



SOCIETE NATIONALE D'EXPLOITATION ET DE DISTRIBUTION DES EAUX

ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT (EIE) DU PROJET DE REALISATION DE LA STATION DE DESSALEMENT D'EAU DE MER A DJERBA



RAPPORT DEFINITIF

Présenté par

Avril 2015

Ingénierie de l'**H**ydrologique, 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 Jerba de capacité 50 000 m ³ /jour
Titre du document	Rapport définitif
Date	Avril 2015
Auteur(s)	IHEE – 8, Rue Hbib Chrita Ariana – Tél. 71 867 066 – Fax 71 867 116
N° Code projet	24-06

Contrôle qualité

Version	Date	Réalisé par	Contrôlé	Visé par :
1.0.	20/10/1014	Equipe Projet	Rafik BENCHARRADA	Rafik BENCHARRADA
2.0	27/10/1014	Equipe Projet	Rafik BENCHARRADA	Rafik BENCHARRADA
3.0	01/04/1015	Rafik BENCHARRADA	Rafik BENCHARRADA	Rafik BENCHARRADA

Destinataires

Envoyé à : Siège SONEDE - Monfleury		
Nom	Organisme	Envoyé le :
Directeur dessalement	SONEDE (5 exp)	01/04/2015

Personnes référence - SONEDE		
Fonction	Nom - prénom	référence
Directeur Dessalement	Abderraouf Nouicer – Montfleurie	Direction Etudes

RESUME ET BILAN ENVIRONNEMENTAL

1. Présentation du projet

Le projet de réalisation de la station de dessalement d'eau de mer de Jerba a pour objectifs la sécurisation de l'alimentation en eau potable de l'île à long terme jusqu'à l'échéance 2030 au minimum 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 potable basé sur une nouvelle ressource en eau non conventionnelle qui est l'eau de mer dessalée.

Le projet consiste à aspirer un débit total d'eau de mer **111 112 m³/jour** d'une salinité de l'ordre de **40g/l** pour produire **50 000 m³/jour** d'eau osmosée et de rejeter le reste (soit un débit de **61 112 m³/jour**) sous forme d'une saumure de **73 g/l**, soit un taux de conversion de l'ordre de **45%**.

Le projet comporte les composantes suivantes:

- La réalisation d'une station de dessalement d'eau de mer de capacité **50 000m³/j** extensible jusqu'à **75 000 m³**
- La réalisation d'une station de pompage d'eau de mer de capacité **4 700 m³/h**;
- La réalisation d'une conduite d'aspiration d'eau de mer brute de **Ø1500mm et 2 900 m** de longueur dont 700m sont en terre et 2 200 m sont en mer;
- La réalisation d'une conduite de refoulement d'eau de mer de la station de pompage vers la station de dessalement de **Ø1500mm** et de **1 600m** de longueur ;
- La réalisation d'une conduite de rejet de la saumure en mer de **Ø 1500mm et 4900 m** de longueur dont **2 300m** sont sur terre et **2 600 m** sont en mer;
- La réalisation d'un réseau de conduites d'adduction d'eau de forage de **Ø 315mm** et de raccordement au réseau d'eau potable de Jerba;
- La réalisation d'une station de defferrisation des eaux de forage de capacité totale de l'ordre de **2 millions de m³** par an.

Le coût d'investissement total est de **165 326 469 DT** en toutes taxes comprises.

La réalisation du projet est prévue pour une période de 20 mois suivie d'une année de mise en service par le constructeur. Le démarrage des travaux est prévu en 2015.

3. Etat initial du site du projet

Les travaux d'exploration, des zones d'influences directes des différentes composantes du projet, ont relevé les caractéristiques suivantes:

- **Site de la Station de pompage** : Il couvre une surface de 1 hectare dans la zone touristique de Mezraya sur le terrain non bâti appartenant au Conseil du Gouvernorat de Médenine. Il est à environ 300 m à vol d'oiseau de la ligne de rivage et à une altitude de +5 m NGT. C'est un terrain nu non bâti qui comporte quelques petites dunes de sables, quelques palmiers et quelques végétations spontanées ;
- **Site de la station de dessalement et réservoirs de stockage** : Il se trouve à environ 1,7 Km coté terre du site de la station de pompage dans la zone verte d'El Mezraya. C'est une parcelle de terrain non exploitée et qui s'étend sur une surface totale de l'ordre de 4,3 hectares. Elle comporte des constructions en ruines, 3 bassins d'eau en ruines, deux puits abandonnés, 80 pieds d'oliviers, 59 pieds de palmiers et quelques grenadiers non productives ;
- **Emprise des conduites terrestres d'adduction des eaux de mer**: Les deux conduites de transfert des eaux de mer et de saumure suivront des pistes et des routes existantes. A partir

de la station de dessalement, l'itinéraire retenu suivra une piste non revêtue sur une longueur de 800m puis la route touristique principale d'El Mezraya sur une longueur de 400m, puis une route touristique secondaire sur longueur de 900 m jusqu'à l'amont de la plage ;

- **Emprise des conduites terrestres au niveau du haut de la plage:** L'emprise des deux conduites passera entre deux constructions légères la paillote de l'hôtel les dunes et la baraque de l'hôtel Miramar. Le tronçon de plage traversé par les conduites est compris entre les deux hôtels Carabeen Word et les Sirènes. Ces deux derniers ont chacun une terrasse avancée sur la plage jusqu'à la ligne d'eau et constituent ainsi des obstacles qui ne permettent pas le passage des engins motorisés sur la plage;
- **Emprise des conduites sous marines:** Le couvert végétal de l'emprise des conduites sous marines comporte de la plage au large : 250 m un fond sablo-rocheux dénudé de végétation, 850 m un herbier dispersé de posidonie, 450 m un herbier dense de Posidonies et enfin 850 m une prairie d'un herbier dispersé de cymodocées ;
- **Emprises des conduites terrestres d'adduction d'eau de forage :** La conduite suivra des routes et des pistes existantes. En allant du forage G8 à la station de dessalement, la station suivra 2km de la route goudronnée jusqu'à Sadrhienne, 2km d'une route goudronnée jusqu'à la route principale de Midoun, 1,5 Km la route principale de Midoun, 4 Km d'une piste existante jusqu'à la route touristique principale d'El Mzraya et enfin 1,2 Km une piste existante jusqu'à la station de dessalement.

4. Impacts du projet sur l'Environnement

Impacts positifs

Le projet va générer une nouvelle ressource d'eau potable non conventionnelle d'une quantité de 50 000m³/jour pour le court terme (75 000 m³/jour pour le long terme) ce qui représente un apport important dont les conséquences sont positives sur tous les niveaux. La création de cette ressource d'eau potable non conventionnelle, de **13 millions de m³ par an**, va soulager les réserves hydrogéologiques contenues dans les nappes phréatiques et dans les nappes profondes de Jeffara pour d'autres besoins. Le projet va assurer la sécurisation de l'alimentation de Jerba en eau à long terme ainsi que l'amélioration de la qualité de l'eau desservie.

La mise en service de la station est prévue pour une durée de 24 mois, après les travaux, par la l'entreprise de construction. Durant cette période, il y aurait un transfert de technologie entre la SONEDE et l'entreprise. Il est bien évident que le dessalement est un nouveau maillon technologique introduit en tunisie. La station de Jerba constitue la quatrième station de dessalement construite en tunisie après celles de Gabès, Gallala et Zarzis et la première avec cette capacité pour le dessalement de l'eau de mer. Ainsi, un savoir faire est introduit à la SONEDE qui permettra de fixer des stratégies à long terme pour la sécurisation des besoins en eau pour toutes les générations future de la Tunisie.

Durant les travaux

La réalisation des travaux est prévue pour une période 20 mois pendant laquelle, il y aurait :

- Les travaux de réalisation de la station de dessalement et de la station de pompage dans deux sites où il y aurait le site du chantier, le stockage des matériaux de construction et des divers équipements du chantier et l'aire de préfabrication des lests marins. Quelques pieds d'oliviers et des palmiers seront déracinés au profit du chantier ;
- Les travaux de pose des conduites terrestres d'eau de mer et de la saumure : Durant ces travaux, la piste, amenant vers le site principal de la station, sera totalement occupée. Les

routes goudronnées touristiques seront occupées en partie. Durant ces travaux de grandes quantités de matériaux de terrassement seront générées avec un excès de l'ordre de $11\,000\text{ m}^3$ non réutilisé ;

- Travaux de pose des conduites sur le haut et sur le bas de la plage : L'obstacle créé par le chantier pourra dévier provisoirement le transit littoral et par suite générer un léger engraissement d'un côté et une légère érosion de l'autre côté (selon le sens des vagues durant le chantier);
- Travaux de pose des conduites sous marines : Les conduites sous marines seront ensouillées jusqu'à la tour de prise. L'ouverture de la souille va générer une quantité de l'ordre de $90\,000\text{ m}^3$ de matériaux de dragage qui risquent d'abîmer le couvert végétal adjacent à l'emprise. Un total de $15\,000\text{ m}^2$ d'herbier sera sacrifié pour l'ouverture de la souille ;
- Approvisionnement du chantier marin : Ce dernier nécessitera un site d'embarquement et un site abri provisoire pour les conduites sous marine.

Durant l'exploitation

Durant l'exploitation, il y aurait un rejet d'une saumure d'un débit de **$61\,112\text{ m}^3/\text{jour}$** avec une salinité de **73 g/l** . En effet, 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 qui seront rejetés en mer sous forme d'une saumure. Ceci va induire, bien entendu quelques composés avec des concentrations élevées dont les ions **Sulfates** ou le **Magnesium** (seuls paramètres dépassant la limite de la norme NT 106 - 002). En effet ces derniers proviennent de l'eau brute initiale qui a été concentrée suite à l'opération de dessalement. La concentration des ions sulfates dans l'eau brute de la mer est, elle-même, supérieure à la norme de rejet dans le milieu marin. Le Fer, induit par le procédé du dessalement et de la déferrisation des eaux saumâtres, sera à une concentration de l'ordre de $0,9\text{ mg/l}$ dans le rejet de la saumure ce qui est inférieur à la limite exigée par la norme NT 106 – 002 (1 mg/l). Tous les autres composés (y compris les MES) sont conformes à la norme de rejet dans la mer.

