**. On prévoit les mesures suivantes :
 - L'installation, de part et d'autres de l'emprise de pose, d'écran flottant pour éviter la dispersion des matières en suspension vers les zones adjacentes ;
 - La réutilisation des matériaux d'excavation pour le remblai des souilles des conduites ;
 - L'interdiction de la pose des matériaux d'excavation sur les herbiers marins ;
 - La remise de l'emprise de la souille à sa topographie initiale.

Les écrans flottant

- Il s'agit d'écrans qui seront installés pour éviter la dispersion des matières en suspension vers les zones adjacentes. Ces écrans protecteurs ou anti-turbidités seront installés autour du matériel de dragage pour la matière en suspension reste à l'intérieur de l'emprise sans diffuser vers l'extérieur. Ainsi, ces écrans vont protéger l'ensemble de la zone à draguer.

Ces écrans sont des barrières de faible perméabilité réalisés en Nylon ou en polyester renforcées par du PVC ou encore de Kevlar/polyester. Ils sont installés en place par des flotteurs et un lest à leur extrémité inférieure. Ces écrans sont généralement fabriqués en sections de longueur et de hauteur variables.

Ces écrans seront installés en fonction de la direction et de la force des courants afin de limiter l'effet hydrodynamique.



Figure 164 : Exemple d'écrans anti-turbidité pouvant être utilisé durant les travaux maritimes

Choix de la période des travaux :

La zone fait partie de la frange littorale du golfe de Gabès reconnue comme zone de frayère et de nurserie. Le choix de la période des travaux devra être mis en rapport avec la campagne de palourde et les périodes de frai. Les travaux vont ainsi affecter les larves, les alevins et les juvéniles de plusieurs espèces ; Cependant, ces impacts peuvent être plus ou moins agressifs en fonction de la durée et la période d'exécution des différentes phases ; Pour des raisons écologiques et socioéconomiques, il est proposé une certaine périodicité et successions de travaux :

- Eviter autant que possible la période printanière correspondant à l'essentiel de frai et de développement des espèces ;
- Pour les travaux à terre (zone de marais), la période estivale sera plus conseillée ;

- Pour les travaux sur l'estran et en rapport avec la campagne de collecte de palourde, la Période entre le mois de mai et le mois d'octobre serait adéquate ;
- Pour la partie marine ce sont les périodes de houles du secteur est à sud est qu'il faut éviter.

Protection des zones protégées : Comme il a été expliqué précédemment, aucune zone protégée ne sera traversée par les conduites sous marines. Étant donné que les travaux de pose des conduites vont réduire les surfaces des herbiers de **14 hectares**, il est proposé une mesure compensatoire à ce niveau qui consiste à contribuer à la protection des herbiers du golfe de Gabès. Cette mesure sera exposée dans le chapitre relatif à la période d'exploitation.

Protection de l'hydrologie : Vu l'absence des impacts sur l'hydrologie, aucune mesure particulière n'est à prévoir.

Protection de la morphologie et géologie : Les principales mesures d'atténuation s'appliquant à la protection de la morphologie et la géologie sont :

- Une réduction des pertes lors de l'opération d'excavation par un contrôle de la vitesse de descente et de remontée de la benne, par l'utilisation d'une benne étanche et par la réduction des surverses lors du remplissage des barges de transport ;
- Une utilisation de barges de transport étanches afin de diminuer les pertes lors du transport vers le site de mise en dépôt provisoire ;
- Une interdiction de déposer temporairement les matériaux d'excavations de part et d'autre de l'emprise de tranchée ;
- La mise en place d'écrans flottants pour éviter la migration des matériaux de dragage vers les zones adjacentes ;
- Le remblayage des tranchées après la pose des conduites et la remise des fonds à leur topographie initiale avant travaux.

Protection du paysage : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à niveau pour cette composante.

Mesures de sécurité pour les changements climatiques : Les engins de dragage en mer sont des grands consommateurs de carburant. A ce il est prévu un bon entretien des équipements mécanisés afin de réduire les consommations.

6.2.2.4 Mesures prévues pour le milieu socio-économique

Mesures prévues au déplacement involontaire des gens : Pendant les travaux, il n'y aurait pas un déplacement involontaire des gens mais il y aurait plutôt une perturbation des métiers relatifs à la pêche à pied et en mer.

Mesures d'atténuation de l'impact sur les métiers et l'activité locale : Les métiers concernés par cette composante du projet sont celles relatives à la pêche à pied des coquillages et à la pêche classique littorale. Des mesures générales seront prévues pour ces métiers et d'autres spécifiques pour chacun d'entre eux :

La période pêche à la palourde est réglementée par l'Arrêté du ministre de l'Agriculture du 16 juin 1997, complétant l'Arrêté datant du 20 septembre 1994. Cet arrêté stipule que la

campagne de pêche des palourdes est interdite durant la période allant du 15 mai au 30 septembre. Toutefois et par voie de décision du Ministre, cette période d'interdiction peut être prorogée jusqu'au 15 novembre dès qu'un risque sanitaire est identifié. Malheureusement, depuis ces dernières années, le nombre de jours de travail autorisé pour les collectrices de palourdes de Akarit a été considérablement réduit en raison de développement d'algues toxiques, imposant de nombreuses fermetures des zones de collecte. Cette activité de collecte des palourdes est donc devenue très précaire et les revenus générés par cette activité ont baissé considérablement.

Des mesures générales : Pour chantier marin, des mesures générales seront prévues telles que :

- La réalisation de campagnes d'information de la population maritime et du public des zones riveraines. Ces campagnes auront pour objet la préparation de ce public aux différentes étapes des travaux et leur familiarisation aux consignes de sécurité nécessaires. Ces campagnes seront organisées avec les autorités locales (Gouvernorat, Délégation, omdat, commune, Garde Nationale, etc....) ;
- Le balisage de la zone du projet afin de prévoir un périmètre de sécurité qui ne devrait pas être fréquenté par la population maritime ;
- La mise en place de toutes les signalisations nécessaires (nature des travaux, entreprise, maitres de l'ouvrage, durée des travaux, etc.....).

Mesures compensatoires pour le métier de la pêche à pied :

Durant les travaux, les collectrices de palourdes, et les autres acteurs de filière, seront partiellement privés d'une zone de collecte, et vont avoir par suite une baisse dans leur production globale.

En rapport avec l'extension de la zone, du nombre de collecteur et de la biomasse de palourdes disponible dans la zone le manque à gagner global est estimé en rapport avec :

- Le Nombre de femmes collectrices 162
- La Récolte moyennes journalière : 3kg
- Le Nombre de jour de collecte : 120 jours
- Le Prix moyen du kg : 5DT

Ainsi le cout total de la production de la zone par campagne : **291 600 DT**

Cette indemnisation pourra être attribuée aux femmes collectrices qui représentent le maillon clé de la filière.

Selon l'enquête sociale réalisée dans le cadre de ce projet,

Sachant que les autres acteurs de la filière (transporteurs et centre de purification et éventuellement les groupements) n'interviennent pas directement dans la production.

Les indemnités prévues devront être destinés clairement aux acteurs effectifs de la filière à savoir les collectrices et collecteurs des palourdes disposant d'une carte professionnelle (à parts égales sans aucune pondération). En effet seul ces derniers sont rattachés directement à cette zone. Les centres de purification sont très faiblement impactés par le projet et ils ne seront pas de ce fait concernés par l'indemnisation. Seule la DGPA sera en mesure d'assurer cette éventuelle action, une similitude sera faite avec les dispositions d'octrois d'indemnités

dans le cadre du repos biologique. Cette action sera donc confiée par la SONEDE aux services de la DGPA qui dispose à la fois des données nécessaires sur les pêcheurs à pieds et aussi de l'expérience en matière de gestion de ce type d'indemnité avec les pêcheurs dans le cadre du repos biologique.

Mesures compensatoires pour le métier de la pêche classique :

Marins pêcheurs : les pêcheurs de la zone utilisent des barques côtières motorisées ou non motorisées ne dépassant pas les 10 m de longueur hors tout, l'engin de pêche le plus utilisé est la Hrira avec 20 à 50 pièces de 25 à 100m de longueur. La production mensuelle varie entre 150 et 170 kg pour les barques non motorisées et 250 à 350kg par mois pour les barques motorisées.

Les pêcheurs concernés par le dérangement liés aux chantiers sont de l'ordre de 30 (pour la zone de Nakta) pour une période de 24 mois avec 180 jours de pêche par an. Le dommage brut peut s'élever à 60 200kg (30x24/2x170) avec une valeur de l'ordre de 400 000 DT (60200x6,5). **Soit 500 DT par pêcheur par mois durant deux ans en supposant une occupation totale par le projet de la zone d'activité des pêcheurs.**

Toutefois, en rapport de la zone de pêche traditionnelle des marins de Nakta, une estimation sera faite sur la base d'une pondération de la zone du chantier par rapport à celle de l'activité de la pêche.

Protection des ressources naturelles : Des différentes mesures seront prises en considération pour amortir les impacts des travaux sur les ressources halieutiques. Les mesures prises en compte pour la protection des herbiers sont valables pour la protection des ressources halieutiques. On cite en particulier :

- L'interdiction de l'utilisation de tous types d'explosifs en mer pour les travaux de dragage ;
- L'interdiction du dépôt des matériaux sur les herbiers ;
- La protection des herbiers adjacents à l'emprise des travaux.

Protection des infrastructures publiques : Pour réduire la perturbation du trafic maritime dans les deux ports (Sfax et Mahres), des mesures seront prévues :

- La concertation avec les divers concessionnaires (British Gaz, DPR, DPM, etc....) ;
- Choisir les itinéraires de circulations des remorqueurs et des bateaux d'approvisionnement de chantier ;

Protection de l'agriculture : Aucune mesure spécifique n'est prévue à ce niveau.

Mesures prévues pour l'industrie : Aucune mesure spécifique n'est prévue à ce niveau.

Mesures prévues pour le tourisme : Aucune mesure spécifique n'est prévue à ce niveau. .

Mesures de sécurité pour le patrimoine historique : La carte des sites classés ne montre pas de sites dans la zone d'intervention marine. Toutefois en cas de constatations de la présence de traces archéologiques, le maître de l'ouvrage s'engage à informer les autorités compétentes concernées.

Mesures prévues pour le genre : Les mesures d'atténuation pour le genre sont les mêmes présentées pour les métiers et les activités locales.

Mesures prévues pour la santé et hygiène : Afin de minimiser et éliminer les impacts possibles lors des travaux de pose des conduites sur la santé, les mesures suivantes seront respectées :

- Mettre en place un dispositif sanitaire (médecin, secouristes, ambulance, matériels de soin, médicaments, etc.) et des moyens de communication et de transport ;
- Limiter les heures d'expositions des travailleurs aux bruits ;
- Disposer du matériels de protection individuelle (casques, bouchons d'oreilles, etc....) pour pouvoir travailler dans des conditions sécurisantes ;
- Mise en place d'un système d'évacuation et un plan d'urgence pour les situations accidentelles ;
- Mettre à la disposition un moyen d'évacuation en cas d'accidents ;
- Sensibiliser et former les personnels sur les risques des accidents ;
- Délimiter le périmètre du chantier par balisage pour éviter l'accès des gens ;
- Minimiser la durée des tranchées ouvertes afin d'éviter les accidents.

6.2.3 Les conduites de transfert des eaux osmosées

6.2.3.1 Choix du site de chantier

Le chantier de pose des conduites comportera plusieurs sites de chantier qui seront choisis dans les espaces de la SONEDE. Ces sites comporteront les bureaux de chantier et les sites de stockage des conduites d'adduction.

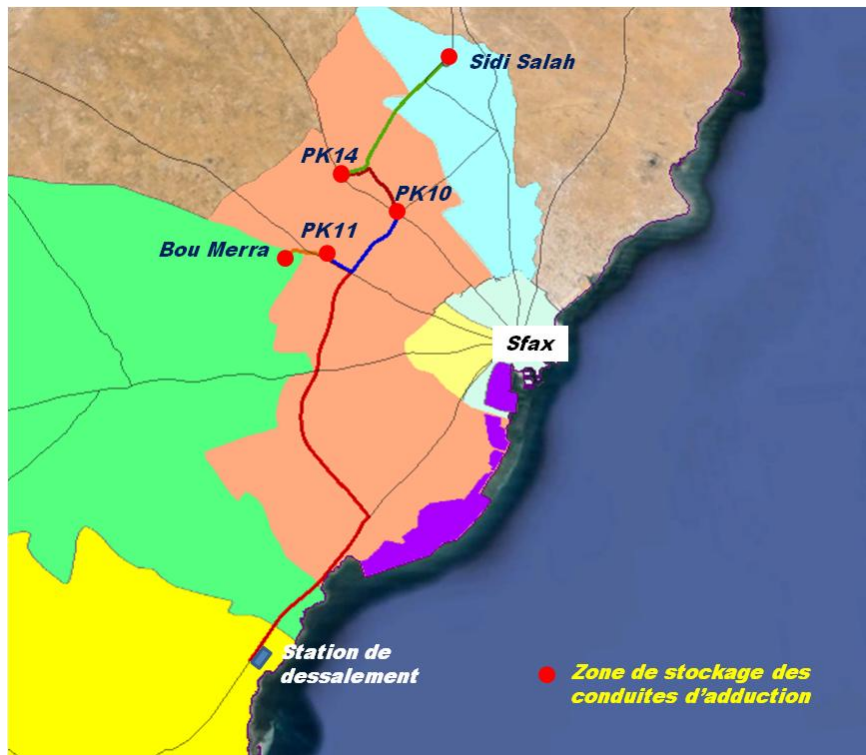


Figure 165 : Sites potentiels pour le stockage des conduites d'adduction

6.2.3.2 Mesures pour réduire la pollution

Mesures relatives aux émissions atmosphériques :

- Limiter la vitesse des engins roulant ;
- Arroser les zones pistes traversées par les camions transporteurs des équipements ;
- Entretenir d'une manière continue les engins pour optimiser les combustions ;
- Maintenir le moteur en état d'arrêt pendant les stationnements prolongés sans motif durant les travaux.

Mesures relatives aux rejets liquides :

- Les eaux du test hydraulique (120 000 m³) : Étant donné que ces eaux soient d'origine SONEDE et ne contiennent pas de pollution, elles seront rejetée après le test dans l'oued le plus proche ou bien dans le réseau des eaux pluviales s'il existe ;
- Les eaux de nettoyage : Après le test hydraulique un essai de nettoyage sera effectué pour éliminer les éventuels dépôts solides dans les conduites. Ces eaux seront

également rejetées dans les oueds les plus proches ou bien dans le réseau d'eau pluviale s'il existe.

- Les rejets sanitaires (eaux usées) de chantier : Ces derniers seront collectés dans des fosses septiques qui seront vidangés périodiquement et transférées vers la station d'épuration la plus proche pour traitement.

Mesures relatives aux déchets solides : Un système de gestion approprié sera mis en place pour la gestion des matériaux de terrassement des tranchées des conduites. Il comportera les mesures suivantes :

- Stockage provisoire des déblais sans que ces derniers puissent gêner la circulation des eaux, le trafic routier et le passage des riverains ;
- Réutiliser les déblais excavés (300 000 m³) pour le remblayage de la tranchée des conduites enfouies ;
- Procéder les travaux par petit tronçon pour éviter les longues accumulations des déblais sur les pistes et routes existantes ;
- Réutiliser les déblais excédentaires (175 000 m³) pour le réaménagement du site de la station de dessalement et de son rehaussement jusqu'à la côte du projet +2 m NGT ;
- Collecter et évacuer les déchets de construction et divers autres déchets (morceaux de conduites, chutes ferrailles, etc.....) vers la décharge contrôlée El Gonna.

Mesures relatives aux émissions de bruit et de vibration : Durant les travaux de pose, le niveau sonore est du à la circulation des camions et à la mobilisation des engins de pose des conduites. Il est prévu de mettre en place un plan de circulation et un système d'entretien des engins motorisés pour éviter et/ou atténuer les éventuelles nuisances sonores à savoir :

- Limiter les séances de travail entre 7H et 19H ;
- Utiliser les équipements les moins bruyants ;
- Éviter l'installation des machines vibrantes à une courte distance aux bâtiments ;
- Veiller à ce que les camions et les engins circulent à une faible vitesse dans les zones urbanisées.

6.2.3.3 Mesures prévues pour le milieu naturel

Protection des habitats naturels : Comme il a été expliqué précédemment, seuls les tronçons traversant les marais maritimes le long de la RN1 affecteront légèrement la flore à proximité de la route. La végétation superficielle décapée (salicornes) sera collectée dans une aire appropriée et elle sera transportée vers la décharge contrôlée. La terre végétale superficielle des tronçons de marais maritime sera stockée dans une aire appropriée et elle sera réutilisée pour l'aménagement d'espaces verts dans le site de la station de dessalement.

Protection des zones protégées : Vue l'éloignement de ces zones par rapport à l'emprise du réseau d'adduction, aucune mesure particulière n'est à prendre.

Protection de l'hydrologie : Comme présenté dans l'analyse d'impact, toutes les traversées des oueds seront effectuées en mode de siphonage par pose à ciel ouverts dans des tranchées effectuées dans le cadre de ces travaux.

Protection de la morphologie et géologie : On prévoit la restauration des emprises d'intervention avec le rétablissement du profil original de la topographie des sols.

Protection du paysage : Pour réduire la dégradation paysagère liée aux travaux de pose des conduites d'adduction, il est prévu les mesures d'atténuation suivantes :

- Les matériaux excavés seront posés provisoirement de part et d'autre de l'emprise pour être réutilisés pour le remblayage des tranchées et pour le réaménagement du terrain du site de la station de dessalement ;
- La hauteur des stocks provisoires sera limitée afin d'éviter la gêne visuel des riverains ;
- Les déchets impropres seront évacués vers la décharge la plus proche ;
- La restauration et le nettoyage des emprises des travaux à la fin du chantier.

Mesures de sécurité pour les changements climatiques : Un système de contrôle et d'entretien des engins motorisés sera mis en place afin de minimiser les émissions de CO₂ dans l'atmosphère.

6.2.3.4 Mesures prévues pour le milieu socio-économique

Mesures prévues pour le déplacement involontaire des gens : Comme indiqué dans l'analyse des impacts, le tracé du réseau de transfert des eaux dessalées suivra des routes et des pistes et il ne prévoit aucun déplacement involontaire de population. Donc, il n'y a donc aucune mesure spécifique à ce niveau.

Mesures d'atténuation de l'impact sur les métiers et l'activité locale : A ce niveau, il est prévu :

- L'élaboration d'un plan de circulation des engins de manière à permettre la souplesse de la mobilité et de l'accessibilité des riverains. Il sera évolutif en fonction du phasage prévu pour les travaux ;
- Limitation de la vitesse des engins sur les sites des travaux ;
- Installation des panneaux de signalisation et d'information ;
- Balisage des aires des travaux ;
- Interdiction de dépôt des matériaux excavés du côté des routes ;
- Arrosage régulier de pistes empruntées par les engins.

Protection des ressources naturelles : La conduite est prévue pour l'adduction des eaux osmosées qui vont renforcer les ressources en eau potable du pays. Un test d'étanchéité sera prévu pour éviter toutes éventuelles fuites durant les travaux.

Protection des infrastructures: Toutes les infrastructures publiques (routes et chemin de fer) seront traversées par la technique de fonçage pour éviter la perturbation du trafic routier et ferroviaire. Pour ce qui concerne les passages devant des constructions des mesures seront prises en compte durant les travaux à savoir :

- La concertation avec les autorités locales (garde nationale, équipement, etc....) de la zone du projet et de la période d'exécution ;
- Le balisage de la zone du projet par des panneaux de signalisation et d'information sur le projet ;
- L'établissement de plan de circulation en accord avec les autorités locales ;
- L'avancement par petit tronçons pour éviter la perturbation des circulations et les longues tranchées ouvertes ;
- Le respect de la capacité portante des routes et la réparation des dégâts causés durant travaux ;

- La concertation avec la garde nationale pour gestion de la circulation routière durant les travaux.

Protection de l'agriculture : Pour réduire les impacts de la poussière sur l'agriculture, des mesures seront prises en compte :

- Limiter la vitesse des engins roulant ;
- Arroser les pistes traversées par les engins roulants ;
- Entretenir les engins pour optimiser les échappements de combustion ;
- Maintenir le moteur en état d'arrêt pendant les stationnements prolongés.

Mesures prévues pour l'industrie : Aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Mesures prévues pour le tourisme : Aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Mesures de sécurité pour le patrimoine historique : Tel que vue dans l'analyse d'impact, le projet n'a aucun impact sur le patrimoine historique, donc aucune mesure spécifique n'est à prévoir. Toute fois, en cas d'une éventuelle constatation de la présence de traces de vestiges, le maître de l'ouvrage informera les autorités compétentes concernées.

Mesures prévues pour le genre : Pour les tronçons de passage devant les marais maritimes, il est prévu de respecter les passages et les accès des femmes qui traversent la zone pour accéder à l'estran de collecte des coquillages.

Mesures prévues pour la santé et hygiène : Des mesures sont prévues à ce niveau telles que :

- Limiter les heures d'expositions des travailleurs aux bruits ;
- Renforcer la sécurité des travailleurs par l'établissement d'un plan d'intervention d'urgence ;
- Utiliser des engins lourds et légers dont les émissions sonores respectent les textes réglementaires ;
- Disposer du matériels de protection individuelle (casques, bouchons d'oreilles, etc....) afin de pouvoir travailler dans des conditions sécurisantes ;
- Disposer des services médicaux, ainsi des équipements de premier secours en permanence sur le site ;
- Mise en place d'un système d'évacuation et un plan d'urgence pour les situations accidentelles ;
- Sensibiliser et former les personnels sur les risques des accidents ;
- Délimiter le périmètre du chantier par balisage pour éviter l'accès des gens ;
- Minimiser la durée des tranchées ouvertes afin d'éviter les accidents.

6.2.4 Les lignes d'alimentation en énergie électrique

6.2.4.1 Choix du site de chantier

Les travaux d'implantation des lignes électriques nécessitent la définition des zones de chantier destinées à placer les bureaux de chantier et les installations auxiliaires (stockage des pylônes, câbles et équipements).

Ces zones seront choisies à l'intérieur du périmètre de 50 hectares acquis pour l'implantation de la station de dessalement. Il comportera (voir figure ci-dessous):

- Les bureaux de chantier ;
- La zone de stockage des câbles ;
- La zone de stockage des matériaux de construction ;
- La zone de stockage des équipements des lignes électriques.



Figure 166 : Site potentiel pour le stockage des pylônes et câbles

6.2.4.2 Mesures pour réduire la pollution

Mesures relatives aux émissions atmosphériques : Comme présenté pour chaque composante du projet, les mêmes mesures relatives aux émissions atmosphériques seront prises en compte par l'entrepreneur.

Mesures relatives aux rejets liquides : Vue l'absence des rejets liquides pendant les travaux, aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Mesures relatives aux déchets solides : On prévoit la collecte, le stockage et l'évacuation des déchets industriels banals produits en phase chantier vers la décharge contrôlée El Gonna.

Mesures relatives aux émissions de bruit et de vibration : Des mesures sont prévus à ce niveau telles que :

- Utiliser, dans la mesure du possible, les équipements les moins bruyants ;
- Élaborer un programme d'entretien des équipements du chantier ;
- Limiter les séances de travail entre 7h et 19h ;
- Former et informer les travailleurs pour utiliser correctement les équipements du chantier afin de réduire au minimum le bruit et la vibration.

6.2.4.3 *Mesures prévues pour le milieu naturel*

Protection des habitats naturels : Bien que les impacts sur les habitats naturels soient mineurs, certaines mesures sont prévues telles que :

- Minimiser la surface de l'emprise projetée pour réduire le décapage du couvert végétal ;
- Interdire les déversements des carburants et huiles et des divers déchets de chantiers sur les terrains agricoles ;
- Limiter la vitesse de la circulation dans les terrains agricoles ;
- Eviter la circulation des engins sur la végétation riveraine ;
- Sensibiliser et former les ouvriers pour utiliser correctement les équipements du chantier afin de réduire au minimum le dérangement de la faune.

Protection des zones protégées : Vue l'absence des impacts négatifs sur les zones protégées, aucune mesure spécifique n'est donc nécessaire.

Protection de l'hydrologie : Aucune mesure d'atténuation particulière n'est prévue à ce niveau.

Protection de la morphologie et géologie : Il est prévu les mesures suivantes :

- Restauration et nettoyage des sites d'intervention en rétablissant le profil original de la topographie des sols ;
- Le remblaiement approprié des fouilles à fondation en évitant la formation de saillies ou de creux ;
- Enlèvement et évacuation des déblais excédentaires vers la décharge contrôlée ;
- Remise en place de la terre végétale.

Protection du paysage : Pour atténuer les impacts paysagers, les mesures prévues sont les suivantes :

- Les matériaux excavés seront déposés alentours de la fouille pour être réutilisés pour le remblayage ;
- Les déblais excédentaires seront évacués vers la décharge la plus proche ;
- Terrassement manuel au dessus des fondations pour rétablir le profil original de la topographie ;
- Restauration et nettoyage du site de projet en fin des travaux du chantier.

Mesures de sécurité pour les changements climatiques : Comme indiqué dans l'analyse d'impact, il n'y a pas des effets négatifs sur les changements climatiques, donc, aucune mesure n'est à prévoir pendant la phase des travaux.

6.2.4.4 *Mesures prévues pour le milieu socio-économique*

Mesures pour le déplacement involontaire des gens : Comme expliqué dans l'analyse d'impact, l'implantation de la ligne haute tension ne prévoit aucun déplacement involontaire des gens ; Aucune mesure n'est prévue à ce nécessaire.

Toutefois l'implantation des pylônes nécessitera des surfaces de 25m² pour les fondations. Ces surfaces seront choisies dans des terrains nus et loin des habitations pour éviter le déracinement des arbres et l'enlèvement des constructions. Le projet prévoit l'implantation de **40 pylônes** dont chacun occupera une surface de 25 m² et aura une surface de servitude de

l'ordre de 75 m² : soit une surface totale de 100 m² par pylône et **4 000 m²** pour l'ensemble des pylônes projetés.

La procédure effectuée généralement par les services de la STEG consiste à indemniser les propriétaires des terrains pour l'utilisation de ces surfaces tout en leur laissant la liberté d'exploiter les zones de servitude correspondantes.

Chaque pylône occupera une surface de 100 m² (y compris la servitude) ce qui est l'équivalent à l'emprise d'un olivier de la zone agricole traversée par les lignes électriques. Bien qu'il n'y aurait pas d'enlèvement d'oliviers, on peut estimer le coût de l'espace acquis pour le pylône au prix d'un olivier qui est de l'ordre de **1000 DT/pied**. Ainsi, on peut estimer le coût des terres acquises pour les 40 pylônes comme suit :

Tableau 114 : Estimation du taux d'indemnisation des gens pour l'utilisation des terrains d'implantation des pylônes électriques

Délégation	Nombre de pylône	Nature terrain	Surface en m ²	Estimation du coût en DT
Thyna	14	Terrain nu agricole	1 400	14 000
Agareb	20	Terrain nu agricole	2 000	20 000
Mahres	6	Terrain nu agricole	600	6 000
Total	40		4 000	40 000

Mesures d'atténuation de l'impact sur les métiers et l'activité locale : Pour protéger les métiers et les activités locales des mesures sont prévues :

- Une sensibilisation et information pour la population locales ;
- Une optimisation du tracé afin de minimiser le dérangement des gens ;
- Un engagement pour respecter au mieux les zones des cultures durant les travaux, et à minimiser les dégradations dans les champs non encore récoltés ;
- Un remboursement à l'exploitant sur la base du prix du marché pour toute destruction des terres cultivées ;
- Interdiction d'utiliser des terres cultivées pour l'accès au chantier ou le stockage des matériels.

Protection des ressources naturelles : Vu le faible impact des travaux sur l'oued Cherchar (non permanent), aucune mesure particulière n'est à envisagée à niveau.

Protection des infrastructures publiques : Comme identifié dans l'analyse d'impact, la ligne haute tension traversera des infrastructures publiques. Une perturbation assez importante du trafic routier aura lieu durant les travaux d'implantation de la ligne. Pour réduire cette perturbation liée à la circulation des engins, l'ouverture des fouilles et les travaux de montage, il est prévu ce qui suit :

- Informer les autorités locales (garde nationale, équipement, etc....) de la zone du projet et de la période d'exécution ;
- Baliser la zone du projet par des panneaux de signalisation et information ;
- Etablir un plan de circulation en accord avec les autorités locales ;

- Préparer un planning des travaux de montage des câbles afin d'éviter les risques des accidents avec les usagers des routes ;
- Concerter avec la garde nationale d'intervenir pour gérer la circulation durant les travaux de montage des câbles.

Protection de l'agriculture : Comme présenté au chapitre précédent des impacts, le tracé passera dans sa majorité par des terrains cultivables (champs d'oliviers et champs d'amandiers). La pose des fondations des pylônes va nécessiter l'acquisition d'une surface de 25 m² par pylône. Ces espaces seront choisis de telle façon à éviter tout arrachage d'arbres fruitier. Le terrain sera également exploité par son propre propriétaire durant l'exploitation. Aussi, il est prévu un plan de circulation et un plan de gestion de déchets pour minimiser les impacts dans les terrains agricoles.

Mesures prévues pour l'industrie : En l'absence des impacts négatifs sur l'industrie, aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Mesures prévues pour le tourisme : Vue l'absence d'impact négatif sur le tourisme, aucune mesure particulière n'est prévue.

Mesures de sécurité pour le patrimoine historique : Avec l'absence de zone classées dans les emprises des pylônes, aucune mesure n'est prévue à ce niveau.

Mesures prévues pour le genre : Aucune mesure n'est prise en compte puisqu'il n'existe pas des impacts négatifs durant les travaux.

Mesures prévues pour la santé et hygiène :

Pour atténuer les impacts susceptibles d'affecter la santé et hygiène durant les travaux, il est prévu les mesures suivantes:

- Réaliser avant le démarrage des travaux, une campagne de sensibilisation et d'information de la population sur le projet et la durée d'exécution ;
- Sensibiliser et informer le personnel de chantier des risques éventuels de sécurité pendant le chantier ;
- Equiper le personnel chargé des travaux par des casques, des chaussures de sécurité et des gants ;
- Mise en place d'un système d'évacuation et un plan d'urgence pour les situations accidentelles ;
- Délimiter le périmètre du chantier par balisage ;
- Renforcer les moyens de contrôle dans les zones urbanisées (Gargour et Mourij) ;
- Minimiser la durée des fouilles ouvertes afin d'éviter les accidents en mettant des signalisations ;
- Eviter les chutes de ferraille et les pertes des déblais sur les routes et les terres cultivables durant l'exécution des fouilles et les travaux de montage.

6.3 Mesures d'atténuation durant l'exploitation

6.3.1 La station de dessalement

6.3.1.1 Renforcement des ressources en eau potable

Nous avons signalé dans les chapitres précédents que le projet est bénéfique sur tous les plans. En particulier, il a :

- Des impacts positifs sur le renforcement du potentiel en des ressources en eau
- Des impacts positifs sur le milieu naturel ;
- Des impacts positifs sur le milieu socioéconomique.

La création de cette ressource d'eau non conventionnelle consiste quant à elle une action environnementale durable pour le développement en particulier :

- L'environnement naturel (préservation des ressources en eau phréatiques et profondes) ;
- L'environnement social (assurer une alimentation en AEP à long terme et sans coupures) ;
- L'environnement économique.

A ce niveau des campagnes de sensibilisation du public seront organisées pour que la société civile soit une partie prenante active durant l'exploitation de ce projet.

6.3.1.2 Mesures pour réduire la pollution

Mesures relatives aux émissions atmosphériques : Vue l'absence d'émissions atmosphériques de la station de dessalement aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Mesures relatives aux rejets liquides : Les mesures d'atténuation prévues pour les divers rejets liquides sont les suivantes:

- **La saumure :** Le procédé de l'osmose inverse consiste à pomper un débit de **444 444 m³/jour** d'eau de mer brute d'une salinité de 41g/l et de rejeter une saumure de **244 444 m³/jour** avec une salinité de **73g/l**.

Comme présenté au chapitre précédent, la plus part des éléments chimique dans le rejet sont conformes à la norme de rejet en mer (NT 106.002) sauf pour les deux paramètres relatifs au Magnesium (2699 mg/l contre une limite fixée de 2000) et sulfates (3839 mg/l contre une limite fixée à 1000 mg/l). Par ailleurs il a été déjà indiqué que ces concentrations ne proviennent pas d'ajout de produit chimique dans le procédé de dessalement, mais il s'agit uniquement de la concentration des éléments naturels de l'eau marine par le taux de conversion de l'osmose inverse. Ces produits ne présentent aucun risque sur le milieu marin. Cependant cette contrainte reste confrontée avec l'aspect réglementaire lié à la limite fixée par la norme NT 106 002. Pour surmonter cet aspect, la SONEDE compte lancer une procédure administrative auprès du Ministre de l'Agriculture pour une dérogation spéciale.

Au lieu de rejeter cette saumure directement sur la côte, le projet prévoit la réalisation d'un émissaire d'éloignement de ce rejet vers l'isobathe -10 m NGT cad à une distance de **4000m** à partir de la côte ;

- **Les eaux de lavage des filtres** : Les filtres à sable de l'étape de prétraitement ont pour rôle la rétention des matières en suspension et les diverses autres particules en suspension (détritiques, phytoplancton, zooplancton). Ces filtres feront l'objet d'un lavage journalier avec un débit de l'ordre de 4000 m³/jour pour enlever ces diverses particules. Pour éviter une consommation d'eau additionnelle, il est prévu de recycler ce débit de la saumure et de le réinjecter dans la saumure rejetée en mer par la conduite marine ;
- **Les eaux sanitaires (2 m³/jours)** : Ces eaux provenant des toilettes, des douches et des cuisines seront collectées dans une fosse septique et seront ensuite transportées par des camions-citernes vers la station d'épuration de l'ONAS de Sfax sud.

Mesures relatives aux déchets solides :

Durant le fonctionnement de la station de dessalement, une gestion appropriée des déchets s'impose. Il est prévu les mesures suivantes :

- Les cartouches filtrantes (**100 m³/an**) et les modules d'osmose inverse (**110 m³/an**) sont à base de filament en polypropylène qui ne sont pas classés en tant que déchets dangereux. Ces matériaux usés seront collectés puis transportés vers la décharge contrôlée d'El Gonna ;
- Pour les déchets industriels et de bureau : Ils seront collectés dans des bacs et ils seront transportés vers la décharge contrôlée d'El Gonna.

Mesures relatives aux émissions de bruit et de vibration : En l'absence d'impact, aucune mesure particulière n'est à envisager.

6.3.1.3 Mesures prévues pour le milieu naturel

Protection des habitats naturels : En l'absence d'effet notable sur les habitats naturels, aucune mesure spécifique n'est à prendre.

Protection des zones protégées : Aucune mesure particulière n'est à prévue à ce niveau.

Protection de l'hydrologie : En l'absence des impacts négatifs sur l'hydrologie, aucune mesure particulière n'est à mettre en œuvre.

Morphologie et géologie du site : Il est attendu que le niveau de la mer va augmenter par suite aux CC. A cet effet, il est nécessaire de surélever le site actuel de la station de dessalement au-delà de la côte des plus hautes eaux de la mer de l'horizon 2050. Les principales études réalisées par le Ministère de l'environnement et de l'APAL prévoient une élévation du niveau de la mer de 1 m dans les conditions les plus pessimistes. En adoptant une élévation de 0,5 m pour l'horizon 2015, on obtient un niveau extrême à 2050 de **+2,6 m NGT** (voir chapitre 7§7.1).

Sur la base de la topographie actuelle, la surélévation du terrain jusqu'à la côte **+2,6 m NGT** nécessitera une quantité de remblais de **110 000 m³** (d'après un MNT réalisé sur le levé fourni par la SONEDE. A cette quantité on doit ajouter la partie de décapage de 30 000 m³ : soit une quantité total de **140 000 m³** nécessaire de remblais pour surélever le site de la station de

dessalement jusqu'à la côte moyenne de + **2,6 m NGT** qui tient compte à la fois de la côte des vives eaux, des surcôtes exceptionnelles et de l'élévation du niveau de la mer à l'horizon 2050 (figure suivante).

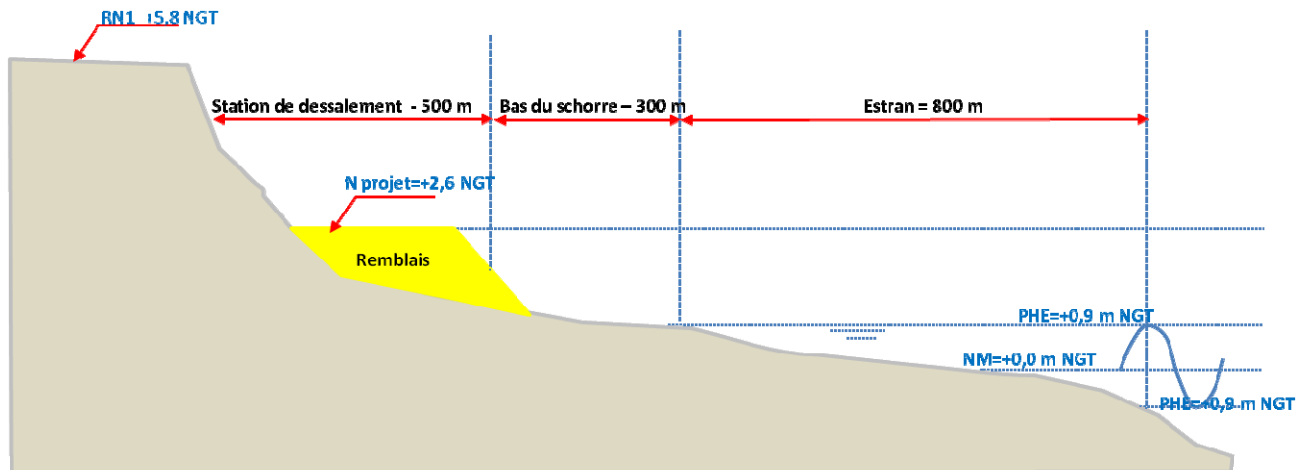


Figure 167 : Remblais prévu au niveau du site de la station de dessalement

Pour surélever le site jusqu'à la côte +**2,6 m NGT**, on n'aura pas besoin d'apports extérieurs de matériaux de remblais. On réutilisera l'excès des matériaux de terrassement des ouvrages souterrains de la station de dessalement (**40 000 m³**) et des fouilles des conduites terrestres d'adduction des eaux osmosées (**175 000 m³**). Pour les besoins de du rehaussement de la plateforme, on aura besoin seulement de **140 000 m³**. Le reste (soit une quantité de **75 000 m³** sera réutilisée pour la réalisation d'une digue de protection du site contre les inondations terrestres et marines.

Protection du paysage : La station de dessalement sera munie d'espaces verts plantés avec des arbres qui s'adaptent avec la région. L'olivier étant l'arbre de marque de la région, à cet effet les espaces verts seront plantés par l'olivier pour compenser en partie la perte partielle de la végétation halophile du site.

Mesures de sécurité pour les changements climatiques :

A ce niveau, la SONEDE prévoit:

- La réalisation d'audits énergétiques périodiques afin de minimiser la consommation d'énergies ;
- La réalisation d'entretiens périodiques des équipements pour optimiser la consommation de l'énergie.
- L'introduction d'un système de récupération de l'énergie pour réduire la consommation de l'énergie et pour contribuer aux efforts déployés à l'échelle nationale visant la réduction des source d'énergie fossiles.

6.3.1.4 Mesures prévues pour le milieu socio-économique

Mesures prévues au déplacement involontaire des gens : Aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Mesures d'atténuation de l'impact sur les métiers et l'activité locale : Il est proposé de bénéficier la population locale de Nakta pour le recrutement du personnel permanent de l'exploitation de la station de dessalement.

Protection des ressources naturelles : Le projet va contribuer à renforcer les ressources potables du pays avec un débit journalier de **200 000 m³/jour**. A ce niveau un programme d'entretien et de contrôle continu du réseau d'adduction et de stockage est prévu en vue préserver cette ressources à la fois contre les fuites et la pollution.

Protection des infrastructures publiques : Aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Protection de l'agriculture : Aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Mesures prévues pour l'industrie : Aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Mesures prévues pour le tourisme : Aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Mesures de sécurité pour le patrimoine historique : Aucune mesure n'est prévue à ce niveau.

Mesures prévues pour le genre : A ce niveau, La SONEDE pourrait bénéficier les femmes de la zone locale pour les poste d'emploi permanent dans la station et qui peuvent s'adapter avec leur fonction.

Mesures prévues pour la santé et hygiène : La SONEDE dispose d'un programme continue pour le contrôle de la qualité des eaux potables produites. La qualité des eaux potables devrait être conforme aux normes de l'OMS.

Egalement la SONEDE prévoit la mise en place d'un plan d'urgence pour les situations accidentelles.

6.3.2 Les conduites de transfert en mer

6.3.2.1 Mesures pour réduire la pollution

Mesures relatives aux émissions atmosphériques : Aucune mesure particulière n'est prévue à ce niveau.

Mesures relatives aux rejets liquides: L'émissaire en lui-même constitue une mesure d'atténuation, une mesure complémentaire sera proposée au niveau de l'embouchure de la conduite pour atténuer son impact sur les habitats (voir paragraphe suivant).

Mesures relatives aux déchets solides : Aucune mesure particulière n'est à prévoir.

Mesures relatives aux émissions de bruit et de vibration : Aucune mesure n'est à prévoir.

6.3.2.2 Mesures prévues pour le milieu naturel

Protection des habitats naturels : Nous avons montré au chapitre précédent, qu'en supposant une concentration létale de 46 g/l à partir de laquelle la croissance des posidonies est perturbée, l'impact pour un rejet en un seul point est une surface circulaire de rayon 20 m autour du point de rejet soit une surface de l'ordre de **1260 m²**.

Une simulation par modèle a été faite pour réduire la zone salinisée à plus de 45 g/l. Il s'agit de l'utilisation d'un **diffuseur** de rejet (conduite munie de plusieurs orifices) **à la place** de la tour de rejet initialement proposée. Ainsi, et suite aux simulations réalisées à l'aide de CORMIX, nous avons cherché et proposé une solution optimale permettant de favoriser la dilution de la saumure et d'éviter son retour au point de captage : Un diffuseur de 50 m de long, qui sera placé à l'extrémité de l'émissaire de 4000 m de long à partir de la côte. Il sera muni de **21 orifices Ø250 mm**, faisant un angle de **45° avec l'horizontale** et orientés, **alternativement**, vers le Sud et vers le Nord (figure suivante).

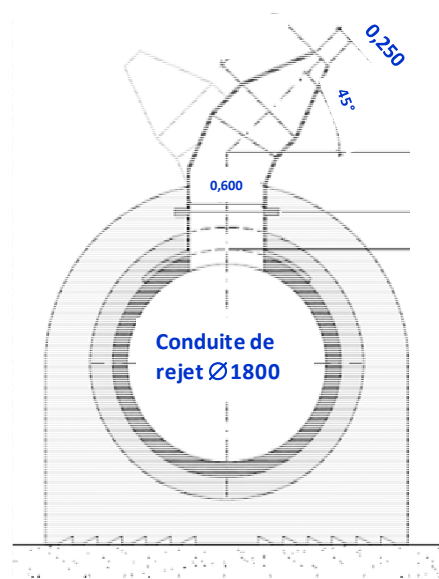


Figure 168 : Schéma approximatif du diffuseur proposé

La modélisation a montré que la dilution de la salinité se fait rapidement. En effet, le surplus de salinité de 15 psu est obtenu à 1,7 mètre du rejet, 2 psu à 12 mètres, 1 psu à 24 mètres et 0,5 psu à 750 mètres.

Dans le tableau suivant, nous comparons aussi les rayons des zones affectées par différentes augmentations de la salinité calculées dans ce cas à ceux obtenues avec la tour de rejet proposée dans l'étude initiale. Ce tableau montre bien la réduction des surfaces des zones affectées par la saumure en cas de rejet par le diffuseur proposé dans le cadre de la présente étude.

En effet, le diffuseur permet d'augmenter considérablement la dilution de la saumure rejetée dans le milieu marin.

Tableau 115 : Gradients de salinité à partir des orifices de rejet pour la tour et pour les diffuseurs

ΔS (psu)	Salinité psu	Distance au point de rejet avec la tour m	Distance au point de rejet avec les diffuseurs m
33	74	0	
15	56	3	1,7
10	51	6	3
5	46	20	6
2	43	120	12
1	42	1200	24
0,5	41,5	> 2 000	750

Ce tableau montre que la surface affectée par une salinité supérieure à 45 g/l à diminué de 1260 m² avec la tour à $(6 + 6) \times 50 = 600$ m².

Protection des zones protégées : Aucune mesure spécifique n'est prévue à ce niveau.

Protection de l'hydrologie : Les diffuseurs présentés ci-dessus vont contribuer bien évidemment à améliorer la dilution de paramètres hydrologiques (pH, Oxygène, etc...).

Protection de la morphologie et géologie : Aucune mesure spécifique n'est prévue à ce niveau.

Protection du paysage : Aucune mesure compensatoire n'est à envisager.

Mesures de sécurité pour les changements climatiques : Aucune mesure n'est à prévoir.

6.3.2.3 *Mesures prévues pour le milieu socio-économique*

Mesures prévues au déplacement involontaire des gens : Il n'y aurait pas de déplacements involontaires des gens.

Mesures d'atténuation de l'impact sur les métiers et l'activité locale : Durant l'exploitation, les deux types de métier (pêche à pied et pêche littorale) seront repris à leur état après travaux.

Dans un objectif d'une compensation des pertes éventuelle sur l'activité du métier (gène occasionné par les travaux pour l'accès et navigations vers les zones de pêche ou de collecte), il est proposé une mesure de compensation durant l'exploitation qui consiste à **la réalisation d'un appontement de débarquement et d'un local de tri et de rassemblement des femmes collectrices de palourdes**. Toutefois c'est la proposition de la population maritime lors de l'enquête sociale réalisée dans le cadre de cette étude d'impact environnementale.

Mesure de compensation pour la protection des ressources naturelles :

Les récifs artificiels dans le golfe de Gabès ont démontrés une bonne efficacité en termes de protection des ressources contre le chalutage illicite et aussi en terme de repeuplement des habitats appauvries. La zone de Mahrès dispose déjà de 3 zones à récifs artificiels aménagées depuis 2006 (tableau). Cet état de fait a engagé l'état à développer davantage cette approche avec le projet de protection du golfe de Gabès par l'aménagement en récifs artificiels. Ce projet a identifié plusieurs sites potentiels dont celui de Chaffar qui s'étend sur 6300 ha sur de profondeur allant de 10 à 15m et qui se situe en face des émissaires projetés de la station de dessalement, l'emplacement des récifs a été proposé et approuvée par les pêcheurs de la zone.

Les récifs envisagés sont de trois types :

- récifs Anti chalutage
- récifs de production
- récifs anti kiss

Ces récifs seront disposés en village (21 village en cercle ou en triangle), ils vont aussi contribuer à la protection de la tour de prise et les diffuseurs de rejet (Figure suivante).

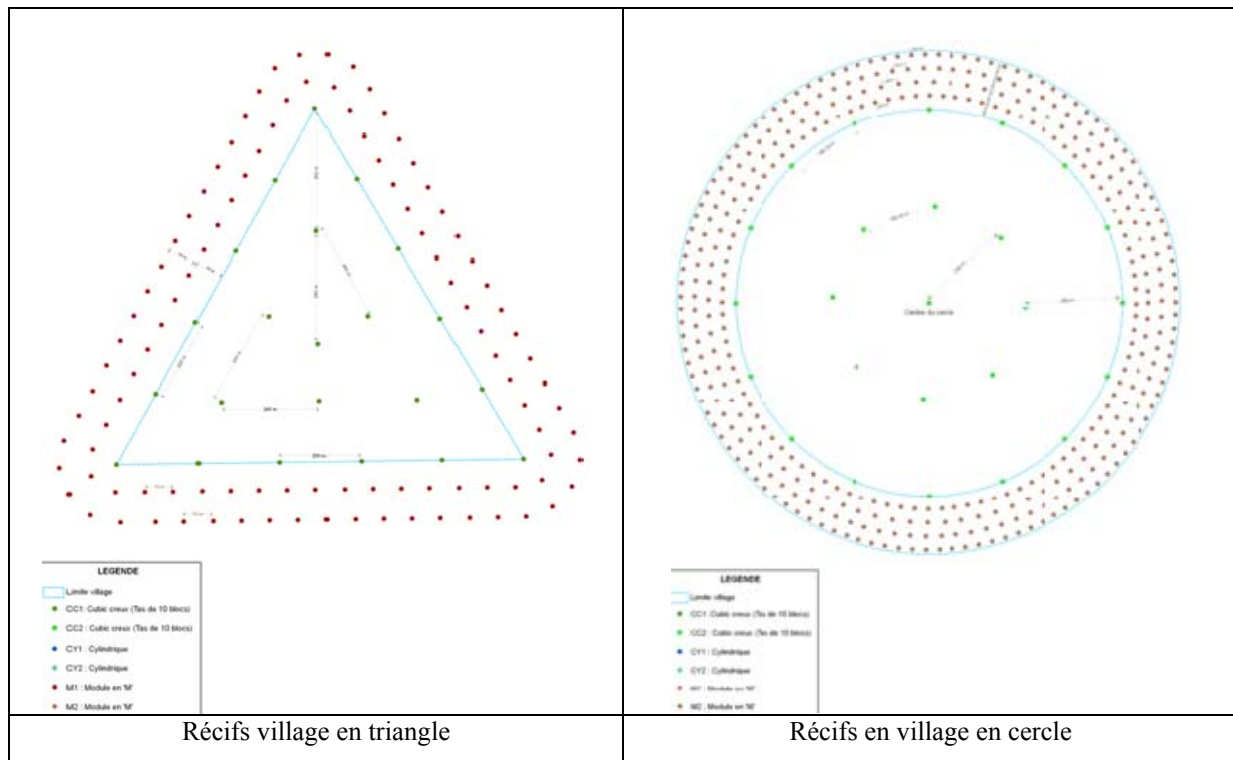


Figure 169 : Mode de disposition des récifs proposés dans le cadre des études de la DGPA
D'après étude DGPA, Géomatix 2014

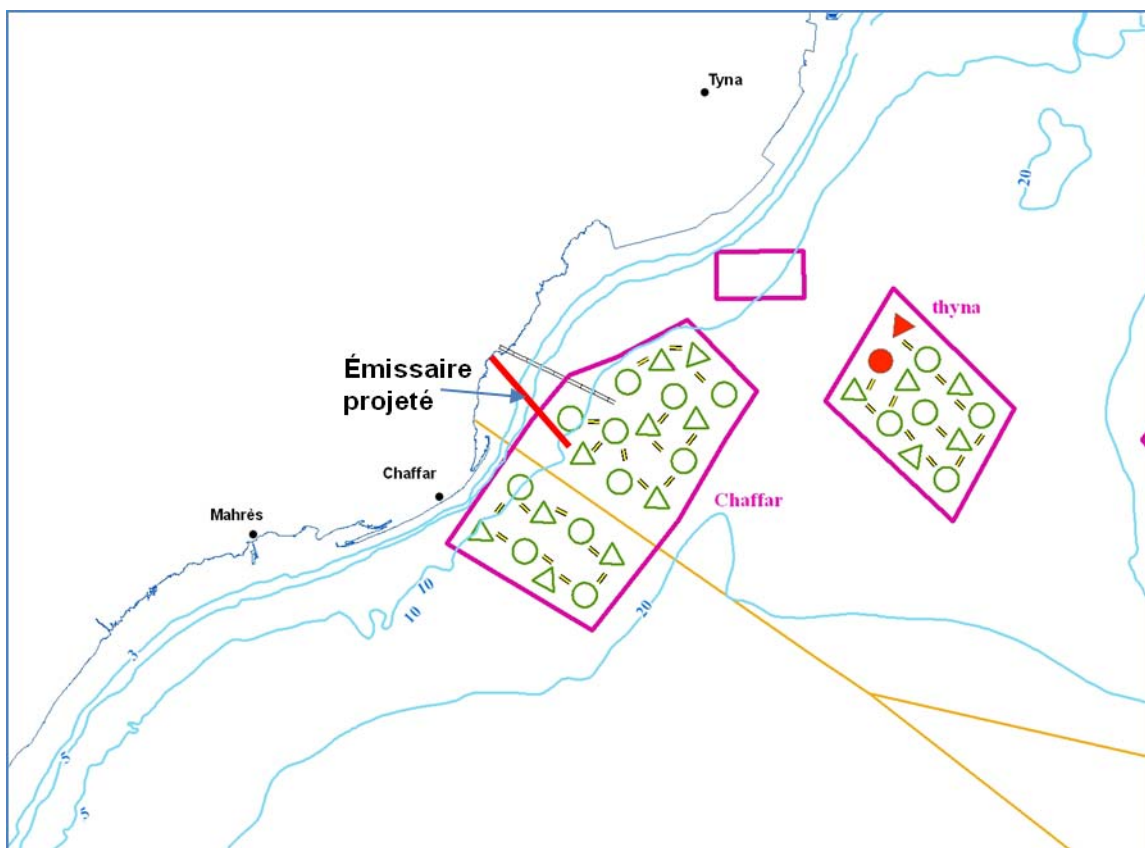


Figure 170 : Aménagement projetés par les services de la DGPA dans la zone du projet
D'après étude DGPA, Géomatix 2014

Dans le cadre de ce projet, la mesure compensatoire proposée pourrait être la réalisation d'un ou de deux villages de récifs pouvant contribuer à la fois à la protection des ressources et aussi à la protection des équipements projetés.

Protection des infrastructures publiques : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Protection de l'agriculture : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures prévues pour l'industrie : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures prévues pour le tourisme : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures de sécurité pour le patrimoine historique : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures prévues pour le genre : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures prévues pour la santé et hygiène : Les conduites marines ainsi que les ouvrages de captage et de rejet seront répertoriés en mer par le système de balisage adéquat. Ce système sera choisi avec la collaboration des services phares et balises de l'armée marine. Une carte d'implantation de ces ouvrages sera réalisée et mise à la disposition des autorités concernées (Garde Nationale Marine, Armée Marine, OMMMP, APIP, etc....). **La carte sera incluse au sein de la carte Nationale de la vulnérabilité.**

Un plan d'urgence sera également établi et mis à la disposition des autorités concernés.

6.3.3 Les conduites de transfert des eaux osmosées

6.3.3.1 Mesures pour réduire la pollution

Mesures relatives aux émissions atmosphériques : les principales mesures prises en compte consistent en l'arrosage continu des pistes fréquentées par les engins roulants et l'entretien régulier des engins mécanisés.

Mesures relatives aux rejets liquides : Des mesures seront prises en compte pour minimiser les risques des fuites accidentelles. Elles consistent à:

- La mise en place d'un plan d'entretien et de contrôle continu des fuites et des cassures accidentelles ;
- La mise en place d'un plan d'intervention rapide en cas d'une fuite accidentelle dans les réseaux d'adduction des eaux potables.