5. Plan d'action

La construction de la station de dessalement sera accompagnée par des mesures pour intégrer le projet dans son environnement naturel (plages, palmiers, hôtels, dunes de sables, etc.). Les ouvrages particuliers ne seront pas être remarquables de l'extérieur de la station. L'architecture générale de la station prendra en compte le règlement de l'urbanisme de la zone touristique considérée. Les espaces libres du site seraient plantés par des arbres adaptables avec la région tels que palmier, oliviers etc. Le terrain de $4,3\text{ ha}$ est suffisant pour créer un espace pouvant s'adapter avec son environnement naturel et urbain.

Au niveau du procédé d'élimination du Fer, il est prévu de substituer l'utilisation du Chlorure Ferrique FeCl_3 par le sulfate d'Alumine Al_2SO_4 ce qui va rabattre la concentration du Fer de la saumure de $0,9\text{mg/l}$ à **$0,58\text{ mg/l}$** . La saumure passera également par un système de bassin de décantation – neutralisation permettant de réduire le taux des MES et de Fer dans la saumure rejetée en mer.

Le projet prévoit le rejet en mer par un émissaire marin de 2600m de longueur à partir de la plage. C'est une action très coûteuse et qui a pour but essentiel la protection de l'environnement marin. La position du point de rejet a été bien étudiée par rapport à celle du point de captage pour éviter, d'une part, toute éventualité de recirculation entre le rejet et le captage et d'autre part, les herbiers existants. Il est certain que la forme de déversement des saumures, si on adopte le principe de

précaution, doit obligatoirement être bien étudiée. Ainsi, sur la base de la modélisation réalisée, le rejet sera effectué par le biais d'une série de plusieurs diffuseurs répartis sur une longueur de 100 m environ au large à une profondeur de -10,5m. Avec ces conditions, le calcul par modèle a montré qu'il y aurait seulement une surface de l'ordre de **180m²** autour des diffuseurs ayant une salinité légèrement élevée >45g/l.

Un Plan de Gestion Environnemental a été proposé pour toutes les phases du projet durant les travaux et durant l'exploitation. Ce plan comporte:

- Les mesures prévues lors du démarrage du projet pour ce qui concerne les préparations des différentes autorisations nécessaires avec les divers concessionnaires locaux (Municipalité, APAL, Ministère de la défense, Ministère de l'agriculture, Ministère de l'Equipeement, STEG, ONAS, TELECOM, etc...);
- Le plan de gestion du chantier terrestre en particulier les travaux Génie Civil de la station de dessalement et de la station de pompage ainsi que les travaux de terrassement des tranchées, de pose des conduites terrestres et de gestion des matériaux de terrassement non réutilisés;
- Le plan de gestion de la zone de plage et de la zone touristique et particulier la traversée, par les conduites, du haut de plage et la gestion des matériaux sableux de terrassement de la zone du DPM;
- Le plan de gestion du chantier marin et en particulier les travaux de dragage des souilles et de mouillage des conduites sous marines pour la protection des herbiers marins.

Les coûts approximatifs des mesures d'atténuation et du plan de gestion sont présentés dans le tableau suivant :

	Mesures et plan proposés	Coût en 1000 DT
Mesures d'atténuation au niveau de la conception et Plan de gestion durant les travaux	Réalisation d'une conduite de rejet terrestre sur une longueur de 2300 m suivie d'un émissaire en mer de 2600 m ensouillé dans le fond marin et équipé, à la fin, de 21 diffuseurs répartis sur une longueur de 100 m pour améliorer la dispersion (y compris toutes les mesures du plan de gestion du chantier marin);	20 000
	Mise en œuvre du plan de gestion du chantier terrestre pendant les travaux	500
	Coût total du projet	165 000
	% par rapport au coût total de l'investissement	12 %
Plan de suivi pendant l'exploitation	Le suivi périodique de : <ul style="list-style-type: none"> • La qualité des eaux de mer brutes pompées ; • L'état des installations de captage et de rejet de la saumure; • La qualité des eaux de saumure rejetées en mer • La qualité des eaux marines ; • Le couvert végétal dans la zone de rejet de la saumure 	100

Le programme de gestion sera réalisé sous la responsabilité de la SONEDE.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	15
2. PRÉSENTATION DU PROJET	17
2.1 Situation géographique.....	17
2.2 Maître de l'ouvrage	17
2.3 Bureau d'études	17
2.4 Objectifs et consistance du projet	20
2.5 La station de dessalement d'eau de mer de Jerba	20
2.5.1 Introduction.....	20
2.5.2 Principe de l'osmose inverse.....	20
2.5.3 Paramètres de dimensionnement de la station de dessalement.....	22
2.5.4 Phase de prétraitement	22
2.5.4.1 Description du principe	22
2.5.4.2 Les équipements prévus pour station de Jerba.....	24
2.5.5 Phase d'osmose inverse	26
2.5.5.1 Le principe	26
2.5.5.2 Les équipements retenus.....	27
2.5.6 Phase de post-traitement.....	28
2.5.6.1 Description du principe	28
2.5.6.2 Les équipements retenues pour la station de Jerba	28
2.5.7 Traitement des effluents	29
2.5.8 Stockage et évacuation de la saumure et effluent.....	29
2.5.9 Les installations auxiliaires	30
2.5.10 Station de déferrisation et groupe immergé des forages	30
2.6 Les infrastructures de pompage et d'adduction des eaux de mer	34
2.6.1 Station de pompage	34
2.6.2 Les conduites de transfert des eaux	38
2.7 Les forages de minéralisation et leurs conduites d'adduction	43
2.7.1 Les forages de minéralisation G8 et G9	43
2.7.2 Les conduites d'adduction	44
2.8 Bilan hydraulique, des rejets liquides et des déchets solides.....	46
2.8.1 Bilan hydraulique de la station de dessalement	46
2.8.2 Bilan des diverses consommations de la station	46
2.8.3 Qualité des eaux de rejet.....	48
2.9 Coût et programme prévisionnel de réalisation du projet.....	49
2.9.1 Coût du projet.....	49
2.9.2 Programme prévisionnel de réalisation du projet	49
3. JUSTIFICATION DU PROJET	51
3.1 Introduction	51
3.2 Justification de la nécessité, l'utilité et de l'urgence du projet.....	52

3.2.1	Les ressources en eau en Tunisie	52
3.2.2	Ressources en eau de l'île de Jerba.....	53
3.2.2.1	Les ressources globales de Jerba	53
3.2.2.2	Les ressources en eau potables.....	54
3.2.3	Besoins en eau de l'île de Jerba	54
3.2.3.1	Projection des besoins en eau de l'île de Jerba	54
3.2.3.2	Bilan ressources besoins	55
3.2.4	Projection avec la station de dessalement.....	56
3.3	Justification du procédé de dessalement	57
3.3.1	Introduction.....	57
3.3.2	Aspect technologique de la cogénération	58
3.3.2.1	Le MSF (Muli Stage Flashing)	58
3.3.2.2	Le MED (Multiple Effect desalination).....	60
3.3.2.3	Le VC (Vapour Compression)	62
3.3.2.4	L'osmose inverse.....	63
3.3.3	Aspects énergétiques	64
3.3.3.1	Le dessalement thermique	64
3.3.3.2	L'osmose inverse.....	64
3.3.4	Aspects économiques.....	64
3.3.5	Aspects environnementaux	65
3.4	Justification du choix du site de la station et des schémas de transfert des eaux de mer.....	66
3.4.1	Choix du site de la station de dessalement	66
3.4.2	Schéma de transfert des eaux de mer et de saumure	67
4.	ETAT INITIAL DU SITE DU PROJET	69
4.1	Introduction	69
4.2	Zones d'influence du projet.....	70
4.3	Etat foncier et vocation du terrain de la station de dessalement.....	72
4.3.1	Acquisition de propriété	72
4.3.2	Vocation du terrain.....	72
4.3.3	Procédure engagée par la SONEDE.....	72
4.4	Cadre climatique	73
4.4.1	Le climat.....	73
4.4.2	Les précipitations et les vents	73
4.4.3	Les températures et l'humidité atmosphérique.....	74
4.5	Cadre géologique et hydro-géologiques.....	75
4.5.1	Données géologiques sur la zone	75
4.5.2	Importance des ressources en eaux dans la région.....	76
4.5.3	Caractéristiques des aquifères régionaux.....	77
4.5.4	Les nappes phréatiques.....	78
4.5.5	Les nappes profondes	80
4.5.5.1	Nappe de la Jeffara.....	80
4.5.5.2	Nappe de Zéuss-Koutine.....	81
4.5.5.3	Nappe des Grés du Trias.....	81
4.5.5.4	Nappe de l'Albo-Cénomanién	81
4.5.6	La nappe profonde au niveau de Jerba	82
4.5.7	Nappes phréatiques au niveau de Jerba	82
4.5.8	Caractéristiques de la géométrie du réservoir	83
4.6	Cadre géomorphologique et trait de côte	84

4.6.1	Géomorphologie de la côte	84
4.6.2	Description du rivage et son évolution récente	85
4.6.2.1	De l'hôtel Dar Jerba à Sidi Zekri.....	85
4.6.2.2	De Sidi Zekri jusqu'à la racine de la flèche de Rass Errmal	86
4.6.2.3	La flèche de Rass Errmal.....	87
4.7	Cadre hydrographique et océanographique	89
4.7.1	Bathymétrie.....	89
4.7.2	La marée et les niveaux extrêmes	89
4.7.3	Les houles	90
4.7.4	Les courants	92
4.7.5	Les mouvements sédimentaires sur la cote orientale de Jerba	93
4.8	Description détaillée des composantes terrestres du projet.....	95
4.8.1	Le site de la station de dessalement.....	95
4.8.1.1	Site de la station de pompage des eaux de mer.....	95
4.8.1.2	Le site de la station de dessalement	96
4.8.2	Les environs immédiats du site de la station de dessalement	99
4.8.3	L'emprise terrestre des conduites de transfert des eaux de mer.....	100
4.8.4	La Plage.....	102
4.8.5	Les conduites de transfert des eaux de forage.....	106
4.9	Description détaillée de la composante marine.....	108
4.9.1	Qualité des eaux	108
4.9.2	Situation écologique	114
4.9.2.1	Biocénoses continentales	114
4.9.2.2	Biocénoses marines	114
4.9.2.3	Diagnostic environnemental concernant le biotope marin	117
4.9.3	Etude des sédiments marins.....	118
4.9.3.1	Analyses réalisées en laboratoire	118
4.9.3.2	Description lithologique des sédiments.....	119
4.9.3.3	Etude granulométrique des sédiments.....	119
4.9.3.4	Le carbone organique total	123
4.9.3.5	Etude de la fraction lipidique.....	123
4.9.3.6	Les métaux lourds	125
4.9.3.7	Conclusions sur la qualité des sédiments	127
4.10	Les données socio-économiques de la région	128
4.10.1	Composante démographique et urbaine.....	128
4.10.2	La composante touristique.....	130
4.10.3	L'agriculture.....	130
4.10.4	Activité industrielle	131
4.10.5	La pêche	132
4.10.6	Le patrimoine archéologique et architectural.....	133
5.	IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT	134
5.1	Introduction	134
5.2	Impacts durant les travaux.....	136
5.2.1	Aménagement du terrain pour la mise en œuvre des différents ouvrages de la station de dessalement et de la station de pompage	136
5.2.2	Construction de la station de pompage et de la station de dessalement	136
5.2.3	Conduites de transfert du tronçon terrestre entre la station de dessalement et la station de pompage 138	
5.2.4	Conduites de transfert du tronçon terrestre entre la station de pompage et la mer.....	140
5.2.5	Mise en œuvre des conduites marines	143

5.2.6	Approvisionnement pour le chantier maritime.....	147
5.3	Impacts durant l'exploitation.....	153
5.3.1	Le renforcement des ressources en eau potable.....	153
5.3.1.1	Impact sur l'hydrogéologie.....	153
5.3.1.2	Impact sur les ressources en eau.....	153
5.3.1.3	Impacts sur la population.....	154
5.3.1.4	Impact sur le tourisme.....	154
5.3.1.5	Impact sur l'agriculture et l'industrie.....	155
5.3.2	Les ouvrages terrestres de la station de dessalement d'eau de mer.....	155
5.3.3	Les conduites de rejet et de captage en mer.....	156
5.3.3.1	Impact sur le milieu physique marin.....	156
5.3.3.2	Interférence avec les projets de protection planifiés.....	156
5.3.3.3	Interférence avec les conduites thalasso existants.....	157
5.3.3.4	Impact sur le milieu biologique.....	157
5.3.3.5	Impact sur le tourisme et les activités balnéaires.....	158
5.3.4	Le rejet de la saumure en mer.....	159
5.3.4.1	Impact sur la dynamique de la zone.....	159
5.3.4.2	Impact sur la salinité de l'eau.....	159
5.3.4.3	Impacts sur la physico-chimie des eaux.....	160
5.3.4.4	Impact biologique.....	160
5.3.5	Etude de dispersion de la saumure en mer.....	162
5.3.6	Les divers effluents liquides chimiques.....	166
5.3.6.1	Effet du procédé de l'omose du dessalement.....	166
5.3.6.2	Effet des produits chimiques utilisés.....	167
6.	MESURES D'ATTENUATION ENVIRONNEMENTALES.....	169
6.1	Introduction.....	169
6.2	Mesures d'atténuation durant les travaux.....	169
6.2.1	Démarrage du chantier et préparation des travaux.....	169
6.2.2	Construction de la station de dessalement.....	174
6.2.3	Pose des conduites de transfert terrestre entre la station de dessalement et la station de pompage.....	175
6.2.4	Construction de la station pompage.....	178
6.2.5	Travaux de pose des conduites de transfert entre la station de pompage et la mer.....	178
6.2.6	Travaux de pose des conduites sous marines.....	180
6.3	Mesures d'atténuation durant l'exploitation.....	183
6.3.1	Création d'une ressource en eau potable.....	183
6.3.2	Savoir faire et transfert de technologie.....	183
6.3.3	Les ouvrages de la station de dessalement et de la station de pompage.....	184
6.3.4	Les conduites de rejet et de captage en mer.....	187
6.3.4.1	Mesures pour le milieu physique.....	187
6.3.4.2	Mesures pour le milieu biologique.....	187
6.3.4.3	Mesures pour le tourisme et les activités marines.....	187
6.3.4.4	Protection des crépines.....	188
6.3.4.5	Plan d'intervention en cas d'accident des conduites d'amené.....	188
6.3.5	Le rejet de la saumure en mer.....	190
7.	PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL.....	194
7.1	Le projet.....	194
7.2	Cadre réglementaire.....	195

7.3	Bilan des rejets liquides et des déchets solides.....	196
7.3.1	Bilan hydraulique de la station	196
7.3.2	Les rejets liquides.....	196
7.3.3	Les déchets solides	197
7.3.3.1	Période des travaux	197
7.3.3.2	Période d'exploitation	197
7.4	Plan de Gestion Environnemental - PGE.....	198
7.4.1	Plan de gestion durant les travaux	198
7.4.1.1	Phase de préparation et de démarrage du projet	198
7.4.1.2	Construction de la station de dessalement.....	199
7.4.1.3	Pose des conduites de transfert entre la station de dessalement et la station de pompage	200
7.4.1.4	Construction de la station de pompage.....	201
7.4.1.5	Pose des conduites de transfert entre la station de pompage et la mer.....	202
7.4.1.6	Pose des conduites sous marines.....	203
7.4.2	Plan de gestion durant l'exploitation	205
7.4.2.1	Les rejets liquides.....	205
7.4.2.2	Les déchets solides	206
7.4.3	Plan de Suivi Environnemental	207
7.4.3.1	La qualité des eaux de mer brutes pompées.....	207
7.4.3.2	L'état des installations de captage et de rejet et d'aspiration	208
7.4.3.3	Qualité des eaux de rejet de la saumure	208
7.4.3.4	Qualité des eaux marines.....	209
7.4.3.5	Le couvert végétal	210
7.5	Evaluation des coûts.....	210
8.	ANNEXES	211
8.1	Autorisations du Ministère de l'agriculture pour l'exploration des forages G8 et G9	211
8.2	Lettre d'information de l'ANGED pour la destination des cartouches et des modules usés de la station de dessalement	212
8.3	Documents justifiant la vocation actuelle du terrain du site de la station de dessalement.	214

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Situation géographique du site du projet	18
Figure 2 : Situation du site de la station de pompage des eaux de mer, du point de captage et de rejet en mer et de la station de dessalement.....	19
Figure 3: Principe de l'osmose inverse.....	21
Figure 4: Différents types de modules d'osmose inverse.....	26
Figure 5 : Diagramme général des procédés de la station de dessalement.....	31
Figure 6: Détail du plan du bâtiment d'osmose inverse.....	32
Figure 7 : Schéma général des procédés de la station de dessalement de Jerba	33
Figure 8 : situation su site de la station de pompage.....	34
Figure 9 : Plan masse d'implantation de station de pompage	35
Figure 10 : Vue en plan de la station de pompage eau de mer	36
Figure 11: Coupes verticale et transversale de la station de pompage eau de mer.....	37
Figure 12 : itinéraire suivi par les conduites d'aspiration et de rejet de la saumure.....	38
Figure 13: détail du passage à travers la zone touristique des conduites	39
Figure 14 : Section type entre le rivage et la côte -6m.....	39
Figure 15 : Section type entre la côte -6m et la tour de prise	40
Figure 16 : Section type au-delà de la tour de prise jusqu'au point de rejet.....	40
Figure 17 : Section type au niveau de la plage et du bas de plage.....	40
Figure 18 : Section type entre la plage et la station de pompage	41
Figure 19 : Tour de prise eau de mer.....	42
Figure 20: Carte hydrogéologique de la nappe profonde saumâtre du miopliocène à Jerba.....	44
Figure 21: Tracé de la conduite de refoulement des eaux des forages G8 et G9.....	45
Figure 22 : Bilan hydraulique de la station de dessalement de Jerba	47
Figure 23 : Principe du dessalement par le MSF - Multi Stage Flashing.....	58
Figure 24 : Principe du dessalement par le MSF à plusieurs étages	59
Figure 25 : Principe du dessalement par le par le MED - Multiple Effect desalination.....	60
Figure 26 : Principe du dessalement par le par le MED – à multiple effet.....	61
Figure 27 : Principe du dessalement par le VC – Vapour Compression	62
Figure 28 : Sites proposés pour la station de dessalement	66
Figure 29 : Site retenu pour la station de dessalement	67
Figure 30 : Variantes proposées pour le transfert des eaux de mer et de la saumure	68
Figure 31: Sites d'implantation de la station de dessalement.....	71
Figure 32 : Carte géologique de l'île de Jerba	76
Figure 33 : Coupe du phare Taguermes.....	76
Figure 34: Les différents faciès morphologiques de l'île de Jerba	84
Figure 35 : Les plages de l'île de Jerba.....	84
Figure 36 : Le marabout de Sidi Bakhour en 1993.....	85
Figure 37 : L'évolution de la plage de l'hôtel Les sirènes sur une dizaine d'années.....	87
Figure 38 Etapes dans la progression récente de la pointe de la flèche de Rass Errmal.....	88
Figure 39 : Houle cinquantennale sur le flanc Est de l'Ile de Jerba	91
Figure 40 : Courant maximum de Flot et jusant dans la zone du projet	93
Figure 41 : Morphologie des plages de l'île de Jerba	94
Figure 42: Etat actuel du terrain où sera implantée la station de pompage des eaux de mer (variante 1)	96
Figure 43 : Piste d'accès vers le site et la station et emprise de la conduite de refoulement des eaux de mer brutes (photo 2006).....	97
Figure 44 : Maisons existantes en ruines dans la parcelle de terrain.....	97
Figure 45 : Constructions agricoles existantes dans la parcelle	98
Figure 46 : Etat actuel du terrain où sera implantée la station de dessalement	98
Figure 47 : Réservoirs de stockage construits à proximité du site de la station de dessalement	98
Figure 48 : Les constructions au voisinage du site de la station de dessalement.....	99
Figure 49 : Etat actuel de la piste entre le site de la station et la route touristique.....	101
Figure 50 : Etat actuel de route touristique principale au niveau du giratoire.....	102
Figure 51 : Etat actuel de la route touristique côtière	102
Figure 52: Etat des baraques de l'hotel Miramar et les dunes.....	103
Figure 53 : Zone hôtelière côtière traversé par les conduites de transfert	104