Mesures relatives aux déchets solides : Les déchets produits durant les travaux d'entretien et réparation des conduites d'adduction seront collectés et transporter vers la décharge contrôlée la plus proche.

Mesures relatives aux émissions de bruit et de vibration : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

6.3.3.2 Mesures prévues pour le milieu naturel

Protection des habitats naturels : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Protection des zones protégées : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Protection de l'hydrologie : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Protection de la morphologie et géologie : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Protection du paysage : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures de sécurité pour les changements climatiques : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

6.3.3.3 Mesures prévues pour le milieu socio-économique

Mesures prévues au déplacement involontaire des gens : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures d'atténuation de l'impact sur les métiers et l'activité locale : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Protection des ressources naturelles :

Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Protection des infrastructures publiques : Pour protéger les infrastructures publiques proches des conduites d'adduction, il est prévu de :

- Mettre en place un plan de détection des fuites ;
- Élaborer un plan d'intervention rapide en cas d'une fuite accidentelle ;
- Contrôler la pression dans les conduites d'adduction ;
- Suivre l'évolution du rendement du réseau (rapport entre le volume d'eau consommé et le volume introduit dans les conduites) ;
- Réparer les infrastructures publiques touchées par les fuites accidentelles.

Protection de l'agriculture : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau

Mesures prévues pour l'industrie : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures prévues pour le tourisme : On n'aura pas des impacts sur le tourisme.

Mesures de sécurité pour le patrimoine historique : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures prévues pour le genre : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures prévues pour la santé et hygiène : La SONEDE dispose d'un plan de contrôle continue de la qualité des eaux de boisson en conformité avec la norme. Ce plan sera appliqué pour la nouvelle ressource introduite de la part de la nouvelle station de dessalement.

La SONEDE prévoit la mise en place d'un plan d'urgence pour les situations accidentelles.

6.3.4 Les lignes d'alimentation en énergie électrique

6.3.4.1 Mesures pour réduire la pollution

Mesures relatives aux émissions atmosphériques : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures relatives aux rejets liquides : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

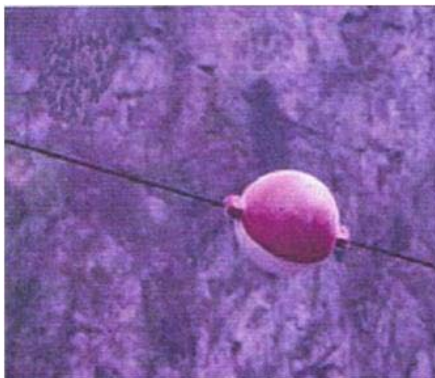
Mesures relatives aux déchets solides : Tous les déchets solides issus des opérations d'entretien et de contrôle des lignes électriques aériennes seront collectés et transportés vers la décharge contrôlée.

Mesures relatives aux émissions de bruit et de vibration : Toutes les chaînes de suspension des conducteurs et des câbles de garde sont équipées de bretelles antivibratoires qui jouent le rôle d'amortisseurs. Ainsi lors des fortes rafales de vents, les vibrations et les bruits de sifflements seraient considérablement réduits.

6.3.4.2 Mesures prévues pour le milieu naturel

Protection des habitats naturels : Pour atténuer les impacts négatifs sur les habitats naturels, des mesures d'atténuation seront mises en compte telles que :

- Les pylônes seront équipés par des spirales ou des boules posées sur les câbles pour signaler leur présence aux oiseaux migrateurs et minimiser ainsi les risques de percussio



Ligne équipée en boules



Ligne équipée de spirale

Figure 171 : Système de signalisation des lignes en spirale ou en boules

- Les pylônes seront équipés par des silhouettes artificielles de rapace, appelée effaroucheurs, fixées sur le support afin que les oiseaux "proie" survolent celle-ci et évite les câbles.



Figure 172 : Pylône équipé par effaroucheur

- Les pylônes seront équipés par des perchoirs artificiels. Ces derniers seront destinés aux oiseaux de grande taille pour éviter leurs rapprochements aux câbles conducteurs et les risques de leur électrocution lors de leur survol. Tous les pylônes de la ligne HT seront équipés par ce genre de perchoir.



Figure 173 : Perchoirs artificiels fixés sur un pylône

- Les pylônes seront équipés par des nids pour assurer une nidification, même une sédentarisation des emplacements. Les oiseaux peuvent disposer de nids sur des pylônes supportant une plateforme.



Figure 174 : Nids des cigognes installés sur des pylônes électriques

Selon plusieurs études, ces systèmes de signalisation ont prouvé leur efficacité en termes de réduction de la mortalité des oiseaux à plus de 60%. Il est recommandé de mener une étude spécifique pour le suivi de l'efficacité des mesures d'atténuation prises en compte afin de pouvoir le généraliser pour toutes les lignes électriques.

Protection des zones protégées : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Protection de l'hydrologie : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Protection de la morphologie et géologie : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Protection du paysage : Afin de limiter l'impact sur le paysage dans la zone du projet, des mesures ont été déjà prise au niveau de la conception de base telle que:

- Le choix adéquat du design de pylône qui s'intègre avec la nature ;
- L'exploitation au mieux de la capacité d'absorption / d'insertion du paysage ;
- Le choix de la distance optimale entre les pylônes (entre 400 à 480 m afin d'atténuer l'impact sur le paysage) ;
- L'alignement des pylônes car un tracé moins rectiligne provoquera une impression de "désordre visuel" ;
- L'homogénéité des supports ;
- La peinture des pylônes par la couleur qui s'adapte au mieux avec la nature.

Mesures de sécurité pour les changements climatiques : Pendant la phase fonctionnement, une augmentation de la production de l'énergie dans le poste STEG-Thyna sera établie pour offrir de l'électricité à l'usine de dessalement. Donc, une augmentation des émissions de gaz à effet de serre sera accompagnée. Il est à noter que la centrale de Thyna utilise comme combustible le gaz naturel. Ce dernier représente une mesure d'atténuation pour la production de gaz à effet de serre. En plus la STEG effectue des entretiens périodiques de ses équipements afin de limiter la consommation et d'optimiser la combustion pour éviter l'émission des gaz particuliers.

6.3.4.3 Mesures prévues pour le milieu socio-économique

Mesures prévues au déplacement involontaire des gens : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures d'atténuation de l'impact sur les métiers et l'activité locale : Bien que l'emprise des pylônes soit transférée pour le domaine public, le propriétaire original sera autorisé à exploiter le terrain pour son propre compte.

Protection des ressources naturelles : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Protection des infrastructures publiques : La STEG dispose d'un plan d'urgence très efficace de gestion des divers accidents de ses équipements. Ce plan sera appliqué pour les lignes électriques du présent projet.

Protection de l'agriculture : Durant les opérations d'entretien des lignes électriques, il est proposé de concerter avec la population locale pour éviter l'endommagement des cultures existantes.

Mesures prévues pour l'industrie : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures prévues pour le tourisme : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures de sécurité pour le patrimoine historique : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau

Mesures prévues pour le genre : Il n'y aurait pas de mesures spécifiques à ce niveau.

Mesures prévues pour la santé et hygiène : Des mesures de sécurité pour la population vivant à proximité de la ligne électrique seront mises en place afin d'atténuer les risques sur la santé :

- Monter des plaques de signalisation au niveau de tous les pylônes à une hauteur adéquate portant la mention « Danger de mort ».
- Peindre tous les pylônes selon les normes standards pour éviter les éventuels risques de trafic;
- Poser des balises lumineuses sur tous les pylônes ;
- Mettre en place un plan de contrôle et de suivi de la zone de servitude des lignes électriques afin d'interdire toute construction dans cette zone d'emprise ;
- Mettre en place un plan d'urgence et de prévention des risques et d'intervention;
- Mener des campagnes de sensibilisation avec la population locales en vue d'adapter leur activité avec la présence des lignes électriques.

7. DONNEES OCÉANOGRAPHIQUES ET MODELISATION

7.1 Particularités météo-océaniques de la zone d'études

7.1.1 Les conditions météorologiques

7.1.1.1 Les vents

Plusieurs références bibliographiques ont traité les conditions météorologiques qui prévalent dans la région de Sfax et toutes rapportent que les vents soufflent dans la direction du N-NE pendant le printemps et l'été et dans la direction ONO pendant l'automne et l'hiver. Les vitesses du vent sont modérées. Les plus fortes intensités (9 m.s^{-1}) sont enregistrées pendant l'hiver.

En nous référant à l'Atlas Climatique publié par l'INM¹ en 1999 et dans lequel sont compilées vingt années de données (1970-1990), on note que de novembre à février, les secteurs dominants sont ouest et sud-ouest.

Les masses d'air qui traversent la région sont presque dépourvues d'humidité et n'occasionnent pas beaucoup de pluies. Seule l'installation d'un régime cyclonique sur la Méditerranée permet d'avoir une basse pression sur le Golfe de Gabès et favorise les pluies sur l'ensemble du sud Tunisien. Un tel régime cyclonique sur le Golfe de Gabès nécessite un fort courant d'air froid venant du nord, ce qui est rare car l'influence polaire est atténuée en traversant la Méditerranée du nord vers le sud.

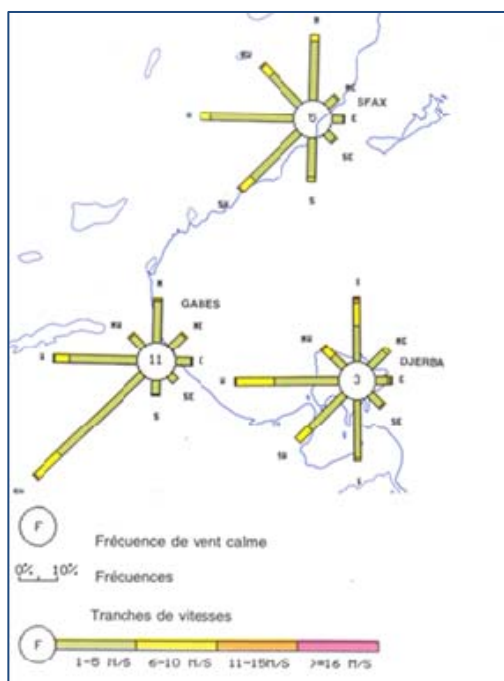


Figure 175 : Rose des vents au sud-est (janvier), (période 1970-1990). (Atlas climatique, 1999)

¹ Institut National de la Météorologie.

En revanche, d'avril à septembre, les secteurs marins Nord-Est et Est dominant (Figure 168). Les vents venant de ces secteurs soufflent durant 64 % du temps avec une intensité généralement comprise entre 1 et 5 m.s⁻¹. Ces vents, moins violents que ceux qui soufflent en hiver, apportent une certaine fraîcheur sur une bande littorale de 10 à 20 kilomètres.

Quand l'influence saharienne se fait sentir d'une façon plus prononcée, des vents généralement secs et chargés de poussières '*Sirocco*' soufflent à partir du sud.

Les mois de mars et octobre sont des mois d'intersaisons, leurs roses sont comparables à celles des roses annuelles.

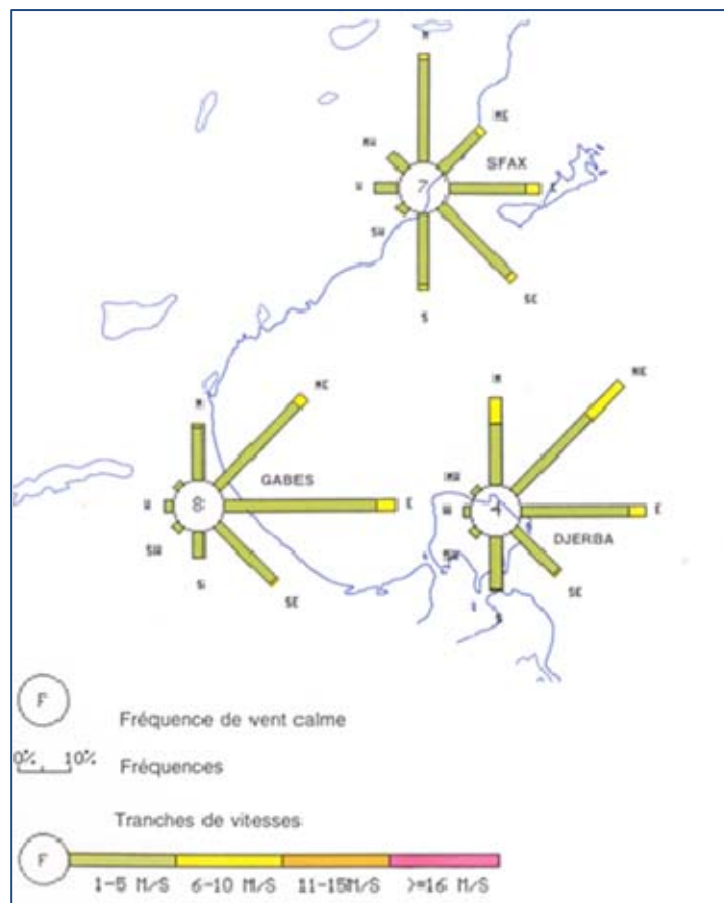


Figure 176 : Rose des vents au sud-est, période 1970-1999

Les travaux de Tounsi (1998) et de Sammari et al. (2006) basés respectivement sur l'analyse des enregistrements des vents à la station synoptique de Sfax d'avril à mai 1993 et d'avril à juin 2003 rapportent des intensités comprises entre 4 et 8 m.s⁻¹.

La figure 169 présente les roses des vents annuelles pour l'ensemble du secteur sud-est (Sfax, Gabès et Djerba) établies sur une période de 20 ans (1970-1990).

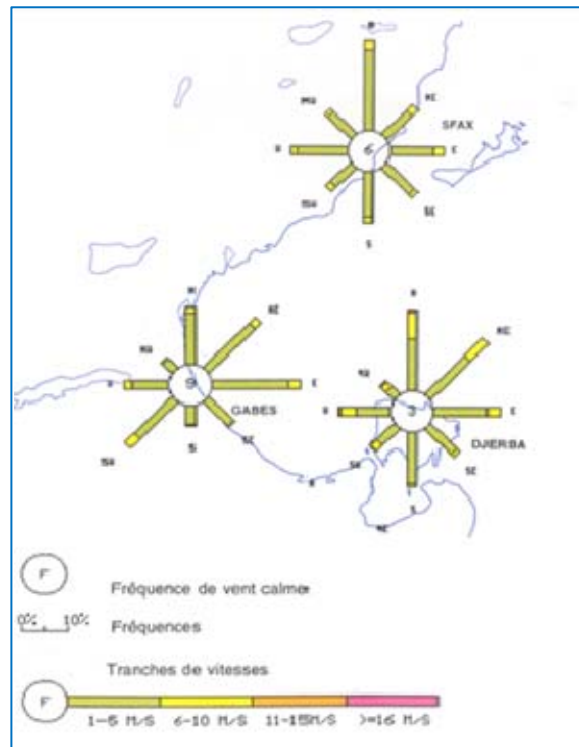


Figure 177 : Rose des vents au sud-est (annuelle) période 1970-1990 (Atlas climatique)

La figure 170 montre également que le secteur marin domine légèrement du point de vue fréquence. L'histogramme des fréquences des vitesses du vent (stations de Sfax, figure 170) montre que les fréquences les plus élevées se situent autour des classes de vitesse de 1 à 5 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Les vents dépassant les 6 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ sont peu fréquents.

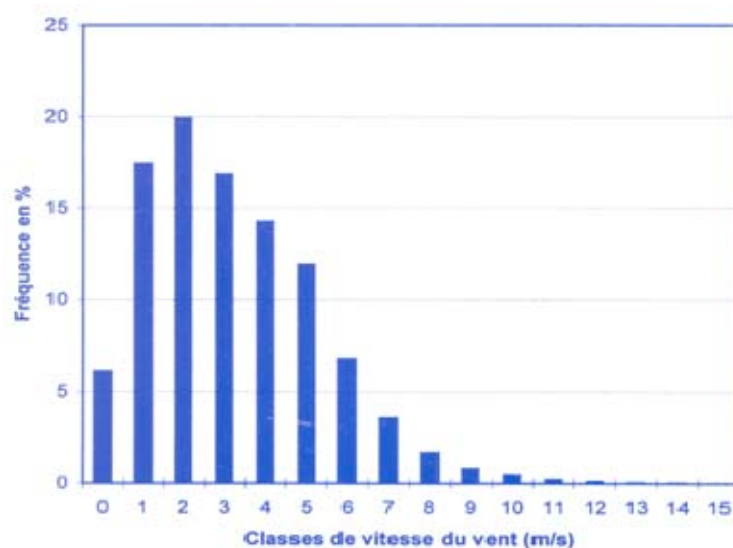


Figure 178 : Histogramme des fréquences des vitesses du vent à Sfax. (8 observations par jour) (période 1970-1990) (Atlas climatique, 1999)

7.1.1.2 La pression atmosphérique

La figure 171 illustre la variation mensuelle de la pression atmosphérique à Sfax. Elle montre clairement une baisse printanière avec des valeurs relativement faibles aux mois d'avril et mai et puis une hausse relativement lente qui s'étale sur l'été et l'automne.

Le minimum observé au cours du mois d'avril est la conséquence des déplacements des centres d'actions météorologiques dont notamment l'anticyclone des Açores (Atlas climatique, 1990). Il est à noter également que l'écart entre la pression enregistrée à 00.00h et celle à 12h.00 est relativement faible.



Figure 179 : Variation mensuelle de la pression atmosphérique au niveau de la station de Sfax (période 1970-1990), (Atlas climatique, 1990)

A l'échelle annuelle, la pression tout au long du secteur sud-est est de l'ordre de 1016 hPa.

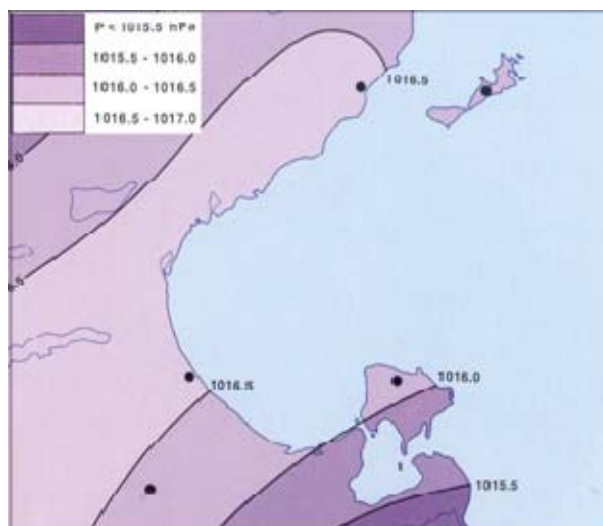


Figure 180 : Pression atmosphérique au niveau de la mer (hPa) au sud-est. Moyenne annuelle à 12h UTC (Période 1970-1999). (Atlas climatique, 1990).

7.1.1.3 Température de l'air

La figure 173 illustre la température de l'air à Sfax. Cette figure donne une idée sur les moyennes, les minimas et les maximas enregistrés sur une période de soixante années (Maghrebi, 1995).

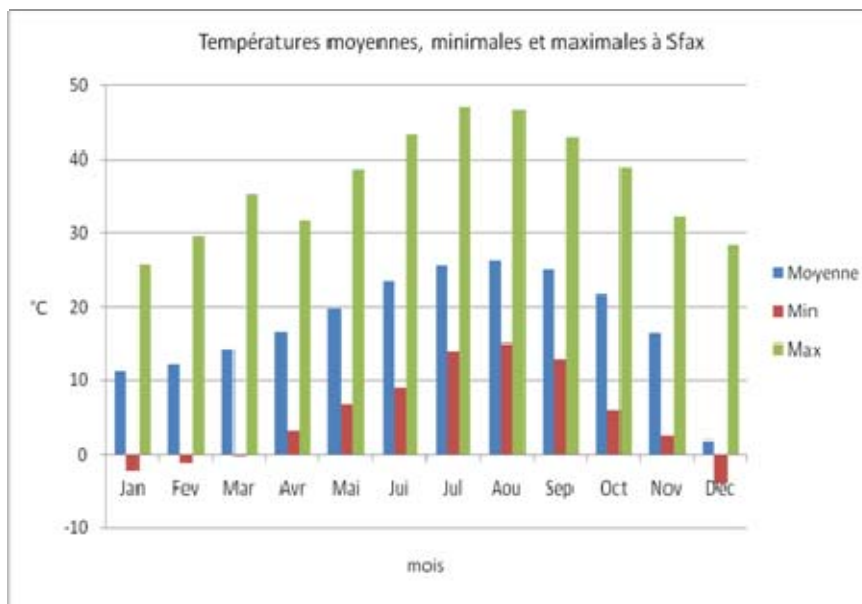


Figure 181 : Températures moyennes, minimales et maximales de l'air à Sfax.

En nous référant à cette figure, on peut noter que le mois de janvier est le plus froid suivi de près par le mois de décembre. Le mois de juillet étant le plus chaud sur la côte. L'analyse du régime moyen mensuel permet de distinguer :

- Une saison hivernale douce avec des températures moyennes généralement supérieures à 11°C. Cette donnée n'exclut pas l'apparition de températures relativement basses voire négatives (-3°C enregistrée à Gabès).
- Une saison estivale chaude, caractérisée par des moyennes mensuelles supérieures à 20°C. Les températures les plus élevées peuvent atteindre 50°C et sont enregistrées au cours des mois de juin et de juillet.

Les courbes de variation interannuelle (figure 174) mettent en évidence, comme pour le secteur nord, une certaine tendance à la hausse à partir de 1975. Cette tendance à l'augmentation est plus remarquable au sud (Stations de Sfax et Gabès) qu'au nord (Station de Bizerte).



Figure 182 : Variation interannuelle de la température de l'air à Sfax (période : 1961-1990), (Atlas climatique, 1999).

La température moyenne annuelle au niveau du secteur sud-est est présentée dans le tableau ci-dessous. Les températures minimales sont comprises entre 16 et 18 °C alors les températures maximales sont comprises entre 24 et 26 °C. Notons que les températures minimales et maximales sont légèrement supérieures à celles estimées au nord.

Tableau 116 : Moyenne annuelle de la température quotidienne de l'air au niveau du secteur sud-est (période : 1961-1990), (Atlas climatique, 1999)

Température moyenne (°C)	Température moyenne minimale (°C)	Température moyenne maximale (°C)
16-18	12-16	22 - 26

L'histogramme des fréquences (figure 174) montre l'existence de deux saisons thermiques: l'hiver et l'été. L'automne et le printemps apparaissent comme deux intersaisons peu marquées. L'automne est plus chaud et plus variable que le printemps. Cependant, le refroidissement de fin d'automne (novembre) est plus rapide que le réchauffement printanier (mars-avril).

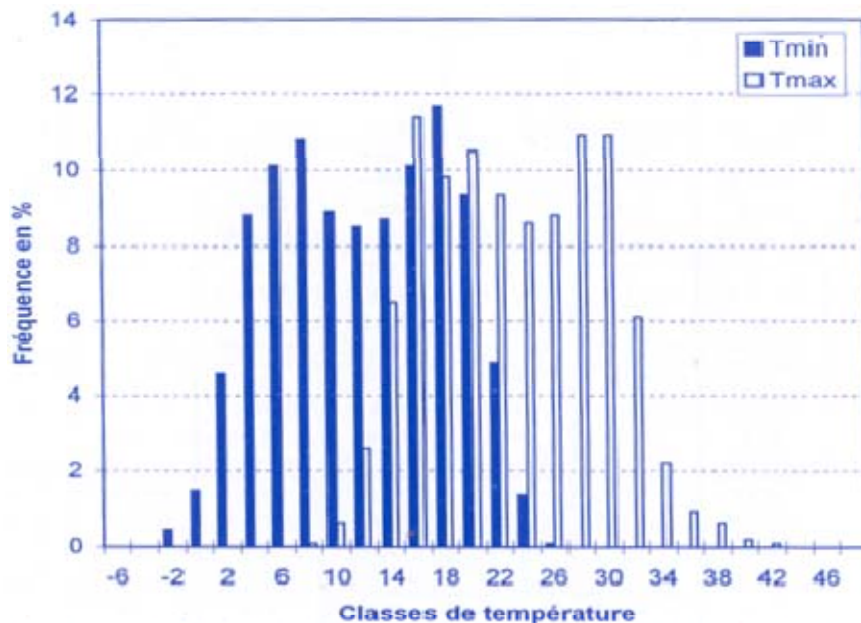


Figure 183 : Histogramme de fréquences de la température minimale et maximale quotidienne à Sfax (période : 1961-1990), (Atlas climatique, 1999)

7.1.2 Les conditions hydrologiques

7.1.2.1 Introduction

Le Golfe de Gabès occupe une vaste région d'eau peu profonde ce qui le rend sensible aux effets de chaleur différentielle. En hiver, l'air ambiant, relativement froid, gagne suffisamment de chaleur au détriment de la colonne d'eau pour la rendre isothermale. Cette région peu profonde devient en contraste thermique avec les eaux des régions plus profondes situées à l'Est du plateau. Dans ces régions profondes, la chaleur perdue au profit de l'atmosphère par les couches de surface est remplacée par celle disponible dans les couches plus profondes. En revanche, cette source de chaleur n'est pas disponible dans les eaux du plateau continental - de faible profondeur - et l'eau reste froide. Ainsi, pour que ce phénomène puisse exister, l'épaisseur de l'eau peu profonde doit être plus faible que celle de la couche de mélange. La localisation des fronts correspond à un contour bathymétrique égal à la profondeur de la couche de mélange (40 à 50 mètres) et sont facilement détectables sur les images satellites.

Ce type de phénomène, qui se produit aussi en été, lorsque le mélange dans la région d'eau peu profonde (près de la côte) continue à être plus facile que dans les régions plus profondes, a été observé dans diverses régions en Méditerranée, notamment dans l'Adriatique (Bignami et al. 1990-a, 1990-b), la Mer de Ligurie et la Mer Egée. Il s'agit de l'effet de Sugimoto-Whitehead qui touche essentiellement les plateaux continentaux. Ces mécanismes météoro-océaniques qui conduisent à l'apparition et à la persistance de ce phénomène fortement énergétique conditionne la circulation des eaux du Golfe de Gabès et leur taux de renouvellement.

7.1.2.2 Température

Compte tenu de ce qui précède et vu la grande variabilité (semi-diurne diurne, moyenne échelle, saisonnière, annuelle, interannuelle, etc.) qui affecte les paramètres hydrologiques notamment dans la zone d'eau peu profonde, il est important de pondérer tous les calculs de valeurs moyennes.

Cela étant dit, la littérature disponible évoque une température moyenne des eaux du golfe de Gabès de l'ordre de 18°C. Cette température varie entre 15°C en hiver et 26°C en été.

La figure 176 montre l'évolution temporelle de la température entre le 24 décembre et le 23 janvier 2008, nous y notons la grande variabilité ci-dessus évoquée et aussi le fait qu'au large de la ville de Mahrès, la température à environ 18 mètres de profondeur peut descendre au dessous de 15°C (avec une moyenne d'environ 14.8°C).

L'écart thermique saisonnier dépend de la profondeur. En effet, les eaux de surface subissent des variations maximales de l'ordre de 11°C, puisque la température est comprise entre 15 °C, en février-Mars, et 26°C en août. La moyenne annuelle étant de 20°C.

Dans la colonne d'eau, l'écart est moins élevé ($\approx 8^\circ\text{C}$). La température varie de 15°C (février-mars) à 23°C (août) avec une moyenne annuelle de $\approx 18^\circ\text{C}$. Les eaux les plus profondes présentent, au contraire, moins de variabilité thermique (2°C). Leur température oscille autour d'une moyenne de 16°C.

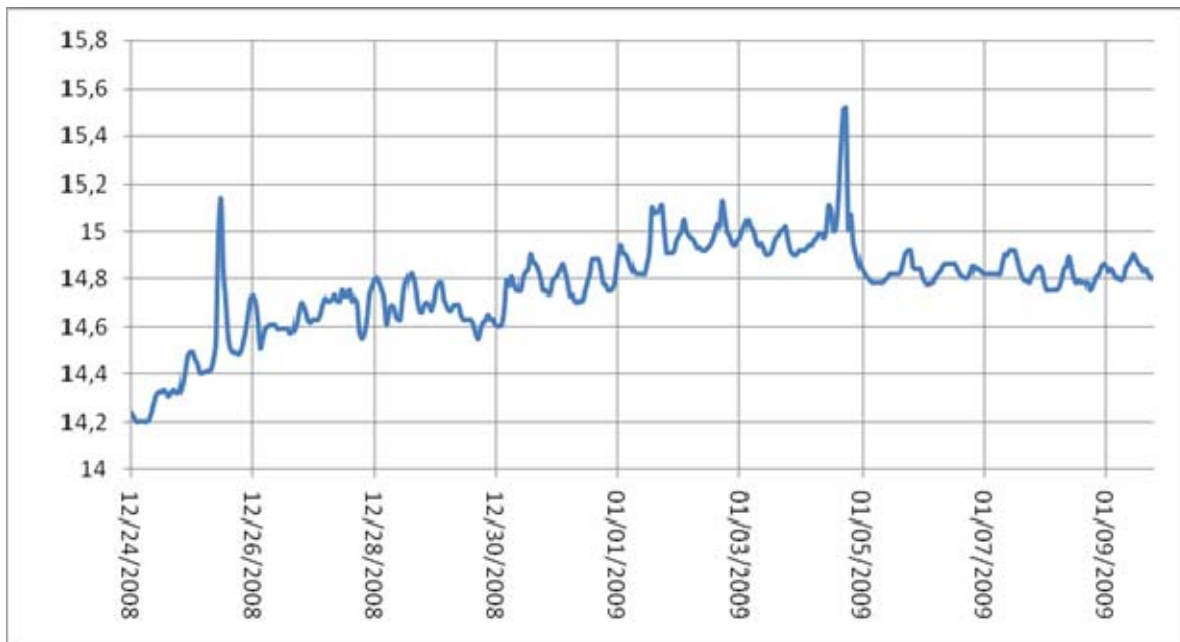
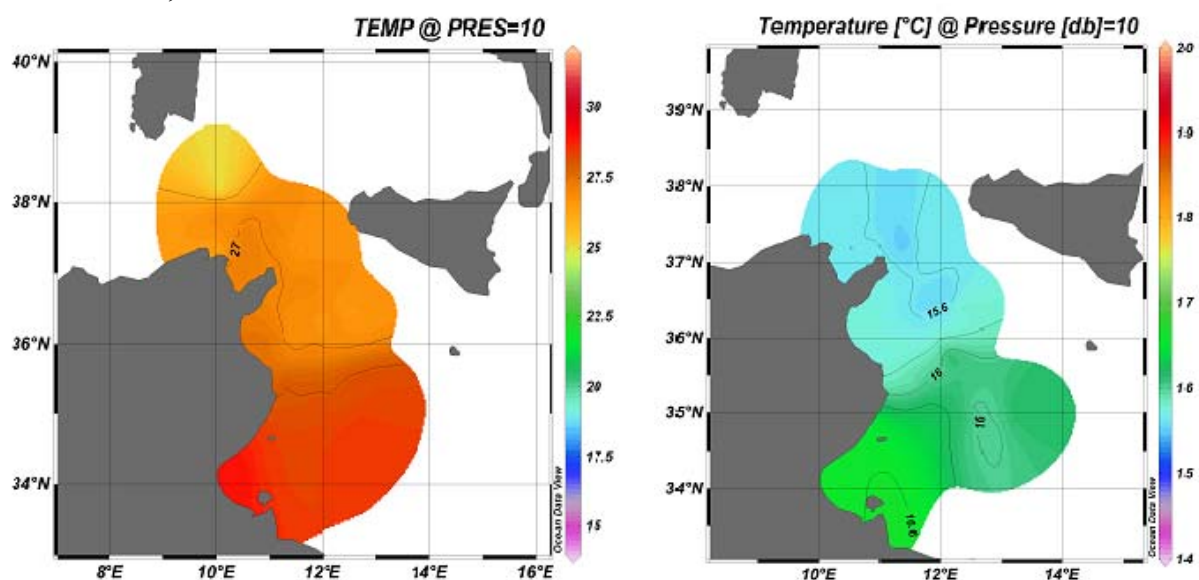


Figure 184 : Evolution temporelle, au large de la ville de Mahrès, de la température à environ 18m de profondeur

Des données hydrologiques obtenues, entre 1995 et 2007, sur plusieurs radiales le long des côtes tunisiennes nous ont permis de mieux appréhender les distributions verticales et horizontales de la température (Ben Ismail et al, 2010).

La figure 177 présente la distribution horizontale de la température de surface en août 2006 et en mars 2007. On note que concernant le Golfe de Gabès, le gradient côte-large est moins prononcé en été qu'en hiver et que les valeurs sont supérieures à 28°C en juillet alors qu'au mois de mars, elles sont de l'ordre 17°C.



température de surface en août 2006

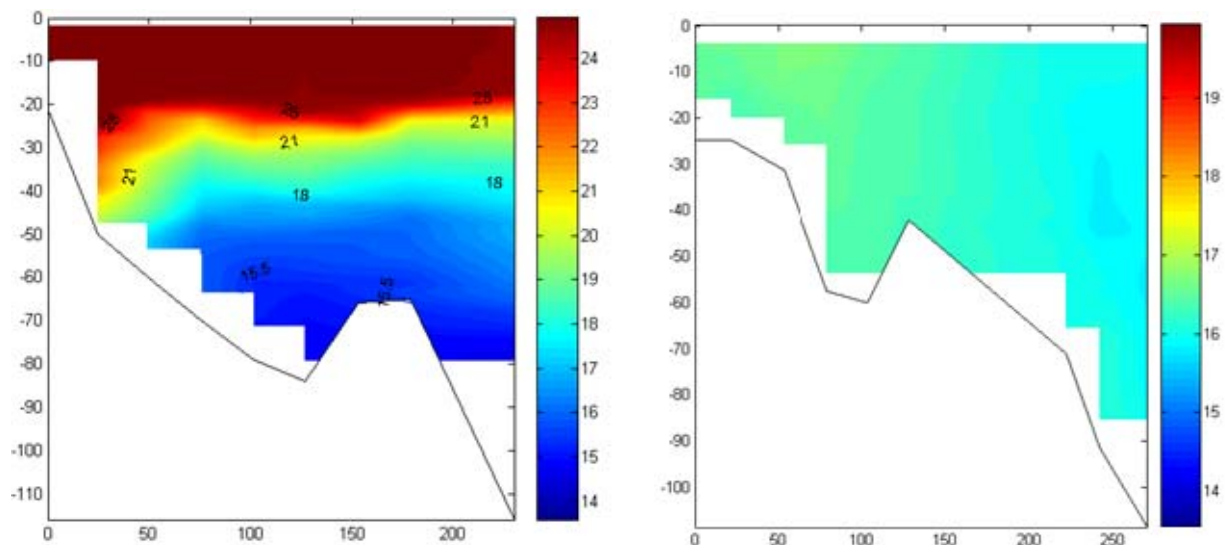
température de surface en mars 2007

Figure 185 : Distribution horizontale de la température D'après BenIsmail et al.

En ce qui concerne la distribution verticale et nous référant aux données collectées sur une radiale localisée dans la partie centrale du Golfe de Gabès, nous notons que l'écart sur la verticale est beaucoup plus accentué en été (Figure 179a) qu'en hiver (Figure 187b). En effet, on y voit clairement que la température est supérieure à 24°C en surface alors qu'à partir de 50 mètres de profondeur, elle est inférieure à 17°C.



Figure 186 : Position de la radiale hydrologique du golfe de Gabès



(a)- Température potentielle (juillet, 2005)

(b)- Température potentielle (mars, 2007)

Figure 187 : Coupe verticale de la température potentielle

Ben Ismail et al, 2010.

7.1.2.3 Salinité

La salinité des eaux côtières du Golfe de Gabès est relativement élevée sous l'action de la forte évaporation et des faibles apports pluvieux dans la région. La variation saisonnière de la

salinité est comprise entre 37,50 et 39,25 et est le signe de l'absence eaux d'origine atlantique atlantiques qui sont caractérisées par une salinité plus faible comprise ($<37,40$; Ramos *et al.* 2000).

Comme pour la température, les travaux de Ben Ismail *et al.* (2010) ont permis de mieux commenter la salinité dans le golfe de Gabès. En particulier, nous pouvons déduire de la distribution horizontale de la salinité de surface (Figure 180) l'intensité du gradient côte-large notamment pendant la période estivale (Figure 180a). Les valeurs de salinité dans la zone côtières sont supérieures à 38.5 en été et à 38.0 en hiver (Figure 180b). Nous notons également l'importance du radient Nord-Sud aussi bien en été qu'en hiver.

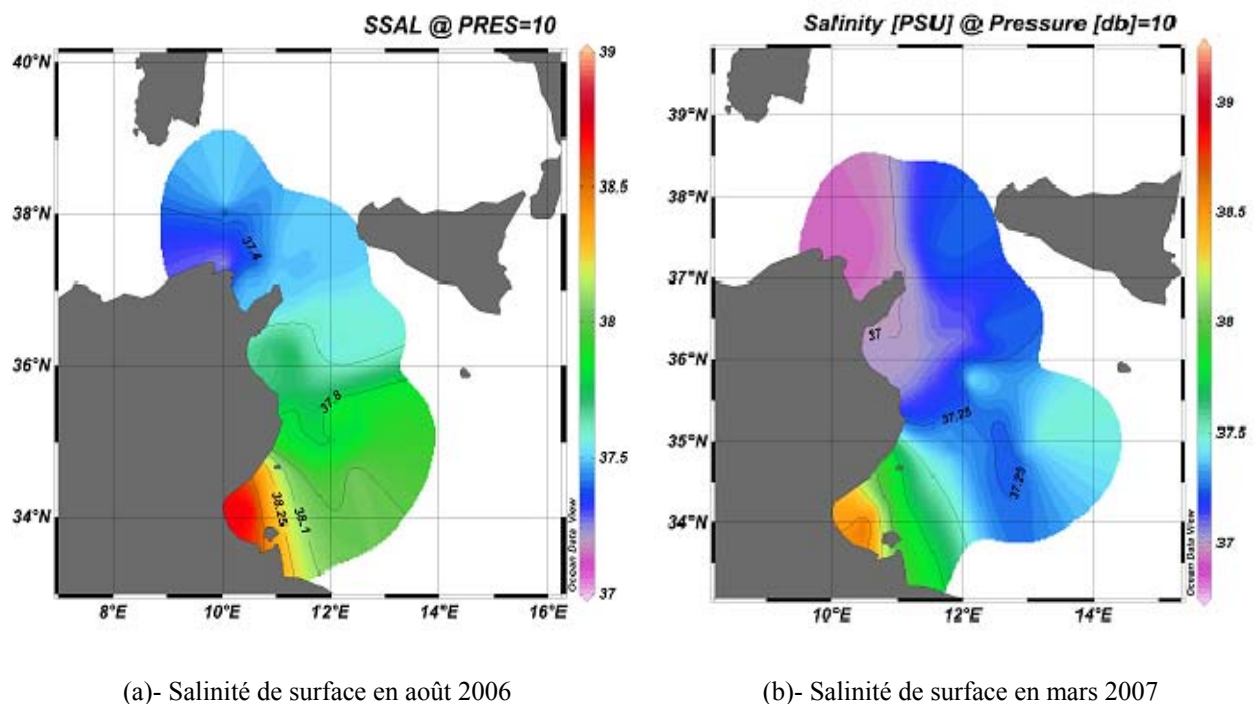


Figure 188 : Distribution horizontale de la salinité

Les coupes verticales de la salinité obtenues à partir des données collectées dans la partie centrale du golfe (Figure 181) permettent d'avoir une idée sur l'origine des masses d'eau présentes dans la région. En effet, nous constatons qu'au mois de mars 2007 (Figure 181b) est marqué par une nette signature de l'eau atlantique au large du golfe ($S < 37.4$ à ≈ 180 Km de la côte). Pendant cette même période, la partie centrale du golfe semble occupée par une eau d'origine atlantique très modifiée alors que les salinités sont très élevées dans la région côtière ($S > 38.5$).

Il est également important de noter que le gradient verticale est faible notamment dans la couche 0-25 m et ce aussi bien en période estivale qu'hivernale.

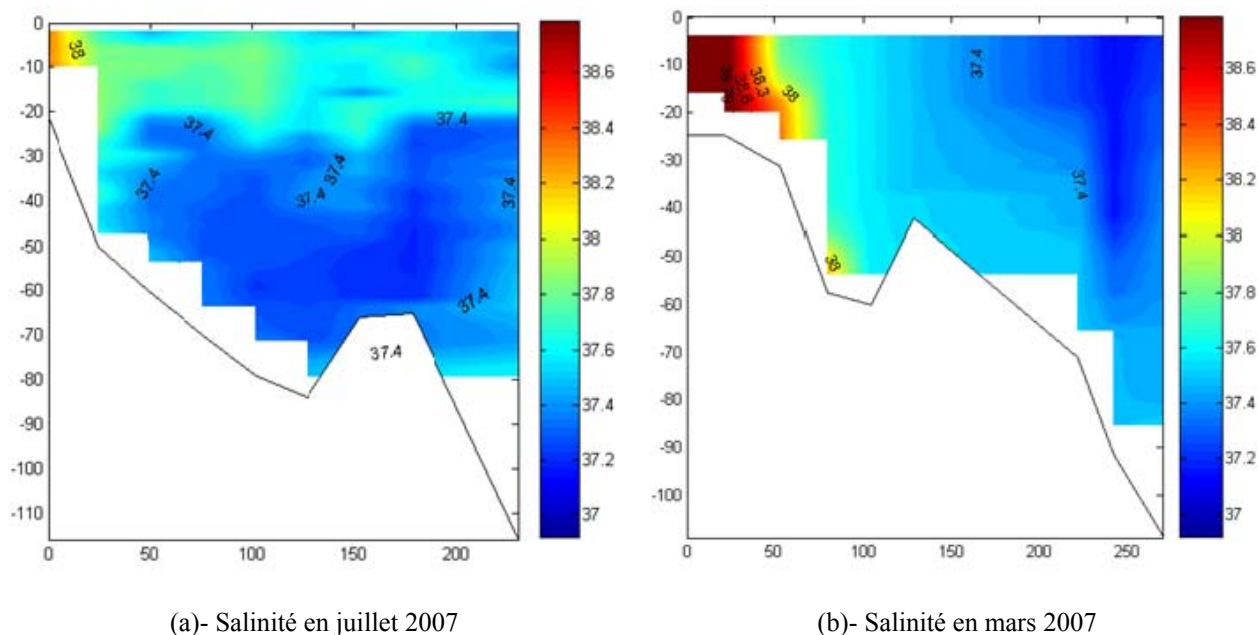


Figure 189 : Distribution verticale de la salinité

La situation hydrologique du mois de juillet 2007 (Figure 181a) est complètement différente puisqu'elle est caractérisée par une plongée de l'eau d'origine atlantique à plus de 20 mètres de profondeur. Immersion à laquelle apparaît un véritable front thermique entre les eaux de surface et les eaux sous-jacentes (installation de la thermocline).

7.1.3 La dynamique

7.1.3.1 La circulation générale en méditerranée

Avant de commenter les particularités hydrodynamiques qui prévalent dans le Golfe de Gabès, il est important d'avoir une idée ne serait-ce que sommaire sur la circulation générale à l'échelle du bassin méditerranéen. En effet, cette circulation est, dans la plupart des cas, le principal facteur régissant la circulation sur le plateau continental et en zones côtières. Elle est donc à l'origine de la distribution des caractéristiques hydrologiques, biologiques, chimiques, sédimentologiques et de pollution des différentes masses d'eau. Il est dès lors utile d'avoir à l'esprit une image synthétique du mode de fonctionnement hydrodynamique de l'ensemble de la Méditerranée.

La force principale qui contrôle la circulation générale des masses d'eau en Méditerranée résulte de son caractère de "*bassin de concentration*". Par différents mécanismes thermodynamiques (évaporation, transports, formation d'eau profonde en hiver, etc.) la méditerranée fabrique une eau relativement dense qui occupe 70% de la totalité du bassin pour finalement s'écouler vers l'Atlantique. Les flux de sens opposés dans le détroit de Gibraltar sont dus à des gradients horizontaux de pression dirigés vers la Méditerranée dans la couche de surface et vers l'Océan dans la couche profonde.

L'évolution spatiale de la densité sur la verticale montre un mouvement généralement orienté vers l'Est dans les couches de surface, alors que, dans les couches intermédiaires, le mouvement dominant est dirigé vers l'Ouest (Figure 182b). Cependant, la force de Coriolis

tend à générer des trajectoires cycloniques dans les différents sous-bassins, commençant par le détroit de Gibraltar pour les eaux de surface, par le bassin nord-est Levantin pour les eaux intermédiaires, et finalement par les différentes sources d'eaux profondes (golfe du Lion par exemple). Mais il y a des exceptions notables à ce schéma, en particulier dans les eaux de surface: des gyres anticycloniques existent à l'ouest de la Mer d'Alboran, en plusieurs endroits le long de la côte algérienne et dans le golfe de Syrte. De plus, plusieurs tourbillons existent dans la partie centrale des différents bassins, et en particulier dans le bassin Ionien.

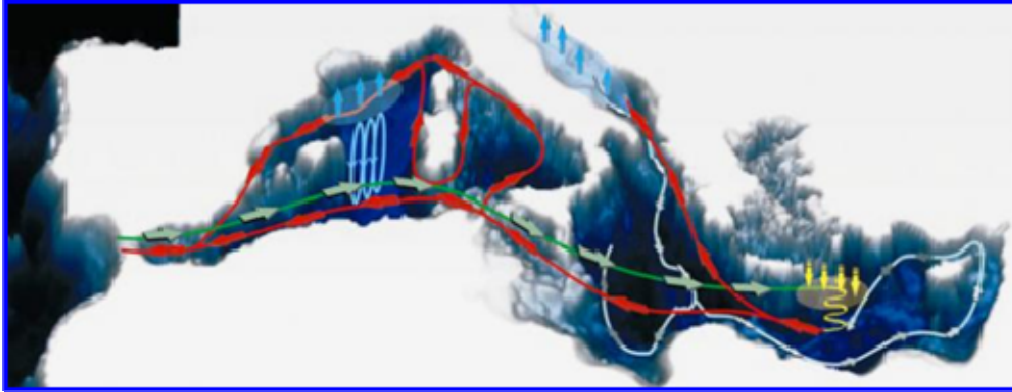


Figure 190 : Circulation thermohaline en Méditerranée

L'eau entre en surface depuis l'Atlantique par le détroit de Gibraltar (flèches vertes), se densifie au cours de son parcours dans le bassin par évaporation (petites flèches jaunes vers le bas) ou refroidissement (petites flèches bleues vers le haut) pour former des eaux plus profondes : l'eau Levantine Intermédiaire (flèches rouges, 500 m de profondeur), l'eau Orientale Méditerranéenne Profonde (flèches bleu clair depuis l'Adriatique) et l'eau Occidentale Méditerranéenne (non représentée) qui s'étale dans le fond du bassin Nord-Occidental. La convection profonde est représentée par les flèches bleues dans le Golfe du Lion.

Au nord de l'île italienne de Lampedusa le courant d'origine atlantique se scinde en deux branches : la première se dirige vers le Sud-Est en laissant l'île à l'Ouest alors que la seconde s'oriente vers le Sud et va **alimenter la circulation au large du Golfe de Gabès**. Le flux de l'eau d'origine atlantique, à travers le détroit Siculo-Tunisien, présentant une variabilité saisonnière bien marquée. L'intensité de cette branche est, en conséquence, sujette à des fluctuations qui à leur tour vont directement affecter la circulation au large du Golfe de Gabès. En effet, il existe dans cette région une circulation locale cyclonique qui va céder une partie, plus ou moins importante, de ses eaux à la sous-branche du courant atlantique.

Quant au cheminement de l'eau d'origine atlantique dans le golfe, il semble se faire en deux branches : l'une très côtière et ne semble pas marquée par une forte variabilité saisonnière et l'autre plus au large c'est-à-dire au-delà de l'isobathe 50 mètres et est plus marquée en hiver qu'en été. En fait tout se passe comme si l'eau présente dans le golfe en période estivale se trouve localisé dans la partie centrale du golfe et au dessous de la couche de mélange. Cette conclusion déduite de la distribution du minimum de la salinité le long des côtes tunisiennes (Ben Ismail et al. 2014, Figure 183) est à rapprocher des résultats rapportés par Brandhorst (1977) et surtout confirme la nature complexe de la dynamique qui prévaut dans la région.

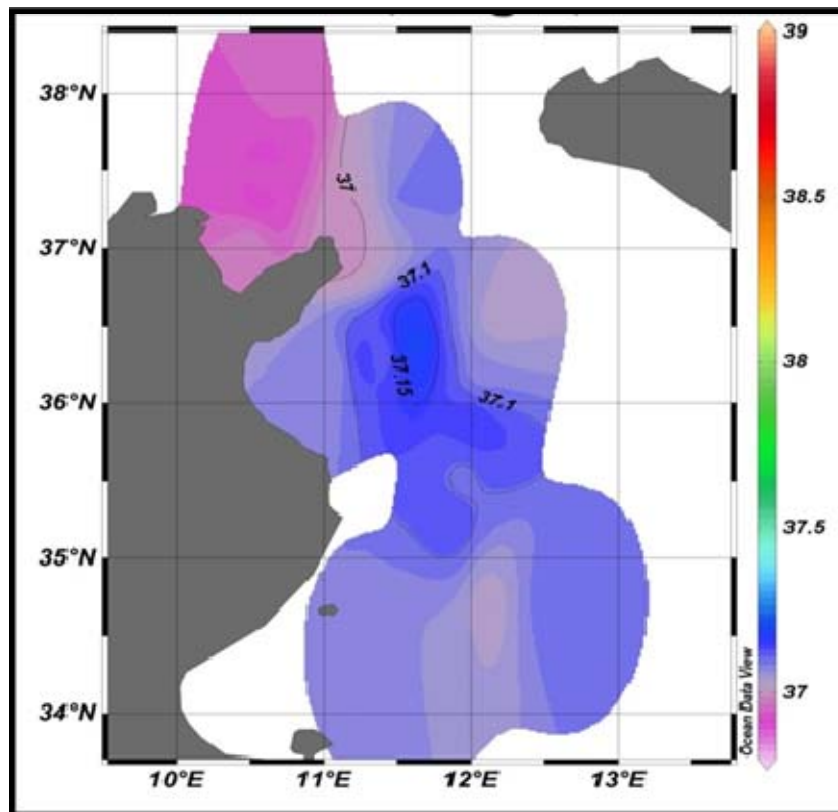


Figure 191 : Distribution du minimum de la salinité le long des côtes tunisiennes

(Ben Ismail et al., 2014).

7.1.3.2 La marée donnée INSTM

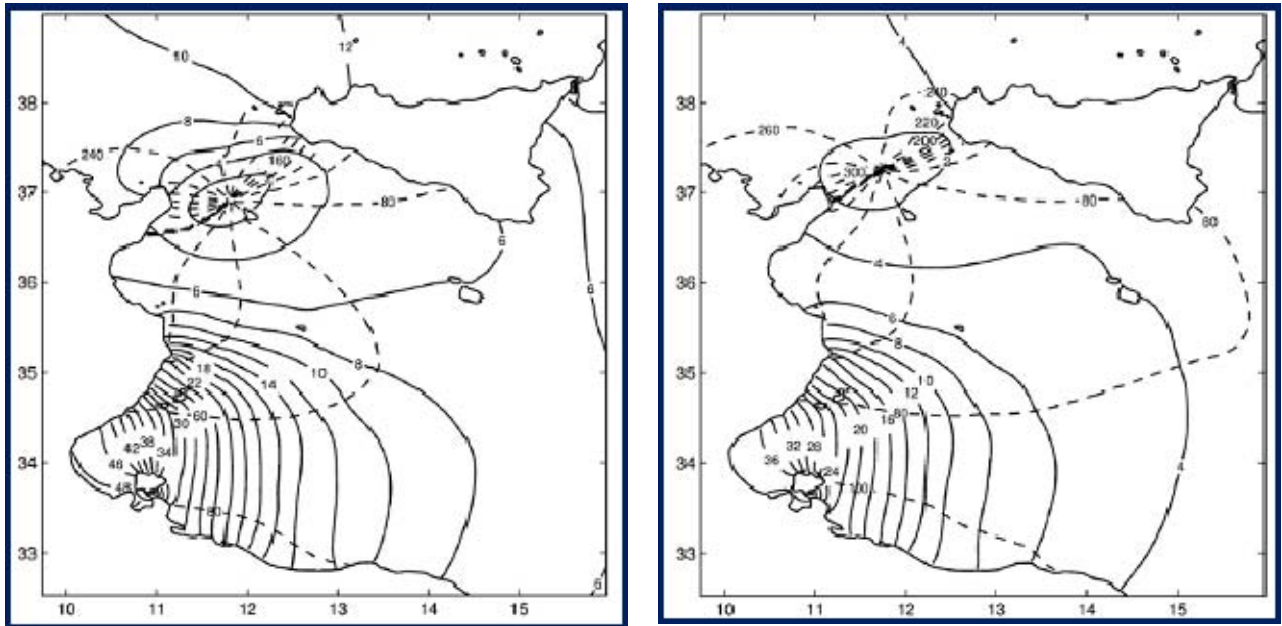
Données INSTM

C'est dans le Golfe de Gabès que la marée est la plus forte en Méditerranée. En effet, dans l'Adriatique, les marées observées ne dépassent guère, même en y ajoutant l'effet de perturbation des vents, 1 mètre d'amplitude ; dans la mer Ionienne, les amplitudes maximales atteignent difficilement 0,75 mètre ; à Tripoli et dans le golfe de Syrte, l'influence des vents peut créer des oscillations de 0,60 mètre. Alors qu'à Gabès, l'amplitude atteint, et même dépasse, 2 mètres.

Ce marnage inhabituel en Méditerranée, non entièrement expliqué, est dû à un phénomène de résonance que rencontre l'onde principale de marée dans le bassin compris entre Ras Kapudia et Zarzis (Sammari *et al.*, 2006). Les études de Molines (1991) et d'Abdennadher et Boukthir (2006) sont, à notre connaissance, les seules études poussées qui ont mis l'accent sur la marée le long des côtes tunisiennes au cours des décennies passées. Les auteurs ont tracé les lignes cotidiales des composantes harmoniques principales dans le Golfe de Gabès (Figure 184).

Il ressort de ces études que le maximum d'amplitude de la composante lunaire M2 est 48 cm et se trouve dans Golfe de Gabès. Cette amplitude décroît en allant vers le nord du canal de Sicile (12 cm), et vers les régions profondes orientales (6 cm). Le maximum d'amplitude de la composante S2 est aussi localisé dans le Golfe de Gabès, qui varie de 38 à 4 cm dans la direction Est. Le point amphidromique de S2 est situé sur l'alignement Cap Bon (Tunisie) - Mazzara (Sicile), ligne où la phase est en rotation antihoraire. Il est légèrement décalé vers le nord (0,3°) comparativement à la composante M2. Les grands traits des autres composantes

semi-diurnes sont similaires à ceux de la composante M2 mais avec des amplitudes réduites, particulièrement pour la composante N2 (Lunaire elliptique, semi-diurne). L'amplitude de la composante N2 dans le Golfe de Gabès est très faible par rapport aux autres composantes semi diurnes, environ 6 cm et ailleurs, l'amplitude est très faible et ne dépasse pas 3 cm. Plus récemment, des séries temporelles du niveau de l'eau obtenues dans le golfe (Figure 185, Hattour et al. 2010 ; Brahim et al. 2014) ont permis de clarifier et de quantifier les paramètres de la marée qui prévaut dans la zone d'étude. Le Tableau 117 récapitule les caractéristiques de chacun de ces mouillages.