Figure 54 : Etat actuel de la plage du côté Est.....	104
Figure 55: Etat actuel de la plage du côté Ouest.....	105
Figure 56 : Tracé de la conduite d'adduction des eaux de forage de reminéralisation.....	106
Figure 57 : Quelques photos illustrant l'itinéraire de la conduite d'amenés des eaux de forage G8 et G9	107
Figure 58 : Faciès de la zone littorale.....	115
Figure 59 : Faciès des herbiers de la première et 2 ^{ème} bande	115
Figure 60 : Faciès des herbiers de 3 ^{ème} bande des cymodocées.....	116
Figure 61: Profil de la répartition de la végétation marine au niveau de la conduite en mer	116
Figure 62: Courbes semi-logarithmiques	121
Figure 63: Courbe de variation des teneurs en hydrocarbures totaux en fonction des teneurs en COT..	124
Figure 64: Pourcentages relatifs des différentes fractions constituant l'extrait chloroformique total : les hydrocarbures saturés, les hydrocarbures aromatiques et les composés polaires.	124
Figure 65 : Résultat de l'analyse de correspondance réalisée sur les analyses des sédiments.....	126
Figure 66: Découpage administratif de l'île de Jerba.....	128
Figure 67: L'aménagement urbain dans l'île de Jerba.....	129
Figure 68: Jerba –cuves d'un atelier de fabrication de la pourpre, mosquée dans le paysage Jerbien....	133
Figure 69 : Coupes types des pose des conduites entre la station de dessalement et la station de pompage	139
Figure 70 : Mode de pose des conduites terrestres entre la station de pompage et la mer	141
Figure 71 : couloir existant entre les deux baraques des hôtels Miramar et les Dunes.....	142
Figure 72 : Mode de remorquage des conduites sous marines du fournisseur vers le site de chantier	148
Figure 73 : Mode de stockage des conduites dans une zone abritée	148
Figure 74 : Différentes étapes de mouillage des conduites sous marines.....	149
Figure 75 : Solution de protection du littoral proposée par l'APAL, au niveau de la zone du projet	157
Figure 76 : Esquisse potentielle du comportement de la biocénose devant le rejet de la saumure	161
Figure 77 : Variation de la salinité pour différents cas de rejet à une profondeur de 5m et une distance à la côte de 800m	162
Figure 78 : Variation de la salinité pour différents cas de rejet à une profondeur de 7m et une distance à la côte de 1200m.....	163
Figure 79 : Variation de la salinité pour différents cas de rejet à une profondeur de 9m et une distance à la côte de 1 900m.....	164
Figure 80 : Position des sites de chantiers et des divers zones de stockage et des locaux de chantier dans le site de la station de dessalement.....	171
Figure 81 : Position des sites de chantiers et des divers zones de stockage et des locaux de chantier dans le site de la station de pompage.....	172
Figure 82 : Site potentiel pour l'embarquement et pour l'approvisionnement vers la zone du projet.....	173
Figure 83 : Tronçon terrestre entre la piste et la station de pompage	175
Figure 84 : Phasage prévu pour la pose des conduites de refoulement et de rejet de la saumure	177
Figure 85 : Schéma de circulation proposé pour le tronçon entre la station de pompage et la mer.....	178
Figure 86 : divers obstacles rencontrés dans le dernier tronçon terrestre des conduites de transfert.....	179
Figure 87 : Zone de stockage provisoire des matériaux sableux de d'excavation	181
Figure 88 : Excavation mécanique et stockage provisoire sur chaland des matériaux	182
Figure 89: Plan d'ensemble de la station	185
Figure 90: Plan de la façade de la station de pompage (bonne intégration dans le paysage de la zone agricole)	186
Figure 91 : tour de prise de la conduite d'aspiration des eaux brutes.....	188
Figure 92 : système de balisage prévu pour la tour de prise.....	189
Figure 93 : Coupes des bâches de décantation et de neutralisation de la saumure avant rejet en mer	192
Figure 94 : Détail des diffuseurs – mesure de mitigation pour améliorer la dispersion de la saumure....	193
Figure 95 : Plan de gestion des déchets de la station de dessalement durant l'exploitation	206

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Bilan des consommations des produits chimiques de la station de dessalement	46
Tableau 2 : Répartition du coût du projet par composante.....	49
Tableau 3 : planning prévisionnel des travaux du projet de réalisation de la station de dessalement de Jerba et de ses ouvrages annexes.....	50
Tableau 4 : Bilan des ressources en eau potable de Jerba.....	54
Tableau 5 : Besoins en eau futurs de l'île de Jerba.....	55
Tableau 6 : Bilan besoin ressources actuelles de Jerba	55
Tableau 7 : Bilan besoins – ressources en prenant en compte la station de dessalement de Jerba	56
Tableau 8: Situation de l'exploitation des nappes phréatiques.....	79
Tableau 9 : caractéristiques techniques des forages captant la nappe profonde de Jerba	82
Tableau 10 : Caractéristiques techniques des nappes phréatique captées par les forages existants	83
Tableau 11 : Distances des isobathes par rapport à la cote dans la zone du projet.....	89
Tableau 12 : Caractéristiques hydrographiques de la marée du site du projet	90
Tableau 13 : Houles calculées en face de la zone du projet au niveau de l'isobathe -20m NGT.....	91
Tableau 14 : Analyses physico-chimiques de l'eau de mer brute	109
Tableau 15 : Résultats des mesures physico-chimiques directes des eaux de mer	110
Tableau 16 : Résultats des analyses chimiques des eaux de mer	111
Tableau 17 : Résultats des analyses bactériologiques des eaux de mer.....	111
Tableau 18 : Résultats des analyses biologiques des eaux en laboratoire.....	111
Tableau 19 : Analyses physico-chimiques complète de l'eau de mer brute.....	112
Tableau 20 : Les fractiles des échantillons de sédiment prélevés	120
Tableau 21 : Teneurs en COT et en hydrocarbures des sédiments	123
Tableau 22 : Résultats des analyses chimiques des sédiments de surface en laboratoire	125
Tableau 23 : Principaux indicateurs du développement touristique dans les trois délégations de Djerba (année 2010).....	130
Tableau 24 : Ventilation des terres cultivées dans l'île de Jerba selon les types de cultures.....	130
Tableau 25 : Production agricole en sec de Jerba (année 2010).....	131
Tableau 26 : Production agricole en irrigué de Jerba (année 2010)	131
Tableau 27 : Production arboricole dans l'île de Jerba (année 2010).....	131
Tableau 28 : Répartition des entreprises ayant 10 emplois et plus dans l'île de Jerba selon	132
Tableau 29 : Principaux indicateurs relevant le secteur de la pêche à Jerba	132
Tableau 30 : Quantité des matériaux excavés durant les travaux de pose des conduites terrestres entre la station de dessalement et la station de pompage.....	140
Tableau 31 : Quantité des matériaux excavés durant les travaux de la station de pompage et de pose des conduites entre la station de pompage et la mer	141
Tableau 32 : Quantité approximative des matériaux excavés durant les travaux de pose des conduites sous marines.....	145
Tableau 33 : Surfaces d'herbiers détruites lors des opérations de dragage de la souille.....	146
Tableau 34 : Récapitulatif des résultats de dispersion de la saumure pour les trois cas étudiés	165
Tableau 35 : Composition chimique attendue dans la saumure dues à l'osmose.....	166
Tableau 36 : Impact des produits utilisés sur la qualité de la saumure.....	167
Tableau 37 : Qualité des eaux de la saumure rejetée en mer en comparaison avec la norme de rejet	196
Tableau 38 : Bilan des matériaux solides générés pendant la période des travaux	197
Tableau 39 : Mesures prévues lors du démarrage du projet	198
Tableau 40: Plan de gestion durant la construction de la station de dessalement	199
Tableau 41 : Plan de gestion durant la pose des conduites de transfert entre la station de dessalement et celle de pompage.....	200
Tableau 42 : Plan de gestion durant la construction de la station de pompage	201
Tableau 43 : Plan de gestion durant la pose des conduites de transfert entre la station de pompage et la mer	202
Tableau 44 : Plan de gestion durant la pose des conduites marine	203
Tableau 45 : Plan de gestion des rejets liquides pendant la période d'exploitation.....	205

1. INTRODUCTION

Ce document constitue l'étude d'impact sur l'environnement du projet de réalisation de la station de dessalement de Jerba confiée par la SONEDE au bureau d'études IHE 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 Jerba a pour objectifs la sécurisation de l'alimentation en eau potable de l'île de Jerba à long terme jusqu'à l'échéance **2030** au minimum 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.