(a)- Amplitude et phase de la marée de type M2

(b)- Amplitude et phase de la marée de type S2 calculées

Figure 192 : Amplitude et phase de la marée

(Abdennadher et Boukthir, 2006)

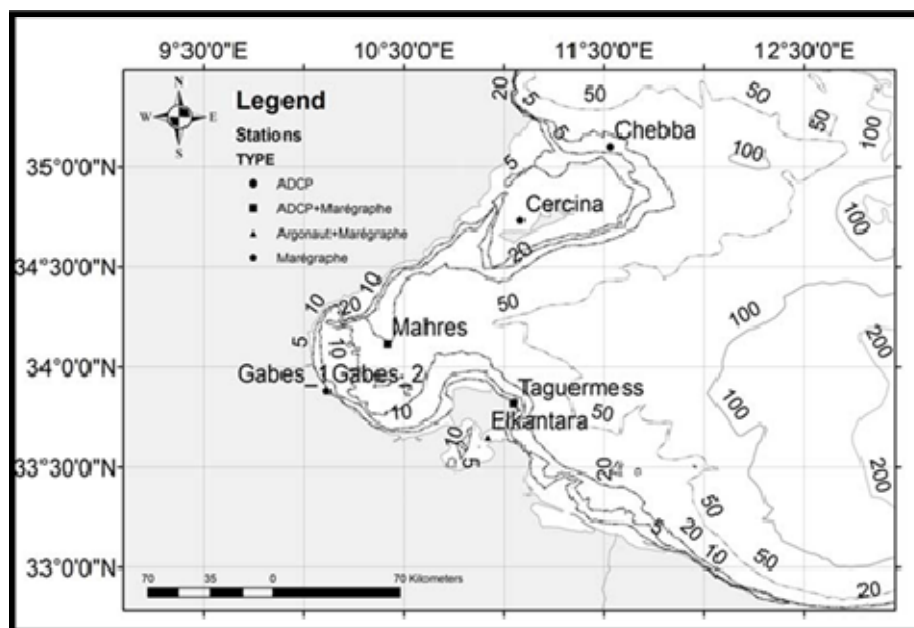
**Figure 193 : Les positions relatives des différentes stations**

Tableau 117 : Caractéristiques des mouillages déployés dans le Golfe de Gabès.

Instrument	Station			Wave Burst	Δt (sec)	Date début	Date de mise à l'eau	Date de réception	Date de la fin de l'enregistrement	Profondeur
	Nom	Longitude	Latitude							
RBR 2050P	Gabes_N51	33°53.782'	10°07.164'	2048	360	09/09/2007 12:00	11/09/2007 09:26	16/11/2007 00:00	26/10/2007 12:00	3.6
RBR 2050P	Djorf	33°39.925'	10°45.756'	2048	360	09/09/2007 12:00	11/09/2007 14:43			
RBR 2050P	Tagermess	33°49.875'	11°03.682'	2048	360	09/09/2007 12:00	12/09/2007 11:52	16/11/2007 00:00	26/10/2007 12:00	3.2
RBR 2050P	Gabes_2	33°53.550	10°07.523	2048	360	06/03/2008 12:00	06/03/2008 12:00	15/05/2008 15:24	15/05/2008 15:24	7.1
RBR 2050HT	Cercina	34°44.824	11°05.714	2048	360	09/09/2007 14:00	10/09/2007 14:06	25/10/2007 20:42	25/10/2007 20:42	3.9
ADCP	Tagermess	33°49.875'	11°03.682'	2048	1200	11/09/2007 21:57	12/09/2007 09:07	29/10/2007 03:07	29/10/2007 03:07	3.2
Argonaute	Elkantara	33°39.317	10° 55.583'			28/05/2008 14:00	28/05/2008 14:00	08/07/2008 12:00	08/07/2008 12:00	3.2
ADCP	Chebba	35°06.155'	11° 32.462'	1048	3600	06/12/2008 17:00	25/12/2008 15:00	18/03/2009 09:00	18/03/2009 09:00	15
ADCP	Mahrès	34°07.950'	10° 25.376'	1048	3600	06/12/2008 17:00	24/12/2008 15:00	15/02/2009 07:10	15/02/2009 07:10	24
RBR 2050P	Mahrès	34°07.950'	10° 25.376'	2048	360	19/03/2009 08:00	19/03/2009 12:00	31/05/2009 11:48	26/05/2009 07:48	24

En nous référant au Tableau 117 ci-dessus, nous notons que la série temporelle qui concerne le plus la zone d'étude est celle enregistrée au large de la ville de Mahrès à 24 mètres de profondeur.

L'analyse harmonique a été appliquée aux données de niveau.

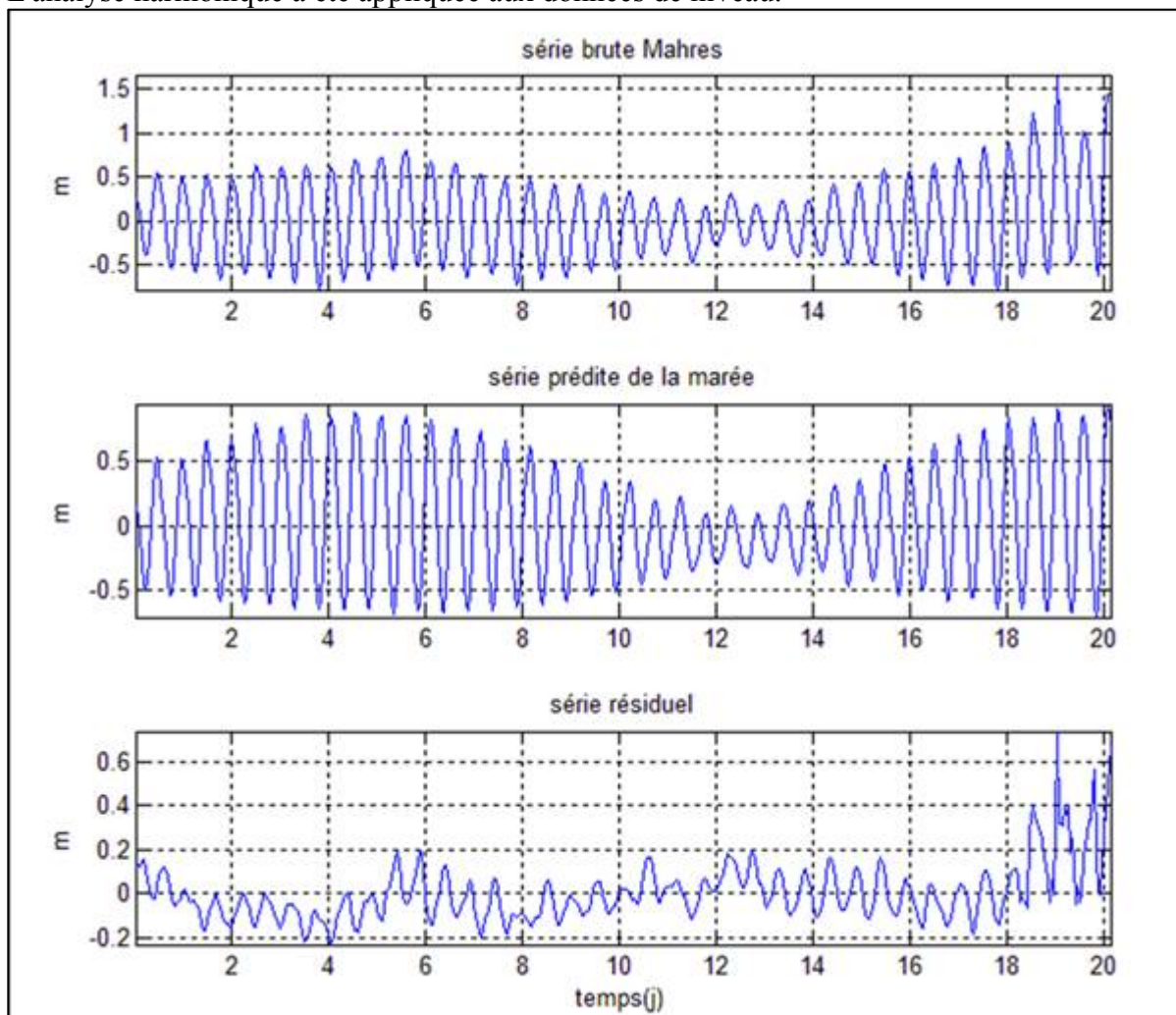


Figure 194 : Résultats de l'analyse harmonique de la station de Mahrès

Les résultats de l'analyse harmonique montrent ce que l'on connaît déjà à savoir la prédominance de l'onde M2 (12,42h) dont l'amplitude est égale à ≈ 49 cm. Il convient également de noter le rôle important que jouent les conditions météorologiques comme le montre l'allure du signal résiduel et ce vers la fin de l'enregistrement i.e. à partir du 19 janvier.

Dans le but de mieux rendre compte du phénomène de la marée non seulement dans la zone d'étude mais aussi au niveau de tout le Golfe de Gabès, nous avons exploité toutes les séries temporelles obtenues dans le golfe et accessibles. L'analyse harmonique appliquée à ces séries combinée aux résultats déjà publiés (Sammari et al, 2006, Abdennadher et Boukthir, 2008, Hattour et al, 2010, etc.) et traitant le même sujet, nous a permis d'aboutir aux conclusions suivantes:

Tableau 118 : Amplitude de la composante harmonique (m) et P : Phase de la composante harmonique de la marée Temps Universel (TU)

Com P	T(hr)	Gabes_1		Taguermes s		Gabes_2		Cercina		Mahrès		El Kantara	
		A	P	A	P	A	P	A	P	A	P	A	P
MM	661.29	-	-	-	-	-	-	0.014	95	0.037	24 7	-	-
MSF	354.37	-	-	0.016	156	-	-	0.044	35 3	0.051	21 8	0.045	65
Q1	26.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.003	14 6
O1	25.82	-	-	0.011	87	0.008	99	0.008	10 0	0.016	10 5	0.012	13 8
P1	24.07	0.011	36	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	63
K1	23.93	0.033	29	0.01	347	0.015	13	0.009	32 1	0.035	32	0.011	56
N2	12.66	0.082	77	-	-	0.092	75	0.055	11 0	0.062	71	0.015	14 2
M2	12.42	0.525	73	0.278	73	0.52	76	0.329	11 8	0.47	71	0.104	13 5
L2	12.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.007	12 4
S2	12	0.325	95	0.169	86	0.344	90	0.216	13 3	0.289	93	0.044	20 0
K2	11.97	0.088	11 7	0.046	108	0.094	2	0.059	15 5	0.079	11 6	0.012	22 3
total		1,064		0,53		1,073		0,734		1,039		0,257	

- L'amplitude de M2 décroît en allant vers l'Est de 50 cm près de Ghannouch à 40 cm dans la partie Sud de Kerkennah. Les autres harmoniques principales selon l'ordre décroissant ci-après : S2, K2, N2, K1 et O1, présentent les mêmes caractéristiques qualitatives, avec une amplitude réduite ;
- Des écarts significatifs d'amplitude ont toutefois été observés autour de l'île de Djerba. Ces écarts sont dus à une sous-estimation des effets des petits fonds inférieurs à 10 m (qui sont loin d'être négligeables) ;
- Un écart de phase des ondes de marée a été repérée dans deux zones du golfe, il concerne les sous-bassins au niveau du canal de Kerkennah et de la lagune Boughrara. Dans ces zones des retards de phase qui peuvent atteindre les 50° ont été repérés ;

- Ces "récipients" semblent se remplir et se vider en phase, par leurs accès. Ceci est d'ailleurs conforme aux observations rapportées par tous les marins qui ont fréquenté ces lieux. En effet, l'onde de marée vient sensiblement de l'Est : le golfe se remplit donc (et se vide) par l'Est alors que le canal de Kerkennah, entre la côte de Sfax et l'archipel de Kerkennah, se remplit à la fois par le Sud et par le Nord, et de même pour la lagune de Boughrara, sauf que le remplissage (et le vidage) est dans les directions Est et Ouest. Les retards de pleine mer entre les différents sites ne sont pas seulement dus aux différences de longitude, mais également au frottement visqueux sur les petits fonds ;
- Cette friction, forte en faibles profondeurs, est très importante au niveau du Golfe de Gabès. Tsimplis *et al.* (1995) ont montré que pour l'aire de ce golfe, qui ne représente qu'environ 5% de la surface totale du bassin Méditerranéen, la dissipation, due au frottement, est estimée à $8,8 \times 10^8$ W.

7.1.3.3 Les niveaux extrêmes

En général, la fluctuation du niveau de la mer est un processus physique complexe résultant de l'interaction de plusieurs phénomènes. Ces phénomènes peuvent être décrits et organisés en fonction de leur périodicité caractéristique.

La variation du niveau de la mer, en un point et un temps donné, peut être calculée, d'une manière approchée, par la formule suivante :

$$Z(t) = NM(j) + Z_a(t) + Z_v(t) + Z_o(t) + Z_h(t)$$

Avec :

- $Z(t)$: Niveau d'eau en un point donné sur le littoral ;
- $NM(j)$: Niveau moyen annuel ;
- $Z_a(t)$: Niveau de la marée astronomique référencé au niveau moyen;
- $Z_v(t)$: Surcote/décote due au basculement dû au vent ;
- $Z_o(t)$: fluctuation induite par les oscillations (évaluation approximative) ;
- $Z_h(t)$: fluctuation induite par la houle (évaluation approximative).

Le niveau NGT-ZH à Sfax est donné d'après les principales références nautiques disponibles de : **NGT – ZH = 0,99 m**

Le niveau extrême, d'après l'étude de la carte de la vulnérabilité qui donne pour le site de Sfax les données suivantes :

- Niveau moyen journalier : +0,07 m NGT ;
- Amplitude de la marée : 0,82 m
- Surcôte cinquantennale : 0,90 m
- Surélévation globale : 0,31 m (due à des perturbations locales)
- Élévation CC 2099 : 1,00 pour l'hypothèse la plus pessimiste

Ce qui donne un niveau à l'horizon 2099 un niveau de **+3,19 m NGT**

Pour le site du projet et en considérant uniquement l'échelle cinquantennale, nous retenons les données suivantes :

- Niveau moyen journalier : +0,07 m NGT ;
- Amplitude de la marée : 0,82 m
- Surcôte cinquantennale : 0,90 m
- Surélévation globale : 0,31 m (due à des perturbations locales)
- Élévation CC 2050 : 0,5 pour une hypothèse réaliste

On obtient un niveau extrême de **2,60 m NGT**.

7.1.3.4 Les courants

Les courants généraux interviennent dans le renouvellement des eaux du Golfe de Gabès en y alimentant une recirculation anticyclonique, mais leur incidence côtière est *a priori* limitée. Compte-tenu de l'existence d'un plateau continental étendu, les **courants de marée**, en revanche, sont significatifs et intéressent tout le littoral du Golfe de Gabès.

Comme pour la marée, nous reproduisons ci-après les résultats de la série temporelle de courant obtenue au large de la ville de Mahrès par une profondeur de -24 mètres. Mais, il est impératif d'avoir présent à l'esprit que des mesures en un point ponctuel, fut-elle obtenue sur un intervalle de temps suffisamment long, ne permettent pas de décrire la dynamique qui prévaut dans une aire donnée mais juste donnent une idée sur les ordres de grandeurs typiques.

La Figure 187 montre l'évolution dans le temps du vecteur de la vitesse (*stick diagram*) et ce en surface, à mi-profondeur (-10 m) et au fond (-20 m). Nous y notons que l'intensité moyenne est de l'ordre de 20 cm.s^{-1} dans la couche de surface (*i.e.* 0-10m) et d'environ 10 cm.s^{-1} à -20 mètres. La direction s'alterne entre le Nord-Est et le Sud-Ouest. Il est aussi à noter l'influence des vents comme en atteste l'allure de la courbe au début du mois de janvier puisque nous notons une nette diminution de l'intensité du courant.

La Figure 188 représente les roses de courant en surface (-2 m) et au fond (-20 m). L'alternance de la direction entre le NE et le SO y est assez nette.

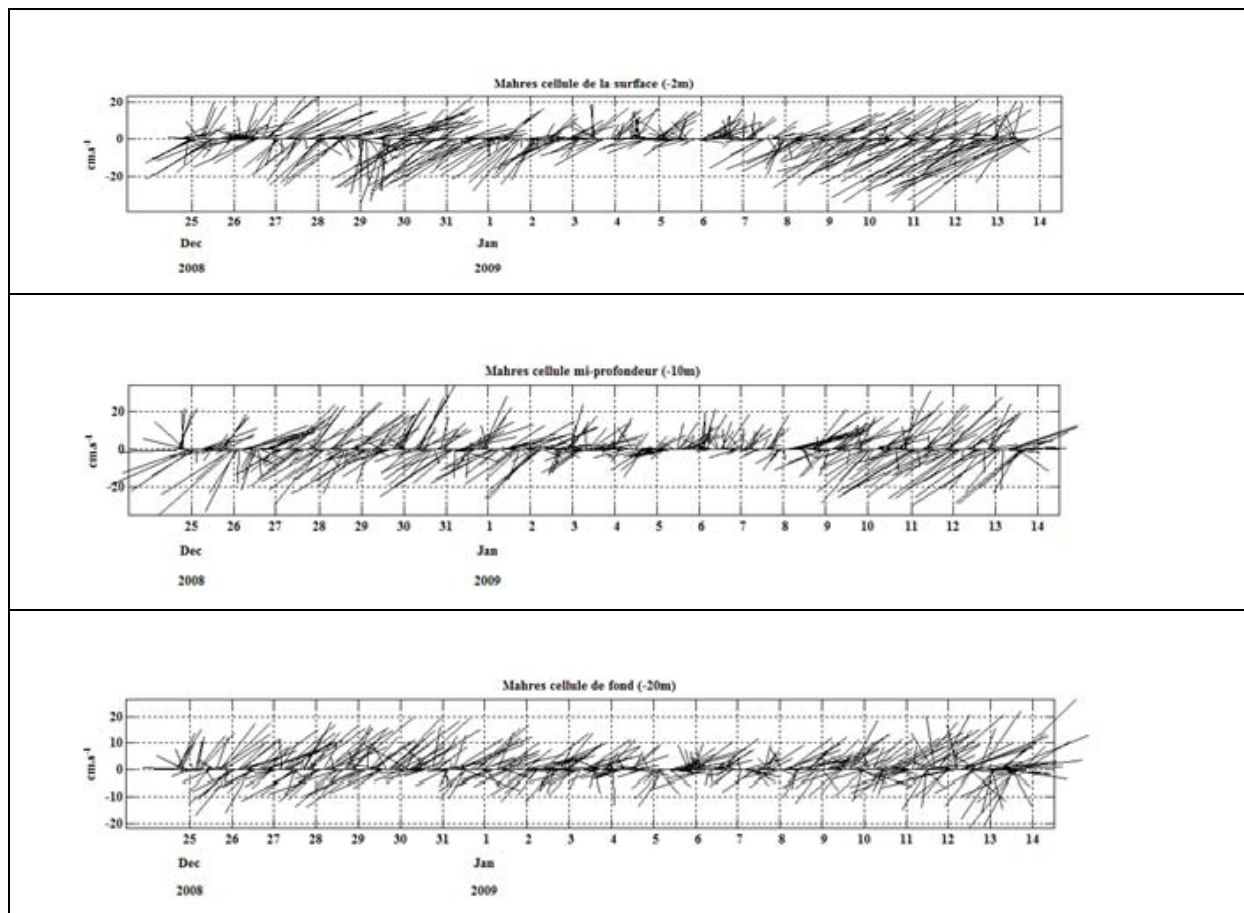


Figure 195 : Stick diagram de la série temporelle de courant obtenue au large de Mahrès

Par ailleurs, l'analyse des séries temporelles de courant obtenues dans le Golfe de Gabès et rapportée dans Hattour et al, 2010, permet d'affirmer ce qui suit :

- Au large de la ville Chebba, 47% de la variance est expliqué par la marée, et en allant vers l'intérieur du golfe (Mahrès), 76% est expliqué de la même manière. Alors qu'à Taguermess la variance expliquée par la marée ne dépasse pas les 33% ;
- Le résiduel du courant à ces stations reste unidirectionnel est coïncide avec la ligne de côte moyenne (Figure 189). Nous en concluons que le courant général de la Méditerranée comporte une ou plusieurs branches qui s'engouffrent dans le Golfe de Gabès ;
- En ce qui concerne les données enregistrées au large de Chebba, le flot est de direction WNW pouvant atteindre la vitesse maximale de 15 cm.s^{-1} et le jusant est dans la direction opposé avec un maximum légèrement supérieur (23 cm s^{-1}). Ces courants se composent avec un courant général Est-Sud-est de vitesse maximale égale à 38 cm s^{-1} (plus forte que celle des courants de marée). Au large de Mahrès, les courants de marée (flot : S-W, 24 cm.s^{-1} et jusant : N-E, $30.\text{cm.s}^{-1}$) se combinent avec un courant général N-E pouvant atteindre un maximum de vitesse de 30 cm.s^{-1} avec une valeur moyenne de 15 cm.s^{-1} ;
- Au large de Taguermess, les courants de marée (flot: W-NW, 39 cm.s^{-1} et jusant: E-SE, 65 cm.s^{-1}) doivent se composer avec un courant général W-NW pouvant atteindre un

maximum de vitesse de 65 cm.s^{-1} avec une valeur moyenne de 30 cm.s^{-1} . Nous concluons, qu'il existe un contre courant qui mérite davantage d'investigations.

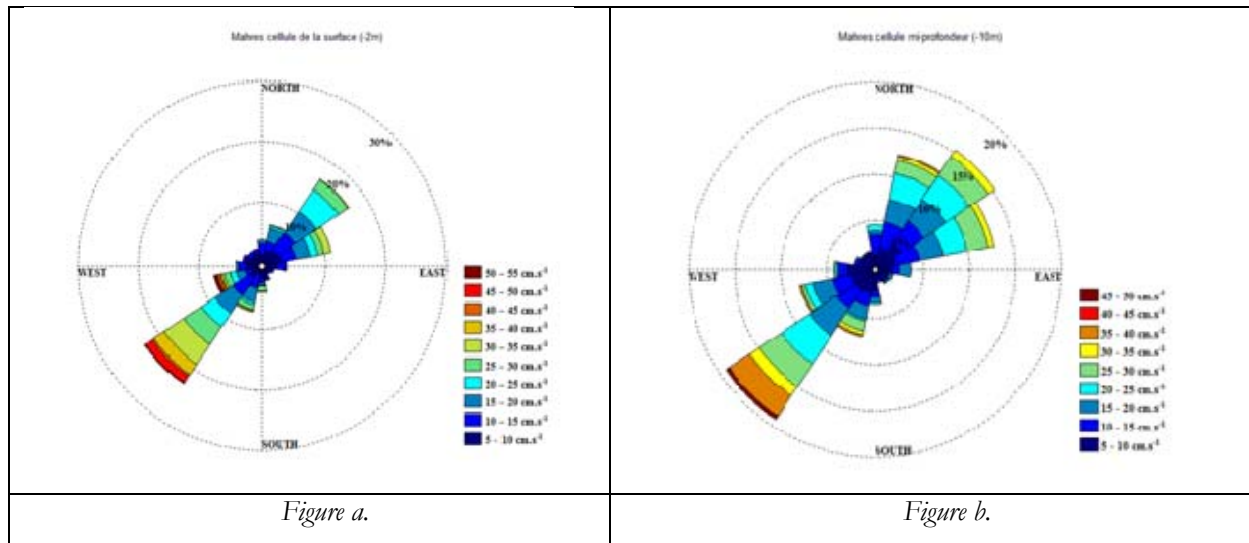


Figure 196 : Rose des courants

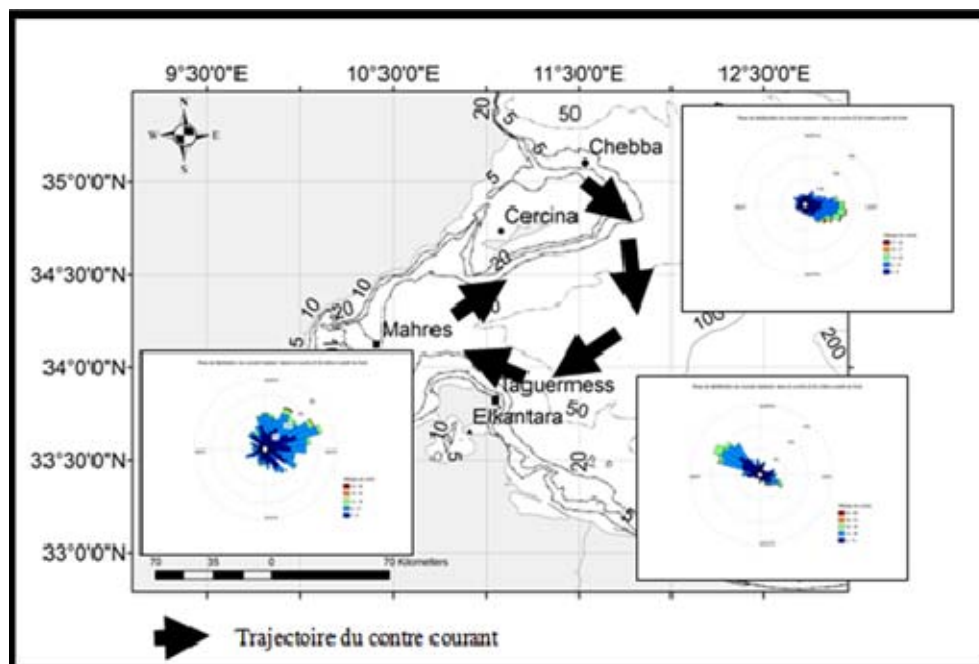


Figure 197 : Schématisation des courants résiduels dans le Golfe de Gabès

7.1.3.5 La houle

Avant de décrire la houle et ses particularités dans le Golfe de Gabès, nous tenons à préciser que ce phénomène demeure très peu documenté dans la littérature. La modélisation numérique et notamment les modèles de vagues et de réfraction permettent aujourd'hui d'en faire une description précise dans la zone côtière.

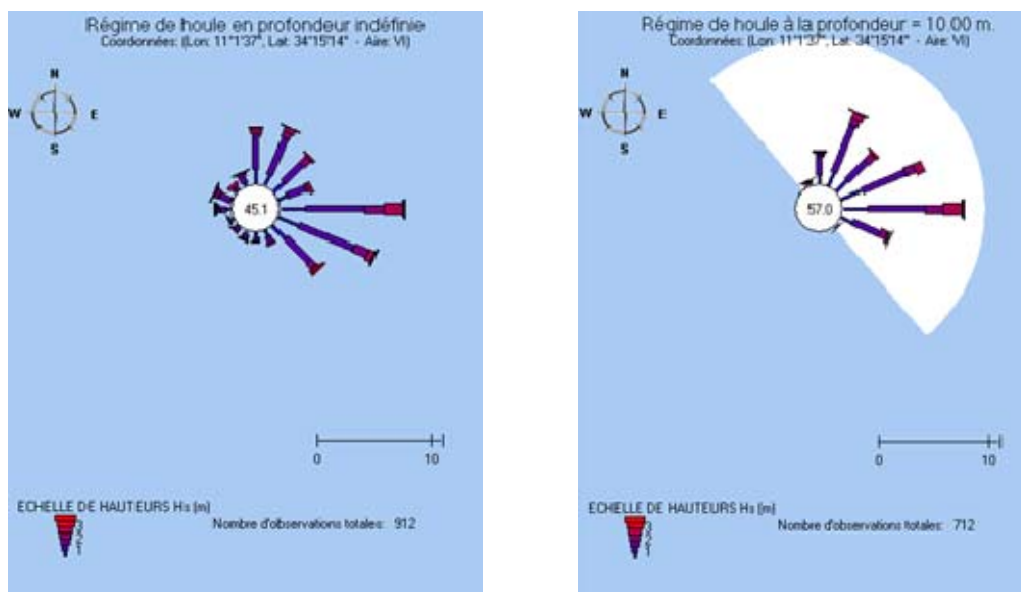
En ce qui concerne, le Golfe de Gabès et en nous référant aux travaux de l'INSTM et des estimations de la houle au large d'après l'étude DGSAM, HP, 1995.

Données de l'INSTM

La houle au large de Gabès est de secteur Est à Est-Sud-Est. Ces houles sont générées par les *fetchs* de secteur Est à Est-Sud-Est. La houle subit d'importantes réfractions dans le Golfe de Gabès sous l'effet du plateau continental. La houle s'oriente vers l'intérieur du golfe et arrive près des côtes de Gabès du secteur Est à Nord-Est.

Les caractéristiques de la houle au large sont les suivantes :

- La houle significative décennale serait de 3.3 m et de période 9.7s,
- La houle significative cinquantennale serait de 4.4 m et de période 11.6s



Houle au large

Houle à la côte

Figure 198 : Rose des houles au large et à la côte du Golfe de Gabès

D'après l'INSTM

Des mesures ponctuelles réalisées au large de la ville de Skhira durant les mois de juin et de juillet de l'année 2012 montrent la prédominance des houles de secteur Nord-Est (Brahim et *al.*, 2014 ; voir la Figure 191).

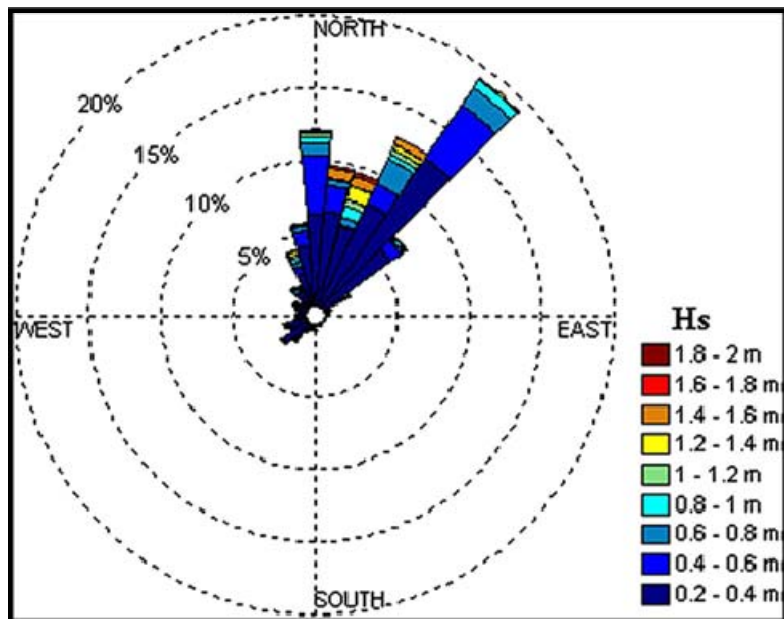


Figure 199 : Rose de la houle au large de Skhira (Golfe de Gabès)

Données APAL 2011

Dans ce référentiel, nous disposons de données de climats de houles dans deux stations au large de Kerkennah fournis par l'institut océanographique norvégien Fugro – OCEANOR :

- **Station 1 ESE** en mer profonde (position géographique 34.5N, 13.00^E à 160 km des côtes de Kerkennah ver ESE)
- **Station 2 NE** Un deuxième climat de houle en un point au large au nord des îles (35N, 12N à 75 km au NE de Kerkennah)

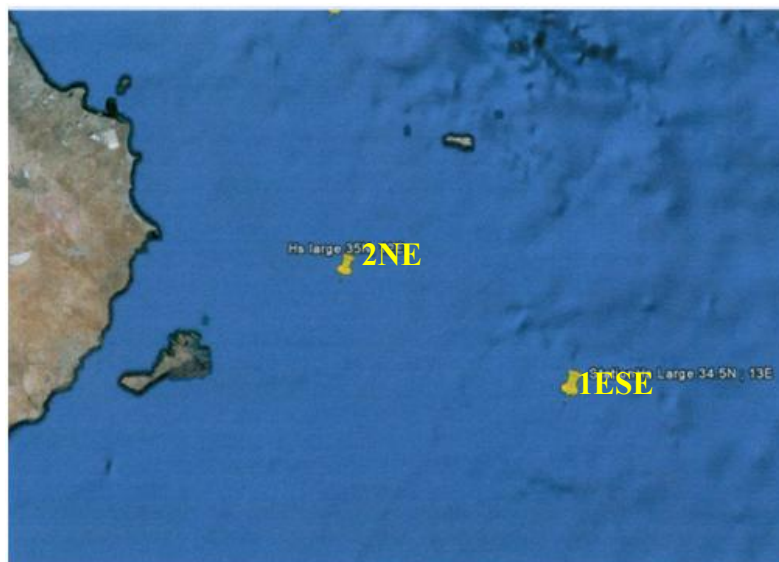


Figure 200: Position des stations 1ESE et 2 NE

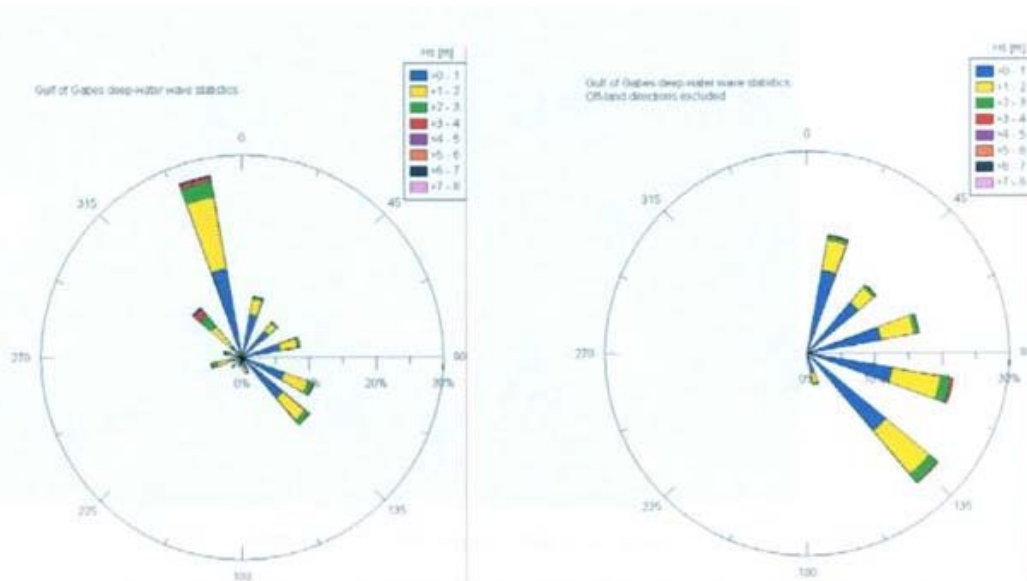


Figure 201: Distribution des directions des vagues

Données APAL, 2011

Le Tableau ci-après, fournis les probabilités d'occurrence en % des classes de hauteurs significatives par classe de direction :

Tableau 119 : Probabilités d'occurrence en % des classes de hauteurs significatives par classe de direction

Hs Dir	Au large du Golfe de Gabès																Total	
	0.00 - 0.25	0.25 - 0.50	0.50 - 0.75	0.75 - 1.00	1.00 - 1.25	1.25 - 1.50	1.50 - 1.75	1.75 - 2.00	2.00 - 2.50	2.5 - 3.00	3.00 - 3.50	3.50 - 4.00	4.00 - 5.00	5.00 - 6.00	6.00 - 7.50	7.50 - 9.00		9.00 - 10.0
0	4	14	8	6	3	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	39
15	5	10	10	6	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	40
30	2	8	7	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
45	2	5	4	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
60	2	5	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
75	2	5	5	3	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	20
90	2	8	8	6	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	35
105	2	10	8	6	6	5	3	2	3	1	1	1	0	0	0	0	0	48
120	3	9	13	12	8	7	5	3	4	1	1	1	0	0	0	0	0	66
135	3	15	19	14	9	7	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	77
150	3	13	14	10	5	4	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	55
165	3	9	12	7	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
180	1	6	8	6	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
195	1	6	5	6	5	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
210	1	3	4	4	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	21
225	0	2	3	3	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
240	0	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
255	0	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
270	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
285	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
300	0	2	3	3	3	4	2	2	4	2	1	1	0	0	0	0	0	27
315	1	4	8	10	11	11	8	9	13	7	6	3	2	1	0	0	0	94
330	3	16	23	25	21	20	11	9	12	6	3	1	2	1	0	0	0	153
345	6	23	27	22	17	11	6	6	5	3	2	1	2	0	0	0	0	131
Total	46	177	198	162	120	93	56	43	53	22	14	7	6	2	0	0	0	999

D'après APAL, 2011

L'étude statistique du climat de houle pour ces deux stations a permis de donner les houles extrêmes pour les différentes périodes de retour comme suit.

Tableau 120 : Récapitulatif des houles extrêmes dans les deux stations observées

Stations	Fréquence de retour	1/an	1/10ans	1/50ans
Station 1 ESE	Hs (m) ; Tp (s)	1.9 ; 8.5	4.2 ; 10.2	5.0 ; 11.2
Station 2 NE	Hs (m) ; Tp (s)	2.5 ; 7.9	3.7 ; 9.6	4.6 ; 10.7

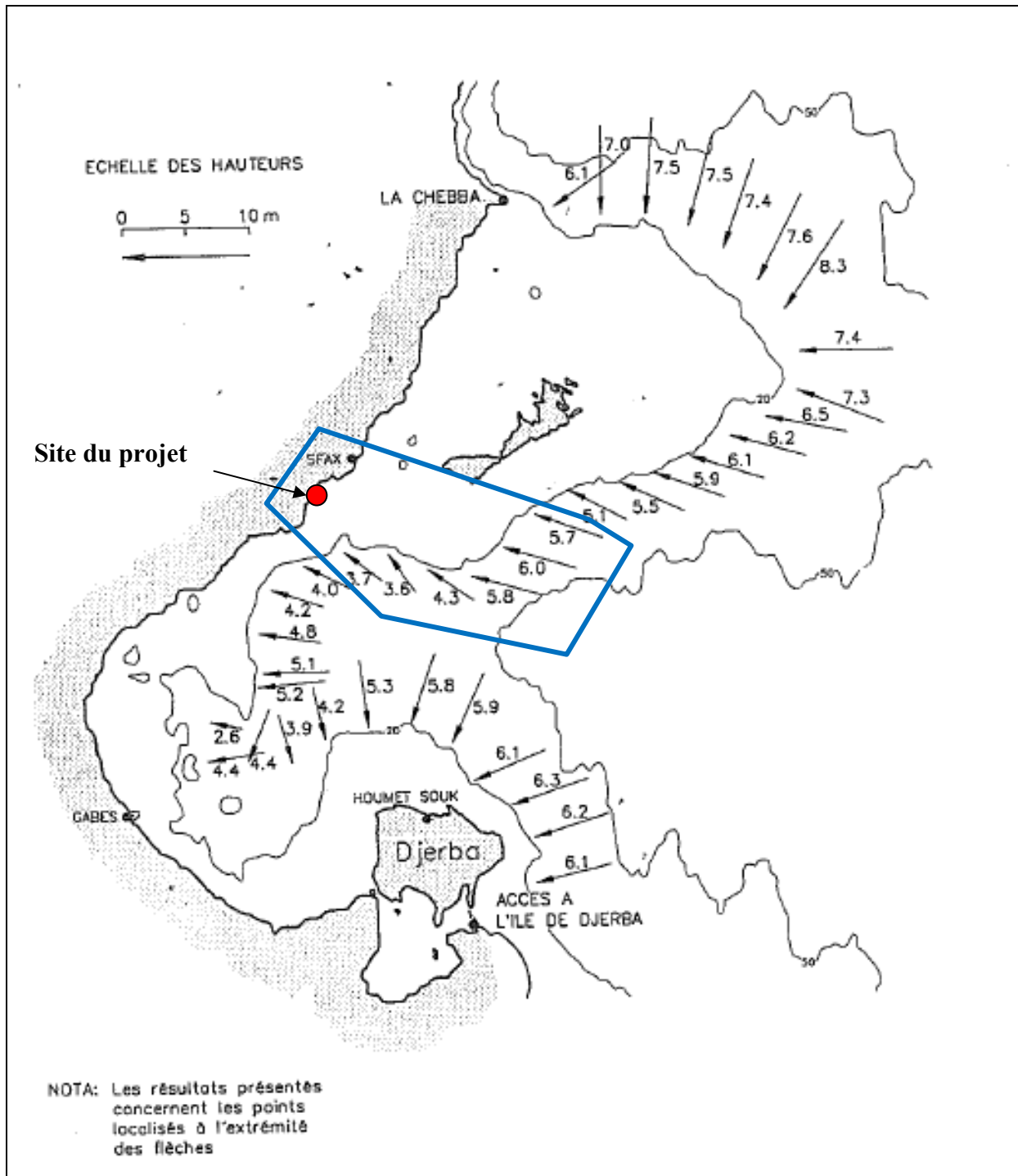
D'après APAL, 2011

Estimation de la houle au large par DGSAM, HP, 1995.

Les houles ont été calculées dans le cadre de cette étude sur la base des statistiques des vents sur une période de 20ans au niveau de l'isobathe -20m (figure et tableau ci-dessous).

Tableau 121 : Hauteur Significative et période de puissances correspondantes à diverses périodes de retour Moyenne de la direction de puissance des tempêtes maximales (HP, 1995)

Site	Période de retour (année)					Direction moyenne (degré)
	5	10	25	50	100	
Golfe de Gabes 1	4.0m 9.1s	4.7m 9.9s	5.5m 10.9s	6.1m 11.7s	6.7m 12.5s	056
Golfe de Gabes 2	4.5m 9.4s	5.3m 10.3s	6.2m 11.4s	7.0m 12.3s	7.7m 13.1s	001
Golfe de Gabes 3	4.9m 9.5s	5.7m 10.4s	6.7m 11.5s	7.5m 12.4s	8.3m 13.2s	005
Golfe de Gabes 4	5.0m 9.6s	5.8m 10.5s	6.8m 11.7s	7.5m 12.6s	8.3m 13.4s	016
Golfe de Gabes 5	4.9m 9.5s	5.7m 10.4s	6.7m 11.5s	7.4m 12.4s	8.2m 13.2s	020
Golfe de Gabes 6	5.0m 9.7s	5.8m 10.7s	6.8m 11.9s	7.6m 12.8s	8.3m 13.7s	028
Golfe de Gabes 7	5.4m 10.2s	6.3m 11.2s	7.5m 12.5s	8.3m 13.4s	9.2m 14.4s	035
Golfe de Gabes 8	5.0m 9.8s	5.7m 10.7s	6.7m 11.9s	7.4m 12.8s	8.1m 13.7s	090
Golfe de Gabes 9	4.9m 9.7s	5.7m 10.7s	6.6m 11.9s	7.3m 12.8s	7.9m 13.7s	112
Golfe de Gabes 10	4.3m 9.2s	5.0m 10.0s	5.9m 10.0s	6.5m 11.7s	7.2m 12.4s	102
Golfe de Gabes 11	4.2m 9.3s	4.8m 10.1s	5.6m 11.1s	6.2m 11.9s	6.8m 12.7s	106
Golfe de Gabes 12	4.1m 9.5s	4.7m 10.4s	5.5m 11.5s	6.1m 12.4s	6.7m 13.2s	108
Golfe de Gabes 13	3.9m 9.4s	4.8m 10.3s	5.3m 11.5s	5.9m 12.3s	6.4m 13.2s	110
Golfe de Gabes 14	3.7m 9.3s	4.2m 10.2s	4.9m 11.3s	5.5m 12.1s	6.0m 13.0s	115
Golfe de Gabes 15	3.4m 9.3s	3.9m 10.2s	4.6m 11.3s	5.1m 12.1s	5.6m 12.9s	118
Golfe de Gabes 16	3.8m 9.4s	4.4m 10.3s	5.1m 11.4s	5.7m 12.3s	6.2m 13.1s	110
Golfe de Gabes 17	4.0m 9.4s	4.6m 10.3s	5.4m 11.5s	6.0m 12.3s	6.6m 13.2s	107
Golfe de Gabes 18	3.9m 9.2s	4.5m 10.1s	5.3m 11.2s	5.8m 12.0s	6.4m 12.9s	106



Choix de la houle du projet

En se référant à ces trois référés (INSTM, APAL et DGSAM-HP), nous retenons pour nos calculs de la réfraction, **la houle cinquantennale** qui donne le maximum de hauteur au large de **Hs=6m** dans le secteur du Sud-Est.

7.2 Modélisation de l'hydrodynamique et de la dispersion

7.2.1 Introduction

La maîtrise de la qualité des eaux dans les hydrosystèmes de surface continentaux et littoraux est devenue un enjeu important et majeur en Tunisie surtout avec le développement urbain et touristique de la zone côtière. Pour atteindre cet objectif, nous avons besoin de mieux comprendre et d'analyser le fonctionnement hydraulique de ces milieux aquatiques. La mécanique des fluides, par le biais de la modélisation et au-delà de l'approche descriptive, peut fournir des outils de contrôle et de gestion de ces écosystèmes. En effet, au cours des dernières années, il y a eu des progrès significatifs dans le développement des modèles numériques de circulation qui sont capables de simuler et prévoir les processus de transport qui opèrent dans les zones côtières.

Le Golfe de Gabès, qui fait l'objet de ce travail, est une zone marine très particulière vu sa morphologie et sa bathymétrie spécifiques. Ces caractéristiques lui confèrent une hydrodynamique très complexe. Cette complexité est fortement amplifiée par le caractère encore très particulier de la marée, qui est la plus importante en Tunisie et aussi en Méditerranée.

A cette complexité naturelle du Golfe de Gabès, s'ajoute une complexité supplémentaire causée par les aménagements réalisés dans ce golfe (ports de Sfax, de Gabès et de Skhira, les salines de Sfax, les rejets industriels, les dragages réalisés, etc.).

Ainsi, la simulation de son fonctionnement hydrodynamique et de la dispersion de la pollution qu'elle y est rejetée est une étape indispensable pour sa gestion, sa surveillance et sa sauvegarde. Ces modèles sont souvent le meilleur outil pour évaluer l'impact des ouvrages proposés dans les milieux lagunaires et/ou côtiers.

Ceci nous a donc incité à se servir de la modélisation hydrodynamique, plus précisément du logiciel « *Surface-Water Modeling System* » (ou *SMS*), pour réaliser, dans le cadre de ce travail, l'étude de la dynamique et de la dispersion de la saumure dans le Golfe de Gabès. L'objectif principal de ces simulations étant de simuler l'impact des caractéristiques géométriques de l'émissaire envisagé pour le rejet de la saumure de la station de dessalement de Sfax.

Rappelons que le logiciel *SMS* est un code à 2 dimensions, intégré sur la hauteur d'eau, et qui bien adapté aux lagunes et zones côtières peu profondes.

Dans ce qui suit, nous présentons les différentes étapes de construction du modèle de simulation du fonctionnement hydrodynamique du Golfe de Gabès.

Nous présentons ensuite les différentes données utilisées dans le modèle ainsi que les principaux résultats des simulations obtenus pour l'hydrodynamique et la dispersion de la saumure rejetée en mer par la Station de Dessalement de Sfax. Ces résultats seront principalement analysés et interprétés en termes d'étendue de la zone affectée par la saumure et surtout en termes de risque de retour de la saumure vers le point de captage des eaux.

D'autre part, dans une deuxième étape, il s'agit de vérifier encore une fois les caractéristiques géométriques proposées pour l'émissaire de rejet de la saumure. Ces simulations seront réalisées à l'aide du logiciel CORMIX (ou "*Cornell Mixing Zone Expert System*"), conçu spécialement pour l'optimisation des émissaires. Les simulations nous permettront alors d'optimiser les caractéristiques géométriques de l'émissaire (longueur, diffuseur, orifices, etc.).

7.2.2 Simulation de l'hydrodynamique du Golfe de Gabès

7.2.2.1 Construction et maillage du modèle du golfe

Dans cette phase, nous introduisons la géométrie du milieu à l'échelle réelle et la bathymétrie de la zone afin de réaliser le maillage ou la discrétisation du domaine d'étude. Il s'agit de la partition du Golfe de Gabès en éléments.

Ces étapes préliminaires sont importantes pour la résolution numérique des équations qui régissent la dynamique du milieu par la méthode des éléments finis. C'est une tâche longue, mais nécessaire pour bien simuler le fonctionnement du milieu.

La démarche suivie est la suivante :

1. Importation d'une image du Golfe de Gabès

La première étape a consisté à importer au logiciel *SMS* une image géo-référencée de tout le golfe, afin de délimiter avec le maximum de précision la ligne de côte du golfe.

Pour ce fait, nous avons tout d'abord téléchargé une image directement des serveurs de *Google Earth* sous format «*.jpg».

Cette image, importée à *SMS*, a été géo-référencée en précisant les coordonnées UTM (x, y) de trois points de référence préalablement choisis et bien localisés dans le golfe. C'est cette image du golfe qui sera utilisée et présentée plus loin (Figure 195).

2. Introduction de la bathymétrie et délimitation du domaine

Les données bathymétriques du Golfe de Gabès ont été déduites de la digitalisation de la carte marine dont nous disposons. Cette bathymétrie couvre tout le golfe, elle a été transformée sous la forme d'un fichier texte, sous un format de points (x, y et z) désignant respectivement les deux coordonnées horizontales UTM des points ainsi que la bathymétrie en mètres par rapport à NGT (Nivellement Général de la Tunisie).

Une fois l'image géo-référencée est disponible sur l'interface du logiciel *SMS*, nous lui avons superposé les points du fichier bathymétrique (x, y, z). Ensuite, nous avons complété ce fichier par les levés bathymétriques, très fins, réalisés par la SONEDE dans la zone de captage et de rejet de la future station de dessalement de Sfax. Ceci nous a permis de bien localiser tous les points bathymétriques disponibles sur la carte du Golfe de Gabès (Figure 195).

Ces points, bien qu'ils ne soient pas suffisamment denses vers le large, sont relativement denses près des côtes et par conséquent, ils apparaissent comme des taches bleues sur la Figure 195.

Notons que le domaine simulé du Golfe de Gabès a été délimité en :

- Localisant avec le maximum de précision la ligne de côte du golfe, ainsi que les limites des îles;
- Allant loin vers le large, **pour atteindre des zones qui ne risquent pas d'être affectées par les rejets terrestres.**

D'autre part, la limite du domaine au large a été choisie parallèle aux lignes d'iso-amplitudes des différentes composantes de la marée calculée dans le Golfe de Gabès dans les travaux de Abdennadher et Boukthir (2006) comme le confirme les figures du chapitre précédent.

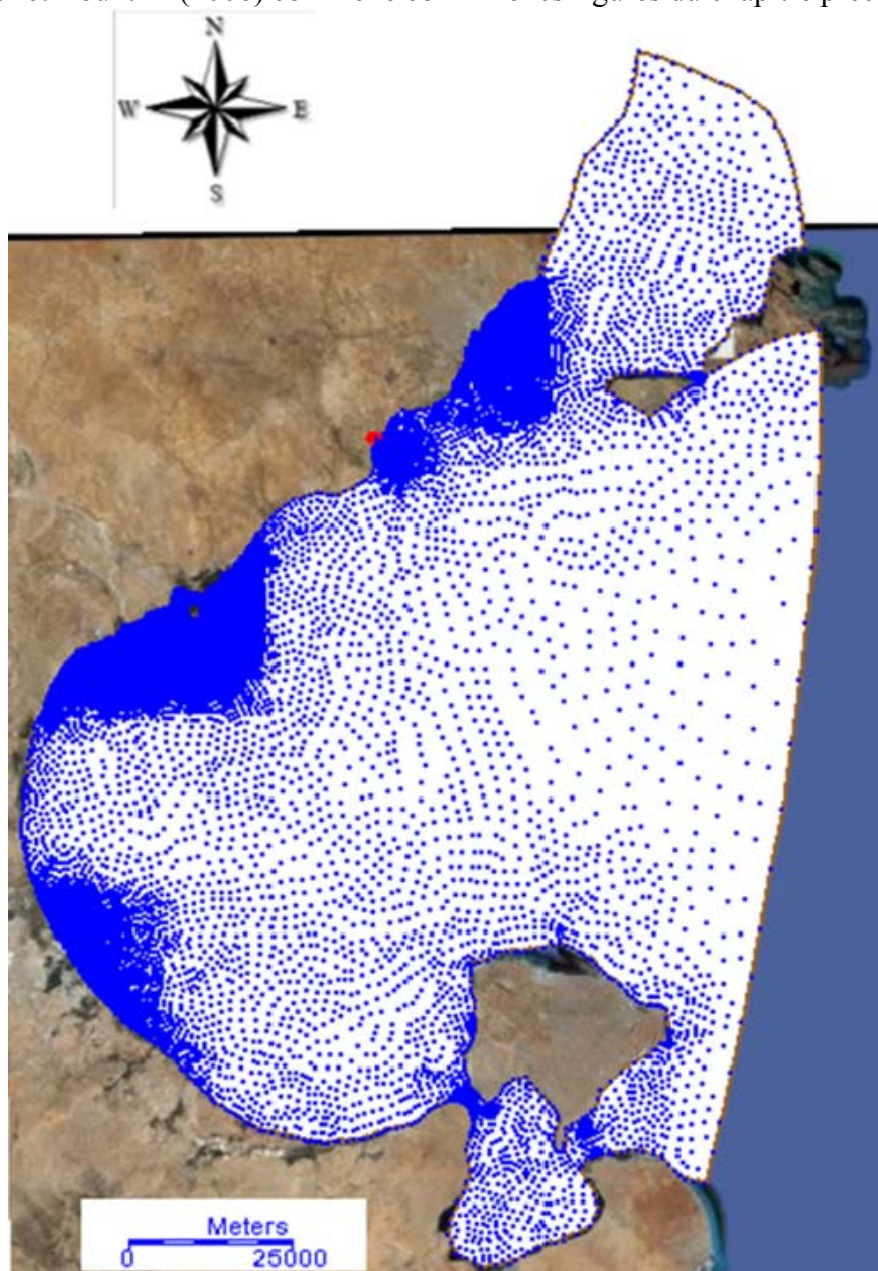


Figure 203: Limites du domaine du Golfe de Gabès et les points bathymétriques disponibles

3. Maillage du Golfe de Gabès

Cette étape consiste à réaliser, à l'aide du module *GFGEN* de *SMS*, le maillage de la zone d'étude. Ce module est capable, en se basant sur les points bathymétriques disponibles, de générer un maillage (triangulaire quadratique à 6 nœuds ou rectangulaire à 8 nœuds) en éléments finis du domaine et de construire une limite primaire de la zone d'étude.

Dans le cas du Golfe de Gabès, nous avons adopté le maillage triangulaire quadratique (à 6 nœuds), où chaque élément est un triangle formé de 3 nœuds, à chacune de ses extrémités, ainsi que 3 nœuds intermédiaires. Chaque élément doit être connecté au moins à un élément voisin. Notons que le maillage triangulaire offre plus de souplesse pour bien délimiter le domaine et schématiser les rejets terrestres. L'ensemble des éléments définit la surface totale du milieu marin simulé.

Ensuite, nous avons ajusté et corrigé cette géométrie, automatiquement générée, en procédant de la manière suivante :

- Supprimer les éléments extérieurs à notre domaine ;
- Localiser les points de rejet et affiner le maillage au niveau de ces sites, afin d'obtenir un résultat plus précis dans ces zones de rejet.

Le domaine a été alors discrétisé en 8240 éléments triangulaires à l'aide d'environ 17000 nœuds. Le maillage ainsi adopté est représenté sur la figure 193. Notons que ce maillage est variable puisque le côté des éléments qui le forment varie de 5 m, près des zones de rejets, jusqu'à 10 km au large. Le maillage a été donc affiné près des points de Captage/Rejet des eaux dans le Golfe de Gabès. Des agrandissements du maillage au niveau de la zone de captage/rejet de la station de dessalement sont présentés sur la Figure 197.

Finalement, le domaine du Golfe de Gabès ainsi délimité est caractérisé par une longueur Nord-Sud maximale de 180 km, une largeur maximale Ouest-Est, vers le large, d'environ 110 km, et une surface totale d'environ 12 000 km². **Ce domaine a été volontairement choisi très large**, pour atteindre des zones qui ne risquent pas d'être affectées par les rejets terrestres d'une part, et les conditions aux limites au large n'affectent pas les rejets côtiers d'autre part.

Par la Figure 198, nous rappelons la carte bathymétrique du Golfe de Gabès introduite au logiciel *SMS*. Nous remarquons que le domaine choisi est caractérisé par une bathymétrie variant de -0,8 mNGT près des côtes à -60 mNGT vers le large. Cette figure montre bien que le Golfe de Gabès est un plateau continental, zone de faible profondeur, puisque, en face de Nakta, la profondeur 20 m est située à environ 15 km de la côte et la profondeur 40 m est à 45 km.

Nous montrons aussi sur la Figure 199 un agrandissement de la bathymétrie de la zone proche du rejet de la Station de Dessalement. Cette figure confirme aussi la faible profondeur des eaux dans cette zone. En effet, en face de Station de Dessalement, la profondeur 5 m est située à environ 2,2 km de la côte, la profondeur 8 m est à 3,2 km et la profondeur de 10 m à 4 km.

C'est ce maillage et cette bathymétrie du Golfe de Gabès qui seront utilisés, dans la suite de ce travail, pour réaliser toutes les simulations numériques à 2D de l'hydrodynamique et de la dispersion de la saumure rejetée en mer.

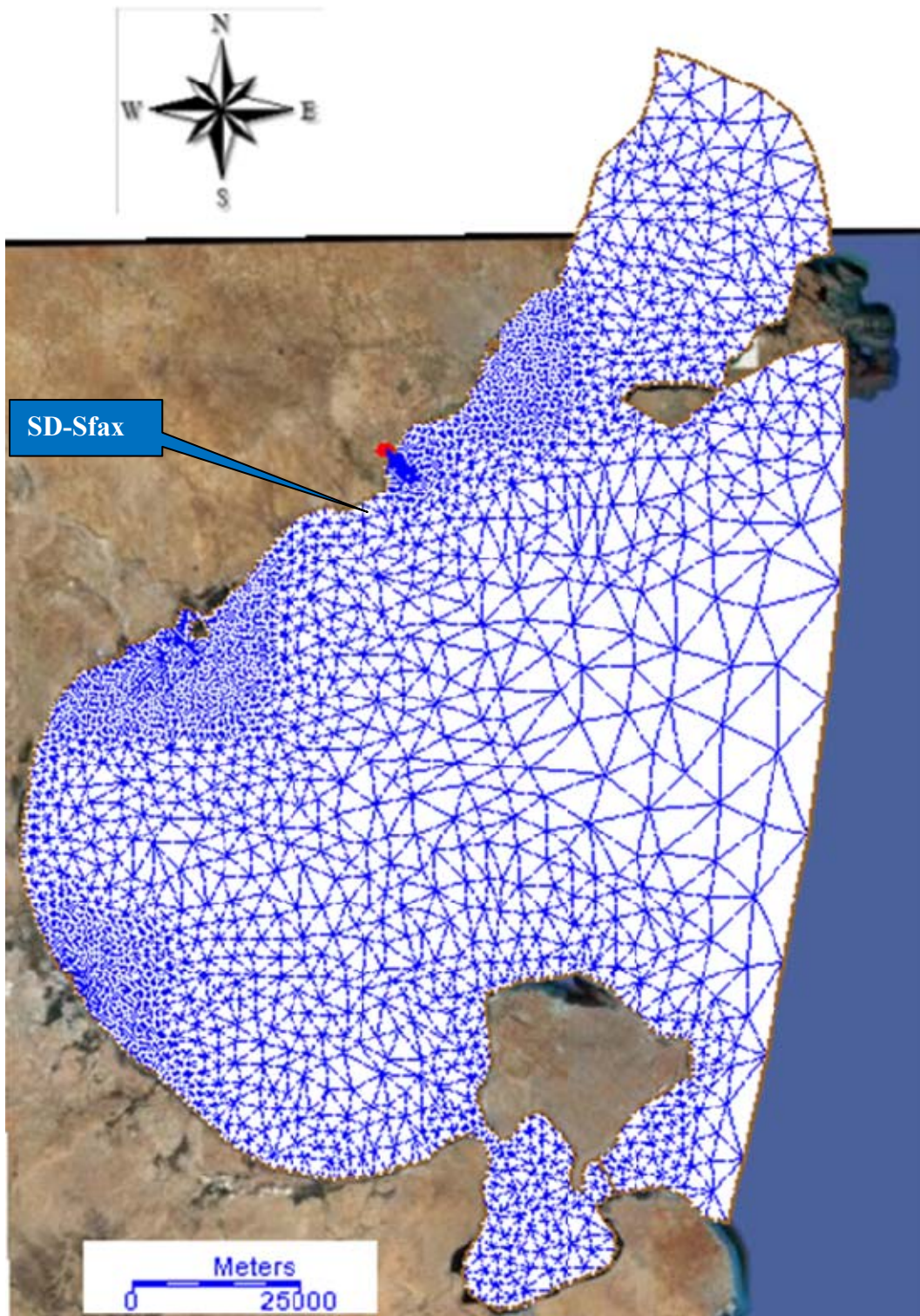


Figure 204 : Géométrie et Maillage adopté du Golfe de Gabès

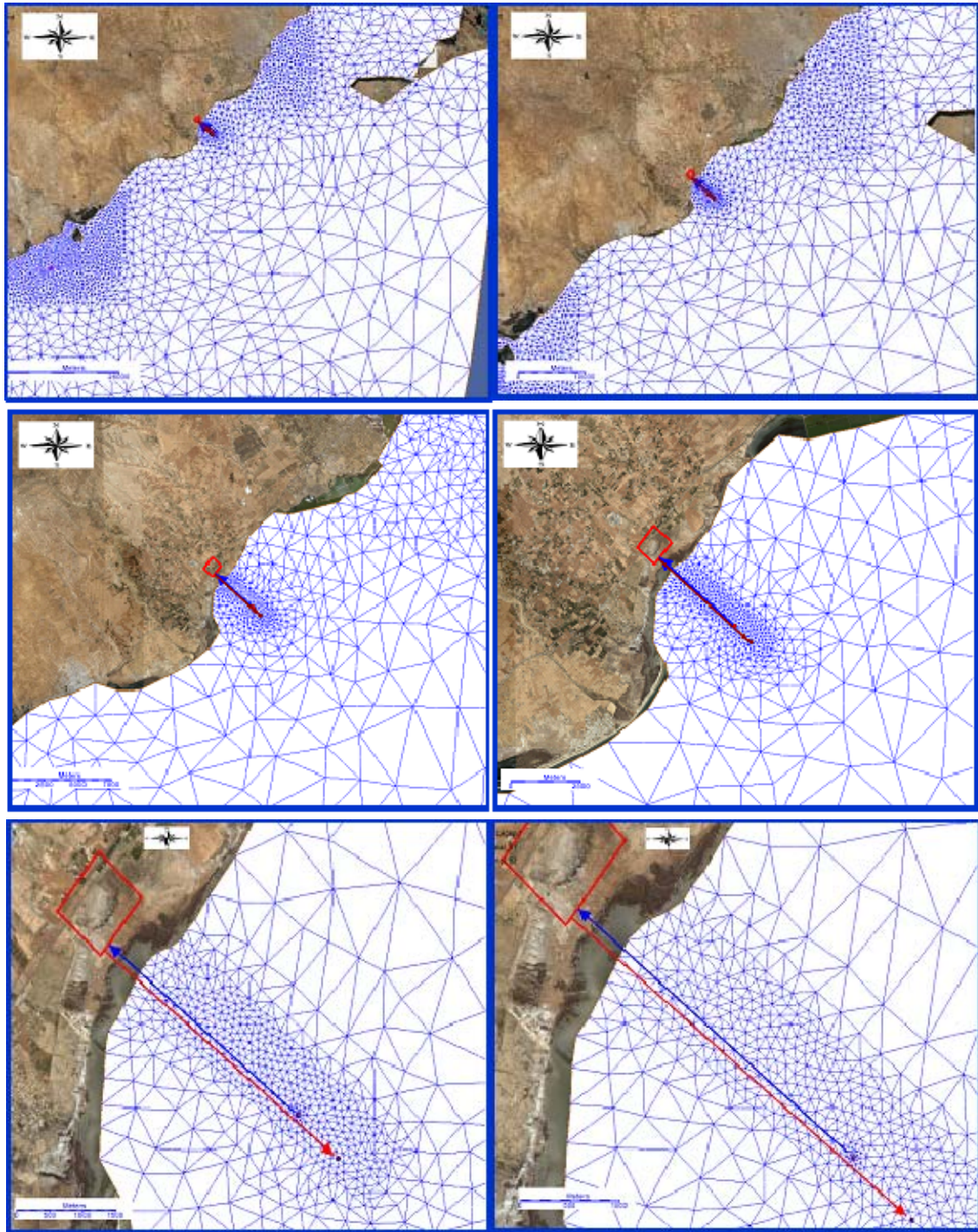


Figure 205: Agrandissements du maillage de la zone de Captage/Rejet de la station de dessalement

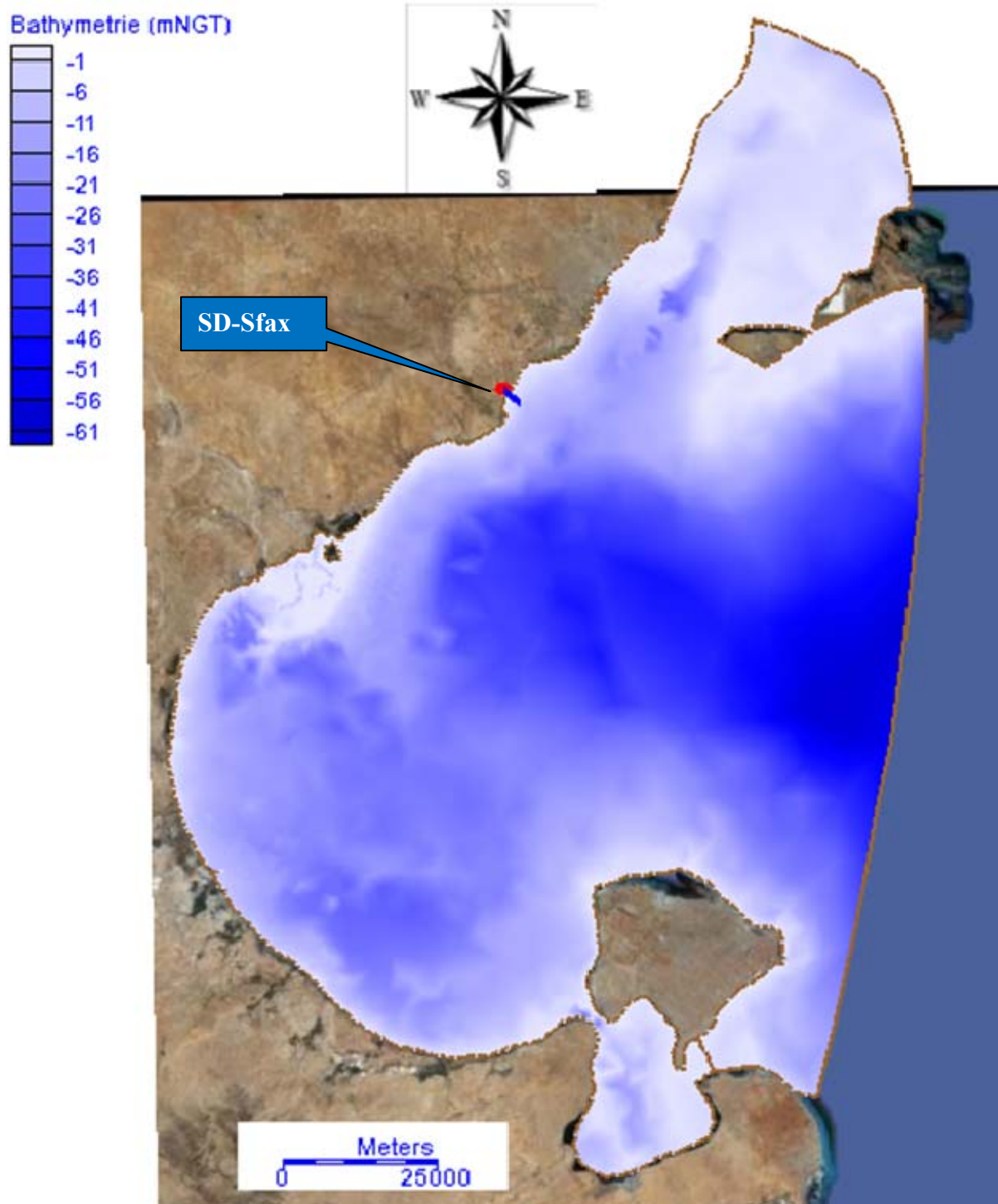


Figure 206: Bathymétrie introduite du Golfe de Gabès (mNGT)

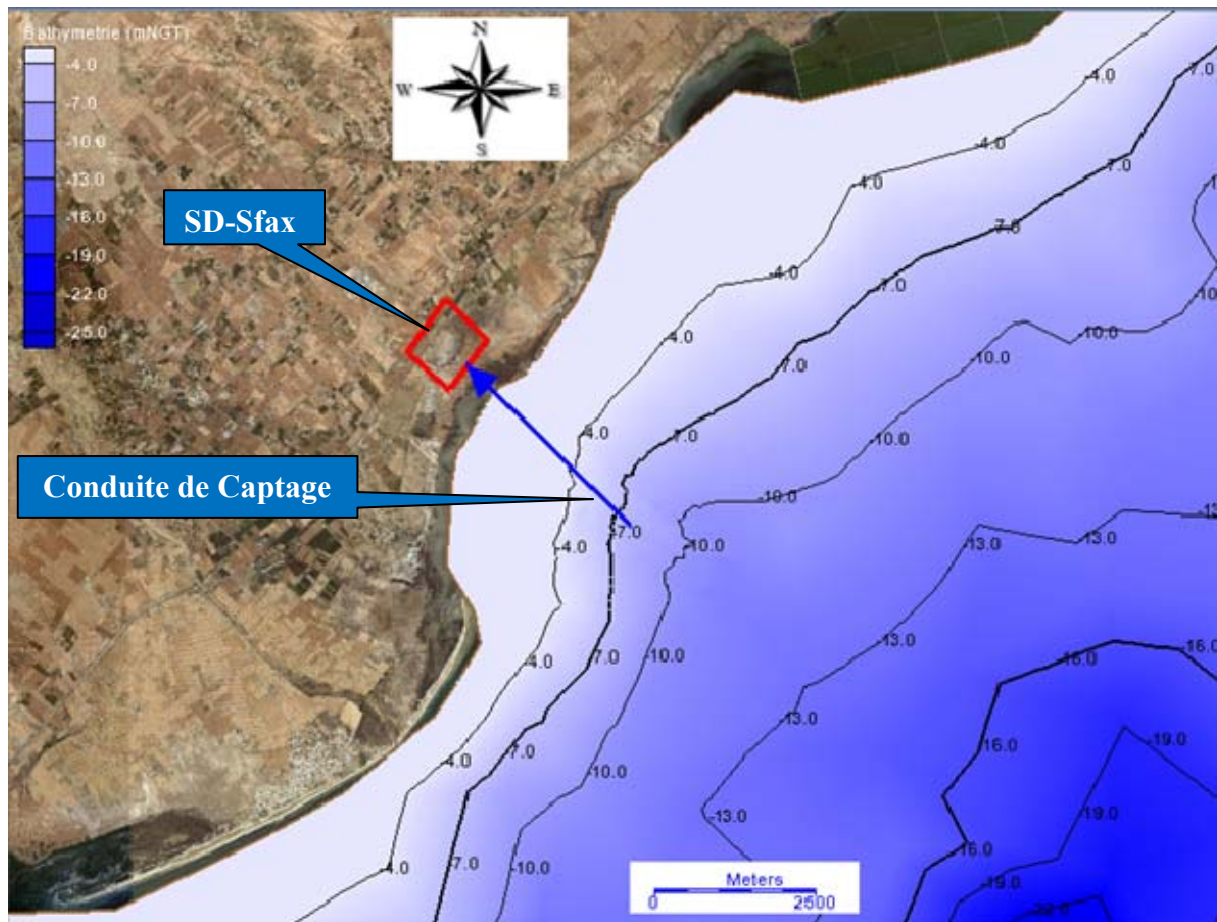


Figure 207 : Bathymétrie de la zone de rejet de la Station de Dessalement de Sfax

7.2.2.2 Données du modèle du Golfe de Gabès

Après l'introduction de la géométrie et la réalisation du maillage du Golfe de Gabès, nous avons réalisé les simulations de son fonctionnement hydrodynamique à l'aide du module *RMA2* du logiciel *SMS* et, ensuite, les simulations de la dispersion des eaux chaudes rejetées à l'aide du module *RMA4*.

Notons que nous nous intéressons dans ce chapitre uniquement à la zone de captage/rejet des eaux de la Station de dessalement prévue par la SONEDE à Sfax.

Dans le paragraphe qui suit, nous présentons en détails les données introduites au modèle hydrodynamique afin de réaliser les simulations.

a) Les conditions initiales

Pour toutes les simulations numériques de l'hydrodynamique à 2D que nous avons réalisées, nous avons supposé que :

- Le plan d'eau est initialement au repos (vitesses initiales nulles dans tout le golfe);
- La surface de l'eau est supposée initialement horizontale.

b) Les conditions aux limites

Le modèle hydrodynamique du Golfe de Gabès nécessite deux types de conditions aux limites:

- Débits imposés, au niveau de la prise et du rejet dans le milieu marin ;
- Niveau d'eau imposé au large (marée imposée aux frontières libres du golfe avec le large).

En ce qui concerne le niveau de la marée imposée au large du Golfe de Gabès, il s'agit d'imposer la variation du niveau aux 40 nœuds définissant la limite Est du golfe (Figure 200). En ces points, les amplitudes des différentes composantes de la marée sont presque les mêmes, mais les phases sont très différentes comme le montrent la Figure 184 (Abdennadher et Boukthir, 2006). En effet, la limite Est du golfe a été volontairement choisie parallèle à la ligne d'égale amplitude.

Ainsi, en chacun des 40 nœuds de la limite Est du golfe, nous avons imposé une variation spécifique de la marée déterminée à partir du modèle de Abdennadher et Boukthir (2006) et des mesures réalisées par l'INSTM (Sammari et *al.*, 2006).

Concernant la période de la simulation, nous avons choisi un mois lunaire complet (soit environ 29 jours) pour lequel nous disposons du vent et de la marée.

Sur la Figure 200, nous présentons un exemple de marée imposée dans quelques points de la frontière Est du golfe (durant 29 jours, soit un mois lunaire).

Dans le modèle hydrodynamique à 2D, nous avons donc considéré le vent comme forçage externe. Le vent à Gabès a été introduit toutes les 3 heures, pour toute la période simulée. En effet, en se référant au site (www.freemeteo.com), nous avons pris ces données concernant l'intensité et la direction du vent.

c) Les paramètres du modèle

Notons que les principaux paramètres nécessaires pour la résolution numériques des équations du modèle hydrodynamique sont : les coefficients de dispersion (D_{ij}) et le coefficient de Manning qui caractérise la rugosité du fond (n).

En effet, rappelons que la rugosité du fond est exprimée dans les équations du modèle à travers le coefficient de Manning « n ». Ce paramètre, qui intervient dans l'expression du frottement au fond du golfe, dépend évidemment de la nature et de l'état des sédiments du golfe ainsi que de la bathymétrie.

Concernant le coefficient de dispersion au niveau de la totalité du plan d'eau, il a été supposé isotrope, comme c'est généralement le cas des grandes étendues d'eau. Les coefficients de dispersion D_{ij} ont donc la même valeur dans toutes les directions :

$$D_{xx} = D_{xy} = D_{yx} = D_{yy}$$

Ces deux paramètres doivent être déterminés par calage du modèle en se basant sur des mesures de terrain (niveaux ou vitesses ou encore débits échangés, etc.).

Nous avons alors choisi les valeurs qui nous ont permis de retrouver l'amplification connue de la marée à Gabès (voir plus loin) : Un coefficient de Manning, uniforme pour tout le golfe, de $n=0,03$ (rugosité moyenne), et un coefficient de dispersion de $D_{xx}=2 \text{ m}^2/\text{s}$.

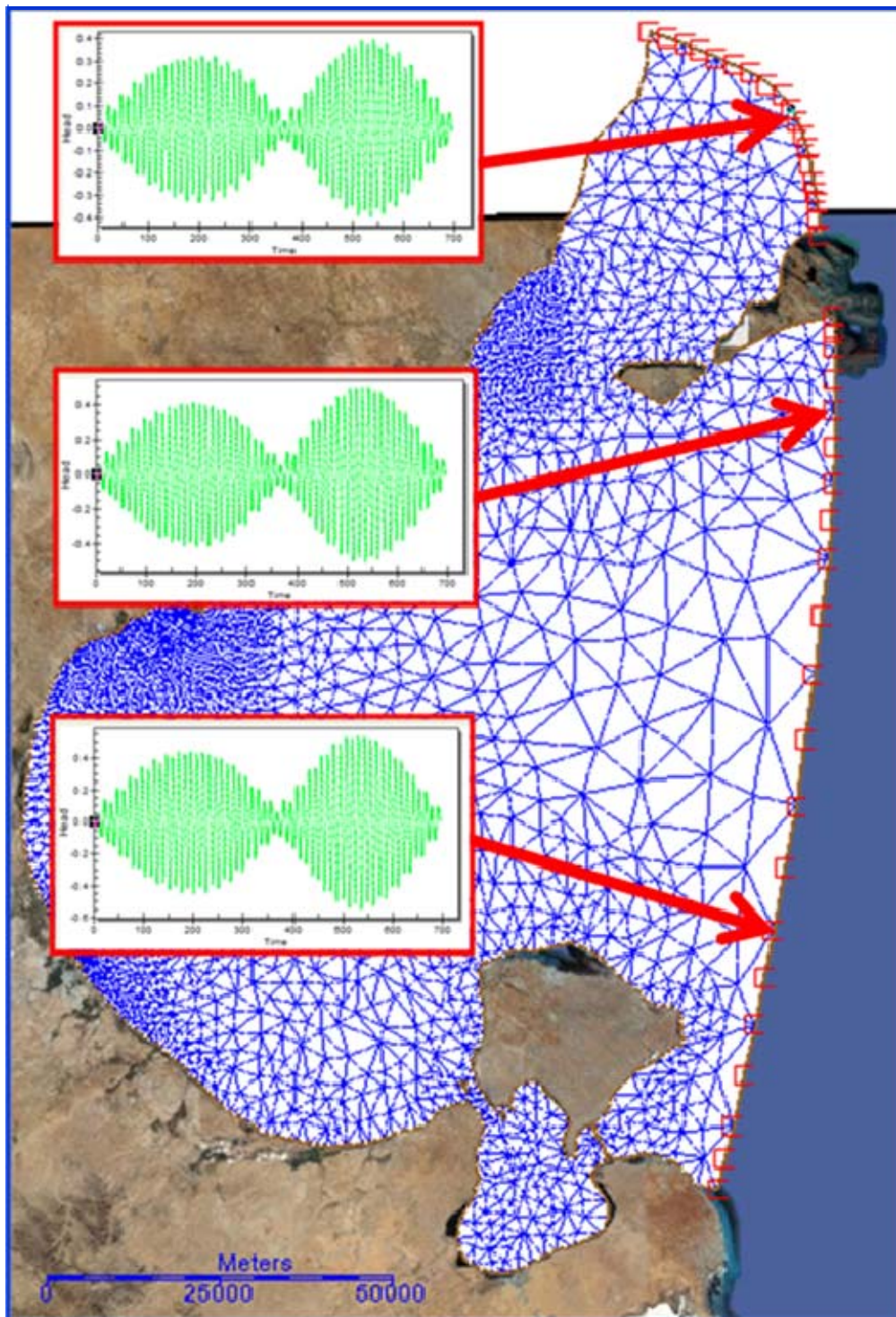


Figure 208 : Exemples de marées imposées aux nœuds de la limite Est du Golfe de Gabès

d) Les paramètres de calcul

Pour le calcul en mode transitoire (non stationnaire), le logiciel *SMS* nécessite l'introduction de quelques paramètres de calcul, à savoir : Le pas de temps, la précision du calcul itératif, le nombre maximal d'itérations à chaque pas de temps et la durée totale de la simulation.

Les valeurs que nous avons adoptées dans les simulations réalisées sont les suivantes :

- Temps de chaque simulation : 29 jours
- Pas de temps pour le calcul en transitoire : $\Delta t = 0,25$ heure
- Précision du calcul itératif sur la hauteur d'eau : $\varepsilon = 0,0001$ m
- Nombre maximal d'itérations à chaque pas de temps : $NMAX = 10$

7.2.2.3 Résultats des simulations de l'hydrodynamique

a) L'hydrodynamique du golfe

Ci-après, nous présentons quelques résultats de la simulation du fonctionnement hydrodynamique du Golfe de Gabès obtenus en termes de champs des vitesses dans tout le domaine de calcul.

La Figure 201 et la Figure 202 montrent les répartitions des vitesses calculées dans le golfe et ce, respectivement, en marée ascendante et en marée descendante au large. Ces figures montrent la structure générale de la circulation à l'intérieur du Golfe de Gabès.

En marée ascendante, comme le montre la Figure 201, les eaux du large entrent dans le golfe par l'Est, pour se diviser ensuite en courants orientés vers le Sud du golfe (vers Gabès et Skhira) et vers le Nord du golfe (vers Sfax et les Îles de Kerkennah).

En marée descendante, comme le montre la Figure 202, la circulation à l'intérieur du golfe s'inverse totalement.

Ces résultats montrent que la circulation dans le Golfe de Gabès est principalement contrôlée par la marée. D'autre part, cette structure de la circulation confirme celle généralement proposée dans la littérature.

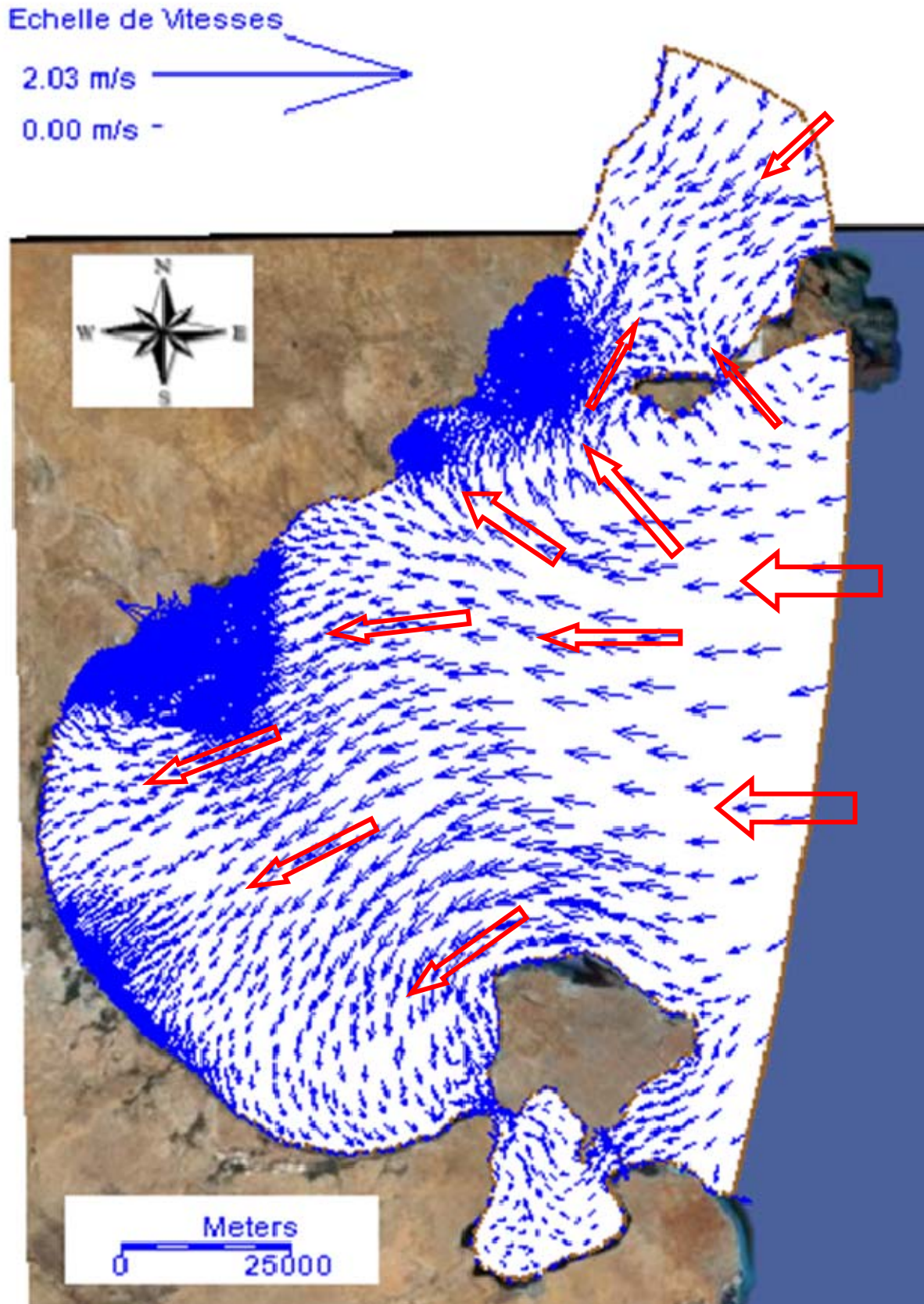


Figure 209: Exemple de vitesses calculées dans le Golfe de Gabès, en marée ascendante.

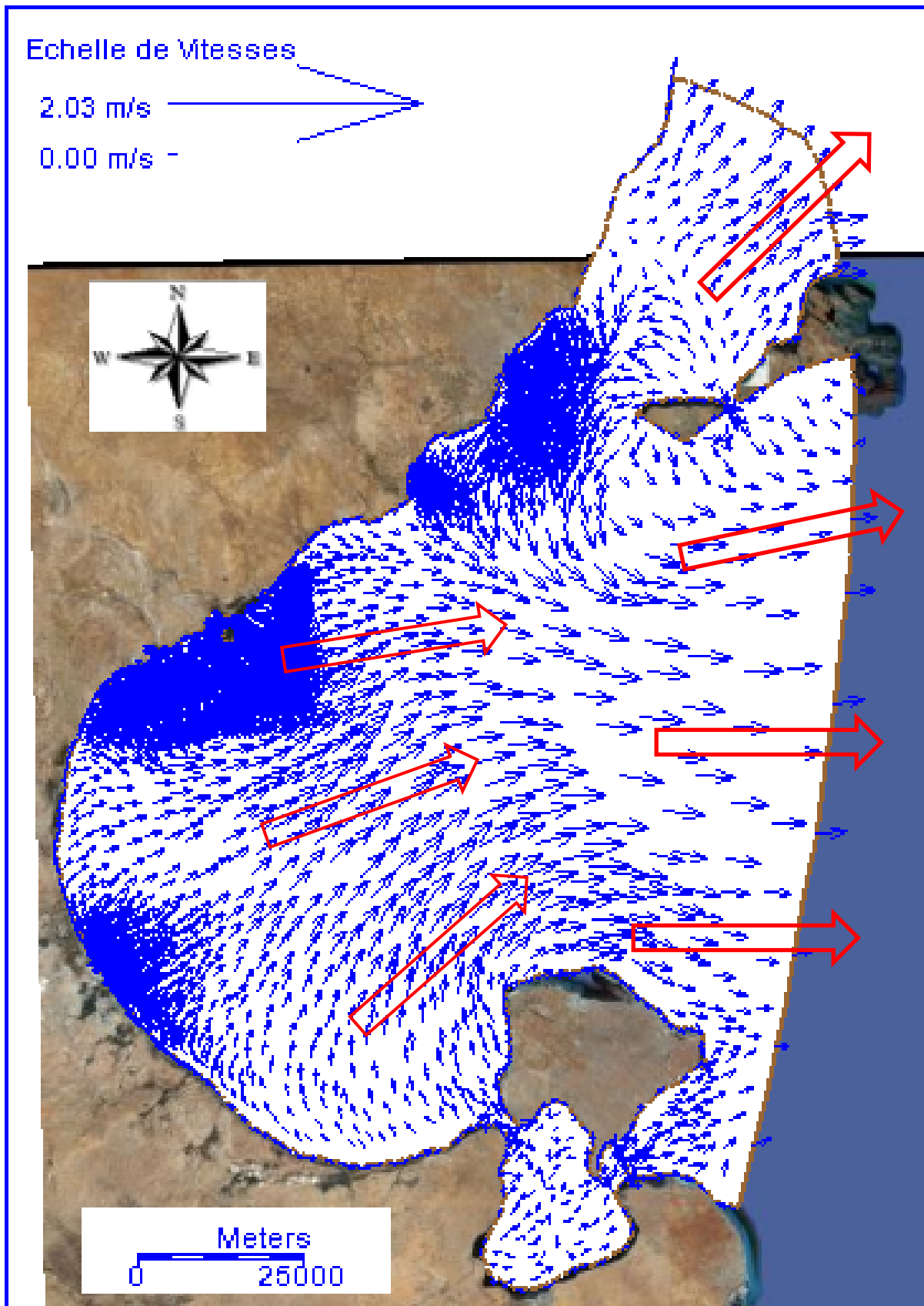


Figure 210: Exemple de vitesses calculées dans le Golfe de Gabès, en marée descendante.

b) L'hydrodynamique de la zone en face de la Station de dessalement

Quelques résultats du modèle hydrodynamique, dans la zone en face de la Station de Dessalement (près de la zone de prise/rejet des eaux), sont présentés sur la Figure 203 et la Figure 212, respectivement, en période de marée ascendante et en période de marée descendante.

Ces résultats montrent que la circulation dans cette zone est aussi en phase avec la marée. En marée ascendante, les courants venant du Sud, en face de la zone de rejet, se dirigent vers le Nord-Est de la zone et ce, quasi-parallèlement à la côte (Figure 204).

Par contre, en marée descendante (Figure 204), les courants s'inversent et les eaux reviennent vers le Sud en face de la zone de la Station.

Les courants dans la zone de Captage/Rejet sont donc parallèles à la côte, et changent de sens en fonction de la marée. Cependant, les vitesses dans la zone de rejet des saumures restent faibles puisqu'elles ne dépassent pas 30 cm/s.

Evidemment, cette structure de la circulation des eaux en face de la future Station de Dessalement de Sfax affectera directement le transport et la dispersion de la saumure qui sera rejetée dans cette zone.

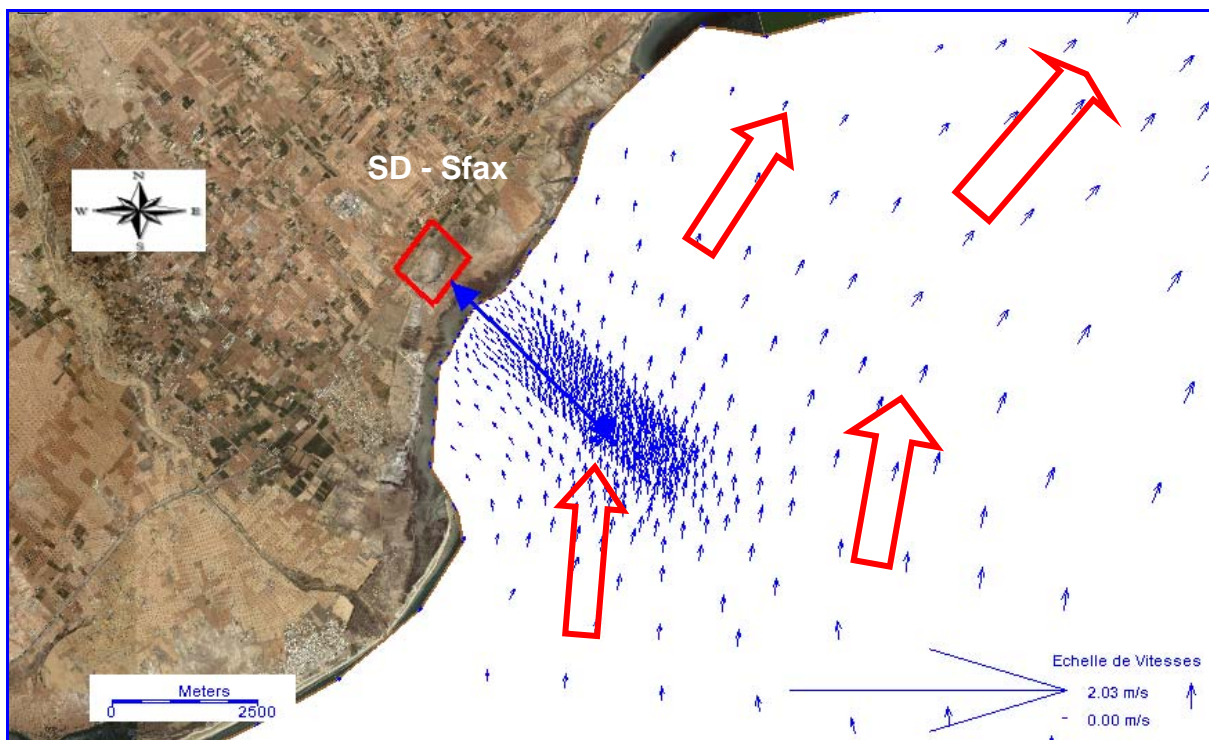


Figure 211: Vitesse calculées dans la zone de la Station, en marée ascendante

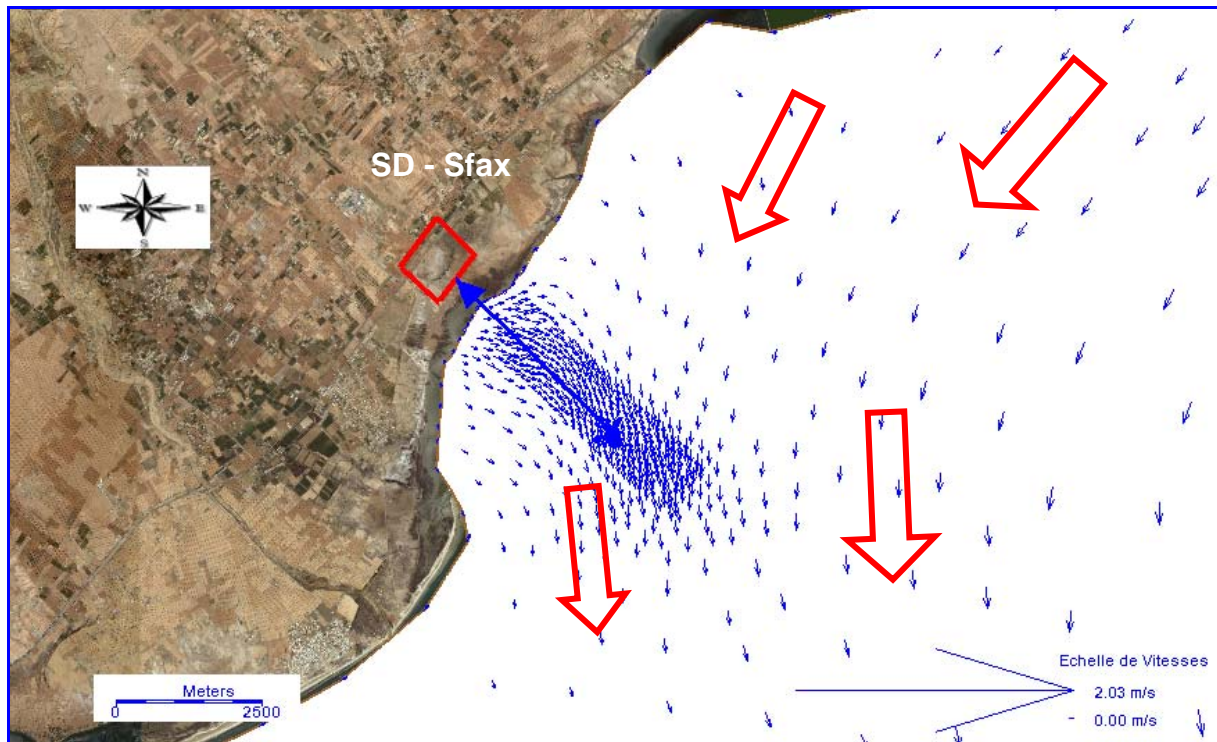


Figure 212: Vitesses calculées dans la zone de la Station, en marée descendante

c) Propagation de la marée dans le Golfe de Gabès

Nous avons aussi analysé la propagation de la marée dans le Golfe. Pour cela, nous avons sélectionné 4 points (2 points au large, 1 point proche de Skhira et 1 point proche de Gabès) et nous avons tracé l'évolution calculée du niveau de la surface de l'eau en ces points.

Sur la Figure 205, nous comparons ces niveaux entre eux. Cette figure montre que la marée se propage dans le golfe en s'amplifiant. En effet, le marnage passe de 1,0 m au large à 1,4 m près de Skhira et 1,6 m près de Gabès.

Rappelons que, comme nous l'avons signalé plus haut, le Golfe de Gabès est connu par cette amplification de la marée par un phénomène de résonance, une amplification qui est bien reproduite par notre modèle. Cette amplification du marnage est de 40 cm à Skhira et atteint 60 cm à Gabès (Figure 205).

Par ailleurs, cette figure montre aussi un retard de phase entre la marée au large et celles de Skhira et Gabès. Ce retard, qui est d'environ 1h30, est certainement dû au temps mis par l'onde de gravité pour atteindre ces zones. En effet, pour une hauteur moyenne de 30 m, la vitesse de l'onde de gravité est d'environ 17 m/s, il lui faut alors environ 1h30 pour parcourir 100 km.

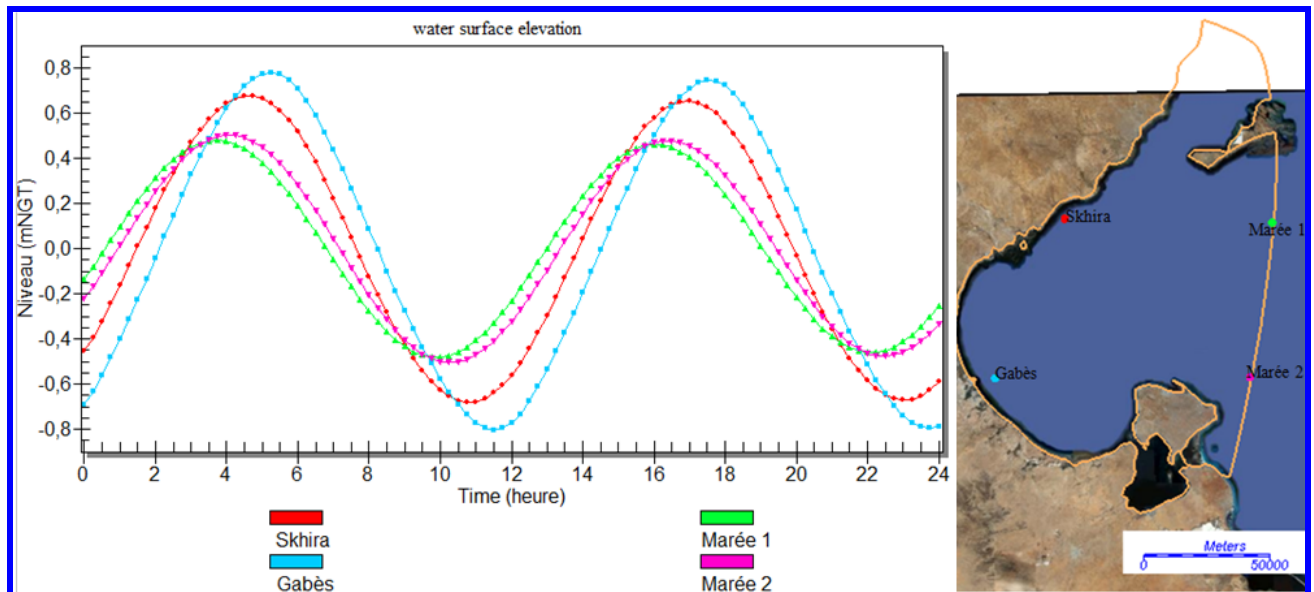


Figure 213: L'évolution du niveau de la surface de l'eau (4 points du Golfe de Gabès)

Sur la Figure 206, nous comparons la marée à Gabès (déduite du modèle de Abdennadher et Boukthir, 2006 et des mesures de Sammari et *al.*, 2006) à celle calculée par notre modèle. Sur cette figure, les deux courbes sont quasiment totalement confondues, ce qui montre que notre **modèle reproduit parfaitement la marée observée à Gabès**, et reproduit ainsi l'amplification de la marée connue dans le Golfe de Gabès.

Nous pouvons considérer ce résultat comme un **calage du modèle**, et une validation des valeurs choisies des paramètres du modèle hydrodynamique présentés plus haut. En effet, rappelons que le calage des modèles hydrodynamiques à 2D est généralement plus précis en se basant sur les mesures du niveau de la surface de l'eau que sur celles des vitesses.

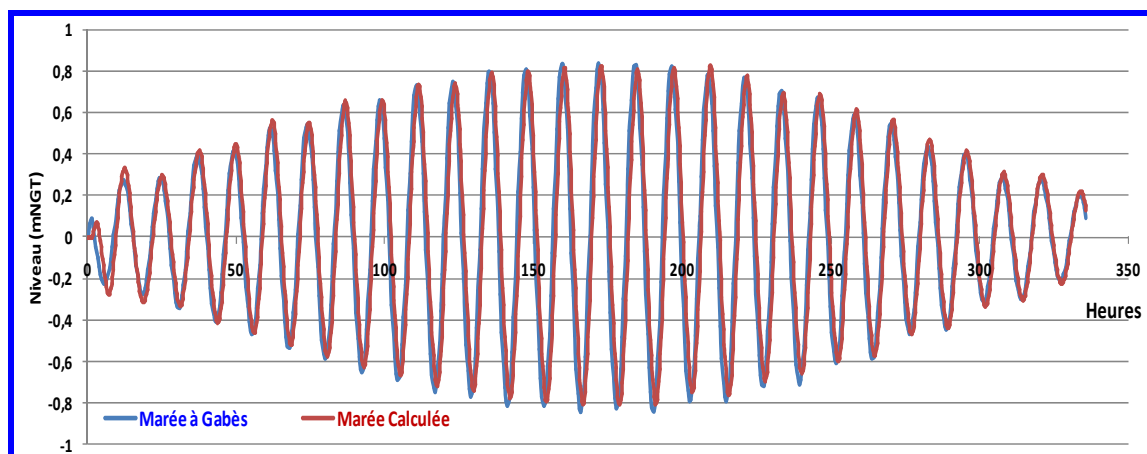


Figure 214: Comparaison entre la marée mesurée à Gabès et celle calculée par SMS

7.2.3 Simulation de la dispersion de la saumure rejetée en mer

7.2.3.1 Objectifs des simulations

L'objectif principal de cette partie est de simuler la dispersion de la saumure rejetée en mer par la station de dessalement de Sfax et ce, en utilisant les résultats de l'hydrodynamique du Golfe de Gabès et en particulier dans la zone de rejet.

Notons que la pollution rejetée dans un milieu marin quelconque est transportée principalement par les courants (c'est le transport convectif ou par advection) mais aussi par la turbulence générée par le vent et la houle. Progressivement, la pollution rejetée est dispersée dans le milieu marin dans toutes les directions à partir du point de rejet. Pour ce fait, nous utiliserons donc les résultats de l'hydrodynamique obtenus précédemment pour tenir compte du transport convectif par les vitesses calculées dans le milieu.

Dans ce qui suit, nous présentons les principaux résultats des simulations de la dispersion de la saumure rejetée dans la zone de rejet. Ces simulations ont été réalisées à l'aide du module *RMA4* du logiciel *SMS*.

7.2.3.2 Données du modèle

La production prévue de la Station de Dessalement de Sfax est de 200 000 m³ par jour. Avec un rendement de 45 %, le débit de captage est de 444 444 m³ par jour, et le débit de rejet de la saumure est de 244 444 m³/jour.

Le Captage se fera à l'aide de deux conduites PEHD de diamètre interne 2000 mm. La longueur de ces deux conduites est de 3600 m, qui se répartie en 400 mètres sur la côte et 3200 mètres en mer. A l'extrémité de ces conduites, une tour de prise sera aménagée dans une zone marine de profondeur 8 mètres. Les deux conduites seront enfouillées en mer et bien lestées par des poids pour les maintenir stables en dessous du fond marin. Compte tenu du débit de captage, la vitesse moyenne dans ces conduites sera de 0,818 m/s.

Concernant le rejet de la saumure, la conduite PEHD de rejet, dont le diamètre interne est de 1800 mm, aura une longueur totale de 4400 mètres, dont 400 m sur la côte et 4 km seulement en mer. Compte tenu du débit de rejet, la vitesse moyenne dans cette conduite sera de 1,11 m/s. A l'extrémité de cette conduite, une tour de rejet sera installée à 10 mètres de profondeur. La tour de rejet est ainsi à 800 m de la tour de prise. Les conduites de prise de rejet de la saumure seront installées sur le même tracé.

A partir de la tour de rejet, le rejet se fera à travers 4 orifices faisant un angle de distribution de 180°, avec une vitesse de rejet de 3 m/s, dont les sorties sont situées à 3 mètres par rapport au fond marin et orientées à 45° par rapport à l'horizontale.

Pour simuler la dispersion de la saumure en mer, nous allons nous placer dans les conditions les plus défavorables vis-à-vis de la salinité (en été) :

- Salinité de l'eau de mer : 41 psu (ou g/l)
- Salinité de la saumure : 74.3 psu (ou g/l)
- **Gradient de Salinité : 33.3 psu (ou g/l)**

Nous allons ainsi simuler la dispersion d'un écart de salinité entre le rejet et celui de la mer de 33.3 psu. Rappelons que la saumure est une concentration massique dissoute conservative (soit un taux de dégradation nul).

7.2.3.3 Résultats des simulations de la dispersion de la saumure

Avec les données présentées plus haut, les simulations ont été réalisées pour une durée de 29 jours et ce en partant de conditions initiales correspondant à une augmentation initiale nulle de la salinité dans tout le domaine de simulation (tout le Golfe de Gabès). Notons qu'après 22 jours de simulation, un régime quasi-permanent a été obtenu pour la répartition des eaux salées dans la zone de rejet, et la dispersion de la saumure devient périodique.

Les simulations réalisées de la dispersion de la saumure rejetée montrent qu'elle est transportée par le courant de marée et diffusée par la turbulence générée par le vent. La dispersion est alors en phase avec la marée : La tache de saumure est orientée alternativement vers le Nord-Est (en marée ascendante) et vers le Sud-Ouest (en marée descendante), en passant par une légère migration vers les côtes.

Dans ce cas, les répartitions spatiales de l'écart maximal de salinité calculées par le modèle durant les 22 jours de rejet, dans la zone proche de la tour de rejet, sont présentées sur la Figure 207, la Figure 208 et la Figure 209.

Sur ces figures, l'emplacement de la tour de prise des eaux de la station est indiqué par le point rouge.