A titre de rappel, ce dossier a fait l'objet de plusieurs versions d'étude d'impact (2007-2008) qui ont été présentées par la SONEDE à l'ANPE sous la référence PEI/1908 dont la dernière version a été présentée à l'ANPE en date du 15 Avril 2008 et une correspondance de part de l'ANPE a été reçue en date du 05 Août 2008 sous la référence 2008/4280.

En 2014, une autre version a été présentée à l'ANPE en date du 31 Octobre 2014 et elle a été suivie par deux réunions d'éclaircissement aux bureaux de l'ANPE respectivement en date du 03 Décembre 2014 et du 04 Février 2015. Une correspondance de l'ANPE a été ensuite reçue en date du 11 Février 2015 sous la référence **PEI 26/14** demandant d'autres précisions complémentaires.

Dans la présente version, nous présentons le rapport d'impact complet dument mis à jour avec la prise en compte des remarques de l'ANPE comme suit:

- *Vocation de terrain* : au chapitre §4.2 et l'annexe §8.3 ;
- *Tracé des conduites de transfert* : au chapitre §2.6.2 et au §4.8 ;
- *Méthodes d'exécution en mer* : au chapitre §6.2.6
- *Élimination du fer de la saumure* : au chapitre §6.3.5
- *PGE* : aux chapitre §7.4 et §.4.1.6

Ce rapport d'impact tient compte aussi de tous les changements introduits au niveau de la conception conformément à la mise à jour de l'étude technique effectuée en 2014.

A titre de rappel, l'état initial de l'environnement a été identifié sur la base d'investigations de terrains dont notamment:

- *des travaux bathymétriques et topographique* : Ces travaux ont couvert tous les espaces terrestres et marins qui vont abriter les différentes composantes du projet telles que le site de la station de dessalement, les emprises terrestres des conduites d'aspiration et de rejet et la zone marine d'aspiration et de rejet;
- *des travaux de cartographie de la végétation benthique* : l'espace qui a fait l'objet de levés bathymétriques a fait l'objet d'une cartographie détaillée de la végétation et des observations sous-marines par plongé de l'état de l'herbier;

- *Des relevés sur la qualité du milieu marin* : Des prélèvements et des analyses des eaux de mer ont été réalisés en vue de caractériser l'état actuel du milieu marin et de la qualité des eaux marines brutes qui feront l'objet du dessalement ;
- *Des investigations aux niveaux des zones d'influence directes* : Toutes les zones d'influences directes (sites de la station de dessalement et de pompage, emprises des conduites, plages, zones touristiques) ont explorées en 2014 afin de mettre à jour toutes les informations collectées dans les rapports précédents ;

Ainsi, conformément aux objectifs du projet et des directives de l'ANPE, ce rapport d'impact comprendra les chapitres suivants :

- **Chapitre 2 - Présentation du projet** : Dans ce premier chapitre, sont présentés les détails de réalisation du projet, les types de procédés choisis pour la station et les programmes d'aménagement prévus pour la station de pompage d'eau de mer et des conduites de transfert des eaux de mer et de la saumure;
- **Chapitre 3 – Justification du projet** : Dans ce chapitre, sont présentées les justifications de la réalisation du projet sur le plan nécessité et utilité du projet, le process choisi, le site d'implantation et le schéma de transfert des eaux de mer ;
- **Chapitre 4- Etat initial du site projet** : Dans ce chapitre sont présentées les caractéristiques des milieux terrestres et marins tels que collectées à partir de la bibliographie et des campagnes d'exploration réalisées durant toutes les phases de réalisation de la présente étude;
- **Chapitre 5 – Présentation des impacts du projet** : Dans ce chapitre, sont présentés les différents impacts potentiels que peuvent induire aussi bien la phase des travaux que la phase d'exploitation des ouvrages projetés;
- **Chapitre 6 – Plan d'action et mesures d'atténuation** : Dans ce chapitre, sont présentées les mesures d'atténuation des impacts signalés au chapitre précédent. Ces mesures concernent, bien évidemment, la période des travaux et d'exploitation ;
- **Chapitre 7 – Plan de Gestion Environnemental** : Dans ce chapitre, nous présentons le Plan de Gestion Environnemental relatif à la gestion des déchets solides et des liquides ainsi que le plan de suivi environnemental pendant la période d'exploitation.

En annexe, sont présentés :

- Les autorisations fournies par le Ministère de l'agriculture pour l'exploration des forages G8 et G9 de la nappe profonde de Jerba ;
- Une lettre d'information de l'ANGED pour ce qui concerne la destination des cartouches et module usées de la station de dessalement ;
- Les documents justifiant la vocation actuelle du terrain du site de la station de dessalement.

2. PRÉSENTATION DU PROJET

2.1 Situation géographique

La station de dessalement, objet du présent projet, sera réalisée au niveau de la zone touristique d'El Mezraya de Jerba située à quelques Kilomètre au sud de l'agglomération de Houmet Essouk figures 1 et 2 ci-dessous.

Les coordonnées géographiques en système WGS84 du site de la future station de dessalement sont les suivantes :

X= 682 585

Y= 3 746 850

Le site est situé à environ 1600 m vol d'oiseau de la mer et à environ 900 m ouest de la route touristique principale d'El Mezraya.

2.2 Maître de l'ouvrage

Maitre d'ouvrage Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux
Adresse : 23, Rue Jawaher Lel Nehrou, Montfleury

Président Directeur
Général Mr. Mohamed DAHECH
Adresse Av. Slimane Ben Slimene El Manar II – Tunis 2092
Tél. 71 887 000
Fax 71 871 000

Direction dessalement
Mr. Aderraouf NOUICER
Tél. 71 494 266

2.3 Bureau d'études

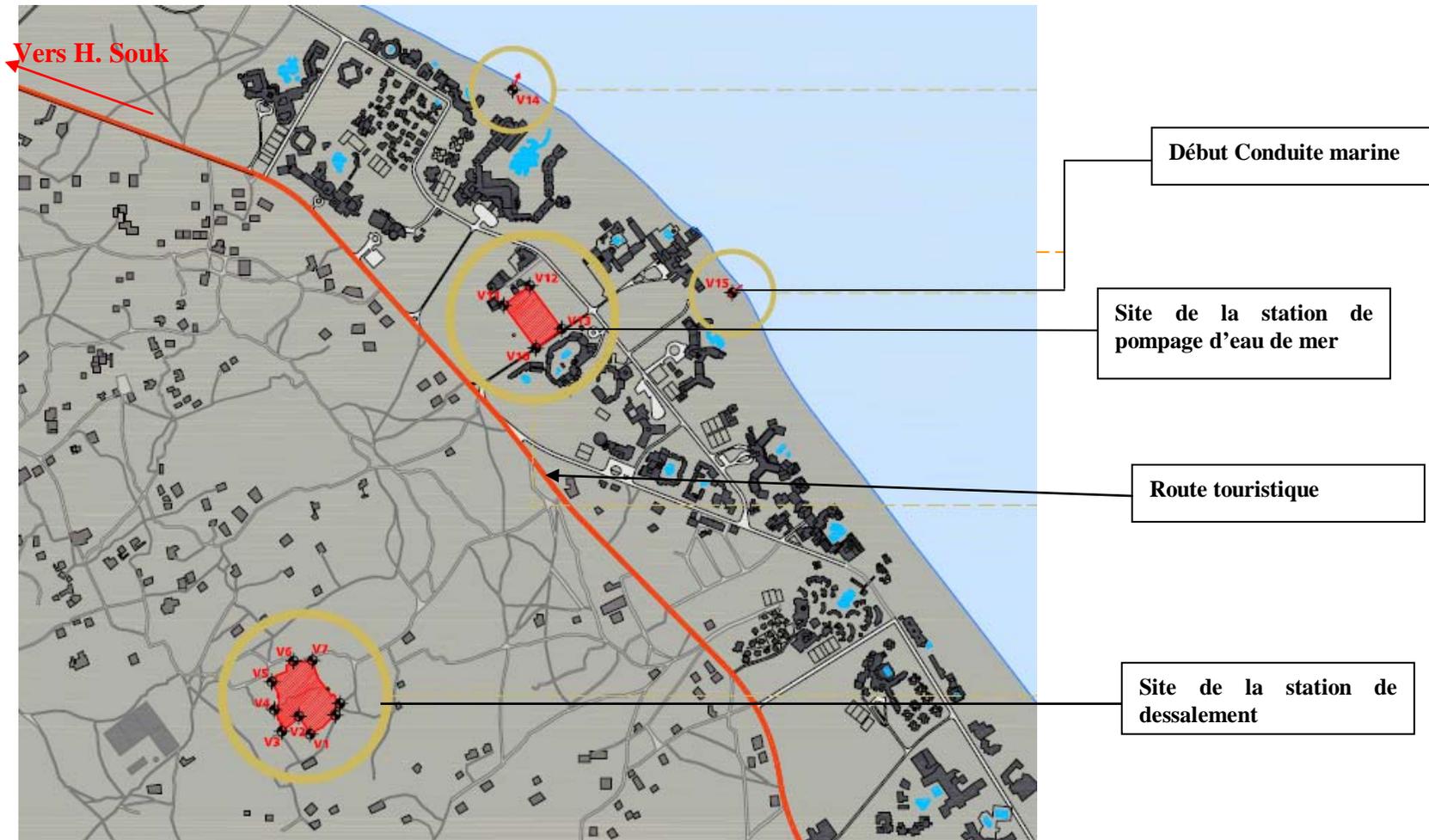
Raison sociale Ingénierie de l'Hydraulique, de l'Equipement et de l'Environnement -
IHEE
Adresse 8, Rue Hbib Chrita – 2080 Ariana
Date de création 1999
Expérience en EIE Plus de 20 dossiers d'études d'Impacts approuvés par l'ANPE
Tél. 71 867 066
Fax. 71 867 116

Directeur Général Rafik BENCHARRADA

Figure 1: Situation géographique du site du projet



Figure 2 : Situation du site de la station de pompage des eaux de mer, du point de captage et de rejet en mer et de la station de dessalement



2.4 Objectifs et consistance du projet

Le projet de dessalement d'eau de mer de Jerba a pour objectifs la sécurisation de l'alimentation en eau potable de l'île à long terme jusqu'à l'échéance 2030 au minimum ainsi que l'amélioration de la qualité de l'eau desservie dans l'île de Jerba (voir chapitre 3 suivant).