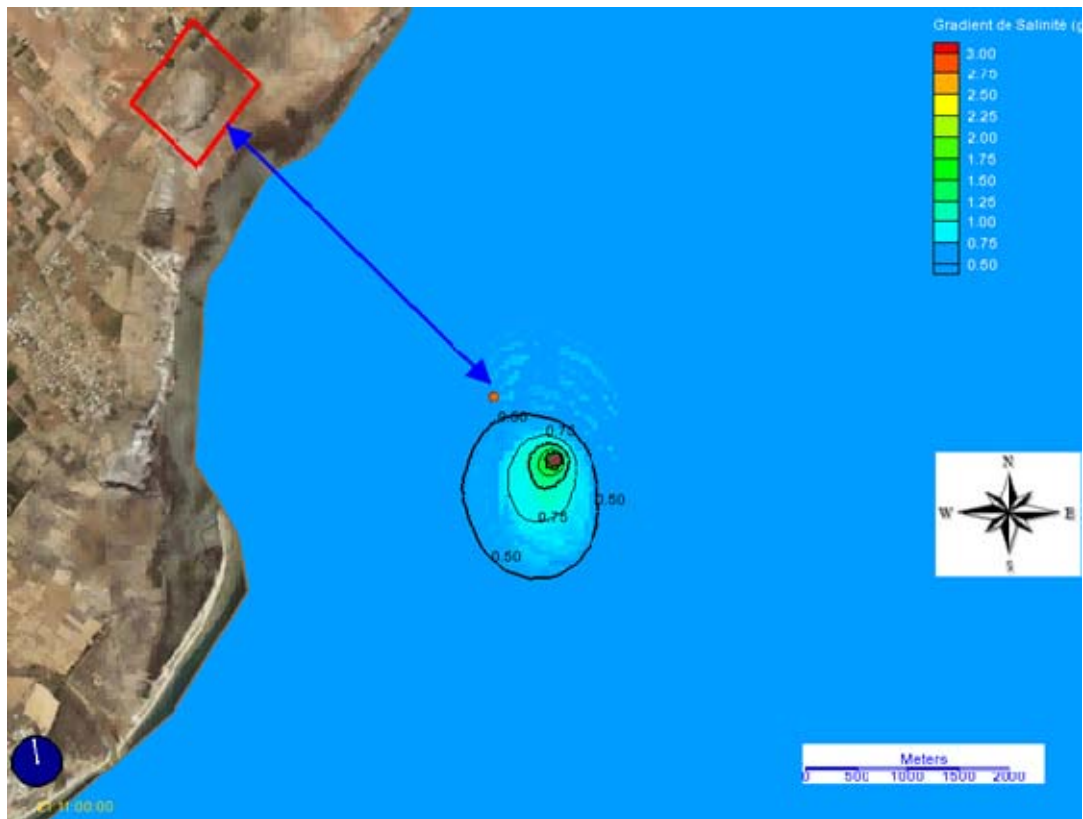


Figure 216 : Répartition de la saumure maximale calculée en marée descendante

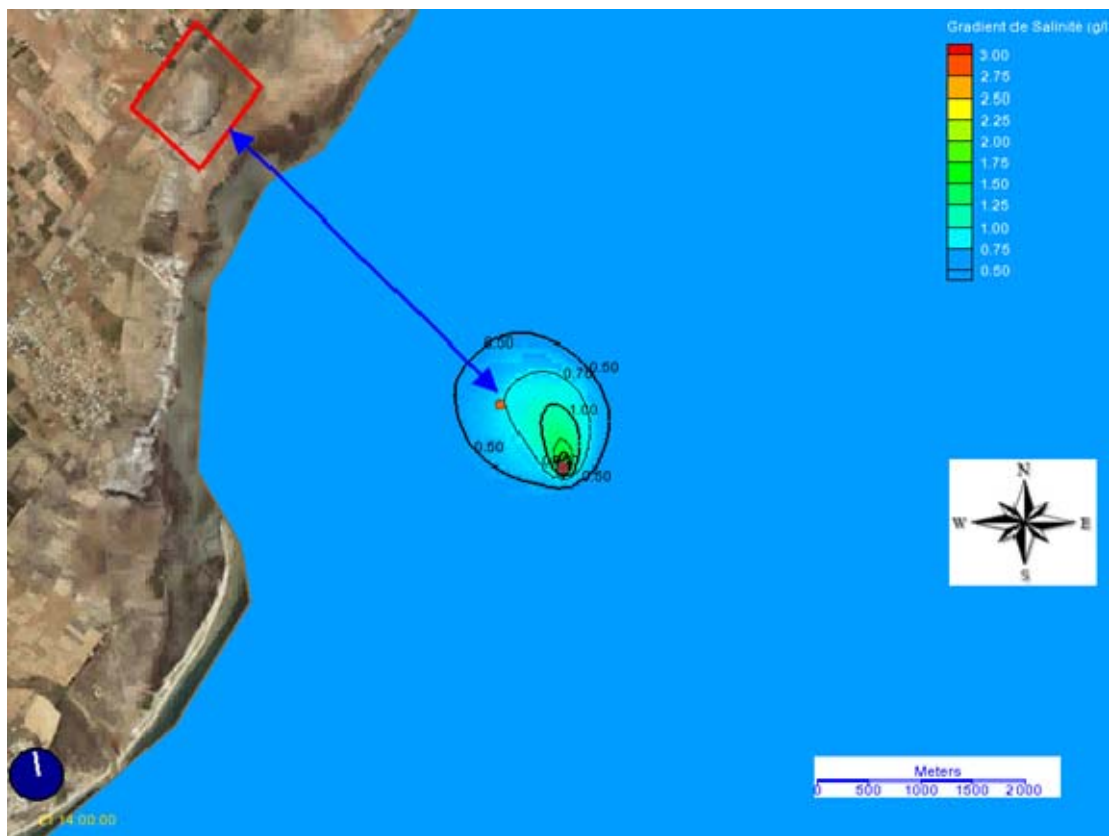


Figure 217 : Saumure maximale calculée près de la côte

Ces résultats montrent que la zone qui sera affectée par une augmentation de la salinité qui dépasse 1 psu a un rayon maximal qui varie de 1000 à 1200 mètres autour du point de rejet.

La Figure 208 montre, en particulier, qu'une augmentation de salinité qui dépasse 1 psu atteint fréquemment le point de captage des eaux de la station de dessalement.

Nous en déduisons **qu'une distance de 800 mètres** qui sépare le point de Rejet du point de Captage **est insuffisante** pour éviter le risque de retour de la saumure à la station de dessalement de Sfax.

Nous avons alors simulé une conduite de rejet plus longue, vers le large, atteignant une longueur en mer de **4400 mètres** (soit une longueur totale de 4800 m, dont 400 m sur la côte) et une profondeur de 11 mètres. Dans ce cas, la distance qui sépare le point de Rejet du point de Captage est de **1200 m**, soit 400 mètres plus éloigné que l'emplacement simulé plus haut.

Dans ce cas, les répartitions spatiales de l'écart maximal de salinité calculées par le modèle durant les 22 jours de rejet, dans la zone proche de la tour de rejet, sont présentées sur la Figure 210, la Figure 211 et la Figure 212.

Sur ces figures, l'emplacement de la tour de **prise** des eaux de la station est indiqué par le **point rouge** et l'emplacement du **rejet** simulé plus haut est indiqué par le **point marron**.

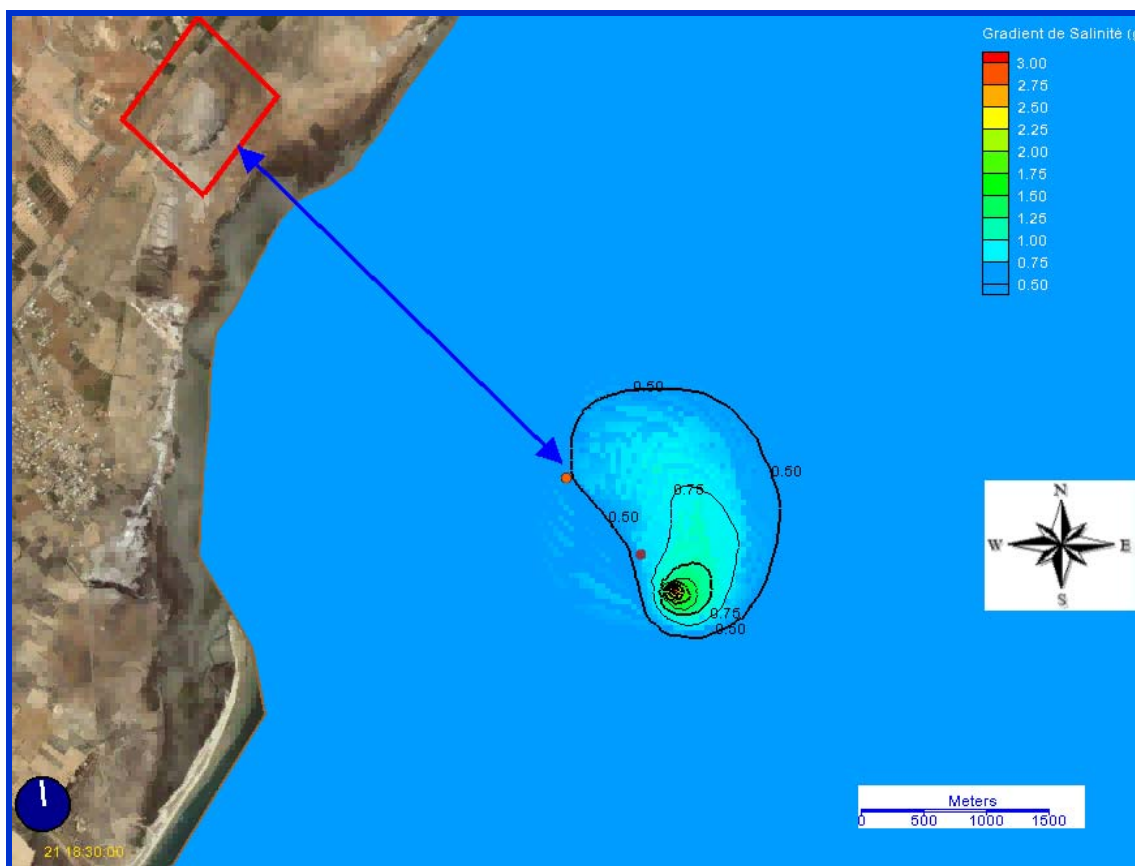


Figure 218: Répartition de la saumure maximale calculée en marée ascendante (rejet à 4.4 km de la côte)

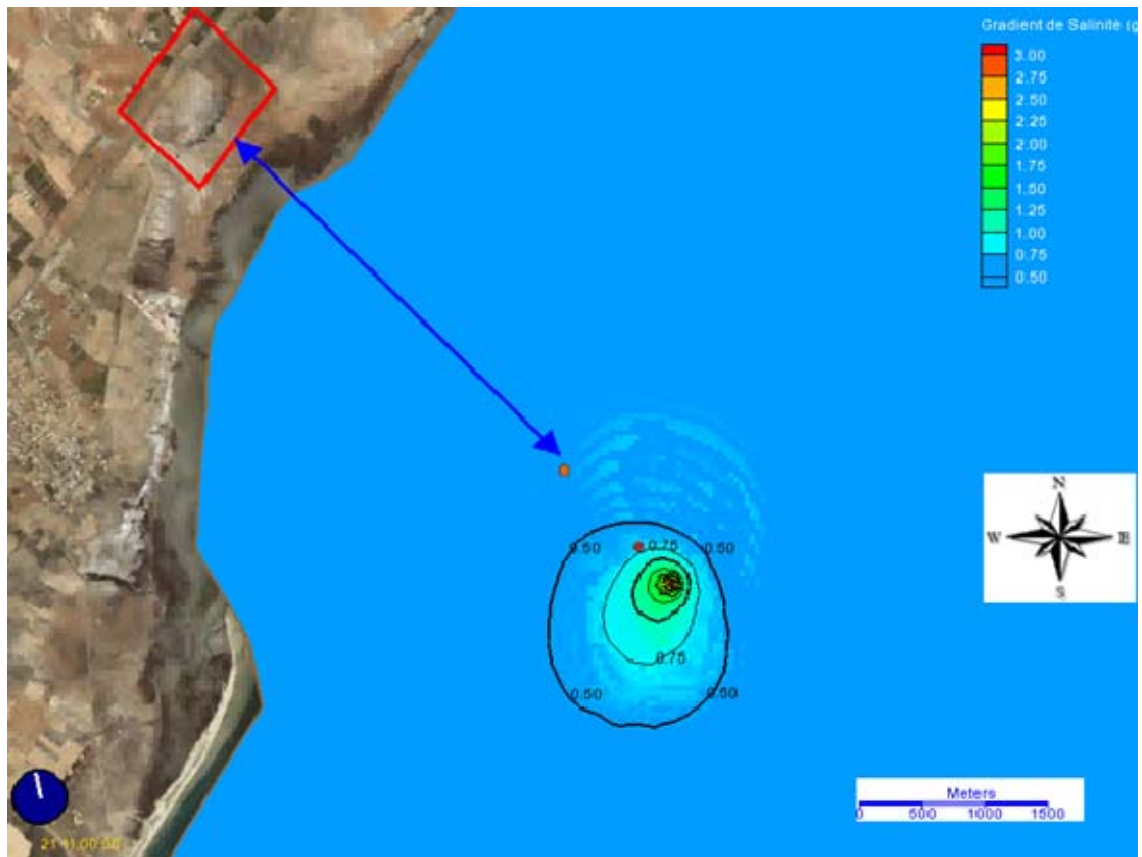


Figure 219: Répartition de la saumure maximale calculée en marée descendante (rejet à 4.4 km de la côte)

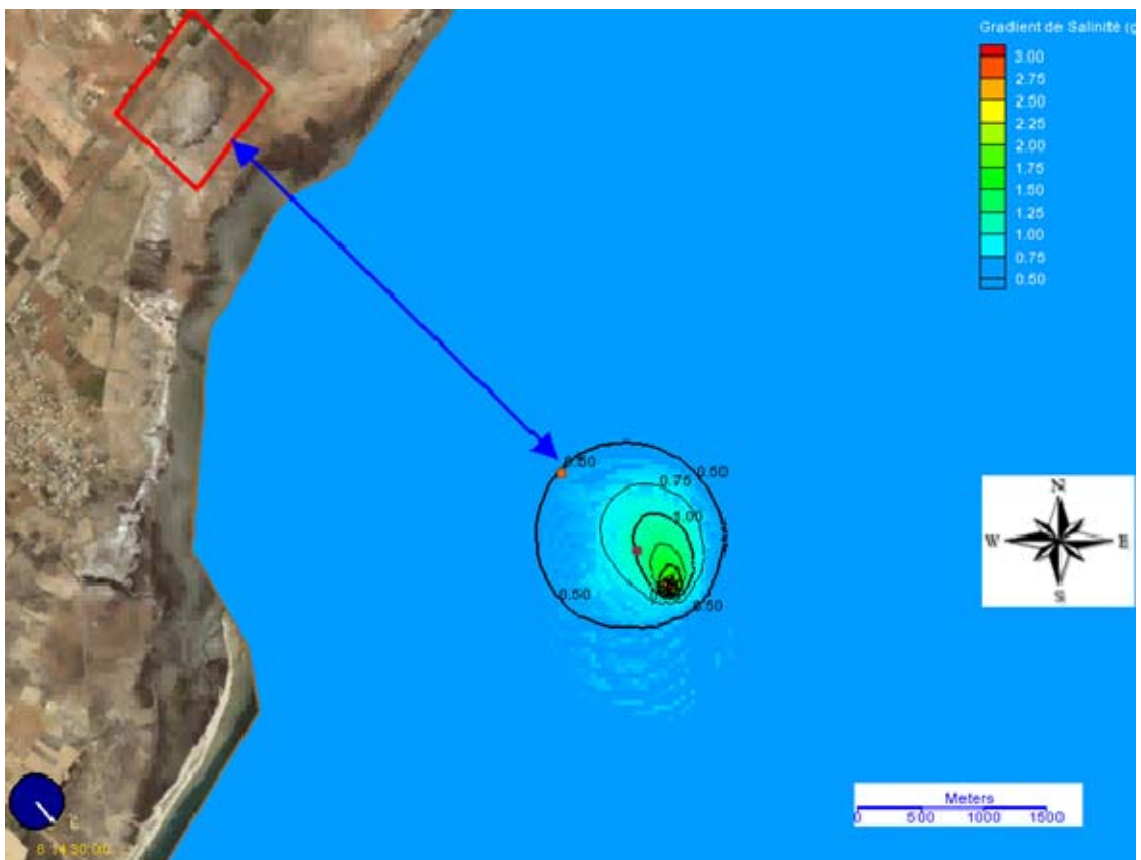


Figure 220: Saumure maximale calculée près de la côte (rejet à 4.4 km de la côte)

Ces figures montrent aussi que la zone qui sera affectée par la saumure (une augmentation de la salinité qui dépasse 1 psu) a un rayon maximal qui ne dépasse pas 1200 mètres autour du point de rejet.

La Figure 213 montre, en particulier, que l'augmentation de la salinité au niveau de la tour de captage des eaux de la station de dessalement ne dépasse pas 0,5 psu et ce, dans le cas le plus défavorable.

D'autre part, et comme nous allons le voir plus loin, à partir d'environ 500 mètres du point de rejet, cette saumure reste bloquée au fond, à une hauteur ne dépassant pas 1 mètre à partir du fond.

A partir des résultats de ces simulations, nous en déduisons **qu'une distance de 1200 mètres** entre le point de Rejet et celui de Captage **est minimale** pour éviter le risque de retour de la saumure à la station de dessalement de Sfax. C'est donc cet emplacement que nous proposons pour la tour de rejet (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).



Figure 221 : Localisation proposée pour la tour de rejet

7.2.4 : Simulation de l'émissaire avec le logiciel CORMIX

7.2.4.1 Objectif des simulations et données du modèle

Dans ce qui suit, nous allons tenter de vérifier les caractéristiques géométriques l'émissaire à l'aide du logiciel CORMIX (ou "*Cornell Mixing Zone Expert System*"). Ce logiciel, qui a été mis au point par "*U. S. Environmental Protection Agency* (ou **EPA**)", est spécialement dédié à la simulation et l'optimisation des émissaires en mer. Il a évidemment l'avantage d'être simple et reconnu par l'EPA. Notons que ce logiciel est un code à 3D simplifié.

Toutes les simulations ont été réalisées avec le module **CORMIX2** (du logiciel CORMIX-GI Version 4.1E), qui traite les émissaires munis de plusieurs orifices, ce qui est proposé dans le cas de la tour de rejet de la station de dessalement de Sfax. En effet, l'avantage important de ces multiples orifices est qu'ils permettent de répartir la pollution sur une large zone au lieu de la concentrer en un seul point, ce qui est le cas des émissaires à orifice unique.

Rappelons que la conduite de rejet de la saumure est de diamètre interne 1800 mm en PEHD. La longueur proposée de cette conduite est de 4400 mètres en mer (soit une longueur totale de 4800 m, dont 400 m sur la côte). A l'extrémité de cette conduite, une tour de rejet sera installée à 10 mètres de profondeur.

A partir de **la tour de rejet**, le rejet se fera à travers 4 orifices avec une vitesse de 3 m/s, et dont les sorties sont situées à 3 mètres par rapport au fond marin et orientées à 45° par rapport à l'horizontale.

D'autre part, les simulations nous permettront d'optimiser les caractéristiques géométriques de l'émissaire (longueur, diffuseur, orifices, etc.).

Comme tout logiciel, CORMIX2 nécessite l'introduction de quelques données concernant les caractéristiques du rejet et du site : Masses volumiques, profondeur de rejet, courant marin, caractéristiques des orifices, etc. Ces données sont regroupées dans le Tableau 122 et le Tableau 123.

Tableau 122: Caractéristiques des eaux marines et rejetées

Caractéristiques	Température (°C)	Salinité (psu)	Masse volumique (kg/m ³)
Eau de Mer	30 °C	41.0	1026.26
Saumure rejetée	30 °C	74.3	1051.62
Ecart Maximal de Salinité	----	33.3	----

Tableau 123: Principales caractéristiques géométriques de l'émissaire proposé

Débit rejeté (m ³ /s)	Longueur en mer (m)	Profondeur à l'extrémité (m)	Diamètre de l'émissaire (mm)	Nombre d'orifices	Vitesse de rejet (m/s)	Hauteur de rejet (m)
2.829	4400	11	1800	4	3	3

Par ailleurs, le courant marin dans la zone de rejet des eaux est déduit des simulations réalisées plus haut à l'aide du modèle à 2D.

La dispersion de la saumure dans le Golfe de Gabès est calculée sans vent (situation climatique défavorable). En effet, le vent, par la turbulence générée en surface de l'eau, favorise la dilution et la diffusion de la saumure en milieu marin.

7.2.4.2 Résultats des simulations avec CORMIX

Avec les données présentées plus haut, et à l'aide du logiciel CORMIX2, nous présentons les principaux résultats des simulations de la dispersion de la saumure qui ont permis de confirmer l'emplacement proposé de la tour de rejet.

La Figure 214 montre l'évolution spatiale de la saumure rejetée (en psu, ou g/l) dans la **zone lointaine** de l'émissaire (jusqu'à 2 000 mètres vers l'aval) et parallèlement à la côte. Une fois mélangé dans la zone proche des orifices, l'effluent (ou le panache) est alors soumis à l'advection longitudinale par les courants marins et à la diffusion turbulente latérale.

Notons que, dans les figures, l'axe X (longitudinal) est parallèle au rivage, et son origine est située au niveau de l'émissaire. L'axe Y (transversal) est dirigé vers l'Est, perpendiculaire à la côte, et son origine est situé au milieu des 4 orifices de rejet.

La valeur moyenne d'un écart de salinité de **2 psu** est indiquée sur les figures par la ligne "**TDZ**", et l'écart moyen de **1 psu** est indiqué par la ligne "**WQS/CCC**". L'axe du panache est indiqué par la ligne discontinue, et autour de cet axe, transversalement, la distribution de la saumure en mer suit une loi Gaussienne jusqu'à la ligne continue qui représente la limite du panache.

La Figure 214 montre donc que la concentration diminue en s'éloignant du point de rejet : L'effluent est transporté par le courant marin (parallèlement à la côte) tout en se diluant et se dispersant latéralement par la turbulence (produite par le vent et le courant marin). Ainsi, une augmentation moyenne en sel de 2 psu (correspondant à un taux de dilution de $1/17^{\text{ème}}$), est obtenue à une distance d'environ 120 m du point de rejet (la ligne **TDZ**) alors que la valeur de 1 psu (soit une dilution de $1/34^{\text{ème}}$), est obtenue à une distance d'environ 1200 m de ce point (la ligne **WQS/CCC**). Au-delà de cette ligne, l'augmentation de la salinité est strictement inférieure à 1 psu.

Perpendiculairement à la côte, des écarts de salinité supérieurs à 1 psu sont retrouvés à des distances supérieures à 3200 m des côtes.

La Figure 215 montre la même répartition sauf que c'est une vue en profil (coupe transversale ou suivant la hauteur de l'eau), où le fond est schématisé par la ligne notée "**Bottom**". Cette figure montre que l'effluent monte un peu vers le haut, entraîné par la vitesse de rejet, ensuite, rapidement, l'effluent revient vers le fond marin à cause de sa masse volumique, qui est supérieure à celle du milieu marin, tout en se mélangeant avec les eaux du milieu récepteur. A partir d'environ 200 m de la sortie des orifices, l'effluent est transporté horizontalement, près du fond, par le courant marin. La saumure est alors bloquée au fond, à une hauteur ne dépassant pas 1 mètre à partir de celui-ci.

La Figure 216 et la Figure 217 montrent le comportement de la concentration de l'effluent dans la *zone proche* de la sortie des orifices : L'évolution spatiale de la saumure dans les 25 premiers mètres. La Figure 216 (vue en plan de la zone proche) montre le comportement de l'effluent à la sortie des 4 orifices de rejet.

La Figure 217 (vue en profil de la zone proche) montre en particulier que l'effluent se pointe vers le haut en faisant un angle de 45° avec l'horizontale haut, entraîné par la vitesse de sortie des orifices, jusqu'à une hauteur d'environ 6,5 m au dessus du fond. Ensuite, à partir de 6 m des points de rejet, l'effluent commence à se retourner vers le fond marin (en effet, sa masse volumique est supérieure à celle de la mer). A partir de 16 m des points de rejet, l'effluent est définitivement bloqué à une hauteur ne dépassant pas 3 mètres à partir du fond. Cette dernière hauteur diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne des orifices.

En considérant les différentes directions possibles du courant marin, nous pouvons déduire que la zone affectée par la saumure (où l'écart de salinité dépasse 1 psu) a un rayon d'environ 1200 m autour du centre de rejet (comme le montre la Figure 214) et n'atteint pas ainsi les conduites de captage des eaux (puisque le captage se fait à 1200 m du rejet mais à 3 mètres du fond).

Dans ce cas, les résultats des simulations, comme le montrent les figures, confirment donc que les caractéristiques géométriques proposées pour la conduite de rejet, en particulier une longueur totale en mer de 4400 mètres (soit une distance qui sépare le point de Rejet du point de Captage de 1200 mètres), est une **longueur minimale** qui permet d'éviter le retour de la saumure vers la tour de captage des eaux.

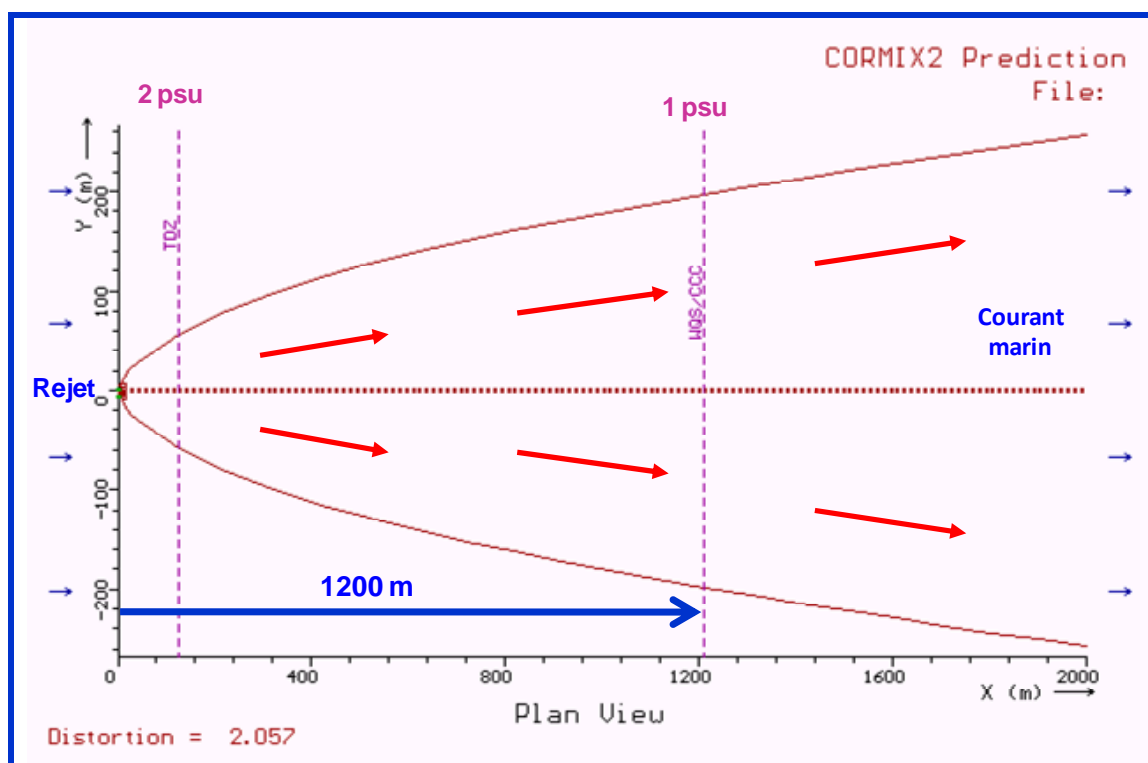


Figure 222: Evolution de la saumure dans la région Lointaine (Vue en Plan)

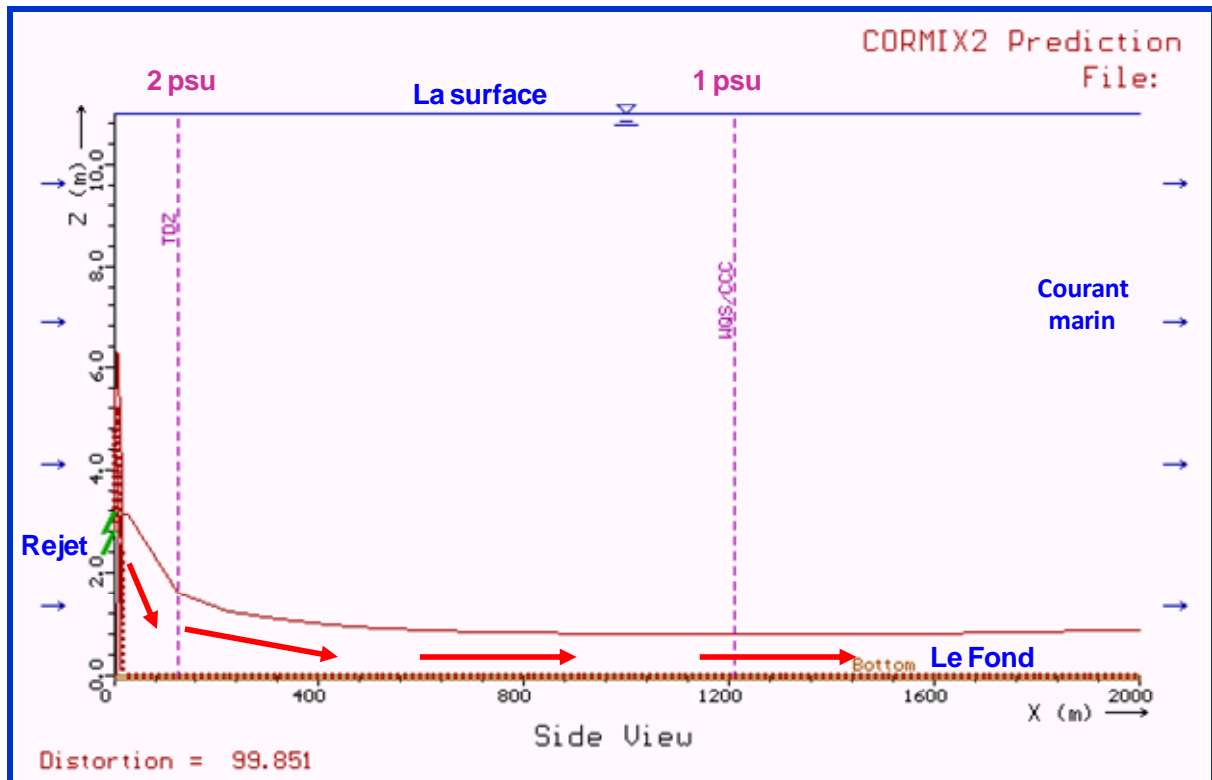


Figure 223: Evolution de la saumure dans la région Lointaine (Vue en Profil)

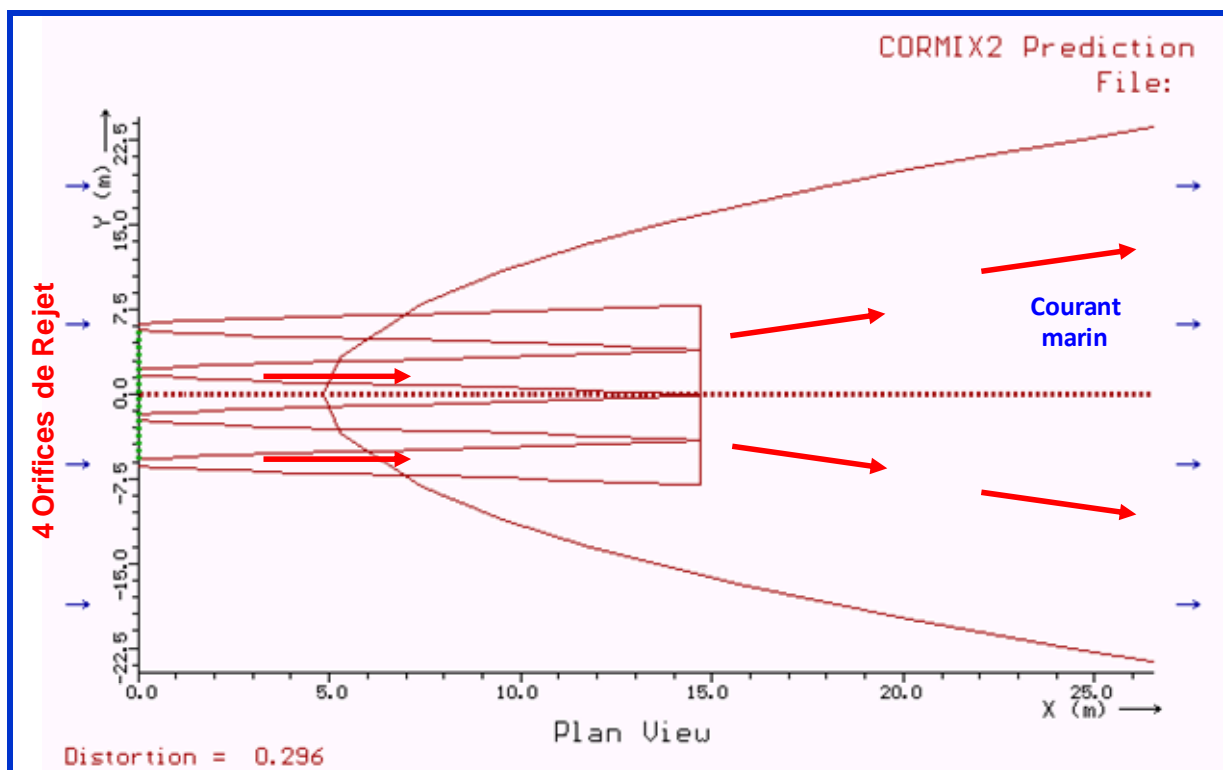


Figure 224: Evolution de la saumure dans la région Proche (Vue en Plan)

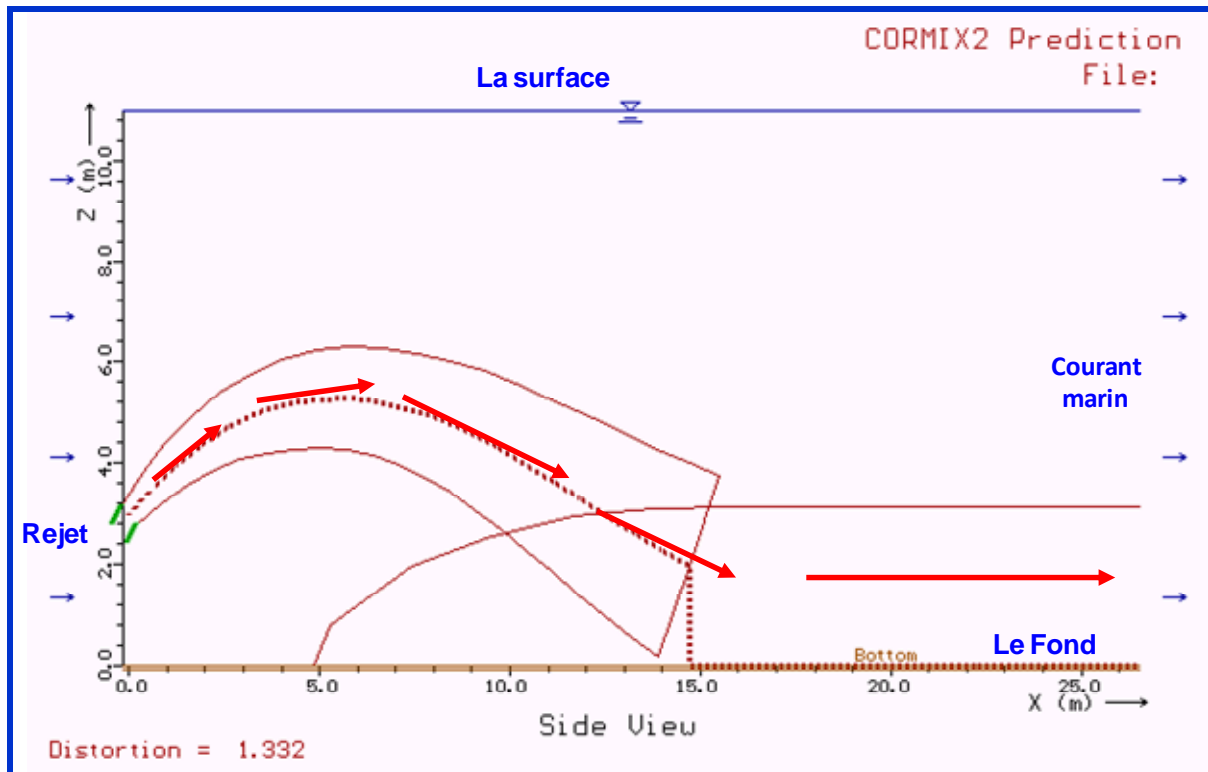


Figure 225: Evolution de la saumure dans la région Proche (Vue en Profil)

Pour quantifier l'effet du vent sur la dispersion de la saumure en mer, nous avons refait la même simulation que dans le cas précédent mais avec un vent de vitesse 10 m/s (un vent relativement fort). La Figure 218 montre la répartition de la saumure dans la région lointaine (Vue en Plan) calculée dans ce cas. Cette figure montre qu'une augmentation moyenne en sel de 1 psu est obtenue à une distance d'environ 920 m du point de rejet (**la ligne WQS/CCC**). Au-delà de 920 m, l'augmentation de la salinité est strictement inférieure à 1 psu. Cette zone affectée par la saumure est évidemment plus réduite que le cas de vent calme.

Ainsi, comme nous l'avons signalé plus haut, le vent, par la turbulence générée en surface, favorise la dilution de la saumure en milieu marin.

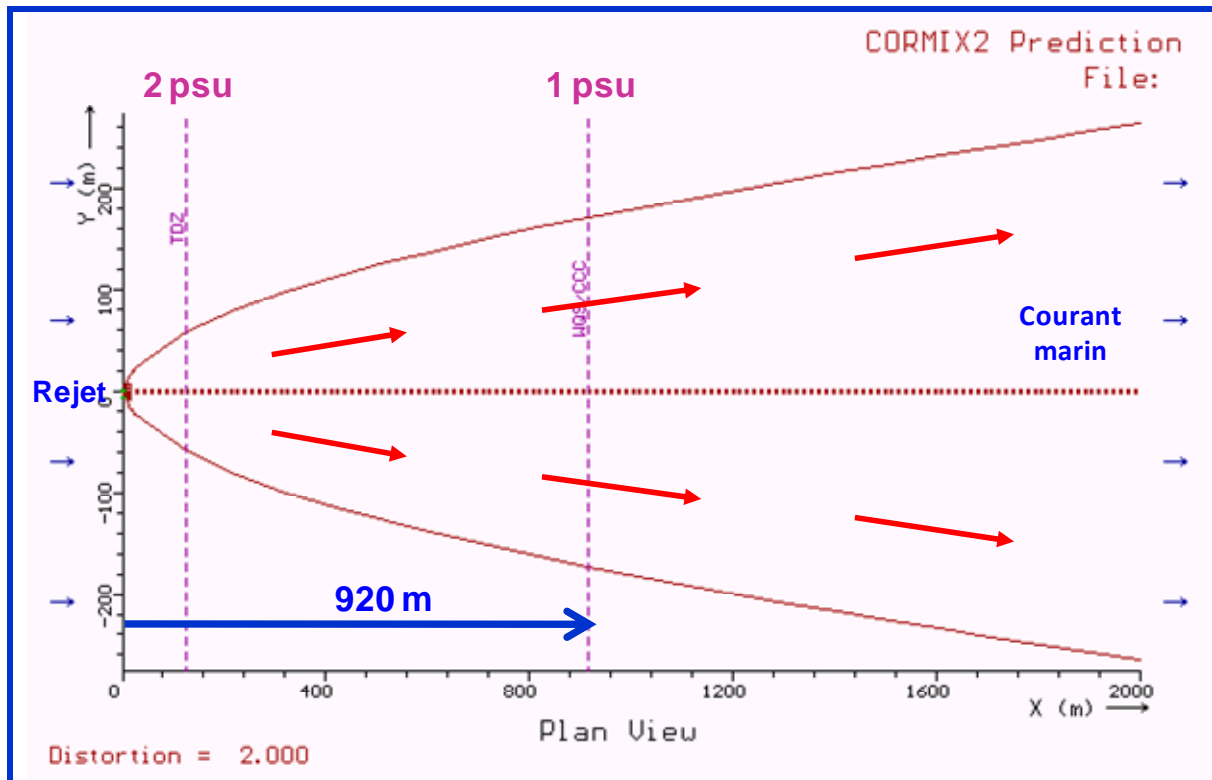


Figure 226: Evolution de la saumure dans la région Lointaine (Vue en Plan) – Cas de Vent

7.2.4.3 Simulation du rejet par diffuseur avec CORMIX

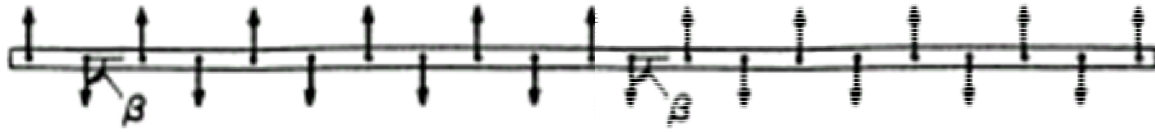
Rappelons que nous avons simulé ci-dessus le cas de rejet de la saumure par quatre orifices $\varnothing 550$ placés sur une tour de rejet. La conduite de rejet de la saumure, en PEHD, est de diamètre interne 1800 mm. Les simulations réalisées montrent que cette tour doit être située à au moins 4400 mètres de la côte (soit une longueur totale de 4800 m, dont 400 m sur la côte, et une distance qui sépare le point de Rejet du point de Captage de 1200 m). Cet emplacement est situé à 400 mètres plus éloigné que l'emplacement proposé dans le dossier initial de l'étude de la station qui nous a été présenté par la SONEDE.

Cet éloignement supplémentaire est en effet nécessaire parce que la dilution de la saumure, rejetée par les 4 orifices prévus, n'est pas suffisante.

Ainsi, nous avons tenté de chercher et simuler d'autres solutions de rejet permettant de mieux diluer la saumure : L'utilisation d'un diffuseur de rejet (rejet par plusieurs orifices) à la place de la tour de rejet. Plusieurs variantes ont été alors simulées (Différentes longueurs du diffuseur, différents nombres d'orifices et différents diamètres).

Ces simulations nous ont amené à proposer la meilleure solution (la solution optimale vis-à-vis de la dilution de l'effluent) pour ce diffuseur qui devrait remplacer la tour de rejet : Il s'agit d'un diffuseur de 50 mètres de long, muni de 21 orifices de diamètre 250 mm. La vitesse moyenne de rejet, à la sortie des orifices, est alors de 2,74 m/s. Les orifices font un angle de 45° avec l'horizontale et orientés, alternativement, vers le Sud et le Nord. En effet, les simulations du fonctionnement hydrodynamique ont montré que dans la zone de rejet le

courant marin dominant est parallèle à la côte et change de sens en fonction de la marée (vers le sud et vers le nord en phase avec la marée) :



Le diffuseur proposé, de longueur 50 m, sera implanté à la place de la tour de rejet, donc à 4000 mètres de la côte (soit à 800 m du point de Captage et à une distance entre 4000 m et 4050 m de la côte).

Avec les données présentées ci-dessus, et à l'aide du logiciel CORMIX2, nous présentons les principaux résultats des simulations de la dispersion de la saumure qui ont permis de proposer les caractéristiques géométriques du diffuseur.

La Figure 219 montre l'évolution spatiale de la saumure rejetée (en psu, ou g/l) dans la zone lointaine de l'émissaire (jusqu'à 1 000 mètres vers l'aval) et parallèlement à la côte. Une fois mélangé dans la zone proche des orifices, l'effluent (ou le panache de saumure) est alors soumis à l'advection longitudinale par les courants marins et à la diffusion turbulente latérale.

Notons que, dans les figures, l'axe X (longitudinal) est parallèle au rivage, et son origine est située au niveau de l'émissaire. L'axe Y (transversal) est dirigé vers l'Est, perpendiculaire à la côte, et son origine est situé au milieu des 21 orifices de rejet.

La valeur moyenne d'un écart de salinité de **1 psu** est indiquée par la ligne "**TDZ**", et l'écart moyen de **0,5 psu** est indiqué par la ligne "**WQS/CCC**". L'axe du panache est indiqué par la ligne discontinue, et autour de cet axe, transversalement, la distribution de la saumure en mer suit une loi Gaussienne jusqu'à la ligne continue qui représente la limite du panache.

La Figure 219 montre donc que la concentration diminue en s'éloignant du point de rejet : L'effluent est transporté par le courant marin (parallèlement à la côte) tout en se diluant et se dispersant latéralement par la turbulence (produite par le vent et le courant marin). Ainsi, une augmentation moyenne en sel de 1 psu (correspondant à un taux de dilution d'environ $1/33^{\text{ème}}$), est obtenue à une distance d'environ 25 m du point de rejet (la ligne TDZ), alors que la valeur de 0,5 psu (soit une dilution de $1/66^{\text{ème}}$) est obtenue à une distance d'environ 750 m de ce point (la ligne WQS/CCC). Au-delà de cette ligne, l'augmentation de la salinité est strictement inférieure à 0,5 psu.

Perpendiculairement à la côte, des écarts de salinité supérieurs à 0,5 psu sont retrouvés à des distances supérieures à 3250 m des côtes.

La Figure 220 montre la même répartition sauf que c'est une vue en profil (coupe transversale ou suivant la hauteur de l'eau). Cette figure montre que l'effluent monte un peu vers le haut, entraîné par la vitesse de rejet, ensuite, rapidement, l'effluent revient vers le fond marin à cause de sa masse volumique, qui est supérieure à celle du milieu marin, tout en se mélangeant avec les eaux du milieu récepteur. A partir d'environ 200 m de la sortie des orifices, l'effluent est transporté horizontalement, près du fond, par le courant marin. La saumure est alors bloquée au fond, à une hauteur ne dépassant pas 2 mètre à partir de celui-ci.

La Figure 221 et la Figure 222 montrent le comportement de la concentration de l'effluent dans la *zone proche* de la sortie des orifices : L'évolution spatiale de la saumure dans les 30 premiers mètres. La Figure 221 (vue en plan de la zone proche) montre le comportement de l'effluent à la sortie des 21 orifices du diffuseur.

La Figure 222 (vue en profil de la zone proche) montre en particulier que l'effluent se pointe vers le haut en faisant un angle de 45° avec l'horizontale haut, entraîné par la vitesse de sortie des orifices, jusqu'à une hauteur d'environ 6 m au dessus du fond. Ensuite, à partir de 6 m des points de rejet, l'effluent commence à se retourner vers le fond marin (en effet, sa masse volumique est supérieure à celle de la mer). A partir de 20 m des orifices de rejet, l'effluent est définitivement bloqué à une hauteur ne dépassant pas 4 mètres à partir du fond. Cette dernière hauteur diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne des orifices. L'écart de salinité de 1 psu est observé à 24 m des rejets (Figure 221 et Figure 222).

En considérant les différentes directions possibles du courant marin, nous pouvons déduire que la zone affectée par la saumure (où l'écart de salinité dépasse 0,5 psu) a un rayon d'environ 750 m autour du centre de rejet (comme le montre la Figure 219) et n'atteint pas ainsi les conduites de captage des eaux (puisque le captage se fait à 800 m du rejet et à 3 mètres du fond).

Dans ce cas, les résultats des simulations, comme le montrent les figures, confirment donc que les caractéristiques géométriques proposées pour l'émissaire de rejet, en particulier **une longueur totale en mer de 4050 mètres dont un diffuseur à son extrémité de 50 m de long (avec 21 orifices de diamètre 250 mm) permettent d'éviter le retour de la saumure vers la tour de captage des eaux.**

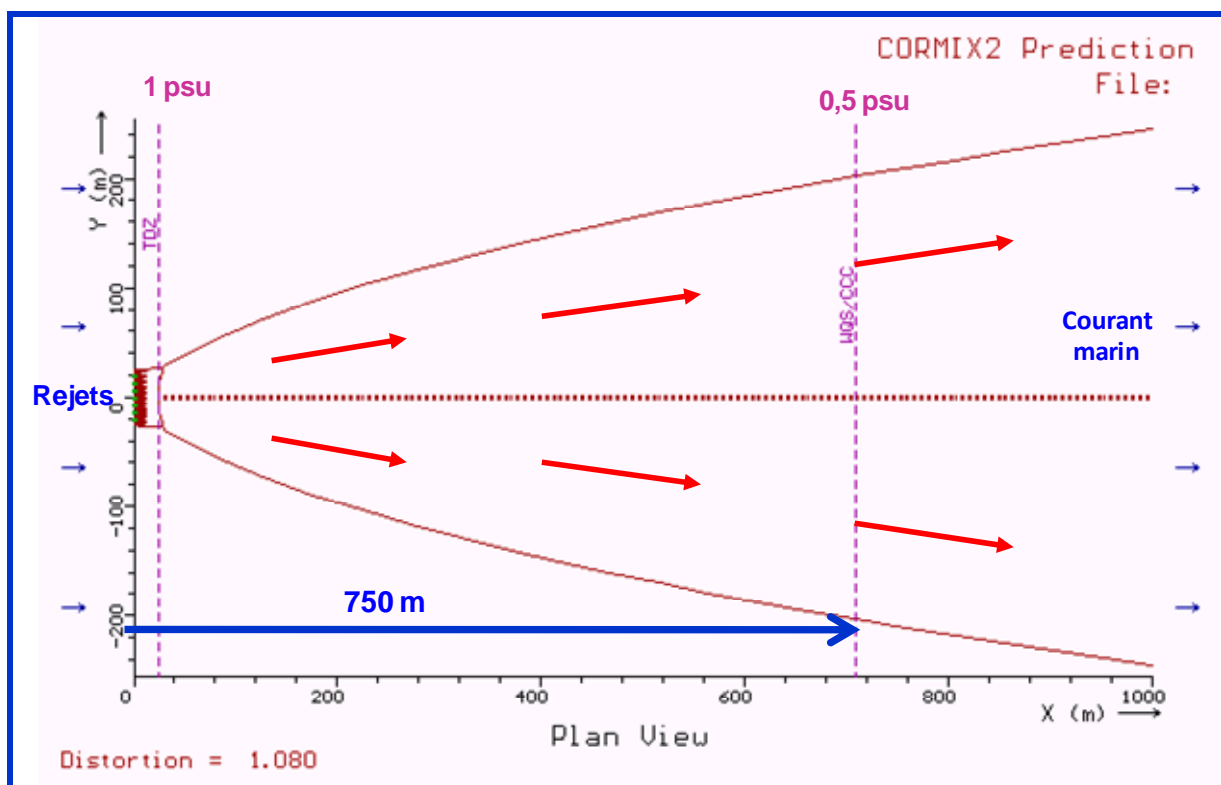


Figure 227 : Evolution de la saumure dans la région lointaine (Vue en Plan) – Avec Diffuser de 50 m

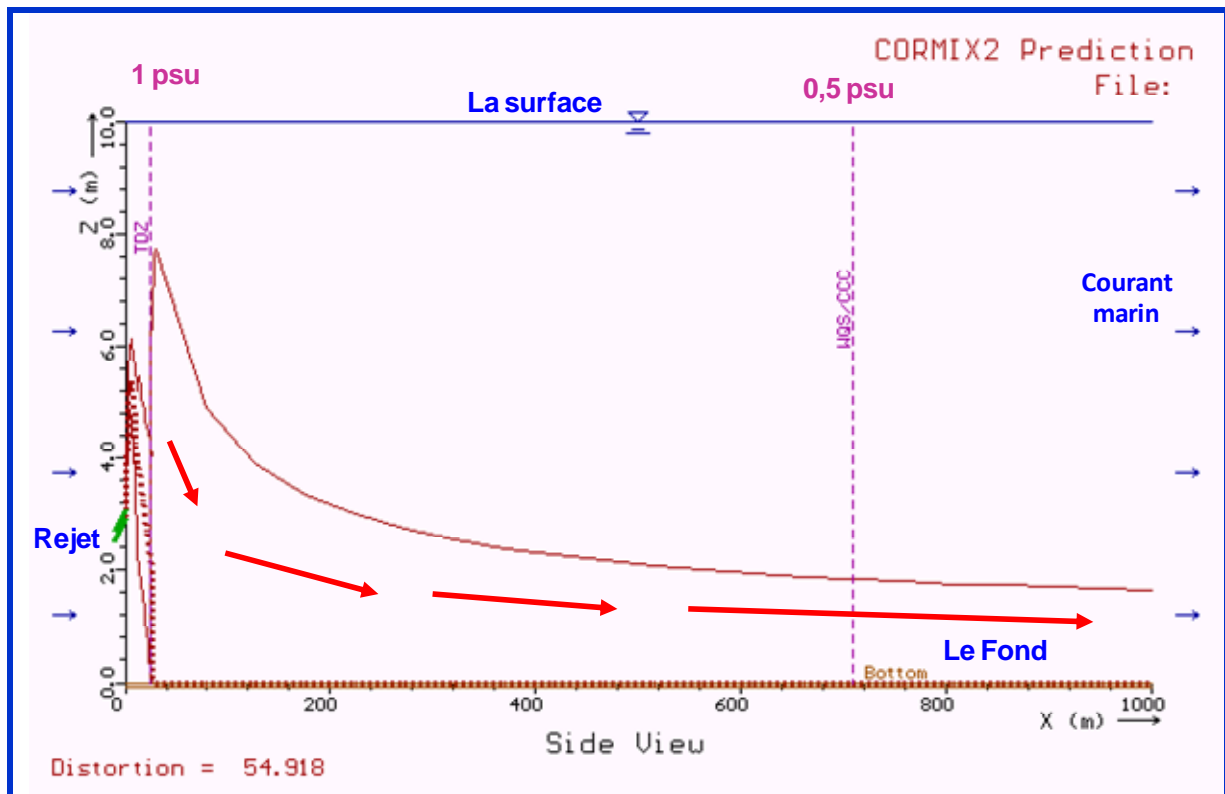


Figure 228 : Evolution de la saumure dans la région Lointaine (Vue en Profil) – Avec Diffuser de 50 m

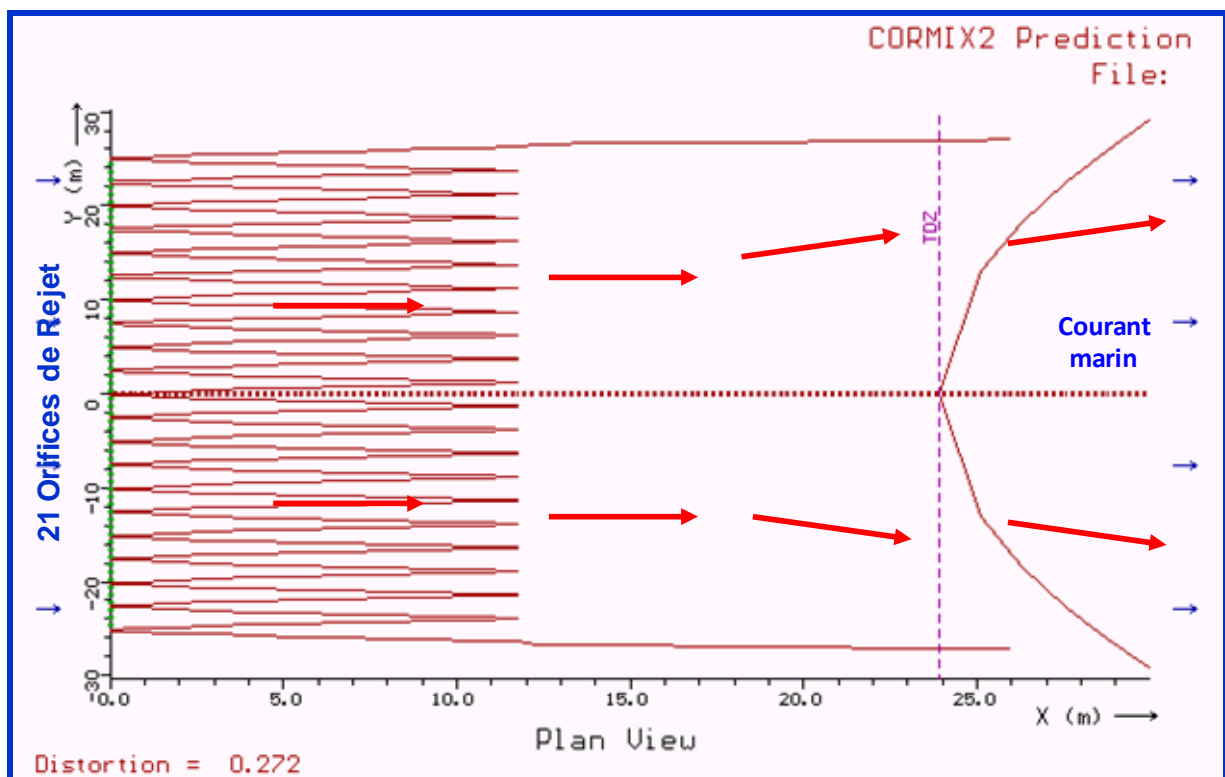


Figure 229 : Evolution de la saumure dans la région Proche (Vue en Plan) – Avec Diffuser de 50 m

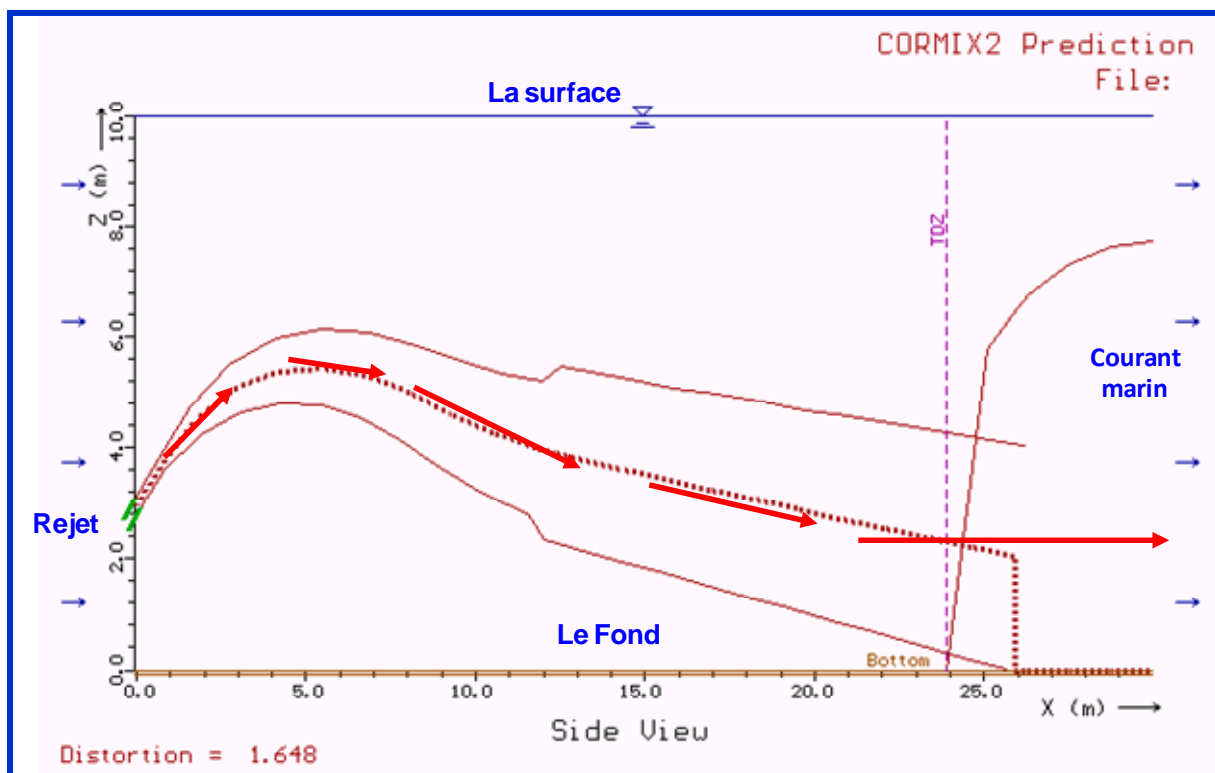


Figure 230 : Evolution de la saumure dans la région Proche (Vue en Profil) – Avec Diffuser de 50 m

7.2.5 Conclusions des simulations réalisées

Dans cette section, nous avons simulé la dispersion de la saumure qui sera rejetée en mer par la station de dessalement de Sfax sud.

Ces simulations ont été réalisées, en première étape, à l'aide d'un logiciel à 2D. Elles nous ont permis de simuler l'hydrodynamique du golfe de Gabès en fonction de la marée et du vent, et ensuite la dispersion de la saumure rejetée. Ces simulations nous ont **montré** que l'emplacement de la tour de rejet proposé dans « *l'Etude préparatoire relative au projet de construction de la station de dessalement d'eau de mer à Sfax* » (SONEDE-JICA, 2015) (à 4 km de la côte, et à 800 m du point de captage) présente un risque de retour des eaux salées à la tour de captage de la station.

Ceci nous a amené à proposer et à simuler une conduite de rejet plus longue et plus éloignée du point de captage. Les simulations nous permettent de conclure qu'une **longueur totale en mer de 4,4 km** (soit une distance qui sépare le point de Rejet du point de Captage de 1200 mètres), est une **longueur minimale** qui permet d'éviter le retour de la saumure vers la tour de captage des eaux.

Dans une seconde étape, des simulations de l'émissaire de rejet ont été réalisées à l'aide du logiciel CORMIX, qui est un code à 3D simplifié. Ces simulations ont bien confirmé la nécessité de l'éloignement proposé pour la tour de rejet.

Pour limiter la longueur de l'émissaire de rejet, nous avons ensuite cherché une autre variante de rejet, il s'agit de l'utilisation d'un **diffuseur** de rejet (conduite munie de plusieurs orifices)

à la place de la tour de rejet initialement proposée. Ainsi, et suite aux simulations réalisées à l'aide de CORMIX, nous avons cherché et proposé une solution optimale permettant de favoriser la dilution de la saumure et d'éviter son retour au point de captage : Un diffuseur de 50 m de long, qui sera placé à l'extrémité de l'émissaire de 4000 m de long à partir de la côte (Figure 223). Il sera muni de **21 orifices Ø250 mm**, faisant un angle de **45° avec l'horizontale** et orientés, **alternativement**, vers le Sud et vers le Nord.

Avec ce diffuseur, la décroissance du gradient de salinité, à partir des orifices de rejet, est présentée sur la Figure 224. L'analyse de cette figure nous a permis de déterminer le rayon des zones affectées par différentes augmentations de la salinité (Tableau 102). Ce tableau montre en particulier que la dilution de la salinité se fait rapidement. En effet, le surplus de salinité de 15 psu est obtenu à 1,7 mètre du rejet, 2 psu à 12 mètres, 1 psu à 24 mètres et 0,5 psu à 750 mètres.

Dans le Tableau 102, nous comparons aussi les rayons des zones affectées par différentes augmentations de la salinité calculés dans ce cas à ceux obtenus avec la tour de rejet proposée dans l'étude initiale (SONEDE-JICA, 2015). Ce tableau montre bien la réduction des surfaces des zones affectées par la saumure en cas de rejet par le diffuseur proposé dans le cadre de la présente étude.

En effet, le diffuseur permet d'augmenter considérablement la dilution de la saumure rejetée dans le milieu marin.

Tableau 124 : Gradients de salinité à partir des orifices de rejet

ΔS (psu)	X (m) Avec le Diffuseur proposé	X (m) Avec la Tour de rejet, proposée initialement
15	1,7	3
10	3	6
5	6	20
2	12	120
1	24	1200
0,5	750	> 2 km



Figure 231 : Emplacement du diffuseur proposé

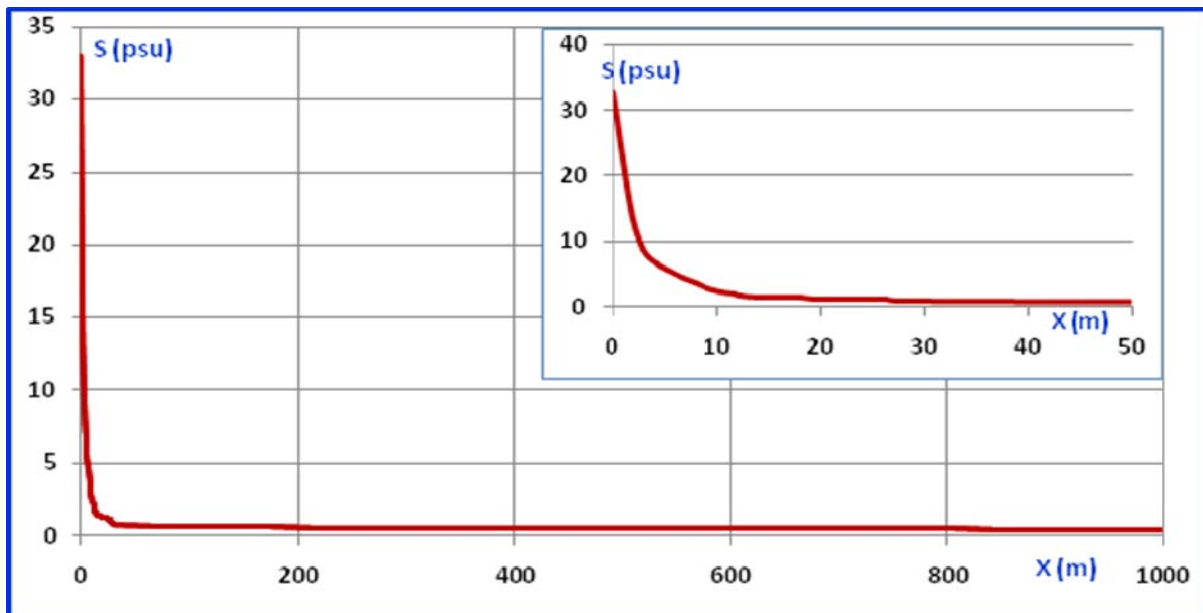


Figure 232 : Courbe de décroissance du gradient de salinité à partir du rejet

7.3 Modélisation de la réfraction de la houle

7.3.1 Présentation du code TOMAWAC

La modélisation de la houle a été faite avec le logiciel TOMAWAC dont la Licence a été acquise auprès de la SOGREAH représentant commercial de l'EDF le fournisseur du système TELEMAT.

Le logiciel scientifique TOMAWAC modélise l'évolution en espace et en temps du spectre d'énergie des vagues de vent et de la houle pour des applications en domaine océanique, sur des mers continentales, ainsi qu'en zone côtière. Le code utilise le formalisme « éléments finis » pour la discrétisation du domaine maritime et il repose sur les procédures informatiques du système TELEMAT, développé par le Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE) de l'EDF.

L'acronyme TOMAWAC, découle de la compression de la dénomination anglaise suivante : **TELEMAT-based Operational Model Addressing Wave Action Computation** (en Français: *Modèle opérationnel basé sur le système TELEMAT concernant le calcul de l'action d'onde pour la houle*).

7.3.1.1 Domaine d'application

La modélisation des états de mer avec TOMAWAC s'effectue par résolution de l'équation de conservation du spectre directionnel d'action d'onde de la houle. Le code doit, dans cette optique, reproduire l'évolution du spectre directionnel d'action d'onde de la houle à chaque noeud d'une grille de calcul spatiale. Le code peut fonctionner selon deux modes :

1. mode « troisième génération » : le spectre directionnel des vagues est décomposé en un nombre fini de fréquences et de directions de propagation. L'équation de conservation de la densité d'action d'onde est résolue pour chaque composante (f_i, θ_i) . Ce mode est dit de « troisième génération ». Il couvre ainsi :

- **le domaine océanique**, caractérisé par une grande profondeur, c'est-à-dire par une profondeur relative supérieure à 0.5. Les processus physiques dominants sont : la génération par le vent, la dissipation par moutonnement et les interactions non-linéaires entre quadruplets de fréquences ;
- **les mers continentales et les profondeurs intermédiaires**, caractérisées par une profondeur relative variant entre 0.05 et 0.5. En plus des phénomènes précédents, il est nécessaire de prendre en compte le frottement sur le fond, le shoaling (gonflement de la houle avec la remontée des fonds) et les effets de la réfraction par la bathymétrie et/ou les courants ;
- **le domaine côtier**, qui comprend les zones de faibles profondeurs ou proches de la côte (profondeur relative inférieure à 0.05). Pour ces zones de faibles profondeurs, il est nécessaire d'inclure les processus physiques de frottement sur le fond, déferlement bathymétrique, interactions non-linéaires entre triplets de fréquences, ...
Par ailleurs, il peut s'avérer utile de prendre en compte les effets liés aux instationnarités du niveau marin et des courants (dues à la marée et/ou aux surcotes-décotes météorologiques).

2. mode « stationnaire-paramétré » : le spectre de houle est discrétisé en directions de propagation uniquement et on ne considère que deux valeurs intégrées sur les fréquences pour chaque direction considérée : l'énergie totale (pour cette direction) et la fréquence moyenne. Le domaine d'application du code dans ce mode est réduit à des domaines de faible emprise (typiquement la zone côtière, à condition que les effets des non-linéarités sur la propagation de la houle restent négligeables) puisque l'hypothèse de stationnarité impose que le temps de parcours de la houle dans le domaine doit être faible par rapport au temps d'évolution des conditions de houle aux limites.

Cette limitation est cohérente avec l'hypothèse de stationnarité, qui implique que le temps de parcours du domaine par la houle soit faible par rapport au temps d'évolution des conditions de houle aux limites (et donc des conditions météorologiques). Le domaine d'application de TOMAWAC en mode « stationnaire-paramétré » n'inclut pas les zones de très faibles profondeurs ou très proches de la côte (profondeur relative d/L inférieure à 0.05), **pour lesquelles l'hypothèse de linéarité perd sa validité.**

7.3.1.2 *Processus modélisés*

Plusieurs facteurs interviennent dans la physique de la houle et interagissent avec elle à des degrés divers pour modifier ses caractéristiques. Parmi ces facteurs, on distingue principalement:

- la bathymétrie et la géométrie du fond de la mer (frottement sur le fond, réfraction, déferlement, effets non-linéaires d'interactions avec le fond, formation de rides sableuses,...) ;
- la circulation atmosphérique (effets du vent et de la pression) ;
- le régime des marées (variation des courants et des profondeurs) ;
- les courants de circulation océanique tridimensionnels ;
- les surcotes/décotes dues à des événements météorologiques exceptionnels, qui se traduisent par des variations du niveau marin pouvant atteindre plusieurs mètres.

Ces processus modifient à la fois l'énergie totale de la houle et la répartition spectro-angulaire de cette énergie (c'est-à-dire la forme du spectre directionnel d'énergie). La modélisation numérique de ces différents processus, voire même leur connaissance précise pour certains, restent encore imparfaitement maîtrisées de nos jours et continuent à alimenter de nombreux thèmes de recherche.

Processus sources / puits d'énergie :

- ***Génération par le vent*** - interactions avec l'atmosphère. Cette étape nécessite de modéliser les apports d'énergie à la houle par le vent. Elle constitue le terme source prépondérant pour le spectre directionnel d'énergie de la houle. La façon dont évolue ce spectre est principalement conditionnée par la vitesse du vent, sa direction, sa durée d'action et le fetch (distance sur laquelle il agit) ;
- ***dissipation par moutonnement*** («whitecapping» en Anglais) ou déferlement par écrêtement, dû à l'existence d'une cambrure limite au cours de la génération et de la propagation de la houle ;
- ***dissipation par frottement sur le fond***, intervenant principalement en faible profondeur (granulométrie du fond, rides, percolation,...) ;

- *dissipation par déferlement dû à la bathymétrie*. A l'approche de la côte, la houle gonfle avec la remontée des fonds jusqu'à déferler quand la cambrure devient trop importante ;
- *dissipation par déferlement par courant contraire* («wave blocking»), intervenant en présence de forts courants opposés à la houle.

Processus conservatifs de transferts non-linéaires d'énergie :

- transferts non-linéaires entre quadruplets de fréquences résonants, qui forment le processus d'échange dominant en grande profondeur ;
- transferts non-linéaires entre triplets de fréquences (« triad interactions » en Anglais), qui deviennent dominants en faible profondeur.

Processus liés à la propagation de la houle :

- propagation de la houle, due à sa vitesse de groupe et éventuellement à la vitesse d'ensemble du milieu dans lequel elle se propage (courants marins) ;
- réfraction due à la bathymétrie, qui en faible profondeur modifie la direction des orthogonales de houle et provoque donc un transfert d'énergie sur les directions de propagation ;
- « shoaling » : phénomène de gonflement de la houle lorsque la profondeur décroît, du fait de la diminution de la longueur d'onde et de la vitesse de propagation de l'énergie ;
- réfraction due au courant, qui provoque également une déviation des orthogonales de houle et un transfert d'énergie sur les directions de propagation ;
- interactions avec des courants instationnaires, générant des transferts fréquentiels (cas des mers à marée par exemple).

7.3.2 Présentation du domaine d'étude et les caractéristique de maillage

Le domaine choisi pour l'application du modèle TOMAWAC comporte :

Trois frontières solides composés de :

- La zone côtière continentale allant de la ville de Sfax au nord jusqu'à la ville de El Mahares d'un linéaire de **75,53 km** ;
- De la zone insulaire de Kerkena faisant un linéaire de **10,8 km** ;
- De la zone insulaire Jerbienne d'un linéaire de **29,2 km**.

Trois frontières marines réparties entre :

- La zone du large entre Kerkna et Jerba d'un linéaire de **90,7 km** ;
- Du canal Sfax-Kerkna d'un linéaire de **18,3 km** ;
- Du fond du golfe Gabès d'un linéaire de **68,76 km**.

Ce domaine s'étend sur une surface d'environ **4 460 km²** et il est discrétisé en **8842 nœuds** et **17173 éléments**.

Le maillage est affiné à proximité de la côte en vue de se rapprocher au mieux des conditions réelles.

La bathymétrie utilisée présente des profondeurs qui s'étalent entre -0,5 et -56,3 m comme présenté dans les figures suivantes.

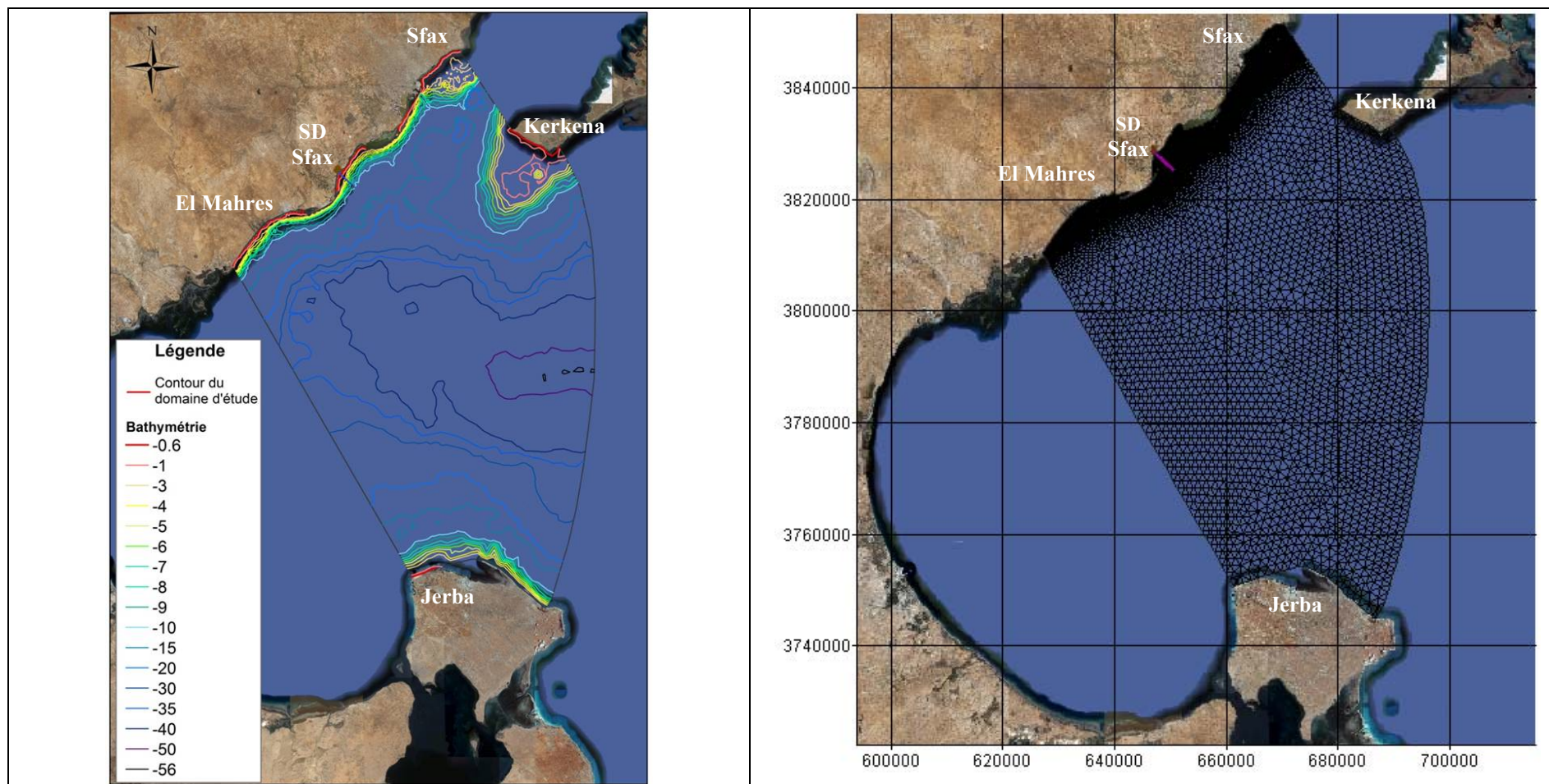


Figure 233 : Domaine d'étude et maillage adopté

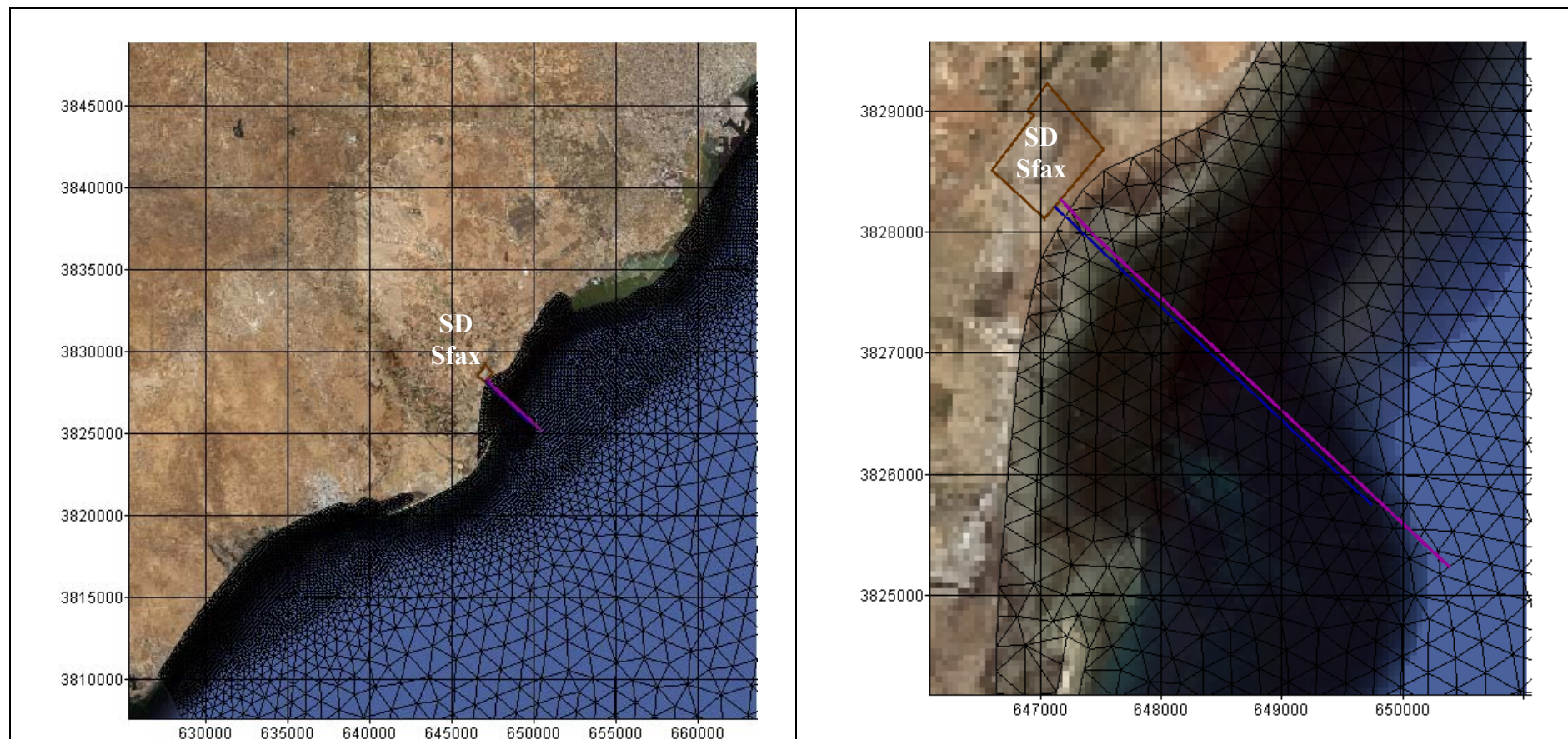


Figure 234 : Maillage affiné à proximité de la zone du projet

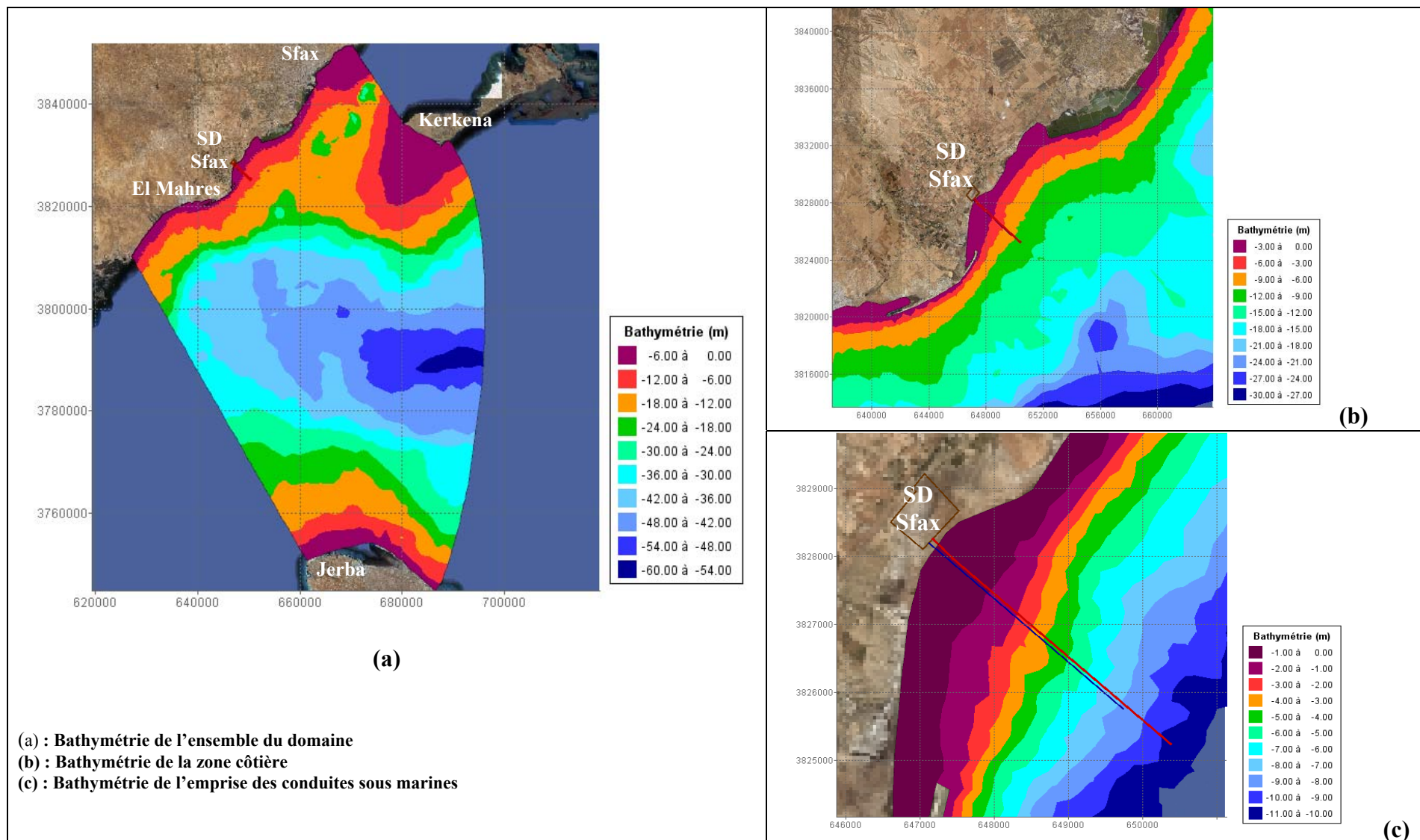


Figure 235 : Bathymétrie utilisée pour la zone d'étude

7.3.3 Données utilisées et scénarios simulés

7.3.4 Conditions aux limites

Pour l'étude de la réfraction, nous proposons d'utiliser le mode «*stationnaire-paramétré* ». L'utilisation de ce mode est justifiée puisqu'on travaille dans un domaine côtier de faible emprise en effet le temps de parcours de la houle dans le domaine est faible par rapport au temps d'évolution des conditions de houle aux limites du domaine choisie.

Comme présenté ci-dessous (Données océanographiques), la zone du projet est exposée aux houles longues du secteur Sud Est.

L'intensité maximale au large (au niveau de l'isobathe -20m) est de l'ordre de 6m.

Nous considérons la période de retour Cinquantennale avec une hauteur significative de houle de 6m et une période de 12,3 s en provenance du large des trois directions auxquelles le site est exposé (tableau ci-dessous).

Tableau 125 : Scénarios proposés pour l'étude de la houle

	Direction	Hauteurs Hs en m	Période en s	Fréquence
Cinquantennal	90°	6	12,3	0,0813
Cinquantennal	107°	6	12,3	0,0813
Cinquantennal	115°	6	12,3	0,0813

Concernant les frontières marines, nous avons supposé les conditions aux limites suivantes :

- Frontières libre : Le Canal de Kerkena et la limite Ouest avec le fond du Golfe Gabès ;
- Frontières à valeur imposé : limite Est avec le large marin.

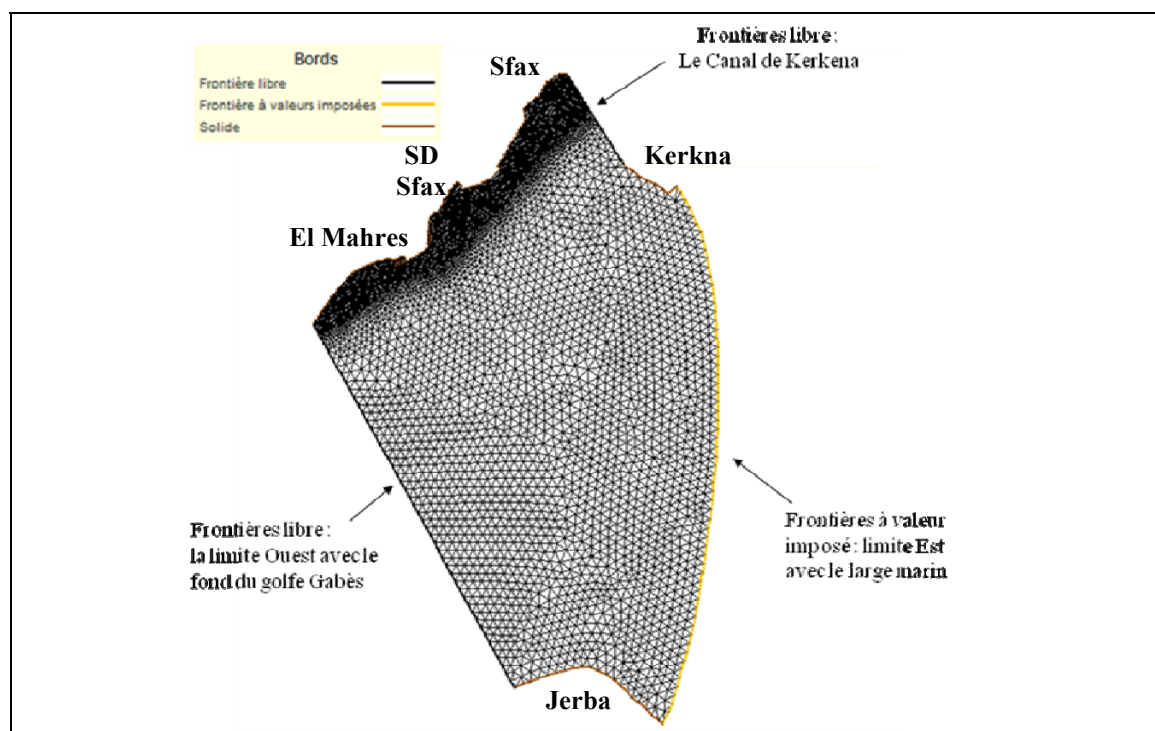


Figure 236 : Conditions aux limites sur les frontières marines

7.3.5 Résultats de calcul

7.3.5.1 *Champ de variation spatiale*

Nous imposons aux limites du domaine uniquement la houle (Hauteur, Directions et Fréquence Moyenne).

Les termes sources prises en compte se réduisent à :

- ***La dissipation par frottement sur le fond***, intervenant principalement en faible profondeur ;
- ***La dissipation par déferlement dû à la bathymétrie***. A l'approche de la côte, la houle gonfle avec la remontée des fonds jusqu'à déferler quand la cambrure devient trop importante.

Nous avons proposé trois scénarios d'étude au niveau desquels nous avons varié la direction de la houle, tout-en-gardant la période et la hauteur (Hs) constantes, imposées à la limite marine EST du domaine.

Pour les trois calculs effectués, nous avons pris la hauteur la plus importante décrivant le cas le plus défavorable à la limite du domaine (Hs=6m).

Les résultats obtenus avec les trois directions choisies sont semblables puisque les directions sont assez proches.

Nous exposons, dans ce qui suit, les résultats des simulations sous forme de présentations surfaciques de champs de réduction de la hauteur (Hs) de la houle :

- Dans toute la zone d'application du modèle ;
- Au niveau de la côte Sfax-Mahres et ;
- À proximité de l'emprise des conduites sous marines.

Ces présentations sont accompagnées par des illustrations du champ de variation du vecteur houle.

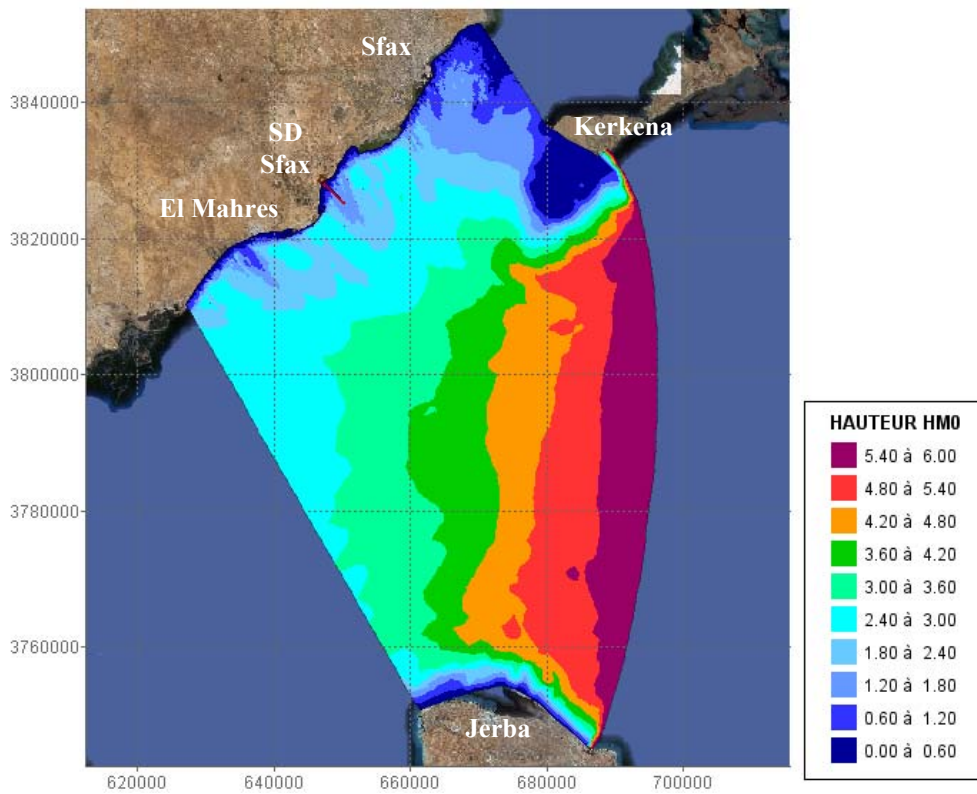


Figure 237 : Champs de réduction de la hauteur Hs de la houle dans toute la zone d’application du modèle

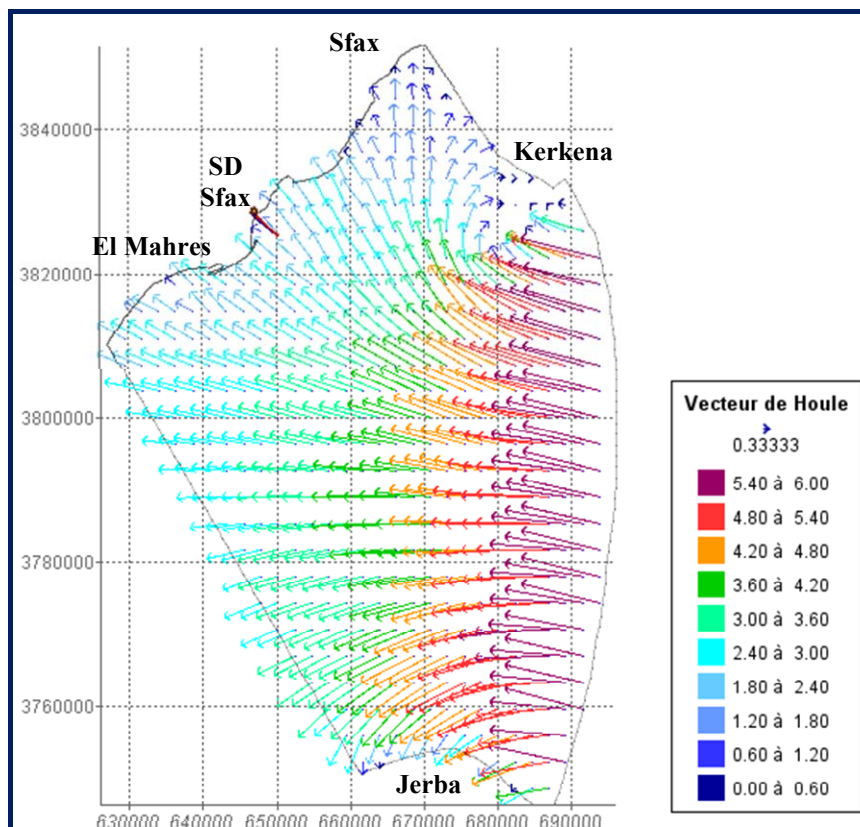


Figure 238 : Champs de variation du vecteur de houle dans zone d’application du modèle

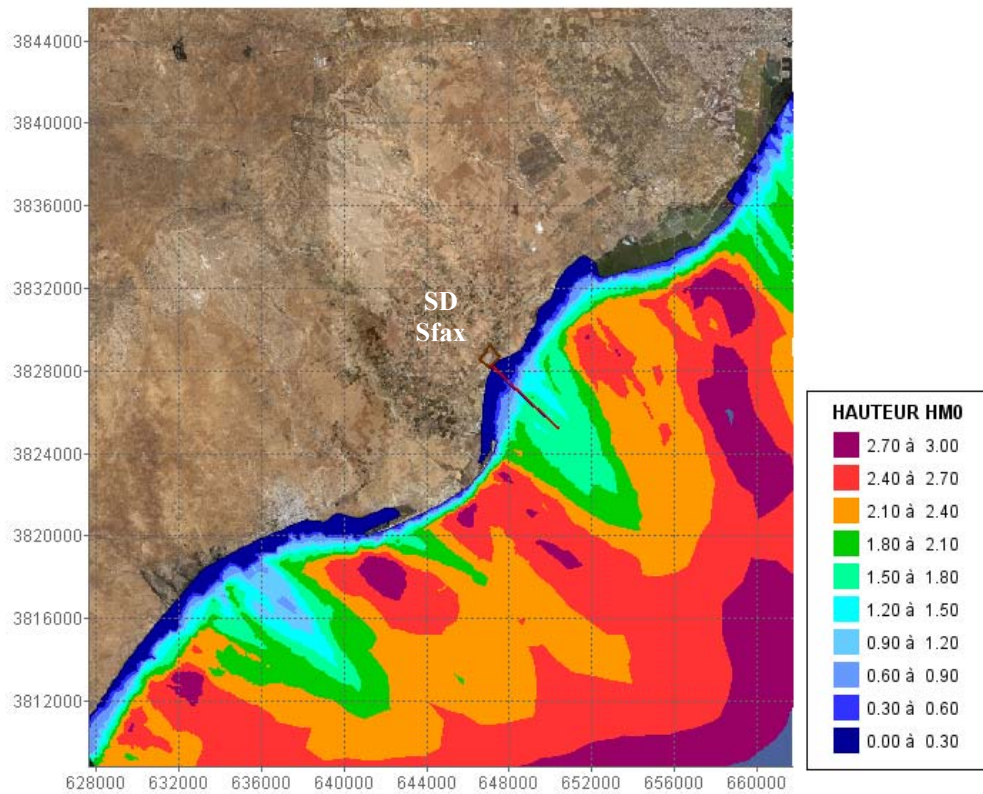


Figure 239 : Champs de réduction de la hauteur Hs de la houle au niveau de la zone côtière Sfax-El Mahares

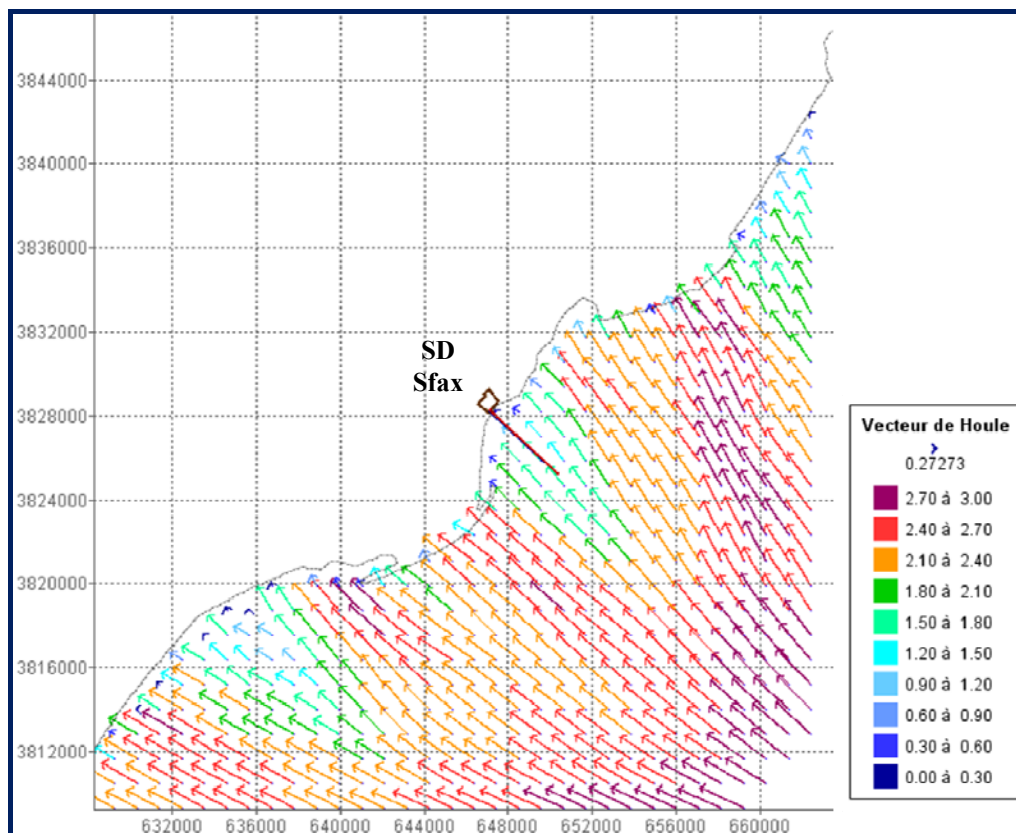


Figure 240 : Champs de variation du vecteur de houle au niveau de la zone côtière Sfax-El Mahares

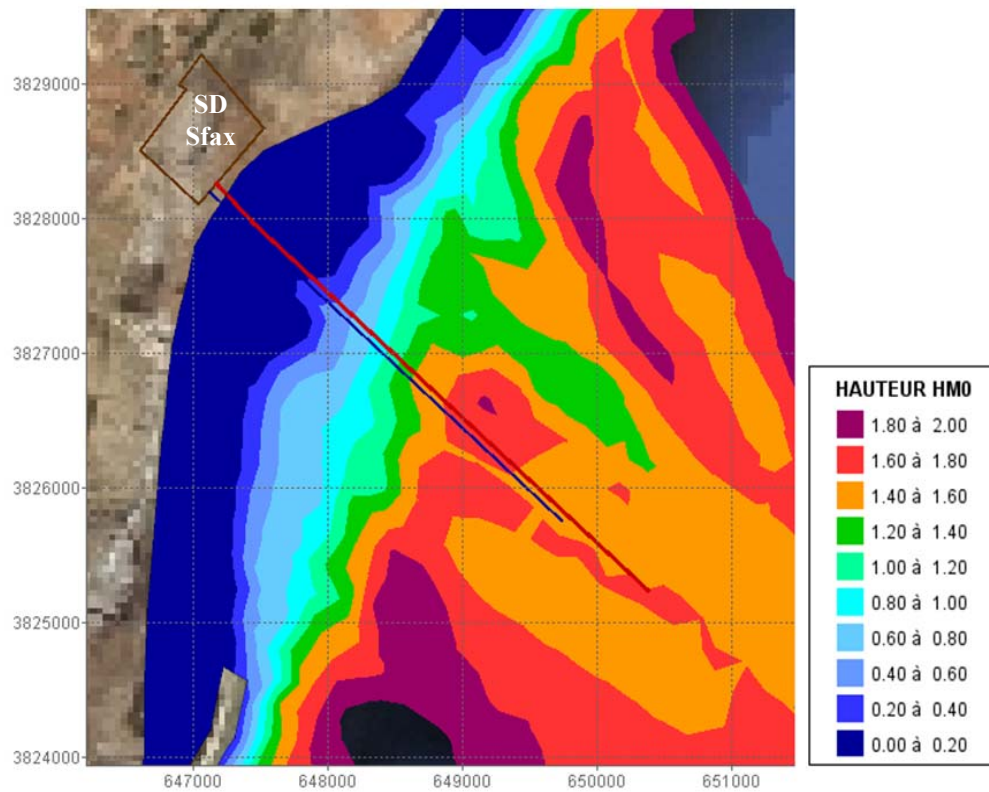


Figure 241: Champs de réduction de la hauteur Hs de la houle à proximité de l'emprise des conduites sous marines

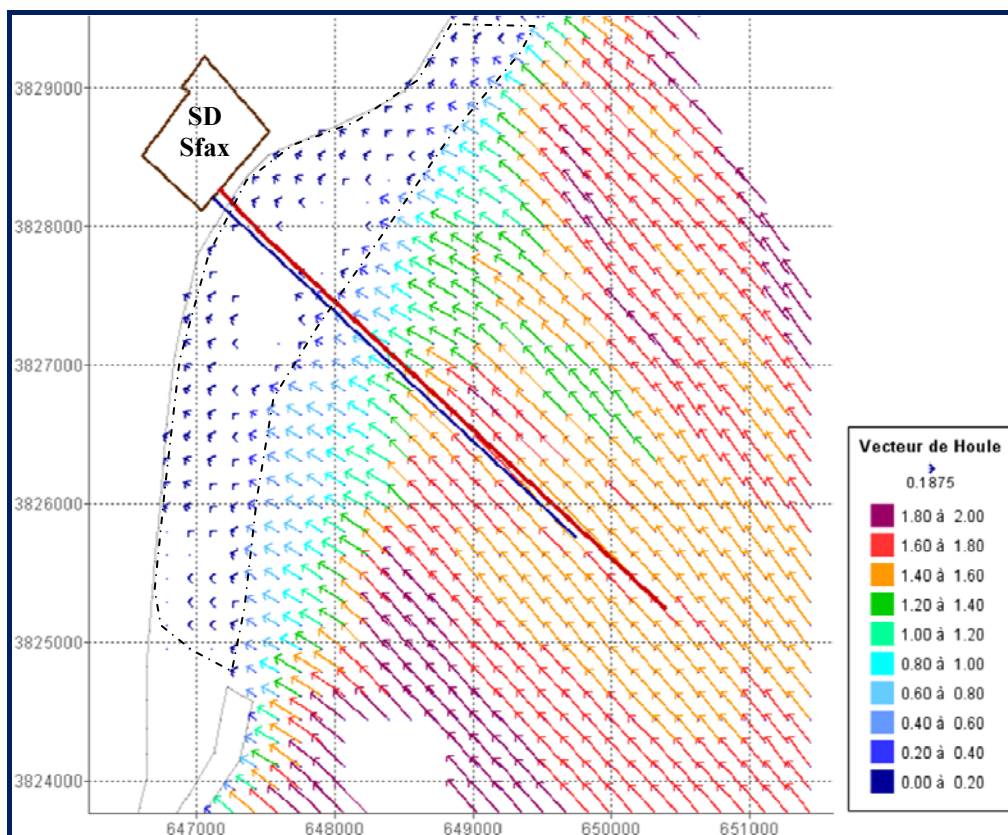


Figure 242 : Champs de variation du vecteur de houle à proximité de l'emprise des conduites sous marines

A partir de ces résultats, nous pouvons déduire ce qui suit :

- La houle entre dans le Golfe de Gabés du côté du large selon les conditions aux limites imposées ;
- À l'approche des rivages, la houle se réfracte et perd de son énergie ;
- À proximité de la zone du projet, la houle déferle à une distance éloignée de la côte par contre au niveau de la flèche, elle déferle directement sur la côte ;
- On enregistre une zone assez calme entre le point de captage et la côte ;
- Au niveau du point de rejet la hauteur de houle est de l'ordre de 1,8 m ;
- Au niveau point de captage la hauteur de la houle est de l'ordre 1,6 m ;
- La présence d'une zone calme en face de la station sur une frange littorale de 1,2 km.

7.3.5.2 Variation de la houle dans le profil

A fin de mieux interpréter les résultats de simulation présentés dans le paragraphe précédent, nous nous intéressons dans ce chapitre à la variation de la houle H_s dans le profil et en particulier à proximité de la côte.

Pour cela nous avons choisi des profils repartis de façon à couvrir les différentes formes morphologiques de la côte continentale.

- PL-1 couvre la côte au voisinage de la ville de EL Mahres caractérisant une côte à estran ;
- PL-2 et PL-3 couvrent la flèche de Chaffar, qui représente la seule plage sableuse dans la zone et sans estran ;
- PL-C caractérisent le site de la station à marais maritime et à estran,
- PL-4 localisé un peu au nord du site de la station au niveau des salines de Sfax.