Il consiste en la mise en œuvre d'un deuxième nouveau pôle de production d'eau basée sur une nouvelle ressource en eau non conventionnelle qui est l'eau de mer dessalée. Le premier pôle de production d'eau à Jerba étant situé sur la colline de Guellala représentant le point culminant de l'île.

Le projet proposé par la SONEDE comporte les quatre composantes suivantes:

- Une station de dessalement d'eau de mer de capacité 50 000 m³/j extensible jusqu'à 75000 m³/j;
- Une station de pompage d'eau de mer;
- Des conduites de transfert, de prise d'eau de mer et de rejet de la saumure;
- Des conduites d'adduction d'eau de forage souterrain et de raccordement au réseau public d'Alimentation en eau potable de Jerba ;
- La réalisation d'une station de défermentation des eaux de forage pour éliminer le fer ;

Dans ce chapitre nous présentons les caractéristiques techniques de ces composantes du projet tel que défini et arrêté par le constructeur de la station de dessalement.

2.5 La station de dessalement d'eau de mer de Jerba

2.5.1 Introduction

La station de dessalement de Jerba sera, en première phase, de capacité **50 000 m³/j** et elle est basée sur la technique de l'osmose inverse.

Les techniques de dessalement pouvant être adoptées pour le dessalement de l'eau de mer sont

- ❖ l'osmose inverse et ;
- ❖ les techniques thermiques dont principalement le Multi-flash (MSF), le Multiple-effet (MED et la Compression de vapeur (VC).

La technique qui a été choisie est l'osmose inverse comme c'est justifié dans le chapitre suivant (Chapitre 3).

2.5.2 Principe de l'osmose inverse

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.

Rappelons que l'osmose est le transfert d'un solvant (eau dans la plus part des cas) à travers une membrane sélective sous l'action d'un gradient de concentration.

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.

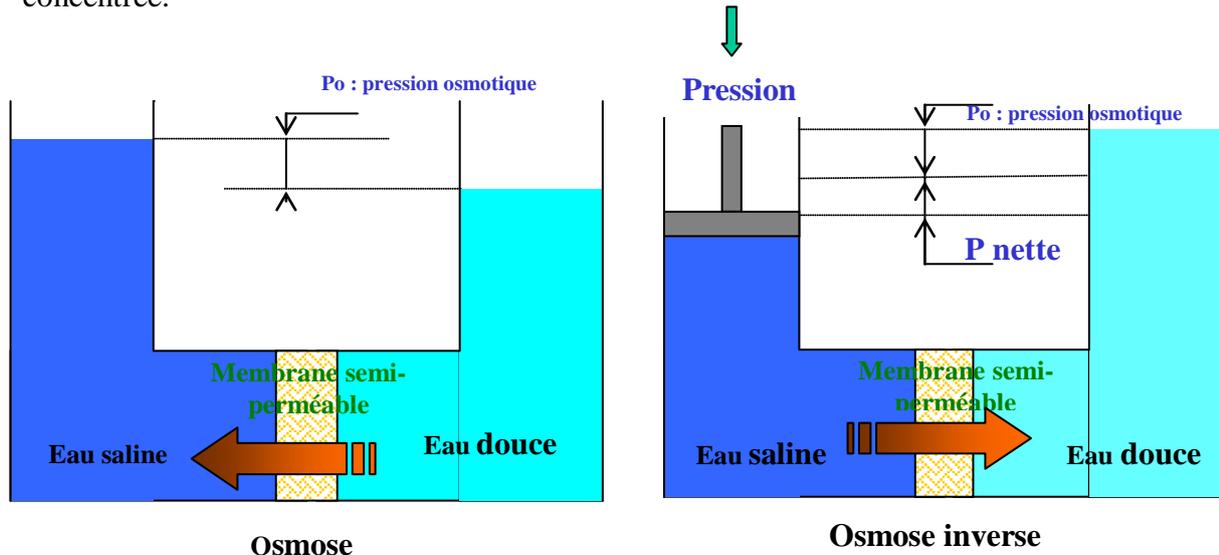


Figure 3: Principe de l'osmose inverse

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.

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 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 due 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 et également une désinfection avant qu'elle soit distribuée.

Ainsi, l'installation de dessalement de Jerba sera composée de trois phases :

- La phase de prétraitement ;
- La phase d'osmose inverse ;
- La phase de post-traitement.

2.5.3 Paramètres de dimensionnement de la station de dessalement

Sur la base d'un taux de conversion de 45 % et une perte en eau brute de 1.0 % dans les boues des décanteurs et des filtres à sables, le volume d'eau brute requis pour la station de dessalement serait de **111 112 m³/j** d'eau de mer brute.

Sur la base du fonctionnement de la station durant 70 % du temps en moyenne, le volume journalier moyen requis en eau brute est de 106 875 m³/j, soit environ **28,4 millions de m³** d'eau brute par an contre une production annuelle en eau osmosée de **12,8 millions de m³** /an en eau dessalée.

2.5.4 Phase de prétraitement

2.5.4.1 Description du principe

Le prétraitement préconisé pour la station de dessalement de Jerba est basé sur une désinfection à l'hypochlorite de sodium et une coagulation/floculation en ligne, une filtration à travers un système de filtration fermée sous pression bi-couches à base de sable et anthracite, et une micro-filtration à travers des micro-filtres de sécurité.

Cette phase constitue une étape primordiale et importante pour toute l'installation. En fonction de la qualité de l'eau brute, elle peut être plus ou moins complexe. Les eaux prétraitées sont généralement stockées dans une bache dite bache d'eau filtrée et ce, avant qu'elle soit transférée vers les autres phases de dessalement.

Le prétraitement comporte :

- Un traitement chimique ;
- Un système de filtration.

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

- **Pré chloration avec l'hypochlorite de sodium :** 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. Seul les essais sur site à la mise en service de l'installation de dessalement peut être identifié le mode d'utilisation de l'hypochlorite de sodium de manière continue, discontinue ou l'éviter carrément;
- **Coagulation avec les chlorure ferriques :** 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 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 m²/g. Ces particules élémentaires, moyennant des turbulences appropriées apportées et soutenus apporter par un agitateur rapide, vont interréagir 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 créées 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 rabatement de l'activité biologique avec l'hypochlorite de sodium :** 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. Les composants pouvant généralement faire l'objet de dépôt sont le carbonate de calcium et le sulfate de calcium et de magnésium et à un degré moindre la silice dissoute, le fluorure de calcium, le sulfate de baryum et le sulfate de strontium. Ces précipités peuvent donner lieu à des incrustations irréversibles 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 qui élèvent les produits de solubilité des sels susceptibles de précipiter.

Habituellement on emploie pour leur efficacité contrastée des polymères de l'acide polyacrylique, des poly phosphates et des polymaléates.;

- **Augmentation du pH.** Pour faire monter le pH de l'eau, et favoriser la rétention du Bore de la part des membranes, L'Hydroxyde de sodium 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). Pour l'eau de mer prise à travers un émissaire marin, 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 et anthracite.
- Une micro-filtration à travers des micro-filtres de sécurité constitués de cartouches à base de Polyester Renforcé de Fibre de Verre (PRFV) avec un seuil de filtration entre 5 et 15 microns. Le matériel des finitions internes sera la résine isophtalique de polypropylène.

2.5.4.2 Les équipements prévus pour station de Jerba

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

Dosage hypochlorite de sodium : La consommation annuelle en hypochlorite de Sodium serait de l'ordre de **27720 Kg/an**. Les équipements de dosage comporteront :

- Une pompe de transvasement de 10 m³/h ;
- Un réservoir de stockage de 20 m³ ;
- Deux pompes doseuses, une de réserve, de 30 à 300 l/h.

Dosage acide sulfurique: Le procédé prévoit une correction du pH par l'acide sulfurique. Une quantité de l'ordre de **9504 Kg/an** sera utilisée avec les équipements suivants :

- Une pompe de transvasement de 20m³/h ;
- Un réservoir de stockage de 5 m³ ;
- Deux pompes doseuses, dont une en réserve, de 9 à 80 l/h

Dosage du coagulant : Sur la base du dimensionnement de la station de Jerba, la consommation annuelle en Chlorures ferrique serait l'ordre de **48 229 Kg/an** avec un taux de richesse de 40%. Le système de dosage correspondant comportera :

- Une pompe de transvasement de 20 m³/h;
- Un réservoir de stockage de 25 m³;
- Deux pompes doseuses, dont une de réserve, de 15 à 150 l/h.

Dosage de Méta bisulfite de sodium : La consommation annuelle de méta bisulfite serait de l'ordre de 8 740 Kg/an. Le système de dosage comportera :

- Deux réservoirs de dilution de 5m³ équipés avec des agitateurs de mélange ;
- Trois pompes doseuses, dont une en réserve, de 50 à 500 l/h ;

Dosage inhibiteur d'encrassement : Il est prévu pour la station de Jerba l'utilisation d'un inhibiteur d'incrustation avec une quantité de l'ordre de **27 300 Kg/an**. Le système de dosage comportera :

- Deux réservoirs de dilution de 2m³ équipés avec des agitateurs de mélange ;
- Trois pompes doseuses, dont une en réserve, de 1 à 15 l/h ;

Dosage d'hydroxyde de sodium (installation de sécurité) : La consommation annuelle de la station en hydroxyde de sodium serait de l'ordre 10 727 Kg/an. Les équipements de dosage correspondants porteront ainsi:

- Une pompe de transvasement de 20m³/h ;
- Un réservoir de stockage de 25 m³.
- Trois pompes doseuses, une en réserve, de 25 à 250 l/h.