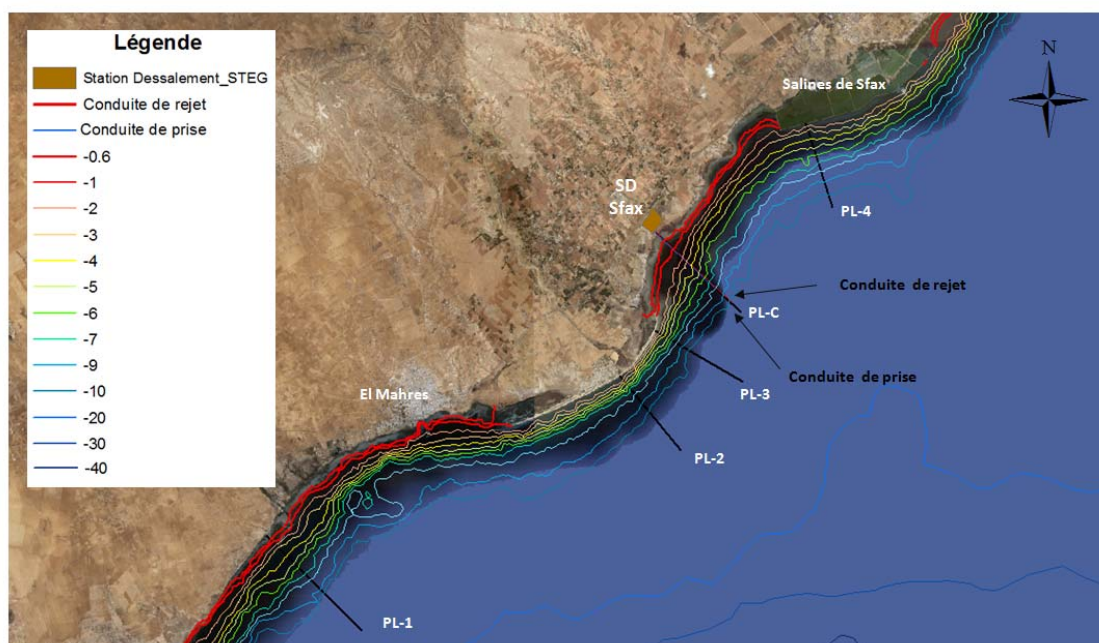


Figure 243 : Profils choisis pour étude de la variation de la houle

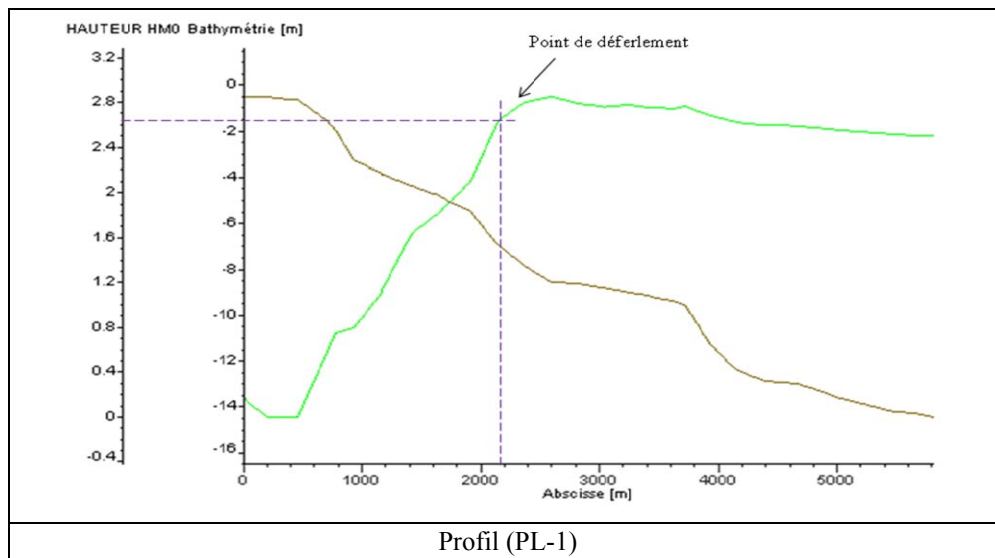


Figure 244 : Variation de la houle au voisinage de la zone d'El Mahres

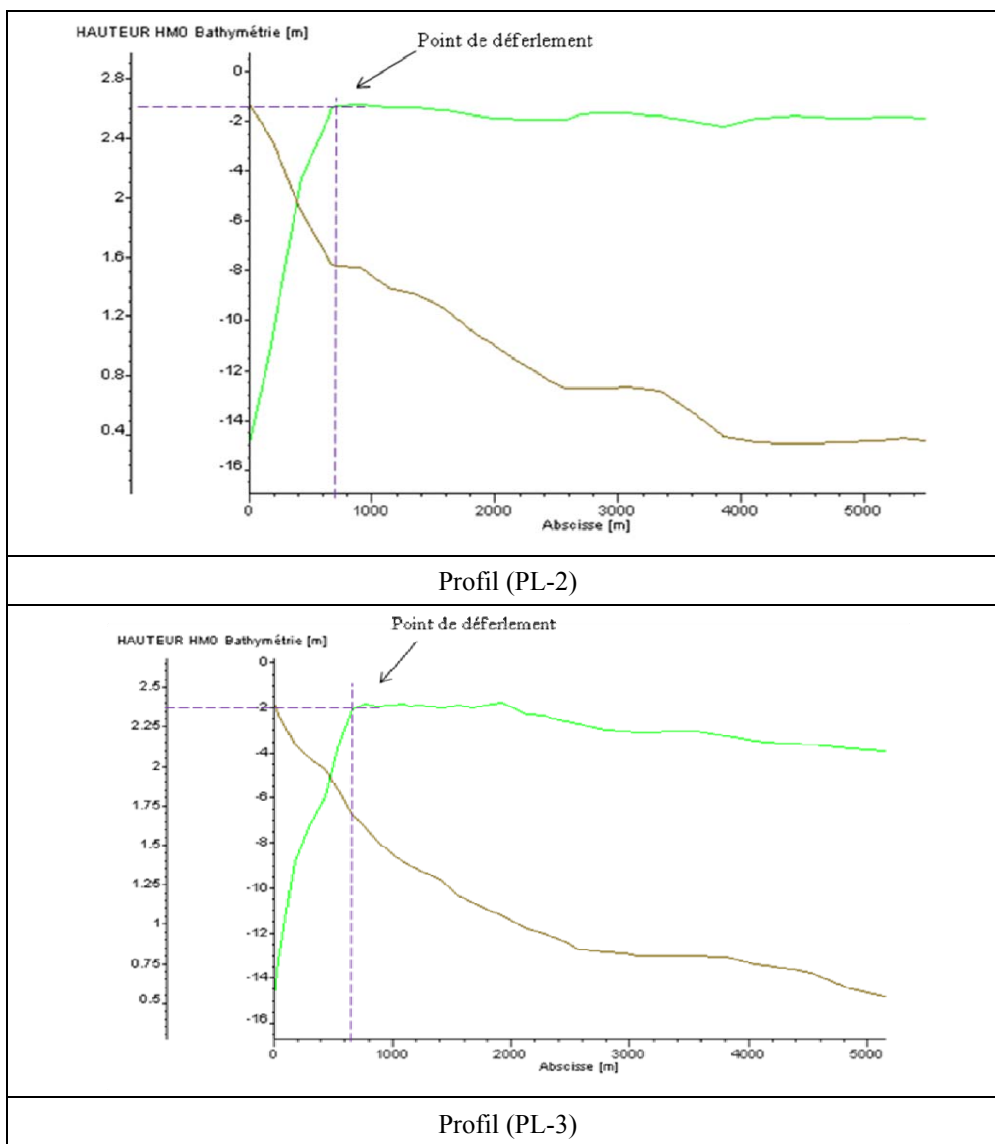


Figure 245 : Variation de la houle au niveau de la flèche de Chaffar

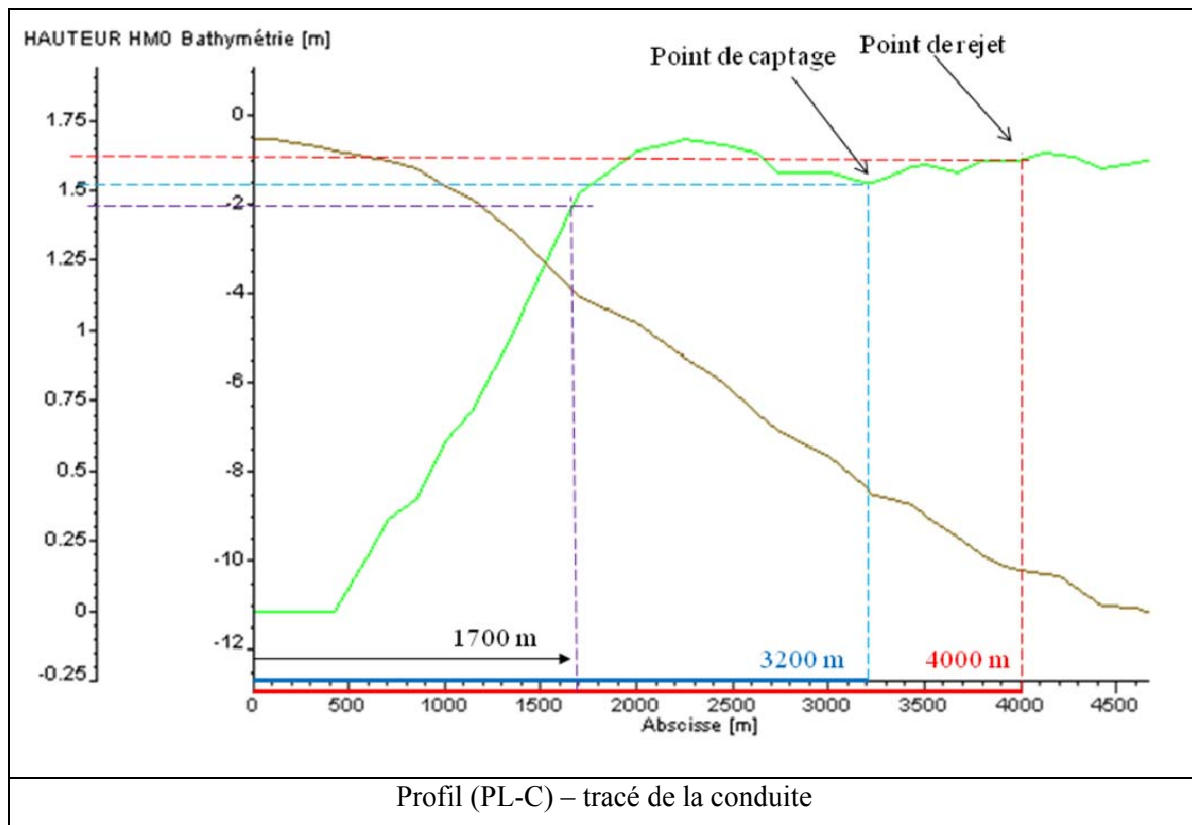


Figure 246 : Variation de la houle au niveau de l'emprise des conduites sous marines

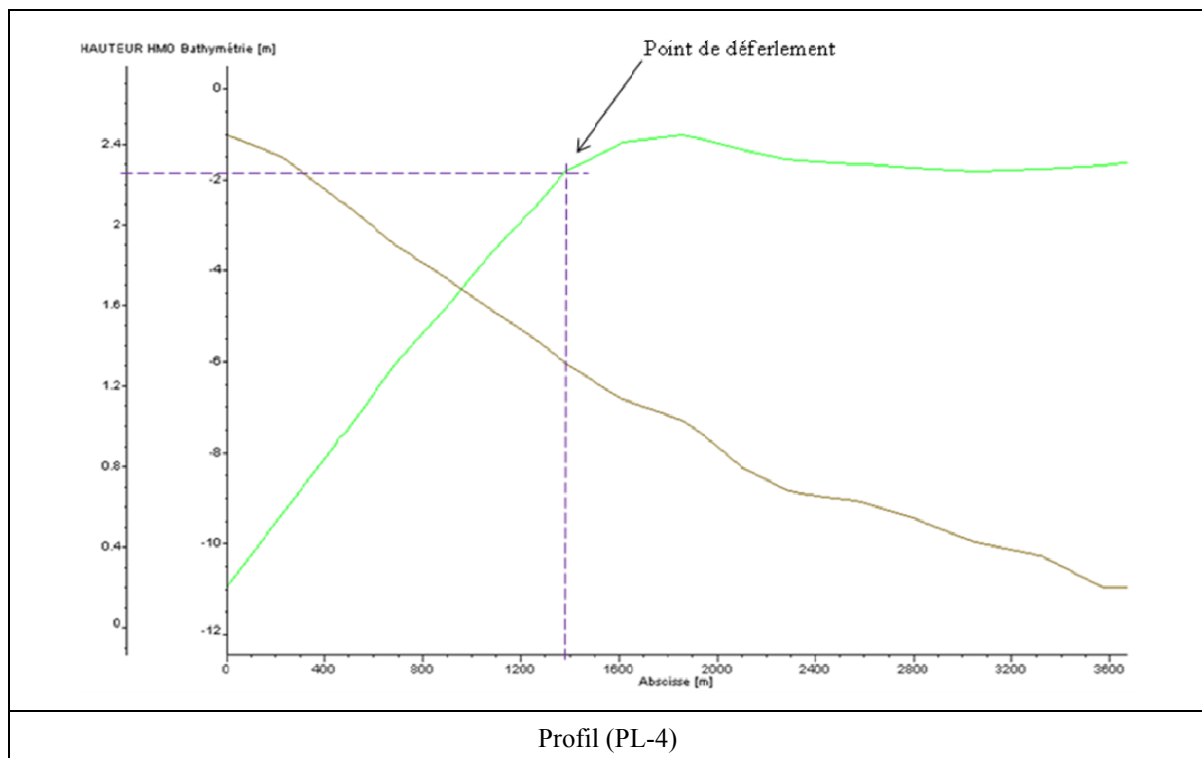


Figure 247: Variation de la houle au niveau au delà de la zone du projet

Tableau 126 : Récapitulatif de l'évolution spatiale du champ de réduction Hs de la houle

Profils	Distance à partir de la côte (m)			Bathymétrie (m)			Valeur approximative de hauteur Hs de la houle (m)		
	Point de déferlement	Point de prise	Point de rejet	Point de déferlement	Point de prise	Point de rejet	Point de déferlement	Point de prise	Point de rejet
PL-1	2180	-	-	-1,5	-	-	3,64	-	-
PL-2	700	-	-	-1,5	-	-	2,6	-	-
PL-3	650	-	-	-2	-	-	2,37	-	-
PL-C	1700	3200	4000	-2	-8,39	-10,27	1,45	1,53	1,65
PL-4	1375	-	-	-1,8	-	-	2,25	-	-

7.3.6 Conclusion

Dans cette partie, nous avons étudié la réfraction de la houle en utilisant le modèle TOMAWAC.

Le domaine choisi pour l'application du modèle couvre un domaine marin allant de la ville de Sfax au nord jusqu'à la ville de El Mahares au Sud. Ce domaine inclue les hauts fonds des îles de Kerkena et Jerba et l'espace maritime entre la côte Sfaxienne et l'île de Kerkena. Il s'étend sur une surface d'environ **4 460 km²**. En mer le domaine présente une profondeur maximale de **-56,3 m**.

Les calculs de la houle, ont été faits pour le mode stationnaire paramétré : la houle est imposée aux limites extérieures du domaine.

Trois directions ont été choisies pour les simulations et qui ont aboutis à des résultats semblables.

- Le phénomène de réfraction est remarquable dans le golfe notamment dans les zones côtières, la zone du projet est assez calme, elle est protégée grâce sa morphologie ainsi qu'à sa bathymétrie.
- La variation de la houle dans le profil a permis de tracer la ligne de déferlement le long de la côte comme suit.

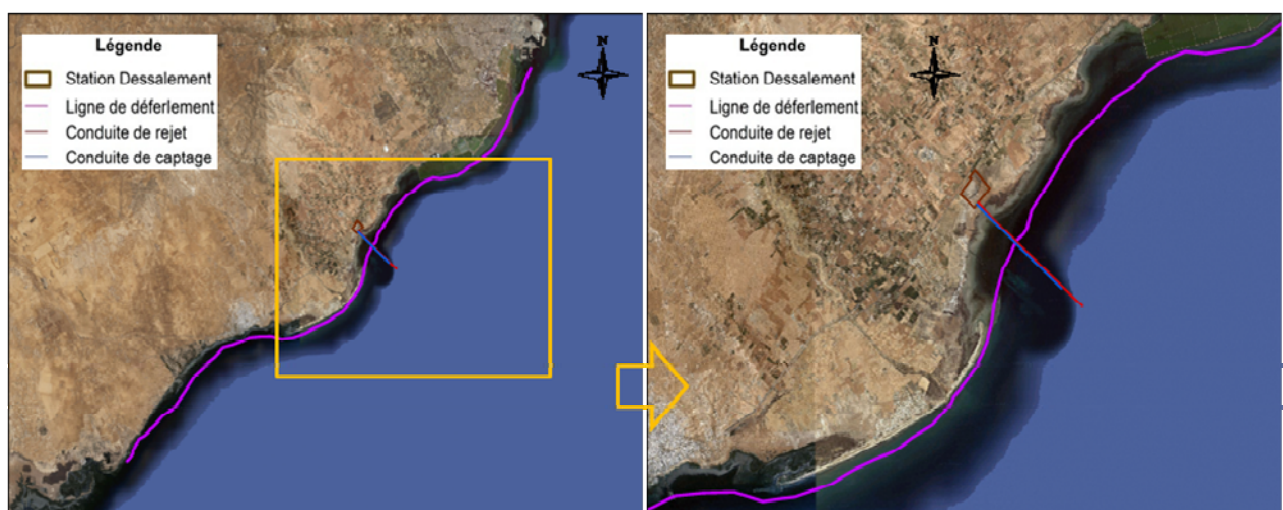


Figure 248 : Ligne de déferlement approximative dans la zone littorale de Sfax-El Mahres

8. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL

8.1 Cadre réglementaire

8.1.1 Cadre réglementaires tunisien

La présente étude d'impact est présentée conformément à la nouvelle **loi 2005-1991 du 11 Juillet 2005**. L'article 6 de cette loi exige la présentation d'un PGE pour ce type de projet classé dans la **liste B (Unité N° 23)** des grands projets nécessitant un délai de trois mois pour l'obtention de l'avis de l'ANPE.

En plus de cette loi, le projet est régi par un certain nombre de textes réglementaires et de lois dont nous présentons, dans ce qui suit, les plus importants :

Le code des eaux : C'est le texte de base de tout projet comportant la gestion de l'eau en Tunisie. L'eau est une ressource de plus en plus rare face aux besoins croissants des populations. Sa conservation est régie, aussi bien aux niveaux quantitatif que qualitatif, par le "Code des Eaux", constitué d'un ensemble de lois et décrets promulgués par la loi n° 75-16 du 31 mars 1975. Le paragraphe 2 de l'article 4 précise que "les actes d'Administration du Domaine Public Hydraulique ne peuvent donner lieu qu'à des dommages et intérêts lorsqu'ils lèsent des intérêts de tiers". Les articles 12 et 14 dans ce Code introduisent la notion de "périmètre d'interdiction" destinés à protéger cette ressource naturelle contre des prélèvements excessifs. Les articles 40 à 51 traitent des servitudes, en particulier des obligations des ayants droit à s'abstenir de tout acte de nature à nuire au bon fonctionnement, à l'entretien et à la conservation de cette ressource. Les articles 57, 58 et 59 traitent du débit d'eau qu'un exploitant peut extraire à partir d'une ressource. Ce débit obéit à des considérations de conservation basées sur des relevés, mesures, observations, statistiques et calculs dont dispose l'Administration. La section 1 du chapitre 7, intitulée "Lutte contre la pollution hydrique", traite des aspects qualitatifs liés au Domaine Public Hydraulique d'une façon générale.

La loi concernant les déchets solides : La loi n° 96-41 du 10 juin 1996 relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et de leur élimination consacre les principes généraux en matière de responsabilité, institue les règles et les normes à respecter, ainsi que les modalités de contrôle de l'Administration.

Norme de rejet dans le milieu hydraulique : Il s'agit du décret N° 85-56 du 2 Janvier 1985 relatif à la réglementation des rejets dans le milieu récepteur. La norme NT. 106.002 (1989) du 20 Juillet 1986 portant homologation de la norme tunisienne relative aux rejets d'effluents dans le milieu hydrique composé des éléments suivants :

- Le Domaine Public Maritime – DPM ;
- Le Domaine Public Hydraulique – DPH ;
- Les canalisations publiques de l'ONAS.

Cette norme fixe les limites de dépassement des concentrations des paramètres physico-chimiques contenus dans les différents types de rejet dans chacun de ces trois éléments du milieu hydrique. Pour le projet concerné, il s'agit du DPM relatif au milieu marin où l'on compte rejeter les eaux de la saumure de la station de dessalement.

8.1.2 Cadre réglementaires international

La législation tunisienne s'étend aux conventions internationales suivantes :

- **Convention Cadre des Nations Unies** sur les Changements Climatiques signée en 1992, lors du sommet de la Terre, à Rio. La Tunisie, qui a ratifié cette Convention le 15 Juillet 1993, a l'obligation de communiquer à la Conférence des Parties, des informations relatives à l'inventaire national des gaz à effet de serre (GES) et un plan d'action d'atténuation des GES et d'adaptation contre les effets adverses du changement climatique.
- **Lignes Directives Relatives aux Considérations Environnementales et Sociales/ JICA, 2010**, ont pour objectif d'encourager les promoteurs de projet à prendre en considération l'impact environnemental et social des projets et de faire en sorte que le soutien apporté par la JICA à ces questions et aux examens y afférant puissent être réalisés correctement.
- **Le Manuel du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE)** (Desalination-Ressource and Guidance Manual for Environmental Impact Assessment) ;
- **L'International Finance Corporation (IFC/Banque Mondiale) ;**
- **La Convention de Barcelone** de 1976, amendée en 1995, et les protocoles élaborés dans le cadre de cette convention visent à réduire la pollution dans la zone de la mer Méditerranée et de protéger et améliorer le milieu marin dans cette zone en vue de contribuer à son développement durable.

D'autres accords et conventions seraient aussi pertinents en termes d'obligation réglementaires de la Tunisie, notamment :

- Protocole « immersions » ; relatif à la prévention de la pollution de la mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs, adopté le 16 Février 1976 à Barcelone. Il a été amendé le 10 Juin 1995.
- Protocole « ZIZC », relatif à la Gestion Intégrée des Zones Côtière de la Méditerranée adopté le 21 Janvier 2008 à Madrid.
- Protocole « ASP et diversité biologique » relatif aux Aires Spécialement Protégées et à la diversité biologique en Méditerranéen adopté le 10 Juin 1995 à Barcelone.
- La conservation de la végétation marine en Mer Méditerranéen (Malte, 1999), relative au plan d'action pour la conservation de la végétation marine en Mer Méditerranéen.
- Protocole « OFFSHORE », relatif à la protection de la mer Méditerranée contre la pollution résultant de l'exploration et de l'exploitation du plateau continental, du fond de la mer et de son sous sol adopté le 14 Octobre 1994.
- Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats de la sauvagine, adoptée à Ramsar (Iran 2 février 1971).
- Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage, adoptée à Bonn le 23 juin 1979 (ratifiée par la loi n°86-63 du 16 juillet 1986).
- Protocole amendant la convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats de la sauvagine, adoptée à Paris 3 décembre 1982.
- Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et de milieu naturel de l'Europe, adoptée à Berne le 19 septembre 1979 (adhésion par la loi n° 75-95 du 7 août 1995).
- Accord sur la conservation des cétacés de la mer noire, de la méditerranée et de la zone atlantique adjacente, adoptée à Monaco le 24 novembre 1996.

8.2 Composantes du projet

Le projet, objet de la présente étude d'impact, comporte les quatre composantes suivantes :

Station de dessalement : La station de dessalement projetée aura une capacité de **200 000 m³/jour**. Le procédé choisi pour le dessalement de l'eau de mer sera l'osmose inverse avec un taux de conversion de l'ordre de **45%**. L'eau dessalée sera à une concentration (TDS) inférieure à 500 mg/l.

La station de dessalement sera implantée sur un terrain de 20 hectares qui comportera les équipements suivants :

- Le bloc principal comportant les filtres à sable, les micro-filtres, la salle des machines et la chassie principale de l'osmose ;
- La tour de contrôle de la station de dessalement ;
- Le bloc de stockage des produits chimiques ;
- La zone de stockage des eaux osmosées ;
- Le bloc administratif ;
- Le bloc de réception de l'énergie électrique ;
- Le bloc comportant la station de pompage des eaux brutes et la bêche de rejet des eaux de la saumure.

Lignes d'alimentation en énergie électrique : La consommation de la station en énergie électrique serait de l'ordre de **40 MW**. L'alimentation sera assurée par des lignes aériennes de **150kV** à partir de la centrale STEG de Thyna-Sfax sur une longueur **15 km** comprenant **40 pylônes**.

Le système de captage et de rejet d'eau de mer : Le captage et le rejet seront effectués par des conduites ensouillées en mer ayant les caractéristiques suivantes :

- *Conduite de captage* : Deux conduites en PEHD de longueur **3 600 m** dont 400 m sont sur terre, diamètre **Ø 2 000 mm** pour assurer un pompage de **444 444 m³/jour** d'eau de mer.
- *Conduite de rejet* : Une conduite en PEHD de longueur **4 400m** dont 400 m sont sur terre, diamètre **Ø 1 800 mm** pour assurer un rejet de **244 444 m³/jour** de saumure en mer.

Le réseau de transfert des eaux de la station de dessalement : Le projet prévoit le raccordement de la station de dessalement au réseau d'alimentation en eau potable de Sfax par la réalisation d'un réseau d'adduction dont les caractéristiques sont les suivantes :

Tableau 127: Caractéristiques techniques des conduites de transfert des AEP de la SD de Sfax

Section	Distance Km	Débit – m ³ /j	Diamètre - mm
Station de dessalement – PK11	26,3	200 000	1400
PK11 – Boumerra	2,9	20 100	400
PK11 – PK10	6,1	147 786	1000
PK 10 – PK 14	4,8	89 986	800
P14 – Sidi Salah	9,4	64 686	800

8.3 Les rejets liquides

Bilan hydraulique de la station : Le débit prélevé à partir de la mer est de **444 444 m³/j** à une salinité de l'ordre de **41 g/l**. Sur ce débit prélevé :

- **200 000 m³/j** (45%) est de l'eau dessalée produite à **500 ppm** (selon les simulations faites cette salinité serait d'environ 350 ppm) ;
- **244 444 m³/j** (55%) de rejet sous forme de saumure à une salinité d'environ **73 g/l**.

Un débit d'environ 7600 m³/h est recyclé de la saumure, pour une durée moyenne de 15 mn par jour, pour le lavage des filtres à sable sous pression, soit un débit journalier de l'ordre de **2000 m³/j** recyclé de la saumure pour le lavage des filtres à sable. Ces eaux de lavage sont enfin recyclées dans l'eau de rejet.

Qualité des eaux de rejet : Selon la qualité des eaux brutes et le procédé de dessalement projeté, la saumure aura la qualité présentée dans le tableau suivant :

Tableau 128: Composition chimique attendue dans la saumure comparée à la norme de rejet en Tunisie

Désignation	unité	Eau de mer brute	Saumure	Norme de rejet en mer NT 106.002
Turbidité	NTU	4.93	négligeable	
Température	°C	14-25		<35°C
pH		8.15	7.66	6,5 à 9
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	400	712	Sans exigence
Magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/l	1516	2699	2 000
Sodium (Na ⁺⁺)	mg/l	12 889	22 820	Sans exigence
Potassium (K ⁺)	mg/l	370	654	1 000
Carbonates (CO ₃ ⁻⁻)	mg/l	0	25	Sans exigence
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	213	368	Sans exigence
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	21 540	41 827	Sans exigence
Sulfates (SO ₄ ⁻⁻)	mg/l	2154	3839	1 000
Nitrates (NO ₃ ⁻⁻)	mg/l	9	15	90
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	-	-	5
Résidu sec (RS)	mg/l	40 500	73.0	Sans exigence
Fer (Fe)	Mg/l	0	0,95	1

Ainsi, à l'exception du Magnésium et des Sulfates dont les concentrations dans l'eau de mer brute sont supérieures à la norme, tous les autres paramètres sont conformes à la norme de rejet en mer.

8.4 Les déchets solides

Période des travaux : Les travaux de construction sont susceptibles d'engendrer des déchets solides qui peuvent être éventuellement:

- Des déchets de décapage de la végétation superficielle d'une surface de l'ordre de 20 hectares du site de la station de dessalement ;
- Des déchets de la couche superficielle décapée (**30 000 m³**) : Il s'agit de la couche de terre agricole décapée sur une surface totale de l'ordre de 20 hectares du site de la station de dessalement;
- Des déchets de matériaux de terrassement des ouvrages souterrains de la station de dessalement (**43 000 m³**). Ces déchets se composent essentiellement de matériaux inertes pouvant être réutilisés comme matériaux de remblais.
- L'excès de déblais des travaux d'excavation et de dragage des conduites sous marines de captage et de rejet (de l'ordre de **545 700 m³**) ;
- L'excès de déblais d'excavation des travaux d'ouverture des fouilles, des travaux de remblayage et des travaux de remise en état des lieux des conduites d'adduction des eaux osmosées. Ces déchets engendrés par les travaux d'ouverture des tranchées sont estimés à environ de **175 000 m³**.

Période d'exploitation : Les déchets solides générés lors de l'exploitation de la station de dessalement comprennent les éléments suivants :

- Des cartouches filtrantes qui sont au nombre de $4 \times 10 \times 410 = 16\,400$ sont renouvelées tout les six mois, soit une consommation annuelle moyenne de 32800 cartouches ayant un volume total de l'ordre de **100 m³ par an**;
- Des modules d'osmose inverse qui sont au nombre de 17 080 sont renouvelés une fois tous les cinq ans, c.à.d. 3416 modules d'osmose inverse sont renouvelés chaque années. Le volume total des modules d'osmoses inverses est de l'ordre de **110 m³ par an** ;

8.5 Échéance et coût de réalisation

Le projet sera financé par un prêt JICA. Il sera divisé en sept lots. Sa mise en œuvre sera réalisée selon les processus recommandés par les directives de la JICA.

La phase de construction englobe la phase d'étude et de conception de tous les lots, les travaux de construction et de montage et les tests d'essai et de mise en service.

La durée prévisionnelle de cette phase est estimée à **87 mois** à partir du mois **Juillet 2017**.

Le montant global du projet est estimé à environ **480 Millions de dinars**.

8.6 Plan de Gestion Environnemental et Social - PGES

8.6.1 Préambule

Les mesures d'atténuation ont été élaborées dans le but d'éviter ou de minimiser les effets environnementaux du projet sur chaque composante de l'environnement prise en compte dans le cadre de la présente EIES. Les mesures d'atténuations seront exécutées, en principe, par l'entreprise lors de la phase de construction et par les services techniques concernés de la SONEDE lors de la phase d'exploitation. La SONEDE sera le vis-à-vis de l'ANPE responsable de la mise en œuvre du présent PGES.

Le Plan de Gestion Environnemental et Social (P.G.E.S) constitue un ensemble d'actions qui seront mises en œuvre en conformité avec la réglementation en vigueur et les exigences en matière de protection de l'environnement aussi bien pendant la phase de construction que de l'exploitation de la station.

Le P.G.E.S est conçu pour faciliter l'organisation, la documentation, la communication, la formation, le contrôle et le suivi de la mise en place et de l'efficacité des actions réductrices, correctives et compensations retenues. Il doit délimiter les responsabilités, identifier et proposer les moyens, les procédures et les techniques et estimer les coûts induits.

Le PGES du projet est présenté sous forme tabulaire dans les pages suivantes. Ces tableaux détaillent les mesures envisagées par le projet pour l'atténuation, le suivi et la gestion des impacts durant ses différentes phases. Le PGES est divisé selon les catégories suivantes:

- Composantes environnementales : composantes du projet qui pourraient être la source d'un impact (pollutions générées, milieu naturel, milieu socioéconomique, etc...);
- Impact sur l'environnement : Désigne l'ensemble des modifications d'une composante environnementale par un projet durant ses différentes phases ;
- Mesures d'atténuation et de compensation: d'une part, des mesures d'atténuation pour minimiser, si nécessaire, les impacts potentiels du projet au cas où l'impact est corrigible, et d'autre part, des mesures de compensation au cas où l'impact n'est pas corrigible;
- Calendrier de mise en œuvre : période à laquelle sera réalisée le PGES ;
- Responsabilité d'application et de suivi: entité chargée de la mise en œuvre des mesures d'atténuation ;
- Coût estimatif : ressources estimée pour la mise en œuvre des mesures d'atténuation.

8.6.2 Plan de Gestion Environnemental et Social durant les travaux

Les tableaux ci-dessous, récapitulent les différentes actions qui seront menées par la SONEDE pour garantir une bonne gestion environnementale et l'application du Plan de Gestion Environnementale et Sociale durant les travaux des différentes composantes de la station de dessalement du Sfax sud.

Tableau 129: Plan de gestion de la composante station de dessalement durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action : mesures d'atténuation et/ou de compensation	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût estimatif
<i>Emissions atmosphériques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Soulèvement de poussières • Dégagements de gaz d'échappement des engins. 	<ul style="list-style-type: none"> • Arroser les zones exposées au vent, les pistes ouvertes et les zones fréquentées par les camions ; • Couvrir les camions qui transportent des matériaux de construction ; • Limiter la vitesse de circulation des engins à l'intérieur du site. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	20 000
<i>Rejets liquides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Des rejets sanitaires de volume de 4 m³/jour ; • Des rejets d'eau de rabattement de la nappe • Des rejets liquides des ateliers d'entretien ; • Des eaux pluviales de drainage. 	<ul style="list-style-type: none"> • Collecter les eaux sanitaires dans une fosse étanche et les transporter vers la station de traitement la plus proche ; • Aménager un bassin de décantation de 2 hectares pour la décantation des MES des eaux de rabattement avant le rejet en mer • Collecter les huiles usagées dans des fûts étanches afin de les évacuer pour recyclage ; • Aménager un réseau de drainage des eaux pluviales vers la mer. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	150 000
<i>Déchets solides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Végétation décapée S= 20 hectares ; • Terres végétale de volume 30 000 m³ ; • Matériaux inertes de terrassement: 43 000m³ ; • Déchets industriels des ateliers d'entretien ; • Déchets organiques alimentaire: 20 Kg/ jour. 	<ul style="list-style-type: none"> • Collecter et transporter les déchets de la végétation superficielle décapée vers la décharge contrôlée ; • Collecter la terre végétale (30 000 m³) dans une aire et la réutiliser pour l'aménagement d'espaces verts ; • Réutiliser les déchets de déblais naturels (43 000m³) pour l'aménagement du terrain jusqu'à la côte du projet; • Collecter et transporter les déchets industriel et organiques vers la décharge contrôlée d'El Gonna à Agareb ; • Collecter et transporter les déchets industriels vers la décharge contrôlée. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	50 000
<i>Bruit et de vibration</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nuisances sonores et vibrations causées par les engins de transport et de terrassements. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place un système d'entretien des engins motorisés pour atténuer les nuisances sonores. 	Avant le démarrage et durant toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	30 000
Total 1 - DT					250 000

Suite Tableau 129 : Plan de gestion de la composante station de dessalement durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Habitats naturels</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Destruction des habitats terrestres sur les 20 hectares de la station de dessalement; • Fuites de la faune mobile vers des zones calmes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduire l'intensité des bruits dans la zone du projet par la limitation de l'utilisation des klaxons et des longues durées de circulation ; 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	-
<i>Hydrologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation provisoire du drainage des eaux pluviales du site de la station de dessalement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place un système de drainage des eaux pluviales du site pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales vers mer et pour éviter les stagnations dans le site du projet. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	20 000
<i>Morphologie et géologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Légère modification temporaire de la topographie du haut de plage suite au nivellement interne du site ; 	Pas de mesures spécifiques			
<i>Paysage</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Changement au niveau de l'aspect paysager suite à la destruction de la végétation du marais maritime dans le site de la station 	<ul style="list-style-type: none"> • Organiser les différents stocks du chantier selon la nature des matériaux; • Adapter la hauteur des stocks à l'intérieur du site à l'environnement existant afin d'éviter le gêne visuel des riverains; • Aménager des zones de dépôt provisoire de déblais excavés pour une réutilisation dans le chantier ; • Restaurer le site du projet à la fin des travaux du chantier. 	Toute la période des travaux et à la fin du chantier	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	80 000
<i>Changements climatiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Impact faible 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôler et entretenir d'une manière périodique les engins motorisés afin de minimiser les émissions de CO2 dans l'atmosphère. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	
Total 2 - DT					100 000

Suite Tableau 129 : Plan de gestion de la composante station de dessalement durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Métiers et activité locale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Création d'emploi local 	<ul style="list-style-type: none"> • Bénéficier la population locale des postes d'emplois qui seront créés durant les travaux du chantier. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	
<i>Infrastructures publiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de la route nationale (RN1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Adopter un plan de circulation pendant la durée des travaux ; • Conserver la circulation libre aux riverains de la route nationale RN1 ; • Mettre en place des dispositifs de sécurité (panneaux de signalisation, etc) ; • Maintenir les voies traversées en état de propreté ; • Informer les usagers de la route nationale RN1. 	Avant le démarrage et durant toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	20 000
<i>Agriculture</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Impact faible sur les parcelles agricoles riveraines. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter la vitesse des engins roulants ; • Arroser en continu les zones exposées au vent, les pistes d'accès au chantier et les zones fréquentées par les camions. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	
<i>Genre</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de l'accès des femmes vers la mer 	<ul style="list-style-type: none"> • Laisser des passages pour les femmes collectrices du coquillage. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	10 000
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nuisance sonore due à la mobilisation et au fonctionnement des équipements • Les accidents éventuels de travail ; • Les vibrations dues aux matériels de travail. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter les heures d'expositions des travailleurs aux bruits ; • Utiliser des engins lourds et légers dont les émissions sonores respectent les textes réglementaires ; • Disposer du matériels de protection individuelle (casques, bouchons d'oreilles, etc....); • Disposer des services médicaux, ainsi des équipements de premier secours en permanence sur le site ; • Mettre en place un plan d'urgence pour les ouvriers sinistrés ; • Mettre en place un système d'évacuation en cas d'accidents ; • Sensibiliser et former les personnels sur les risques des accidents. 	Avant le démarrage et durant toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	50 000
<i>Total 3- DT</i>					80 000

Tableau 130 : Plan de gestion de la composante conduite de transfert en mer durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Emissions atmosphériques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dégagements gazeux des engins motorisés 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place un programme d'entretien des engins et des équipements ; • Contrôler de façon régulière la consommation du carburant. 	Avant le démarrage et durant toute la période de chantier	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	10 000
<i>Rejets liquides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Les rejets sanitaires dans le chantier ; • Les rejets liquides des ateliers de chantier. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place un système de gestion de ces rejets. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	5 000
<i>Déchets solides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Déchets alimentaires de chantier ; • Des déchets industriels des ateliers ; • Des matériaux d'excavation et de dragage 545 700 m³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Collecter et transporter les déchets organiques vers la décharge contrôlée la plus proche ; • Collecter et transporter les déchets industriels vers la décharge contrôlée. • Collecter les matériaux de terrassement (545 700 m³) dans une aire appropriée pour une réutilisation dans le chantier. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	1 500 000
<i>Bruit et de vibration</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nuisances sonores et vibrations 	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer des campagnes d'information afin de préparer la population maritime pour les conditions du travail de chantier. 	Avant le démarrage des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	5 000
<i>Total-4</i>					1 520 000

Suite Tableau 130 : Plan de gestion de la composante conduite de transfert en mer durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Habitats naturels</i>	<p>Impact directs au niveau de l'emprise : Une surface totale sera excavée de 163000 m²:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 8 000 m² de vég. terrestre • 10 000 m² estran palourde • 11 500 m² de Halophila; • 45 320 m² de Cymodocée ; • 82 370 m² de posidonie. <p>Perte d'une biomasse estimée à 18 tonnes pour les feuilles et de 36 tonnes pour les racines.</p> <p>Impacts indirects :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Migration des matériaux solides vers les habitats proches • Fuite des espèces à mobilité fortes 	<ul style="list-style-type: none"> • Réutiliser en partie les matériaux d'excavation de la partie terrestre pour le réaménagement du site • Installer de part et d'autres de l'emprise de pose un écran flottant pour éviter la dispersion des matières en suspension vers les zones adjacentes ; • Réutiliser les matériaux d'excavation pour le remblai des souilles ; • Éviter de poser les matériaux d'excavation sur les herbiers marins ; • Remettre l'emprise de la souille à sa topographie initiale. • Eviter autant que possible la période printanière correspondant à l'essentiel de frai et de développement des espèces ; • Pour les travaux à terre, la période estivale sera plus conseillée ; • Pour les travaux sur l'estran et en rapport avec la campagne de collecte, la Période entre le mois de mai et le mois d'octobre serait adéquate ; • Éviter le travail durant les périodes de mer houleuse. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	1 000 000
<i>Morphologie et géologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Une modification temporaire de la topographie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôler la vitesse de descente et de remontée de la benne ; • Utiliser de barges de transport étanches ; • Interdire de déposer temporairement les matériaux d'excavations de part et d'autre de l'emprise des tranchées ; • Mettre en place des écrans flottants pour éviter la migration des matériaux de dragage vers les zones adjacentes ; • Remblayer les tranchées après la pose des conduites et la remise des fonds à leur topographie initiale avant travaux. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	50 000
<i>Paysage</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Une modification de l'aspect paysager. 	<ul style="list-style-type: none"> • pas de mesures spécifiques à niveau pour cette composante. 			
<i>Changements climatiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Impact faible lié à la consommation des carburants 	<ul style="list-style-type: none"> • Un bon entretien des équipements mécanisés afin de réduire les consommations. 	Toute la période des travaux	idem	30 000
Total 5					1 080 000

Suite Tableau 130: Plan de gestion de la composante conduite de transfert en mer durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Métiers et activité locale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Une perturbation de la pêche à pied ; • Une réduction des aires de pêche côtière ; • Une baisse des revenus des pêcheurs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser des campagnes d'information de la population maritime et du public des zones riveraines ; • Baliser la zone du projet ; • Mettre en place toutes les signalisations nécessaires (nature des travaux, entreprise, maitres de l'ouvrage, durée des travaux, etc.....) ; <p>Mesures compensatoires</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indemniser les femmes collectrices du coquillage ; • Indemniser les pêcheurs de Nakta selon la proportion de l'aire marine colonisée durant les travaux par rapport au champ total de l'activité de la pêche littorale locale. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	SONEDE	1 000 000
<i>Ressources naturelles</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des surfaces des herbiers utilisées comme nurserie pour les poissons. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interdire l'utilisation de tous types d'explosifs en mer pour le dragage ; • Interdire le dépôt des matériaux sur les herbiers ; • Protéger les herbiers adjacents à l'emprise par des écran flottants. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur responsabilité de la SONEDE	-
<i>Infrastructures publiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Une perturbation du trafic maritime 	<ul style="list-style-type: none"> • Concerter avec les divers concessionnaires et autorités locales (BG, OMMP, APAL, APIP, Garde Nationale, etc.) ; 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur responsabilité de la SONEDE	-
<i>Genre</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Population féminine de collecte des palourdes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les mesures d'atténuation pour le genre sont les mêmes présentées pour les métiers et les activités locales. 	durant toute la période de travaux	Entrepreneur responsabilité de la SONEDE	-
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> • L'ouverture des tranchées ; • L'installation des pontons flottants ou la mobilisation des barges ; • Les opérations d'approvisionnement 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place un dispositif sanitaire et des moyens de communication ; • Limiter les heures d'expositions des travailleurs aux bruits ; • Disposer du matériels de sécurité (casques, bouchons d'oreilles, etc....) ; • Mettre à la disposition du personnel un plan d'évacuation sanitaire ; • Mettre à la disposition un moyen d'évacuation en cas d'accidents ; • Sensibiliser et former les personnels sur les risques des accidents ; • Délimiter le périmètre du chantier par balisage ; • Minimiser la durée des tranchées ouvertes afin d'éviter les accidents. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur responsabilité de la SONEDE	20 000
Total 6 – DT					1 020 000

Tableau 131 : Plan de gestion de la composante des conduites de transfert des eaux osmosées durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Emissions atmosphériques</i>	<ul style="list-style-type: none"> Émission de poussières et de gaz d'échappement des engins motorisés. 	<ul style="list-style-type: none"> Limiter la vitesse des engins roulants ; Arroser les zones pistes traversées par les camions transporteurs ; Entretenir d'une manière continue les engins ; Maintenir le moteur en état d'arrêt pendant les stationnements 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	50 000
<i>Rejets liquides</i>	<ul style="list-style-type: none"> Eaux utilisées pour le test hydraulique (120000m³) et de nettoyage de la conduite. 	<ul style="list-style-type: none"> Rejeter les eaux utilisées pour le test hydraulique et les eaux de nettoyage des conduites dans un oued ou dans le réseau des eaux pluviales s'il existe ; Eliminer les éventuels dépôts solides dans les conduites ; 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	20 000
<i>Déchets solides</i>	<ul style="list-style-type: none"> Déchets de déblais d'excavation des fouilles de pose (175 000m³) ; Déchets de consommations du chantier ; Déchets de construction du chantier. 	<ul style="list-style-type: none"> Mettre en place un système de gestion approprié pour la gestion des matériaux de terrassement des tranchées des conduites Stocker provisoirement les déblais sans que ces derniers puissent gêner la circulation des eaux, le trafic routier et le passage des riverains ; Réutiliser les déblais excavés (300 000 m³) pour le remblayage de la tranchée des conduites enfouies ; Procéder les travaux par petit tronçon pour éviter les longues accumulations des déblais sur les pistes et routes existantes ; Réutiliser les déblais excédentaires (175 000 m³) pour le réaménagement du site de la station de dessalement jusqu'à la côte du projet ; Collecter et évacuer les déchets de construction et divers autres déchets (morceaux de conduites, chutes ferrailles, etc.....) vers la décharge. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	50 000
<i>Bruit et de vibration</i>	<ul style="list-style-type: none"> Les bruits et vibrations des engins motorisés. 	<ul style="list-style-type: none"> Mettre en place un plan de circulation et un système d'entretien des engins Limiter les séances de travail entre 7H et 19H ; Utiliser les équipements les moins bruyants ; Éviter le rapprochement des engins vibrant aux constructions ; Veiller à ce que les camions et les engins circulent à une faible vitesse. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	
Total 7 - DT					120 000

Suite Tableau 131 : Plan de gestion de la composante des conduites de transfert des eaux osmosées durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Habitats naturels</i>	<ul style="list-style-type: none"> Des impacts minimes sur la faune des marais et des oueds traversés par la conduite. 	<ul style="list-style-type: none"> Collecter et évacuer la végétation superficielle décapée (salicornes) vers la décharge contrôlée ; Stocker et réutiliser la terre végétale superficielle des tronçons de marais maritime pour l'aménagement d'espaces verts dans le site de la station 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	10 000
<i>Hydrologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> 8 points de croisement avec des oueds et écoulement d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> Toutes les traversées des oueds seront effectuées en mode de siphonage par pose à ciel ouverts. 	Durant les traversées des oueds	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	-
<i>Morphologie et géologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> Un éventuel risque d'affaissement du sol durant les travaux d'ouverture des tranchées. 	<ul style="list-style-type: none"> Restaurer les emprises d'intervention avec le rétablissement du profil original de la topographie des sols. 	Fin travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	-
<i>Paysage</i>	<ul style="list-style-type: none"> gêne temporaire du paysage. 	<ul style="list-style-type: none"> Poser provisoirement les matériaux excavés de part et d'autre de l'emprise pour être réutilisés pour le remblayage des tranchées et pour le réaménagement du terrain du site de la station de dessalement ; Limiter la hauteur des stocks provisoires de déblais afin d'éviter la gêne visuel ; Évacuer les déchets impropres vers la décharge la plus proche ; Restaurer et nettoyer les emprises à la fin du chantier. 	Toute la période des travaux et fin travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	150 000
<i>Changements climatiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> Impacts Minimales 	<ul style="list-style-type: none"> Mettre en place un système de contrôle et d'entretien des engins motorisés afin de minimiser les émissions de CO2 dans l'atmosphère. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	
Total - 8					160 000

Suite Tableau 131 : Plan de gestion de la composante des conduites de transfert des eaux osmosées durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Métiers et activité locale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Une perturbation des activités locales des usagers des routes et la population limitrophe. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborer un plan de circulation au niveau des routes principales en concertation avec les autorités locales ; • Installer des panneaux de signalisation et d'information ; • Baliser les aires des travaux ; • Limiter la vitesse des engins sur les sites des travaux ; • Interdire le dépôt des matériaux excavés du côté des routes ; • Arroser régulièrement les pistes empruntées par les engins. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	30 000
<i>Ressources naturelles</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'eau à partir des ressources potables pour le test et le nettoyage des conduites. 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimiser les quantités utilisées pour éviter gaspillage des ressources potables. 	Période de test hydraulique	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	
<i>Infrastructures publiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 29 points de croisement de routes et d'infrastructures publiques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Traverser Toutes les infrastructures publiques (routes et chemin de fer) par la technique de fonçage ; • Concerter avec les autorités locales (garde nationale, équipement, etc....) de la zone du projet durant la période d'exécution ; • Baliser la zone du projet par des panneaux de signalisation et d'information sur le projet ; • Etablir un plan de circulation en concertation avec les autorités locales ; • Avancer par petit tronçons durant les travaux; • Respecter la capacité portante des routes et la réparation des dégâts causés durant travaux ; • Concerter avec la garde nationale pour la gestion de la circulation routière durant les travaux. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	100 000
<i>Agriculture</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Émissions de poussières pouvant gêner les champs d'oliviers adjacents à l'emprise. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter la vitesse des engins roulants ; • Arroser les pistes traversées par les engins roulants ; • Entretien des engins pour optimiser les échappements de combustion ; • Maintenir les moteurs en d'arrêt pendant les stationnements prolongés. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	10 000

Suite Tableau 131 : Plan de gestion de la composante des conduites de transfert des eaux osmosées durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Genre</i>	<ul style="list-style-type: none"> Impacts Minimales 	<ul style="list-style-type: none"> Respecter les passages et les accès des femmes qui traversent la zone pour accéder à l'estran pour la collecte des coquillages. 	Toute la période de chantier	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> Nuisances dues aux éventuels accidents de travail. 	<ul style="list-style-type: none"> limiter les heures d'expositions des travailleurs aux bruits ; Renforcer la sécurité des travailleurs par l'établissement d'un plan d'intervention d'urgence ; Utiliser des engins lourds et légers dont les émissions sonores respectent les textes réglementaires ; Disposer du matériels de protection individuelle (casques, bouchons d'oreilles, etc....) afin de pouvoir travailler dans des conditions sécurisantes ; Disposer des services médicaux, ainsi que des équipements de premier secours en permanence sur le site ; Mettre à la disposition du personnel un plan d'évacuation sanitaire en cas de blessées ou maladies ; Sensibiliser et former les personnels sur les risques des accidents ; Délimiter le périmètre du chantier par balisage ; Minimiser la durée des tranchées ouvertes afin d'éviter les accidents. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la SONEDE	20 000
Total 9					160 000

Tableau 132 : Plan de gestion de la composante des lignes d'alimentation en énergie électrique durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Emissions atmosphériques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Émission de poussières ; • Dégagements des gaz d'échappement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Arroser les pistes fréquentées par les camions ; • Couvrir les camions qui transportent des matériaux de construction ; • Limiter la vitesse de circulation des engins à l'intérieur du site. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la STEG	10 000
<i>Déchets solides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Déchets industriels de chutes et de restes de câbles, des ferrailles, etc... 	<ul style="list-style-type: none"> • Collecter et stocker ces rejets dans des aires étanches puis les évacuer vers des décharges autorisées. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la STEG	10 000
<i>Bruit et de vibration</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nuisances sonores causées par les engins motorisés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser, dans la mesure du possible, les équipements les moins bruyants ; • Élaborer un programme d'entretien des équipements du chantier ; • Limiter les séances de travail entre 7h et 19h ; • Former et informer les travailleurs pour utiliser correctement les équipements du chantier afin de réduire au minimum le bruit et la vibration. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la STEG	-
<i>Habitats naturels</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Impact très faible sur les habitats 	<ul style="list-style-type: none"> • Interdire les déversements des carburants et huiles et des divers déchets ; • Limiter la vitesse de la circulation dans les terrains agricoles ; • Éviter la circulation des engins sur la végétation riveraine ; • Sensibiliser et former les ouvriers pour utiliser correctement les équipements du chantier afin de réduire le dérangement de la faune. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la STEG	
<i>Paysage</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Gênes légers de l'aspect paysager durant les travaux. 	<ul style="list-style-type: none"> • Évacuer les déblais excédentaires vers la décharge la plus proche ; • Restaurer et nettoyer le site de projet en fin des travaux du chantier. 	Toute la période des travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la STEG	15 000
Total - 10					35 000

Suite Tableau 132 : Plan de gestion de la composante des lignes d'alimentation en énergie électrique durant les travaux

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Métiers et activité locale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité d'une perturbation de l'activité des agriculteurs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibiliser et informer la population locales ; • Optimiser le tracé afin de minimiser le dérangement des gens ; • Engager l'entrepreneur pour respecter au mieux les zones des cultures, et à minimiser les dégradations dans les champs non encore récoltés ; • Rembourser l'exploitant sur la base du prix du marché pour toute destruction des terres cultivées ; • Interdire d'utiliser les terres cultivées pour l'accès au chantier ou le stockage des matériels. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la STEG	10 000
<i>Infrastructures publiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 7 points de croisement de routes et chemins de fer ; • Risque de perturbation du trafic routier et ferroviaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informer les autorités locales (garde nationale, équipement, etc....) de la zone du projet et de la période d'exécution ; • Baliser la zone du projet par des panneaux de signalisation et information ; • Etablir un plan de circulation en accord avec les autorités locales ; • Préparer un planning des travaux de montage des câbles afin d'éviter les risques des accidents avec les usagers des routes ; • Concerter avec la garde nationale d'intervenir pour gérer la circulation durant les travaux de montage des câbles. 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la STEG	5 000
<i>Agriculture</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbation temporaire de l'activité agricole 	<ul style="list-style-type: none"> • Éviter tout arrachage d'arbres fruitier ; • Mesure de compensation pour les terrains occupés par les 40 pylônes. 	Toute la période des travaux	responsabilité de la STEG	50 000
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> • L'ouverture des fouilles pour des pylônes ; • L'assemblage et levage des pylônes ; • La mise en place des câbles sur pince. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser avant le démarrage des travaux, une campagne de sensibilisation et d'information de la population sur le projet et la durée d'exécution ; • Sensibiliser et informer le personnel de chantier des risques éventuels de sécurité pendant le chantier ; • Equiper le personnel par des équipements de sécurité; • Délimiter le périmètre du chantier par balisage ; • Renforcer les moyens de contrôle dans les zones urbanisées • Eviter les chutes de ferraille et les pertes des déblais 	Avant le démarrage et durant toute la période de travaux	Entrepreneur sous la responsabilité de la STEG	5 000
Total - 11					70 000

8.6.3 Plan de Gestion Environnemental et Social durant l'exploitation

Tableau 133 : Plan de gestion de la composante station de dessalement durant l'exploitation

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût - DT/an
<i>Rejets liquides</i>	<ul style="list-style-type: none"> Les eaux domestiques (2m³/jour) La saumure (244 444 m³/jour) incluant les eaux de lavage des filtres (4000 m³/jour) 	<ul style="list-style-type: none"> Réaliser un émissaire d'éloignement de ce rejet vers l'isobathe -10 m NGT cad à une distance de 4000m à partir de la côte ; Recycler les eaux de lavage des filtres dans la saumure et la rejeter avec un émissaire en mer ; collecter les eaux sanitaires dans une fosse septique et les transporter par camions-citernes vers la station d'épuration 	Durant l'exploitation	SONEDE	-
<i>Déchets solides</i>	<ul style="list-style-type: none"> Génération de 32800 cartouches usées d'un volume total de l'ordre de 100 m³ ; Génération de 3416 modules d'osmose d'un volume total de l'ordre de 110 m³ ; Divers déchets classiques industriels de la station et des bureaux 	<ul style="list-style-type: none"> Collecter les cartouches filtrantes (100 m³/an) et les modules d'osmose inverse (110 m³/an) dans des bacs puis les transporter vers la décharge contrôlée de Sfax. Collecter les déchets industriels et de bureau dans des bacs puis les transporter vers la décharge contrôlée de Sfax. 	Durant l'exploitation	SONEDE	50 000
<i>Bruit et de vibration</i>	<ul style="list-style-type: none"> Bruits émis par les moteurs des pompes du bloc d'osmose et de la station de pompage 	<ul style="list-style-type: none"> Équiper tous les moteurs des pompes par des casques d'isolation pour éviter l'émission des bruits. 	Avant l'exploitation	SONEDE	-
<i>Paysage et morphologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> La station devient l'élément dominant dans le paysage global de la zone 	<ul style="list-style-type: none"> Rehausser le site du Terrain à la côte moyenne +2,6 m NGT pour prévoir l'élévation du niveau de la mer induit par les CC; Aménager le site de la station de dessalement avec des espaces verts qui s'adaptent avec la région par exemple la plantation des oliviers dans le site. 	Période des travaux et avant l'exploitation	SONEDE	-
<i>Changements climatiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> Emissions des gaz à effet de serre 	<ul style="list-style-type: none"> Réaliser des audits énergétiques périodiques afin de minimiser la consommation d'énergies ; Réaliser des entretiens périodiques des équipements pour optimiser la consommation de l'énergie. 	Durant l'exploitation	SONEDE	10 000

Suite Tableau 133 : Plan de gestion de la composante station de dessalement durant l'exploitation

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Métiers et activité locale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Création de certains nombre d'emplois 	<ul style="list-style-type: none"> • Bénéficier la population local de Nakta pour le recrutement du personnel permanent de l'exploitation de la station de dessalement. 	Durant l'exploitation	SONEDE	
<i>Ressources naturelles</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Le projet va renforcer les ressources potables et par suite le soulagement de la surexploitation des ressources en eaux souterraines 	<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir un programme de contrôle des fuites et des pertes éventuelles de la ressource. 	Durant l'exploitation	SONEDE	
<i>Agriculture</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Souplesse pour l'utilisation des eaux de la nappe phréatique ou des eaux de la nappe profonde. 	Pas de mesures spécifiques			
<i>Industrie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Production supplémentaire de l'énergie • Importation des produits chimiques et des membranes 	Pas de mesures spécifiques			
<i>Tourisme</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Impact positif pour le tourisme 	Pas de mesures spécifiques			
<i>Genre</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Impact positif sur la condition de la femme 	<ul style="list-style-type: none"> • Bénéficier les femmes de la zone locale pour les poste d'emploi permanent. 	Durant l'exploitation	SONEDE	
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Impact positif sur la santé et hygiène 	<ul style="list-style-type: none"> • La SONEDE dispose d'un programme continue pour le contrôle de la qualité des eaux potables produites. • La qualité des eaux potables devrait être conforme aux normes de l'OMS. • Mettre en place un système d'évacuation en cas d'accidents ; • Sensibiliser et former les personnels sur les risques des accidents 	Durant l'exploitation	SONEDE	