Système de filtration : 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 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 Jerba prévoit :

- Une première étape de filtration avec 8 filtres à sable-anthracite fermés sous pression, de 4,00m de diamètre et 22,000m de longueur droit.
- Une deuxième étape de filtration avec six 6 filtres à sable de granulométrie double fermés sous pression, de 4,00m de diamètre et 22.000m de longueur droit
- Un système de lavage des filtres à air, saumure et eau de mer formé par :
 - Deux 2 pompes centrifuges horizontales, une en réserve, de 1,900 m³/h avec 10 m CE de hauteur manométrique.
 - Deux 2 supprimeurs rotatifs, un en réserve, de 5.600 Nm³/h et hauteur manométrique de 5 m CE.
 - Un 1 réservoir de saumure pour rétro lavage de 276,70 m³.
- Une filtration de sécurité à cartouches avec deux (2) lignes de trois (3) filtres, équipés chacun de 410 cartouches avec une qualité de filtration de 5 microns nominal ;
- Un (1) pont roulant pour le maintien de l'édifice des filtres à cartouches.

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 adéquats, et s'assurer ainsi du bon fonctionnement de l'osmose inverse.

2.5.5 Phase d'osmose inverse

2.5.5.1 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 elles 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 permettant d'assurer un taux de conversion entre 30% et 45 % comme le montre la figure ci-dessous. 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.

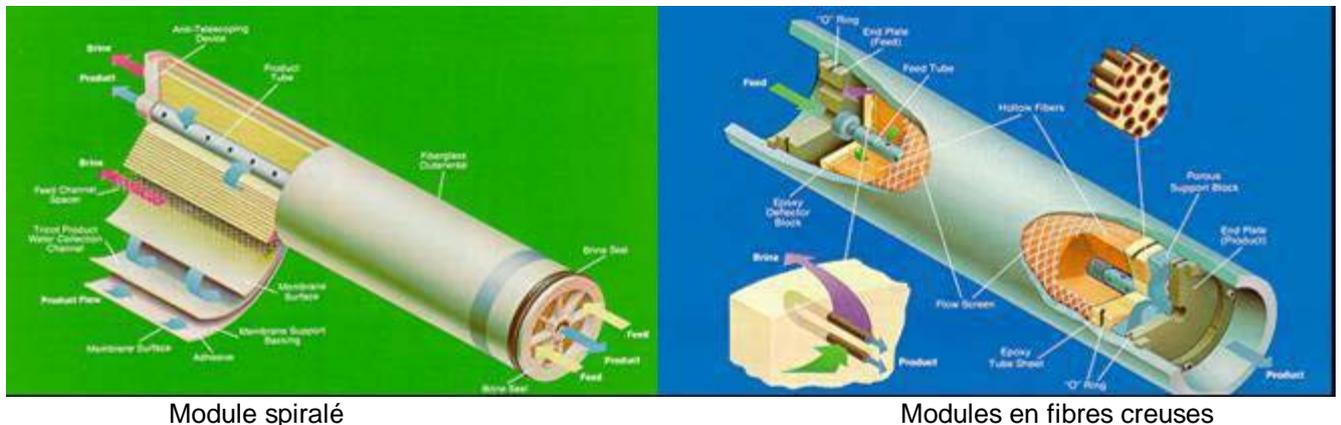


Figure 4: Différents types de modules d'osmose inverse

En fonctionnement normal de travail, les membranes d'Osmose 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'Osmose Inverse s'arrêtera.

2.5.5.2 *Les équipements retenus*

Les équipements de l'osmose inverse comporteront :

- Deux (2) pompes booster pour adapter la pression à l'entrée des pompes à haute pression centrifuges horizontales, de 1.061 m³/h à 6.00 bar. une pompe en réserve est incluse au magasin
- Deux (2) pompes à haute pression, centrifuges horizontales à chambre divisée de 1.061 m³/h à 56,13 bar. Une pompe en réserve est incluse au magasin.
- Deux (2) châssis d'osmose inverse avec 356 tubes à pression par châssis, 8 membranes par tube.
- Deux (2) châssis de chambres d'isobares de récupération de l'énergie du rejet. 19 récupérateurs installés par châssis
- Trois (3) pompes booster à haute pression, centrifuges horizontales (G-212), une (1) en réserve, de 1.300 m³/h à 4.50 bar.
- Un (1) pont roulant (P-702) pour la maintenance de l'édifice d'osmose inverse.

Equipement du lavage des membranes :

- Un (1) réservoir de préparation des réactifs de lavage de 60m³, équipé de deux (2) résistances de chauffage et un (1) agitateur de mélange ;
- Deux (2) pompes de lavage des membranes, une (1) en réserve, de 1.600m³/h à 55mCE.
- Deux (2) filtres à cartouches pour les lavages des membranes.

Unité de déplacement

- Un réservoir d'eau osmosée pour déplacement de 200m³.

Pour le déplacement on utilise mêmes les pompes de lavage des membranes.

2.5.6 Phase de post-traitement

2.5.6.1 Description du principe

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

- La reminéralisation de l'eau dessalée par des oligoéléments ;
- L'établissement de l'équilibre calco-carbonique, ;
- A la désinfection de l'eau grâce l'ajout d'hypochlorite de sodium.

Une eau non équilibrée est agressive et peut s'attaquer à tous les ouvrages et conduites renfermant des carbonates tel que le mortier de ciment, le béton etc.

L'équilibre calco-carbonique peut être réalisé de plusieurs manières :

- Le mélange de l'eau dessalée avec une eau saumâtre avec au préalable une augmentation du pH avec injection de soude caustique.
- L'injection du lait de chaux avec au préalable une injection de gaz carbonique.
- L'utilisation de filtre à base de gravier de calcaire ou de dolomie permettant une reminéralisation de l'eau dessalée. Cette technique est généralement utilisée pour les petites stations de dessalement.

Pour la station de dessalement de Jerba, et après avoir traversé le système d'osmose inverse, une désinfection une correction du pH et une reminéralisation 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 et obtenir un LSI=0,3 dans l'eau de mélange. Le dosage sera réalisé dans la tuyauterie d'impulsion de l'eau produite vers les réservoirs de mélange.

2.5.6.2 Les équipements retenues pour la station de Jerba

L'aménagement final de reminéralisation des eaux osmosées de la station de Jerba prévoit les étapes suivantes :

Dosage de dioxyde de carbone : La station prévoit une consommation de l'ordre de 810 166 Kg/an d'anhydride carbonique par :

- Deux (2) réservoirs de dioxyde de carbone de 116.96 m³(CO-310)
- Une installation de vaporisation et de dosage de dioxyde de carbone.

Recalcification : L'utilisation d'une quantité de **688 292 K/an** d'hydroxyde calcique

- Un (1) silo de stockage d'hydroxyde calcique de 80m³, équipé avec un système de fluidifier, un système de charge pneumatique et un filtre à manches.
- Un (1) doseur volumétrique d'hydroxyde calcique d'vis de 15 a 150 kg/h.
- Un (1) réservoir de dilution d'hydroxyde calcique de 8m³, équipé avec agitateurs de mélange.
- Deux (2) pompes de transvasement du lait de chaux (GU-320), une (1) en réserve, de 5m³/h à 15 mCE.
- Un (1) saturateur en chaux.
- Deux (2) pompe de chaux saturée, une (1) en réserve, de 65 m³/h à 15m CE.

Dosage d'hypochlorite sodique : L'utilisation d'une quantité de 72 653 Kg/an d'hypochlorite de Sodium par deux (2) pompes doseuses (GU-330), une (1) en réserve, de 20 a 200 l/h.

On utilise le réservoir de stockage de l'installation placé dans le prétraitement.

Dosage d'hydroxyde de sodium (installation de sécurité) : 2010 Kg/an. deux (2) pompes doseuses (GU-340), une (1) en réserve, de 7.5 a 75 l/h. On utilise le réservoir de stockage de l'installation placé dans le prétraitement.

2.5.7 Traitement des effluents

Cette partie comprend le stockage et la neutralisation de la solution de lavage chimique des membranes d'osmose inverse et de lavage des filtres par les équipements suivants :

- Deux (2) pompes de neutralisation, une en réserve, de 400 m³/h à 15 mCE.
- Deux (2) pompes doseuses d'acide sulfurique pour neutralisation, une en réserve, de 2 à 20 l/h ;
- Deux (2) pompes doseuses d'hydroxyde de sodium pour neutralisation, une en réserve, de 7.5 à 75 l/h.

2.5.8 Stockage et évacuation de la saumure et effluent

Le projet prévoit le stockage et l'évacuation de la saumure et des autres effluents par une

- première bache (BR1) qui reçoit uniquement la saumure et qui sert à effectuer les lavages de filtres ;
- un second bache qui reçoit les effluents neutralisés, ainsi que le rinçage des filtres et les vidanges des équipes.

Après ceux-ci, les effluents sont conduits vers la chambre de charge de l'émissaire et au moyen d'une conduite DN 1.500 dans PRFV pour son rejet final à la mer.

2.5.9 Les installations auxiliaires

En plus des installations de processus une série d'installations auxiliaires sont incluses pour un bon fonctionnement de la station. Ces installations sont :

- Bâtiment d'administration, de personnel, de contrôle et laboratoire.
- Atelier équipé de palan électrique ;
- Magasin.
- Fosse septique pour collecte des eaux de toilette ;
- Réseau d'eau de services auxiliaires et d'arrosage équipé d'un groupe de pression de 30 m³/h a 7kg/cm².
- Réseau d'eau par dilution de réactifs équipée d'un groupe de pression de 6m³/h a 7 kg/cm²
- Deux (2) compresseurs d'air de manœuvre.
- Système des contre incendies formé par des équipes de détection d'incendies et d'extincteurs appropriés à chaque zone de la station.
- Bascule pour le pesage des camions
- Urbanisation, réseau pour les eaux pluviales et un jardinage.