Tableau 134 : Plan de gestion de la composante conduites de transferts en mer durant l'exploitation

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Rejets liquides</i>	<ul style="list-style-type: none"> Les saumures seront rejetées en mer avec un débit de 244444 m³/j et une salinité d'environ 73 g/l. 	<ul style="list-style-type: none"> L'émissaire en lui-même constitue une mesure d'atténuation 	Durant l'exploitation	SONEDE	
<i>Habitats naturels</i>	<ul style="list-style-type: none"> La faune pélagique mobile va passer dans les conduites de captage ; Le plancton peut être entraîné dans la tour de prise et passer dans les conduites Une perturbation de la croissance des posidonies avec une concentration supérieure à 46 g/l ; Les espèces à mobilité faible seront touchées 	<ul style="list-style-type: none"> Rejeter la saumure par le biais d'un diffuseur (conduite munie de plusieurs orifices) de 50 m de long, qui sera placé à l'extrémité de l'émissaire de 4000 m de long à partir de la côte. Il sera muni de 21 orifices Ø250 mm, faisant un angle de 45° avec l'horizontale et orientés, alternativement, vers le Sud et vers le Nord. 	Durant l'exploitation	SONEDE	-
<i>Hydrologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> Un jet d'eau vertical de la saumure qui fait varier la vitesse verticale de l'eau Une chute du jet dans la direction du courant Un panache de saumure dans la direction du courant marin 	<ul style="list-style-type: none"> Les diffuseurs présentés ci-dessus vont contribuer bien évidemment à améliorer la dilution de paramètres hydrologiques (pH, Oxygène, etc...). 	Durant l'exploitation	SONEDE	-
<i>Morphologie et géologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> Création d'un nouveau substratum au niveau de l'emprise des conduites. 	Pas de mesures spécifiques			-
<i>Paysage</i>	<ul style="list-style-type: none"> Une modification du paysage sous marin 	Pas de mesures spécifiques			-

Suite Tableau 134 : Plan de gestion de la composante conduite de transferts en mer durant l'exploitation

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Métiers et activité locale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction minimale de l'aire d'activité de la pêche au niveau de la tour de prise et des diffuseurs de rejet ; • Perturbation du transport maritime 	<ul style="list-style-type: none"> • Balisage des zones d'implantation de la tour de prise et des diffuseurs de rejet 	Durant l'exploitation	SONEDE	
<i>Ressources naturelles</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Entrainement de quantités de plancton qui représente une source d'alimentation des poissons ; • Entrainement de petits poissons dans la tour de prise 	<ul style="list-style-type: none"> • Équipement de la tour de prise par des crépines évitant l'entrée des poissons <p>Mesure compensatoire</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réalisation d'un ou de deux villages de récifs pouvant contribuer à la fois à la protection des ressources et aussi à la protection des équipements projetés. 	Durant les travaux et durant l'exploitation	SONEDE	1000 0000

Tableau 135 : Plan de gestion de la composante conduite de transferts des eaux osmosées durant l'exploitation

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Emissions atmosphériques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Impact minime 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de mesures spécifiques 	Toute la période de chantier	SONEDE	-
<i>Rejets liquides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Risque des fuites d'eau (cassures) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place un plan d'entretien et de contrôle continu des fuites et des cassures accidentelles ; • Mettre en place un plan d'intervention rapide en cas d'une fuite accidentelle dans les réseaux d'adduction des eaux potables. 	Durant l'exploitation	SONEDE	-
<i>Infrastructures publiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Des éventuelles fuites entraîneront des dégâts sur les infrastructures existantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place un plan de détection des fuites ; • Élaborer un plan d'intervention rapide en cas d'une fuite accidentelle ; • Contrôler la pression dans les conduites d'adduction ; • Suivre l'évolution du rendement du réseau ; • Réparer les infrastructures publiques touchées par les fuites accidentelles. 	Durant l'exploitation	SONEDE	-
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de non-conformité aux normes de potabilité 	<ul style="list-style-type: none"> • La SONEDE dispose d'un plan de contrôle continue de la qualité des eaux de boisson en conformité avec la norme. Ce plan sera appliqué pour la nouvelle ressource introduite de la part de la nouvelle station de dessalement. 	Durant l'exploitation	SONEDE	-

Tableau 136 : Plan de gestion de la composante des lignes d'alimentation en énergie électrique durant l'exploitation

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Bruit et de vibration</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vibrations et des bruits sous forme de sifflements (générés par des vents forts) 	<ul style="list-style-type: none"> • Equiper toutes les chaines de suspension des conducteurs et des câbles de garde des bretelles antivibratoires qui jouent le rôle d'amortisseurs. Ainsi lors des fortes rafales de vents, les vibrations et les bruits de sifflements seraient considérablement réduits. 	Durant les travaux	STEG	-
<i>Habitats naturels</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de percussion d'avifaunes sur les lignes électrique haute tension 	<ul style="list-style-type: none"> • Equiper les pylônes par des spirales ou des boules posées sur les câbles • Equiper les pylônes par des silhouettes artificielles de rapace ; • Equiper les pylônes par des perchoirs artificiels ; • Equiper les pylônes par des nids pour assurer une nidification. 	Durant les travaux	STEG sous la responsabilité de la SONEDE	50 000
<i>Paysage</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Elément d'incohérence dans le paysage naturel 	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir le design adéquat de pylône qui s'intègre avec la nature ; • Exploiter au mieux la capacité d'absorption / d'insertion du paysage ; • Choisir la distance optimale entre les pylônes; • Aligner les pylônes d'une manière rectiligne pour la beauté du paysage ; • Homogénéiser les supports ; • Peindre les pylônes par la couleur qui s'adapte au mieux avec la nature. 	Durant les travaux	STEG sous la responsabilité de la SONEDE	20 000
<i>Changements climatiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Emissions de CO2 dans l'atmosphère 	<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer des entretiens périodiques des équipements afin de limiter la consommation et d'optimiser la combustion. 	Durant l'exploitation	STEG sous la responsabilité de la SONEDE	-

Suite Tableau précédent : Plan de gestion de la composante des lignes d'alimentation en énergie électrique durant l'exploitation

Composante environnementale	Impact	Plan d'action	Calendrier de mise en œuvre	Responsable	Coût
<i>Métiers et activité locale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Gêne pour l'exploitation agricole 	<ul style="list-style-type: none"> • Il n'y aurait pas des mesures spécifiques à ce niveau. 		STEG sous la responsabilité de la SONEDE	
<i>Infrastructures publiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de l'endommagement des équipements des lignes électriques 	<ul style="list-style-type: none"> • La STEG dispose d'un plan d'urgence très efficace de gestion des divers accidents de ses équipements. Ce plan sera appliqué pour les lignes électriques du présent projet. 	Durant l'exploitation	STEG sous la responsabilité de la SONEDE	
<i>Agriculture</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Impact minimes au niveau de l'occupation des sols par les pylônes 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de mesures spécifiques 		STEG sous la responsabilité de la SONEDE	
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Risque des rayonnements électromagnétique • Risque d'électrocution • Risque des accidents mécaniques • Risque des accidents d'incendie 	<ul style="list-style-type: none"> • Monter des plaques de signalisation au niveau de tous les pylônes à une hauteur adéquate portant la mention « Danger de mort ». • Peindre tous les pylônes selon les normes standards pour éviter les éventuels risques de trafic; • Poser des balises lumineuses sur tous les pylônes ; • Mettre en place un plan de contrôle et de suivi de la zone de servitude des lignes électriques afin d'interdire toute construction dans cette zone d'emprise ; • Mettre en place un plan d'urgence et de prévention des risques et d'intervention; • Mener des campagnes de sensibilisation avec la population locales en vue d'adapter leur activité avec la présence des lignes électriques. 	Durant les travaux et l'exploitation	STEG	50 000

8.6.4 Plan de Surveillance et de Suivi Environnemental

Les mesures d'atténuation environnementale et sociale proposées dans le cadre de l'EIES feront l'objet d'une surveillance afin d'assurer qu'elles sont bien mises en place et respectées au cours de la réalisation du projet. La surveillance environnementale a ainsi pour objectif de contrôler, d'une part, la bonne exécution des activités des travaux pendant toute la durée, et d'autre part, le respect des engagements environnementaux pris par les parties concernées.

Le suivi environnemental consiste à observer l'évolution des composantes environnementales afin de vérifier l'efficacité des mesures environnementales. Le suivi environnemental comportera l'évolution de l'état de l'environnement, notamment les éléments sensibles ainsi que les activités d'exploitation significatives, à partir d'indicateurs environnementaux et ce, pendant la durée du projet.

Le plan de surveillance et de suivi environnemental vise principalement le respect des éléments suivants :

- Lois et règlements pertinents ;
- Conditions fixées par les autorités réglementaires ;
- Engagements auprès des autorités locales ;
- Le plan d'action prévu par la présente étude d'impact sur l'environnement.

Plusieurs types de rapports seront élaborés durant l'application du PGES relatif au projet de réalisation de la station de dessalement de Sfax sud. Ils ont pour objectifs une évaluation pertinente des travaux et de la situation environnementale du site de projet. Un résumé des observations effectuées, des résultats obtenus et des conclusions et recommandations émises dans le cadre de ce programme seront consignés dans ces rapports. Le maître de l'ouvrage informera l'ANPE de tous les changements effectués lors des travaux aussi bien au niveau de la conception du projet que de la procédure d'exécution des travaux. Les changements les plus importants feront l'objet de notices complémentaires d'impact sur l'environnement pour avis de l'ANPE.

Les résultats seront consignés dans (tableau 137 ci-dessous):

- des rapports mensuels ;
- des rapports trimestriels et ;
- des rapports annuels.

A la fin du projet, le maître de l'ouvrage établira, pour l'ANPE, un rapport final précisant le bilan des réalisations des actions environnementales ainsi que tous les changements effectués et qui n'ont pas été mentionnés dans le rapport.

Le Plan de Surveillance et de Suivi Environnemental de la station de dessalement de Sfax comportera deux composantes :

- Un plan de Surveillance et de Suivi Environnemental pendant les travaux ;
- Un plan de Surveillance et de Suivi Environnemental pendant l'exploitation.

Les tableaux suivants résument les exigences en matière de surveillance et de suivi pendant les phases de construction et d'exploitation du projet.

Tableau 137 : Plan de contrôle et de suivi de la composante station de dessalement durant les travaux

Composante environnementale	Paramètre de Suivi	Localisation	Type de contrôle	Fréquence	Coût estimatif	Moyen de contrôle
<i>Emissions atmosphériques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Poussières 	<ul style="list-style-type: none"> • Air ambiant 	<ul style="list-style-type: none"> • Observation visuelle 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel
<i>Rejets liquides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des déchets liquides 	<ul style="list-style-type: none"> • Fosses septiques étanche ; • Fûts étanche ; • Point de déversement en mer après décantation bassins 	<ul style="list-style-type: none"> • Vérification de l'étanchéité des fosses • Vérification de la présence des futs ; • Prélèvement d'échantillon pour analyse MES du rejet en mer du bassin de décantation 	<ul style="list-style-type: none"> • mensuelle • hebdomadaire • hebdomadaire 	10 000	Rapport mensuel Rapport trimestriel Rapport annuel
<i>Déchets solides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des déchets solides 	<ul style="list-style-type: none"> • Zones des stockages des matériaux collectés durant les travaux de construction de la station de dessalement 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • hebdomadaire 	-	Rapport trimestriel
<i>Bruit et de vibration</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit 	<ul style="list-style-type: none"> • Les différentes sources de bruits 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • hebdomadaire 	-	Rapport trimestriel
<i>Hydrologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • drainage des eaux pluviales 	<ul style="list-style-type: none"> • Point de rejet en mer 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • hebdomadaire 	-	Rapport trimestriel
<i>Paysage</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Etat du terrain 	<ul style="list-style-type: none"> • Site du chantier 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • hebdomadaire 	-	Rapport trimestriel
<i>Métiers et activité locale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Emploi local 	<ul style="list-style-type: none"> • Zone du projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • hebdomadaire 	-	Rapport trimestriel
<i>Infrastructures publiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Trafic routier 	<ul style="list-style-type: none"> • Zone du projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • hebdomadaire 	-	Rapport trimestriel
<i>Agriculture</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Poussières 	<ul style="list-style-type: none"> • Proche des terrains agricoles 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • hebdomadaire 	-	Rapport trimestriel
<i>Genre</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Accès des femmes vers la mer 	<ul style="list-style-type: none"> • Zone du projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • hebdomadaire 	-	Rapport trimestriel
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nuisance sonore ; • Les vibrations 	<ul style="list-style-type: none"> • Zone du projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • Quotidien 	-	Rapport trimestriel

Tableau 138 : Plan de contrôle et de suivi de la composante conduite de transfert en mer durant les travaux

Composante environnementale	Paramètre de Suivi	Localisation	Type de contrôle	Fréquence	Coût estimatif	Moyen de contrôle
<i>Emissions atmosphériques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Poussières 	<ul style="list-style-type: none"> • Engins de dragage 	<ul style="list-style-type: none"> • Observation visuelle 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel
<i>Rejets liquides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des rejets liquides 	<ul style="list-style-type: none"> • Fosses septiques étanche ; • Fûts étanche ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Observation visuelle 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel
<i>Déchets solides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité des matériaux de dragage 	<ul style="list-style-type: none"> • Zone d'excavation au niveau de l'emprise des conduites sous marines 	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluation de la quantité des matériaux dragués et zone de dépôt • Prélèvement d'échantillons de matériaux dragués ; • Analyse physico-chimiques des sédiments dragués 	<ul style="list-style-type: none"> • hebdomadaire 	50 000	Rapport mensuel Rapport trimestriel Rapport annuel
<i>Bruit et de vibration</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit 	<ul style="list-style-type: none"> • Engins de dragage 	<ul style="list-style-type: none"> • Observation visuelle 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel
<i>Habitats naturels</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Couvert végétal • Qualité des eaux marines • Qualité sédiments marins 	<ul style="list-style-type: none"> • Zones adjacentes à l'emprise des conduites sous marines 	<ul style="list-style-type: none"> • Observation de l'état des herbiers ; • Prélèvement et analyse des eaux ; • Prélèvement et analyse des sédiments 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /mois • 2 fois /mois • 1 fois / trimestre 	250 000	Rapport mensuel Rapport trimestriel Rapport annuel
<i>Métiers et activité locale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Indemnisations des pêcheurs et femmes collectrices de coquillage 	<ul style="list-style-type: none"> • Zone du projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôler la procédure d'indemnisation 	2 fois/durée du projet	-	Rapport annuel
<i>Infrastructures publiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Trafic maritime 	<ul style="list-style-type: none"> • Zone du projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Observation visuelle 	hebdomadaire	-	Rapport annuel
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> • État du chantier ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Zone du projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	hebdomadaire	-	Rapport annuel

Tableau 139 : Plan de contrôle et de suivi de la composante des conduites de transfert des eaux osmosées durant les travaux

Composante environnementale	Paramètre de Suivi	Localisation	Type de contrôle	Fréquence	Coût estimatif	Moyen de contrôle
<i>Emissions atmosphériques</i>	• Poussières	• Emprise des conduites	• Observation visuelle	• 1 fois /semaine	-	Rapport trimestriel
<i>Rejets liquides</i>	• Eaux de test hydraulique	• Conduites d'adduction	• Observation visuelle	• 1 fois /semaine	-	Rapport trimestriel
<i>Déchets solides</i>	• Matériaux de terrassement	• Zones des stockages des matériaux excavés • Emprise des conduites d'adductions des eaux	• Contrôle visuel	• 1 fois /semaine	-	Rapport trimestriel
<i>Bruit et de vibration</i>	• Bruit / engins de transport	• Zone de projet	• Contrôle visuel	• 1 fois /semaine	-	Rapport trimestriel
<i>Hydrologie</i>	• croisement des oueds avec l'emprise des conduites	• Toutes les traversées des oueds	• Contrôle visuel	• 1 fois /semaine	-	Rapport trimestriel
<i>Paysage</i>	• Etat du terrain	• Limites de l'emprise des conduites d'adduction	• Contrôle visuel	• 1 fois /semaine	-	Rapport trimestriel
<i>Métiers et activité locale</i>	• Activité locale	• Zone du projet	• Contrôle visuel	• 1 fois /semaine	-	Rapport trimestriel
<i>Infrastructures publiques</i>	• croisement routes avec l'emprise des conduites	• Toutes les traversées des routes	• Contrôle visuel	• 1 fois /semaine	-	Rapport trimestriel
<i>Agriculture</i>	• Poussières	• Proche des terrains agricoles	• Contrôle visuel	• 1 fois /semaine	-	Rapport trimestriel
<i>Genre</i>	• Accès des femmes vers la mer	• Zone du projet	• Contrôle visuel	• 1 fois /semaine	-	Rapport trimestriel
<i>Santé et hygiène</i>	• Etat des tranchées ;	• Zone du projet	• Contrôle visuel	• 1 fois /semaine	-	Rapport trimestriel

Tableau 140 : Plan de contrôle et de suivi de la composante des lignes d'alimentation en énergie électrique durant les travaux

Composante environnementale	Paramètre de Suivi	Localisation	Type de contrôle	Fréquence	Coût estimatif	Moyen de contrôle
<i>Emissions atmosphériques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Poussières 	<ul style="list-style-type: none"> • Emprise des conduites 	<ul style="list-style-type: none"> • Observation visuelle 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel
<i>Déchets solides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des déchets solides 	<ul style="list-style-type: none"> • Emprise des fouilles des pylônes 	<ul style="list-style-type: none"> • Observation visuelle 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel
<i>Bruit et de vibration</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit 	<ul style="list-style-type: none"> • Les engins lors du montage des câbles 	<ul style="list-style-type: none"> • Observation visuelle 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel
<i>Paysage</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Etat du terrain 	<ul style="list-style-type: none"> • Limites de l'emprise des lignes électriques 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel
<i>Métiers et activité locale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité des agriculteurs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zone du projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel
<i>Infrastructures publiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Croisement de routes et chemins de fer ; 	<ul style="list-style-type: none"> • zone du projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel
<i>Agriculture</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité agricole 	<ul style="list-style-type: none"> • Emprise des lignes électriques aériennes 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> • L'ouverture des fouilles • L'assemblage et levage des pylônes ; • La mise en place des câbles sur pince. 	<ul style="list-style-type: none"> • Périmètre du chantier 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 fois /semaine 	-	Rapport trimestriel

Tableau 141 : Plan de contrôle et de suivi de la composante station de dessalement durant l'exploitation

Composante environnementale	Paramètre de Suivi	Localisation	Type de contrôle	Fréquence	Coût estimatif DT/an	Moyen de contrôle
<i>Rejets liquides</i>	<ul style="list-style-type: none"> Qualité des eaux de saumures rejetées en mer 	<ul style="list-style-type: none"> Bâche de rejet de la station 	<ul style="list-style-type: none"> Prélèvement d'échantillons pour analyse physico-chimique 	Mensuelle	10 000	Rapport trimestriel
<i>Déchets solides</i>	<ul style="list-style-type: none"> Déchets industriels des procédés 	<ul style="list-style-type: none"> Station de dessalement 	<ul style="list-style-type: none"> Contrôle visuel 	Mensuelle	-	Rapport annuel
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> Qualité des eaux de mer brutes pompées Qualité des eaux osmosées 	<ul style="list-style-type: none"> Bâche d'arrivées des eaux brutes ; Réservoirs de stockage 	<ul style="list-style-type: none"> Prélèvement d'échantillons pour analyse physico-chimique 	Mensuelle	20 000	Rapport trimestriel

Tableau 142 : Plan de contrôle et de suivi de la composante conduites de transferts en mer durant l'exploitation

Composante environnementale	Paramètre de Suivi	Localisation	Type de contrôle	Fréquence	Coût estimatif DT/an	Moyen de contrôle
<i>Rejets liquides</i>	<ul style="list-style-type: none"> Qualité des eaux marines 	<ul style="list-style-type: none"> Zone d'influence du point de rejet en mer 	<ul style="list-style-type: none"> Prélèvement d'échantillons pour analyse physico-chimique 	Mensuelle	50 000	Rapport trimestriel
<i>Habitats naturels</i>	<ul style="list-style-type: none"> Couvert végétal Faune benthique 	<ul style="list-style-type: none"> Zone d'influence du point de rejet en mer 	<ul style="list-style-type: none"> Observation visuelle par plongé et par vidéo Échantillonnage pour analyse en laboratoire 	1 fois/1an	50 000	Rapport annuel
<i>Métiers et activité locale</i>	<ul style="list-style-type: none"> Balisage 	<ul style="list-style-type: none"> Points de captage et de rejet des eaux marines 	<ul style="list-style-type: none"> Contrôler les balises mis en place 	1 fois/1an	10 000	Rapport annuel
<i>Ressources naturelles</i>	<ul style="list-style-type: none"> État des récifs artificiels 	<ul style="list-style-type: none"> Récifs artificiels 	<ul style="list-style-type: none"> Observation visuelle par plongé et par vidéo 	1 fois/1an	40 000	Rapport annuel

Tableau 143 : Plan de contrôle et de suivi de la composante conduites de transferts des eaux osmosées et des lignes électriques durant l'exploitation

Composante environnementale	Paramètre de Suivi	Localisation	Type de contrôle	Fréquence	Coût estimatif DT/an	Moyen de contrôle
<i>Rejets liquides</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Risque des fuites d'eau (cassures) 	<ul style="list-style-type: none"> • Emprise conduite 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle continu du rendement dans les réseaux d'adduction des eaux potables. 	mensuel	-	Rapports annuels
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité des eaux osmosée 	<ul style="list-style-type: none"> • Sites stockage SONED 	<ul style="list-style-type: none"> • Prélèvement pour analyse de la qualité des eaux potables 	quotidien	-	Rapports annuels
<i>Santé et hygiène</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Champ magnétique 	<ul style="list-style-type: none"> • Emprises lignes électriques 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel de l'emprise des lignes électriques 	mensuel	-	Rapports annuels

Paramètres de contrôle de la qualité des eaux de mer brutes et des eaux osmosées:

- Turbidité
- Température
- PH
- Conductivité
- Dureté totale (D°H)
- Calcium (Ca^{++})
- Magnésium (Mg^{++})
- Sodium (Na^{++})
- Potassium (K^{+})
- Carbonates (CO_3^{-})
- Bicarbonates (HCO_3^{-})
- Chlorures (Cl^{-})
- Sulfates (SO_4^{-})
- Nitrates (NO_3^{-})
- Nitrites (NO_2^{-})
- Résidu sec (RS)
- Oxyd. au KmnO_4
- Fer (Fe)
- Manganèse (Mn)
- Cuivre (Cu)
- Aluminium (AL)
- Silicium (Si)
- Zinc (Zn)
- Fluor (F)
- Arsenic (As)
- Mercure (Hg)
- Plomb (Pb)
- Chrome (Cr)
- Argent (Ag)

Paramètres de contrôle de la qualité des eaux de rejet de la saumure :

Analyses bactériologiques

- Coliformes Totaux ;
- Coliformes Fécaux ;
- Streptocoques Totaux.

Analyses physico-chimiques :

- pH ;
- Salinité ;
- Conductivité ;
- Mes ;
- Composantes Azotées ;
- Composantes Phosphatées ;
- Le Fer ;
- Le Magnesium ;
- Les sulfates.

Paramètres de contrôle de la qualité des eaux marines :

- Bactériologie ;
- Température ;
- Salinité ;
- Conductivité ;
- pH ;
- Oxygène ;
- Nitrates ;
- Phosphates ;
- Azote total ;
- MES ;
- Chlorophylle A ;
- Transparence.
- Le Fer

Paramètres de contrôle de la qualité des sédiments de dragage :

- granulométrie ;
- Matière organique ;
- COT ;
- Hydrocarbures ;
- Sulfures totaux ;
- Métaux (Pb, Cd, Ni, Hg, Fer, Cr, Zn, Cu)

Le couvert végétal : La répartition des Posidonies ;

- La répartition des Cymodocées ;
- La répartition des Macro-Algues ;
- La diversité de la végétation benthique.

8.7 Le coût total du projet

Comme présenté au premier chapitre, le projet sera composé en sept lots avec une estimation globale de l'ordre de **480 millions de dinars**.

Certaines mesures environnementales sont intégrées dans la conception de base du projet et dont les coûts sont inclus dans le projet (ex. conduite de rejet, diffuseurs, signalisation, etc...). D'autres mesures devraient être incluses durant les travaux pour l'atténuation, la compensation et le suivi environnemental.

Ces mesures ont été détaillées dans les tableaux précédents et elles récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau 144 : Récapitulatif du coût des mesures d'atténuation, de compensation et de suivi environnemental durant les travaux de réalisation de la station de dessalement de Sfax sud

Composante projet			Coût - DT
Mesures d'atténuation et de compensation durant les travaux	Station de dessalement	réduction de la pollution	250 000
		Protection du milieu naturel	100 000
		Mesure pour le socio-économique	80 000
	Composante marine	réduction de la pollution	1 520 000
		Protection du milieu naturel	1 080 000
		Mesure pour le socio-économique	1 020 000
	Installation de récifs		1 000 000
	Composante conduite terrestre	réduction de la pollution	120 000
		Protection du milieu naturel	160 000
		Mesure pour le socio-économique	160 000
	Composante lignes électriques	réduction de la pollution	
		Protection du milieu naturel	35 000
Mesure pour le socio-économique		70 000	
Plan de suivi durant les travaux			310 000
Total mesures d'atténuation, de compensation et de suivi pendant les travaux en DT.			5 595 000

Ce tableau ne comporte que les mesures d'atténuation qui ne sont pas incluses dans la conception du projet et dont les coûts sont intégrés dans le montant global de l'investissement.

Les mesures environnementales durant le fonctionnement de la station de dessalement ne sont pas incluses dans ces coûts. Ils seront intégrés dans le coût d'exploitation conformément aux tableaux des paragraphes précédents.

9. PV DES RÉUNIONS AVEC LE COMITÉ DE PILOTAGE

9.1 PV1 - Réunion de démarrage : 04 Septembre 2015

**SOCIETE NATIONALE D'EXPLOITATION ET DE DISTRIBUTION DES EAUX
SONEDE**



**ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU PROJET DE REALISATION DE LA STATION DE
DESSALEMENT DE L'EAU DE MER DE SFAX SUD**



**PV N°1 : Réunion de démarrage
Lieu : Siège SONEDE - Montfleury
Date : 04-09-2015**

Objet : Réunion du Comité de Suivi pour la présentation et la discussion du rapport de démarrage de l'Etude d'Impact Environnemental et Social EIES présenté par le BE Rapport de démarrage envoyé par email le 26 Aout 2015 aux membres du comité de pilotage.

PJ : Liste des participants

M. NOUICER a ouvert la séance en souhaitant la bienvenue à tous les présents. Il a présenté l'ordre du jour de cette réunion et il a fait un bref aperçu du projet dont:

- Démarrage de l'étude de faisabilité : **septembre 2013** avec le groupement de bureaux d'études **NJS-INGEROSEC-JAT**
- Remise du rapport Intérimaire IR1 : **Janvier 2014**
- Remise du rapport Intérimaire IR2 : **Avril 2014**
- Remise du rapport final définitif : le **03/09/2015**
- Cadrage (scoping) de l'EIE : **Avril 2014**
- Première réunion du comité du travail en : **29/04/2014**
- Une consultation de publics a été réalisée : le **20/05/2014**
- Termes de Référence (TdR) : **Octobre 2014**
- Lancement du DAO 94/2014 relatif à l'EIE : le **28/09/2014**
- Ouverture des plis : le **25/11/2014**.
- lancement un deuxième DAO n° 12/2015 : le **04/02/2015**
- Ouverture des plis : le **26 Février 2015**
- Attributaire du marché : **IHE**
- Ordre de service : le **20/07/2015**
- Les missions de l'étude :
 - ✓ MISSION 1 : description de l'état initial de l'environnement naturel et de l'environnement socio-économique
 - ✓ MISSION 2 : description détaillée du projet
 - ✓ MISSION 3 : examen des solutions alternatives possibles au projet et de la pertinence du site choisi
 - ✓ MISSION 4 : identification et évaluation des impacts attendus sur l'environnement et la société
 - ✓ MISSION 5 : définition des mesures d'atténuation et de compensation des impacts, ainsi que de l'investissement nécessaire a leur implémentation
 - ✓ Mission 6 : mise en place d'un plan de gestion socio-environnemental
 - ✓ Mission 7 : consultation des parties prenantes et du public

Il a passé ensuite la parole au bureau d'études pour faire la présentation du rapport de démarrage.

Présentation bureau d'études :

La présentation a été faite par les experts du bureau d'étude selon la chronologie suivante :

- M. Rafik BEN CHARRADA – Chef de Projet : a fait une présentation :
 - De l'équipe du projet :
 - Des composantes du projet
 - Des résultats de la visite préliminaire du site
 - Des Zones d'influence du projet
- M. Mohamed Salah ROMDHAN : Ecologiste a présenté:
 - La Procédure d'exploration du milieu marin
- M. Charif SAMMARI ET M. Mahmoud MOUSSA ont présenté:
 - La Procédure de Modélisation du milieu marin

Discussions

Mr. NOUIVER a cédé la parole aux membres du comité de pilotage dont les interventions ont été comme suit :

- Mme. MESSAI (DGEQV Ministère de l'Environnement et du développement durable)
 - Voir la possibilité de prise en compte de l'effet des changements climatique
 - Montrer dans le rapport la zone d'influence indirecte.
 - Corriger les fautes de frappe dans le rapport
 - Approcher le coût du PGEs par rapport au montant global du projet.
- M.HERMI (DHMPE ministère de la santé)
 - rectifier, au niveau de la page 9 du rapport, la valeur de la norme de rejet pour le pH qui est de « 6,5 à 8,5 » et non pas de « 6,5 à 9 ».
 - tenir en compte des risques relatifs à la conduite marine du gaz de champs de Miskar.
- M.KSANTINI (DGSAM ministère de l'équipement)
 - Vérifier la stabilité des conduites dans la mer.
- Mme. BNINA (DGPA Ministère de l'Agriculture)
 - préciser la nature des prélèvements à réaliser en mer pour qu'elle puisse aider à préparer les autorisations nécessaires pour les campagnes marines.
- M.SAIDI (ANPE):
 - une équipe d'évaluation sera désignée au niveau de l'ANPE pour accélérer le travail et pour avoir un bon résultat
 - Tenir compte de la navigation pour éviter les accidents durant les travaux;
 - Mesure de compensation pour les collecteurs de la palourde en cours des travaux
 - Solutions pour minimiser l'impact pendant les travaux
 - Préparer un plan de suivi environnemental pour toutes les phases du projet.
- M.NOUIKER
 - Voir la possibilité de rejeter avec une tour de dispersion de la saumure au lieu des diffuseurs,
 - Réaliser les missions comme stipulé dans les TdR.

Commentaire du groupe NJS–INGEROSEC-JAT

A la suite de la diffusion du rapport de démarrage, un mail de Mr. ARNAUD (Responsable environnemental du groupe NJS-INGEROSEC-JAT) le 28/08/2015 comportant les remarques suivantes:

- les aspects sociaux n'apparaissent pas vraiment dans le rapport or il est essentiel d'informer les populations locales sur les points suivant (cela sera vérifié à coup sûr par la JICA lors de l'évaluation finale pour l'octroi du prêt):
Construction de la ligne haute tension: informer les populations concernées (Agareb, Thyna, Mahres) sur la procédure d'acquisition des terrains et les compensations prévues
- Construction des émissaires: informer les pêcheurs locaux sur la construction des émissaires et les dispositions prises pour les impacts sur la pêche.
- Des photos sous-marines pourraient être prises lors de l'observation de la posidonie (cela permet d'avoir une idée de la situation pour les non-spécialistes et vous permet aussi de vérifier le travail effectué par le consultant)
- Le modèle 2D s'est justifié par l'impossibilité de faire des mesures de courant sur le point de rejet. Je ne sais pas si la situation a évolué de ce point de vue, mais si des mesures directes sont aujourd'hui possibles, elles sont préférables.
- Etant donné que les courants dans la zone sont des courants de marée, le modèle devra simuler la marée montante et la marée descendante pour avoir des résultats complets.
- Les limites du modèle réduit devront être établies par le modèle général: prêt des plages, les limites sont en général parallèle aux lignes de courant (idéalement, le point de connexion avec la plage correspond à une zone de séparation des courants ou de courant nul), ce qui permet de poser une condition de type flux nul sur cette limite. La limite au large est perpendiculaire aux lignes de courant et on impose une condition limite en hauteur d'eau. On peut imaginer des variantes à ce schéma mais c'est un point important dont dépend la qualité des résultats, or rien n'en mentionné à ce sujet dans le rapport (on ne comprend pas bien ce qui est prévu exactement).

Réponses du BE aux commentaires du groupe NJS–INGEROSEC-JAT

A la suite de la réception du mail ci-dessus, le BE a répondu par mail le 01 Septembre 2015 comme suit :

- 1) **les aspects sociaux** : Ce volet n'est pas ignoré mais on a voulu suivre les termes de référence qui prévoient cet aspect en deuxième phase. Ceci apparaît aussi dans notre planning de la page 60 du rapport de démarrage. En effet, nous avons voulu commencer par l'exploration physique du terrain (partie marine et partie terrestre) afin d'identifier les problématiques techniques et sociales du projet en premier lieu. Ensuite (en deuxième phase), on pourrait faire la consultation du public concerné par la partie terrestre (lignes électriques et conduites d'adduction) et les pêcheurs de la partie marine. Donc on présentera notre procédure de l'étude sociale dans le prochain rapport intermédiaire (cad après l'exploration des périmètres terrestres et marins).
- 2) **Autres points**
 - a) *des photos sous-marines* : les photos sous marines seront effectuées ;
 - b) *mesures de courant au point de rejet* : ces mesures ne sont pas prévues dans les TDRs, nous signalons aussi que les délais ne permettent pas de le faire car ces mesures nécessitent de longues périodes d'observation. En effet, notre recherche bibliographique préliminaire nous a conduit à identifier des mesures réalisées par l'INSTM dans des stations non éloignées du site et en particulier celle de Mahres située à quelques km au sud

du point de rejet de la station de dessalement. Le modèle 2D prévue permettra ainsi d'exploiter ces données (Station de Mahres, de Taguermes et de Cercina) pour caractériser les courants dans tout le domaine choisi pour la modélisation.

- c) **Simulation de la marée** : Bien évidemment le modèle tiendra compte de la Marée, il simulera ainsi la marée montante et la marée descendante. En effet, l'hydrodynamique de la zone est contrôlée par la marée et le vent.
- d) **les limites du modèle réduit et le modèle général**:: Effectivement, Le choix des limites du modèle réduit sera décidé avec plus de précision en fonction des résultats du modèle hydrodynamique général du Golfe. En effet, les frontières doivent être soit perpendiculaires au courant (pour pouvoir imposer le courant ou éventuellement un débit), soit parallèles au courant (pour pouvoir imposer un flux nul alors que les vitesses tangentiels sont variables et calculées par le modèle).

La réunion a été levée à 11h30.

Pour la SONEDE

Pour le Bureau des Etudes

Le Directeur du Dessalement
et de l'Environnement

BEN CHARADA Rafik

NOUICER Abderraouf

**SOCIETE NATIONALE D'EXPLOITATION ET DE DISTRIBUTION DES EAUX
SONEDE**



**ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU PROJET DE REALISATION DE
LA STATION DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER DE SFAX SUD**



PV N°1 : Réunion de démarrage

Lieu : Siège SONEDE

Date : 04-09-2015

Liste des présents

Nom et Prénom	Institution	Tél. Fax.	Email	Signature
Abderramy NOUIER	SONEDE	71-494 266 71 494 135	a.nouier@ sonede.com.tn	
SLITI Cheffessine	SONEDE	71483 268 71483048	c.sliti@ sonede.com.tn	
REGUIGUI Nofua	IHE	24021263	NAFAAR E.yah .fr	
ROMDHANE Mohamed Seldah	IHE	97325090	ramadhamms@ gmail.com	
Cherif Ammi	DAE	98219862	c.danyang phone.fr	
Abward Naoua	IHE	9856566	mohamed-noua @enit.com.tn	
Yestou Raffhela	IHE	47385370	mestiri.lagbela @gmail.com	
Birna Asma	DGPA	22916531 71999401	asma.bn.na@ gmail.com	
Kessentini Amir	DGSAO, Ministère de l'énergie	97358413 71797461	k.amwi@yahoo.fr	
Salmen Hermi	DHMPE Min. Santé	24.222 307	salmenhermi @yahoo.fr	
MESSAI LARBI Ametef	DGEGV, Ministère de l'Environnement et du D.D	70728644 70728655	ametef.larbi @mineat.gov.tn	

**SOCIETE NATIONALE D'EXPLOITATION ET DE DISTRIBUTION DES EAUX
SONEDE**



**ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU PROJET DE REALISATION DE
LA STATION DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER DE SFAX SUD**



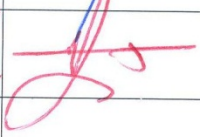


PV N°1 : Réunion de démarrage

Lieu : Siège SONEDE

Date : 04-09-2015

Liste des présents

Nom et Prénom	Institution	Tél. Fax.	Email	Signature
Mabrouki Mohamed	SONEDE	50 517464 71 399356	m.mabrouki@sonedo.com.tn	
Saïdi Makrem	ANPE	21 216572 71 232811		
Rafik Ben Charrada	IHEE	71 867066	rafik.che@planet.tn	

9.2 PV2 - Réunion de discussion du rapport phase 1: 03 Décembre 2015

**SOCIETE NATIONALE D'EXPLOITATION ET DE DISTRIBUTION DES EAUX
SONEDE**



**ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU PROJET DE REALISATION DE LA STATION DE
DESSALEMENT DE L'EAU DE MER DE SFAX SUD**



**PV N°2 : Réunion phase 1
Lieu : Siège SONEDE - Montfleury
Date : 03-12-2015**

Objet : Réunion du Comité de Suivi pour la présentation et la discussion du rapport de la phase 1

- Composantes du projet ;
- Etat initial du projet ;
- Résultats préliminaires de la modélisation marine.

PJ : Liste des participants

La réunion a été ouverte par Monsieur Abderraouf NOUICER le Directeur du Dessalement de la SONEDE. Il a commencé à faire un rappel de la procédure de suivie de l'avancement de l'étude avec un comité de pilotage élargie comportant les principaux acteurs concernés par le projet.

Il a cédé ensuite la parole au bureau d'études qui a présenté les résultats de cette première phase. La présentation a comporté les trois parties suivantes :

1. Les composantes du projet

- La station de dessalement ;
- Les conduites sous marine de captage d'eau de mer brute et de rejet de la saumure
- Le réseau de transfert des eaux osmosées
- Les lignes aériennes d'alimentation électrique.

2. Les résultats d'exploration de la zone du projet à savoir;

- Le site de la station de dessalement ;
- L'emprise des lignes aériennes électriques ;
- L'emprise des composantes de transfert des eaux potables ;
- La frange littorale terrestre entre Chaffar et Sfax Sud ;
- Le milieu marin (qualité des eaux, qualité des sédiments, la faune, la flore et les herbiers).

3. Les résultats préliminaires de la modélisation marine pour la variante retenue par l'étude de faisabilité réalisée par JICA (2 Conduite de captage Ø2000 et de 3600 mde longueur et conduite de rejet de Ø1800 et de 4400 m de longueur selon le tracé proposé) :

- Les données de base de la modélisation ;

- Les résultats de la modélisation 2D par le modèle SMS ;
- Les résultats de la modélisation par le modèle CORMIX.

Les principales conclusions avancées par le bureau d'études, pour l'état initial du projet, sont les suivantes

- **Site de la station de dessalement** : Terrain non exploité appartenant au DPM, il représente l'étage haut d'un schorre maritime occupée par une végétation halophile ;
- **Lignes aériennes électriques** : Ces lignes traversent des terrains à vocation agricole à dominance d'oliviers et aucune habitation n'a été constatée au niveau d'une emprise de 40 m des lignes projetées. Il y aurait utilisation de 33 parcelles de 10x10 m² pour la fixation de 33 pylonnes ;
- **Réseau de transfert d'eau potable** : Toutes les conduites et installations prévues pour le réseau de transfert seront implantées au niveau de routes existantes et des sites SONEDE ;
- **Frange littorale** : Présence d'un site d'embarquement de barques côtières et d'un estran de collecte de la palourde ;
- **Qualité des eaux marines** : Qualité est jugée bonne à l'exception de la turbidité causée par les agitations côtières ;
- **Qualité des sédiments** : La Qualité est jugée bonne. Les sédiments ne présentant aucun indice de pollution ;
- **Herbier** : Bien que la densité de couverture des herbiers soit forte (60 à 80%), il présente des signes de dégradation suite à la pêche illicite ;
- **Modélisation marine** : Les résultats préliminaires de la modélisation ont montré que pour les conditions les plus défavorables, il y a possibilité d'augmentation de la salinité de 1 psu au niveau du captage ce qui nécessite l'augmentation de la distance, initialement prévue par la faisabilité de 800 m, à 1200m ;
- **Recommandation pour l'orientation des conduites** : Le bureau d'études a recommandé de dévier légèrement, sans modifier le point de départ au niveau de la SD, le tracé des conduites vers le nord pour s'éloigner de la flèche et pour éviter les fortes concentrations de MES induites par les grandes tempêtes.

Discussion

SONEDE :

- Séparer le rapport et l'annexe
- page 15 : Ajouter fig 5
- page 19 : Remplacer six 32 filtres par trente-deux 32 filtres
- page 20, 23, 25 : Figure illisible
- page 40 : Diamètre 2000 mm et non pas 2000 m
- page 42 : corriger 800 kv par 800 kw.
- Page 45 : supprimer le tableau de la figure 20
- page 86 : corriger 1Mn² par 1Mn²
- Etudier des autres alternatives pour le rejet de la saumure dans la mer.

- Voir la possibilité d'améliorer les conditions de rejet (augmentation des orifices, diffuseur, etc...) pour éviter le rallongement de la conduite de rejet ;
- **APAL :**
 - Il faut lancer les procédures administratives de la concession du terrain DPM ;
 - Vérifier avec l'ONAS s'il y a une station d'épuration planifiée dans la zone ;
- **ANPE :**
 - Ajouter les données hydrologiques de la zone ;
 - Sélectionner, sur la base des mesures réalisées, les paramètres clés qui devraient faire l'objet du suivi environnemental durant l'exploitation ;
 - Compléter l'aspect social.

Le bureau d'études a reçu une correspondance de la SONEDE comportant les remarques de la DGPA (Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture). Ces remarques concernent l'aspect social de la population maritime (pêche et collecte de la palourde) et l'impact de la station sur le milieu marin durant l'exploitation. Ces remarques seront prises en compte durant l'enquête sociale et dans le rapport de la phase 2 qui traitera ces aspects.

La réunion a été levée à 13h00.

Pour la SONEDE

Pour le Bureau des Etudes

Le Directeur du Dessalement
et de l'Environnement

BEN CHARADA Rafik

NOUICER Abderraouf

Réunion de travail du comité de suivi pour l'Examen du rapport provisoire phase 1 « l'EIE du projet de la mise en œuvre de la station de dessalement d'eau de mer à Sfax de capacité 200 000 m³/j »

Liste des présents en date du 03-12-2015

Nom et Prénom	Organisme	E-mail	Tél	FAX
Nouicer Abderrazek	SONEDE	a.nouicer@sonede.com.tn	71494266	71494185
SLTi Cherfeddine	SONEDE	c.r.ti@sonede.com.tn	71483268	71483048
Tabarki Mohamed	SONEDE	m.mabrouki@sonede.com.tn	71494266	71399265
Amira Saber	IHE	bechri.4231@gmail.com	21081280	
Mestiri Raghda	IHE	mestiri.raghda@gmail.com	41345370	
Ksombini Amir	DGSAM Ministère de l'équipement	k.amwi@yahoo.fr	97358113	71797461
Refai Walid	A.P.A.L	Refai.walid@Apar.nat.tn	98275661	
BEN HAJ Mehdi	"	m.benhaj@apar.nat.tn mehdi.benhaj@gmail.com	25989318	71908460
Sahem Hermi	DHMPE	sahemhermi@yahoo.fr	24.222.307	71.576.010
Ben Ismail Sana	INSTM	sana.benismail@instm.rnrt.tn	24408817	71732622
Saïdi Mekrem	ANPE	mekrem.Saïdi@anpe.nat.tn		

Réunion de travail du comité de suivi pour "Examen du rapport provisoire phase 1 «EIE du projet de la mise en œuvre de la station de dessalement d'eau de mer à Sfax de capacité 200 000 m3/j »

Liste des présents en date du 03-12-2015

Nom et Prénom	Organisme	E-mail	Tél	FAX
Roumane Nohes belhi	Expert	roumane@fund.com	97325080	71789351
Mahmed Noussa	Expert	mahmed.noussa@ent.com.tn	98 266 546	21 872 729
Ben charade Rafik	IHE	rafik.che@planet.tn	98620190	71867066
/				

9.3 PV3 - Réunion de discussion du rapport provisoire d'impact: 17 Mai 2016

**SOCIETE NATIONALE D'EXPLOITATION ET DE DISTRIBUTION DES EAUX
SONEDE**

**ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU PROJET DE REALISATION DE
LA STATION DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER DE SFAX SUD**

PV N°3

Lieu : Siège SONEDE_ Mont-Fleury

Date : 17-05-2016 – 9H00

Objet : Réunion du Comité de Suivi suite à la présentation du rapport provisoire de l'étude d'impact de la station de dessalement de Sfax Sud.

PJ : Liste des participants

La réunion a été ouverte par Monsieur Abderraouf NOUICER le Directeur central des études de la SONEDE. Il a commencé par souhaiter la bienvenue à tous les invités et membre du comité présent.

Il a cédé ensuite la parole au bureau d'études qui a exposé une présentation qui comporte les six parties suivantes :

1. Chap. 1: Rappel - Composantes du projet

- Station de dessalement
- Réseau de transfert des eaux osmosées
- Ligne d'alimentation électrique
- Réseau de captage et de rejet en mer

2. Chap. 2: Etat initial naturel du site

- Le site de la station de dessalement
- Les lignes aériennes électriques 15 Km – centrale thyna
- Le réseau de transfert des eaux potables: 49,5 Km
- La frange côtière terrestre
- Le milieu marin (les herbiers)

3. Chap. 3 : Etat social

- Procédure de suivi
- Données sociales
- Consultation du public
- Présentation d'un film vidéo sur le déroulement de l'atelier avec le public

4. Chap. 4 : Bilan des impacts

- Durant les travaux :
 - Les travaux terrestres
 - Travaux maritimes
 - Impacts sur les habitats durant les travaux
- Durant l'exploitation
 - Bilan rejets liquides - exploitation
 - Impact du rejet de la saumure

5. Chap. 5 : Plan d'action

- Durant les travaux :

- Durant les travaux terrestres
- Les lignes électriques
- Les conduites terrestres
- La station de dessalement
- Durant les travaux maritimes :
 - Approvisionnement et site de chantier
 - Choix de la période des travaux
 - Travaux de dragage des souilles
- Durant l'exploitation :
 - Station de dessalement
 - Conduite marine
 - Mesures de compensation
 - Population maritime (indemnisation des pêcheurs à pied)
 - Population maritime (indemnisation des pêcheurs)
 - Perte des herbiers

6. Quelques recommandations :

- Rehaussement du site de la station de dessalement
- Evaluation de la ligne de déferlement des vagues
- Déviation du tracé des conduites vers le nord

Durant la présentation, le BE a montré deux vidéos concernant l'enquête sociale et la sortie d'exploration marine dans la zone côtière et au large.

Discussion :

APAL

- Lancer les procédures administratives de la concession du terrain DPM en se référant à la loi n° 95-73 du 24 Juillet 1995, relative au domaine public maritime tel qu'elle a été modifiée par la loi n° 2005-33 du 4 Avril 2005 et à la loi n°2008-23 du 1er avril 2008 relative au régime de concessions.;
- Se conformer à l'article 4 de la loi n° 95-72 du 24 Juillet 1995 au sujet des autorisations obligatoires à délivrer par l'APAL au sujet des projets projetés au niveau du littoral.
- Aviser le ministère des affaires sociales ou autres organismes responsables en ce qui concerne la procédure d'indemnisation des femmes collectrices de la palourde..

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable

- Tenir compte des revendications des pêcheurs à pied sans carte professionnelle et dont l'indemnisation sera confrontée avec des blocages administratifs ;
- Évaluer l'impact indirect sur la biodiversité par suite à la perte attendues des posidonies;
- Estimer le coût total du projet incluant les mesures d'atténuation et estimer le coût global du plan de gestion environnemental ;
- Indiquer la décharge potentielle qui va recevoir les déchets de constructions du chantier de réalisation de la station et des conduites de transfert ;
- Prévoir la récupération de l'énergie au niveau de la station comme étant une mesure d'atténuation qui prend en compte les changements climatiques futurs.

- Évaluer le coût du rehaussement de la station de dessalement pour le scénario 2100 et le comparer avec un endiguement (analyse économique et environnementale)

Ministère de l'Agriculture (DGPA)

- Concernant les mesures compensatoires pour les pêcheurs à pied, proposer le mode de gestion des indemnités ? Seront-elles distribuées à part égal ou bien aura-il une certaine pondération qui tiendra compte de l'expérience, âge et productivité ?
- Y-a-il des mesures de compensation programmées pour les centres de purification de Palourde puisque leurs chiffres d'affaire seront affectés par la baisse de la production ?

SONEDE

- Concernant le rehaussement du site de la station de dessalement une surélévation de 1 m, qui tient compte de l'élévation du niveau de la mer à l'horizon 2100, est assez pénalisante. Adopter une situation intermédiaire d'un rehaussement de 0.5 m par exemple et prévoir, dans un horizon intermédiaire, une autre mesure d'adaptation comme l'endiguement par exemple.

ANPE

- Préciser les lieux de bêche de mélange des eaux osmosées avec les plans masse correspondants ;
- Prévoir pendant la phase travaux, au niveau du site de la station de dessalement, des bassins de décantation pour les eaux de rabattement de la nappe avant le rejet en mer ;
- En ce qui concerne les lignes à haute tension, ajouter une autre variante pour des lignes souterraines et présenter une comparaison des deux variantes basées sur les impacts environnementaux (effet sanitaires, étendu du champ électrostatique, couloir de HT, la certitude, le coût, etc. ...)
- Durant la phase de chantier préciser :
 - Le site de la centrale à béton et les impacts correspondants ;
 - les lieux pour l'entretien et la vidange des engins mécanisés ;
 - les lieux de stockage des matériaux de construction ;
 - les lieux et stockage et les modes de gestion des produits dangereux.
- Pour les produits d'excavation de la terre végétale, proposer un mode de leur réutilisation pour l'implantation d'une zone verte et du gazon ;
- Proposer l'insertion de la zone de la station de dessalement dans la carte nationale de la vulnérabilité ;
- Préciser les échéances et les temps d'intervention des mesures du PGE pour garantir leurs efficacités.
- Concernant le suivi environnemental, il faut élargir le suivi pour inclure des éléments plus que le suivi du couvert végétal comme le développement des types de dragage ;
- Prévoir un suivi des mesures compensatoires relatives aux récifs anti-chalutage ;
- Prévoir le suivi de la turbidité des eaux pendant les travaux de dragage ;
- Lors de la phase chantier, prévoir un programme d'échange avec l'ANPE et/ou l'APAL (fréquence de remise de rapport de suivi, réunions périodiques, rapport intermédiaire, etc.....) ;

- Déclencher la procédure pour une dérogation spéciale puisque le rejet dépasse la norme en deux paramètres ; le Magnésium et le sulfate ;
- Donner plus de précision en ce qui concerne les écrans flottants installés durant les travaux de dragage en mer ;...
- Approfondir les recherches concernant l'apport des matériaux de remblais, origine, qualité, itinéraire lors du transport, impact sur l'infrastructure et la circulation ...

Ministère de la santé

- Étudier les effets de la saumure rejeté sur la qualité des eaux aspirées au niveau du captage
- Tenir compte de la proximité de la conduite d transport de gaz BG qui peut influencer la qualité des eaux (présence de métaux lourds,etc....)
- Proposer un plan d'urgence pour les situations accidentelles

La réunion a été levée à 13h00.

Pour le Bureau des Etudes

BEN CHARADA Rafik




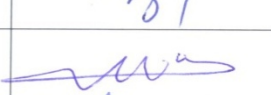
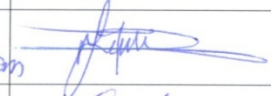
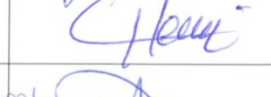




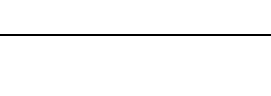
Pour la SONEDE

Le Directeur du Dessalement et
de l'Environnement

HAMZAOUI Tarak



Réunion de travail du comité de suivi pour l'Examen du rapport provisoire de l'EIE du projet de la mise en œuvre de la station de dessalement d'eau de mer à Sfax de capacité 200 000 m3/j

Liste des présents en date du 17-05-2016

Nom et Prénom	Organisme	Tél/ FAX	E-mail	Signature
Rafik Ben Chamed	IHE	- 71867066-	rafik.iche@ihsn.tn	
Abderrazaf NAUIER	SONEDE	71 494 341	a.naiier@sonede.com.tn	
Saïdi Makrem	ANPE	21216572 / 71 232811	makrem.saïdi@anpe.nat.tn	
Emna Krichen	SONEDE	53171016	e.krichen@sonede.com.tn	
Amira Saber	IHE	21081280	bechi.4231@gmail.com	
Mestiri Raghda	IHE	41385370	mestiri_raghda@gmail.com	
Hermi Salmen	DHMPE	71 577 285	salmenhermi@yahoo.fr	
MESSAI LARBI Anouf	DGERV/NEO	70728644 70728655	anouf.larbi@mineral.gov.tn	
BEN HAJ Merdi	APAL	25989318 / 71 908 460	m.benraj@apal.nat.tn	
HABROUKI Mohamed	SONEDE	50517461	m.mabrunki@sonede.com.tn	
Mechergui Jamel	SONEDE		j.mechergui@sonede.com.tn	

Réunion de travail du comité de suivi pour l'Examen du rapport provisoire de l'EIE du projet de la mise en œuvre de la station de dessalement d'eau de mer à Sfax de capacité 200 000 m3/j

Liste des présents en date du 17-05-2016

Nom et Prénom	Organisme	Tél/ FAX	E-mail	Signature
Diwani Khalil	DGPA	21.272128	khalil.diwani@dgpa.tn *com	
Ben Ismail Sana	INSTM	24 408817	sana.benismail@instm.rnrb.tn	
Romdhane Pokou/Sobh	INE	97325050	romadhane@ine.tn	