2.5.10 Station de déferrisation et groupe immergé des forages

Le système prévoit une station de déferrisation des eaux de reminéralisation issues des forages G8 et G9.

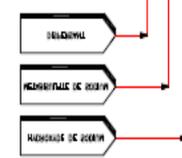
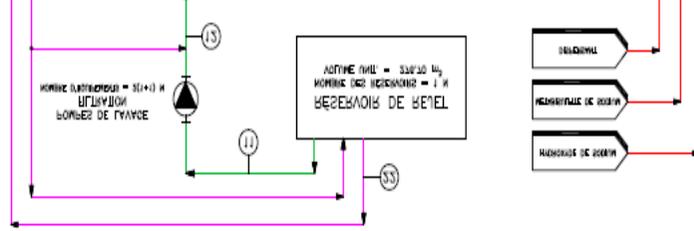
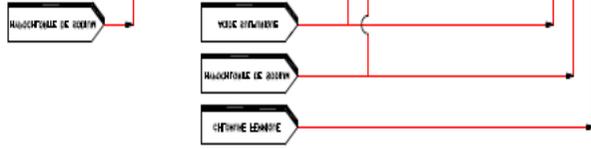
La station sera de type conteneurisé et compact est formée par deux (2) lignes de capacité unitaire de 60l/s. chaque ligne de traitement est composée par ce qui suit :

- Réacteurs d'oxydation de 75m³ et hauteur d'eau de 3,5m, incluant un système de ventilation au moyen un gril de diffuseurs et compresseurs d'air.
- Dosage d'hypochlorite sodique.
- Dosage du coagulant.
- Réservoirs de pompage a filtration de 40m³
- Pompage d'eau dès les réservoirs de pompage vers le système de filtration, par de deux (2) pompes centrifuges horizontales, une en réserve, de débit unitaire 220 m³/h à 30.60m CE.
- Filtration avec trois (3) filtres en sable fermés à pression horizontaux, de 2.50 m de diamètre et 5.00 m de longueur totale.
- Chloration finale et décharge au réservoir existant de 1.000m³.



Figure 6: Détail du plan du bâtiment d'osmose inverse





2.6 Les infrastructures de pompage et d'adduction des eaux de mer

Le projet comporte des infrastructures de pompage et de transfert des eaux composées de :

- Une station de pompage d'eau de mer;
- Une conduite d'aspiration et de refoulement d'eau de mer brute ;
- Une conduite de rejet en mer de la saumure de la station ;
- Une conduite d'adduction des eaux de forage.

Ces composantes sont présentées sur la figure ci-dessous

2.6.1 Station de pompage

La station de pompage d'eau de mer sera implantée dans la zone d'El Mezraya entre la route touristique principale de Houmet Essouk et la route touristique côtière à une distance d'environ de 450m de la mer (figure suivante).

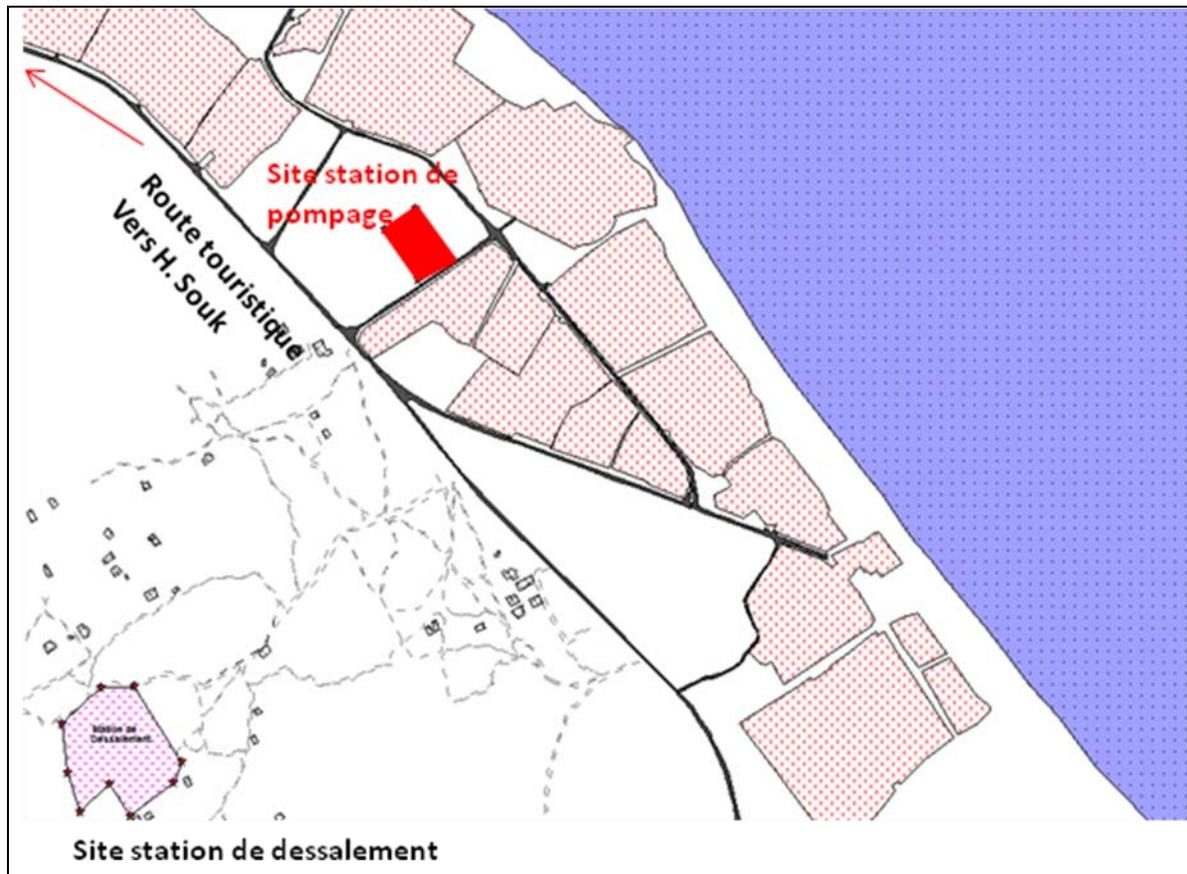
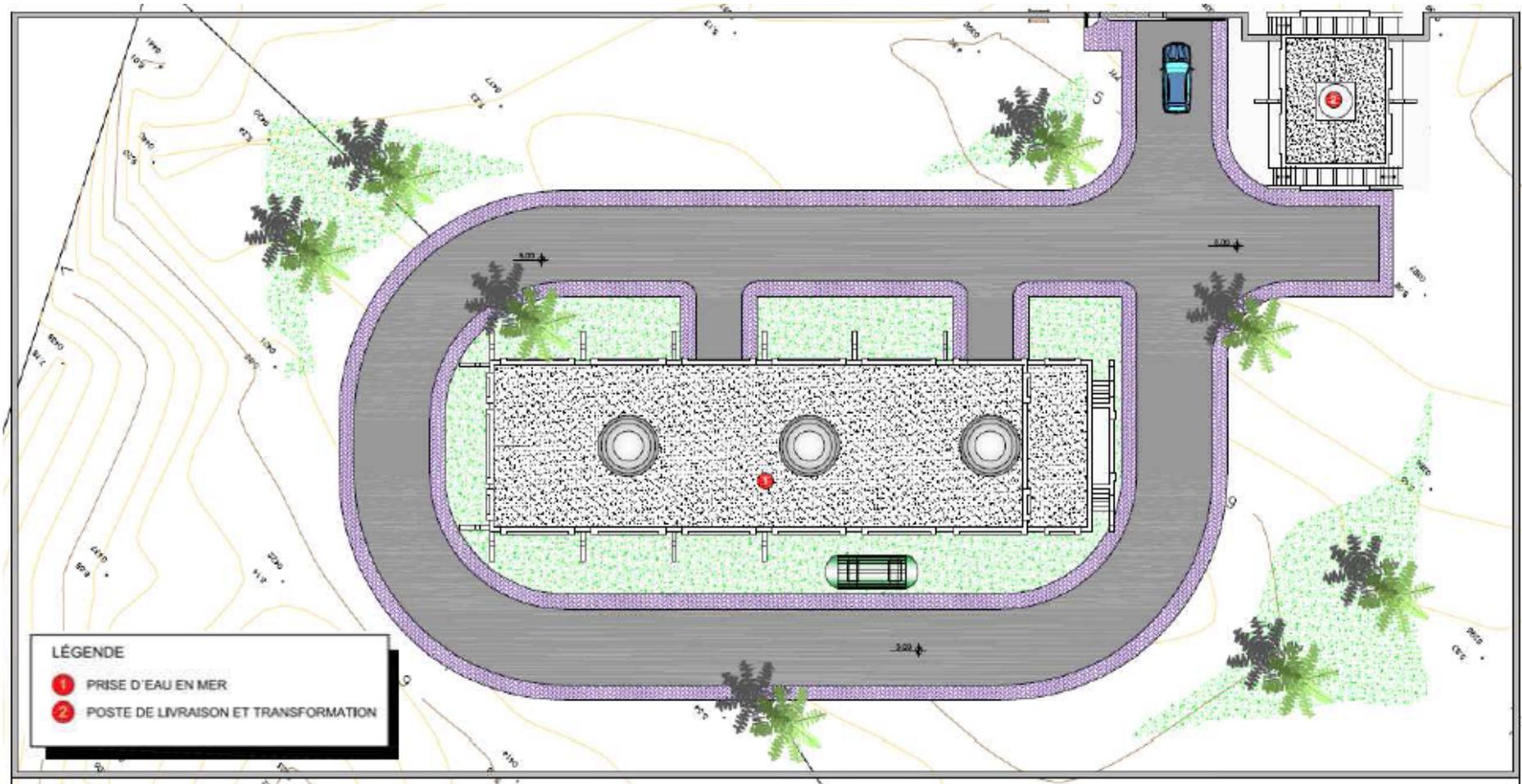
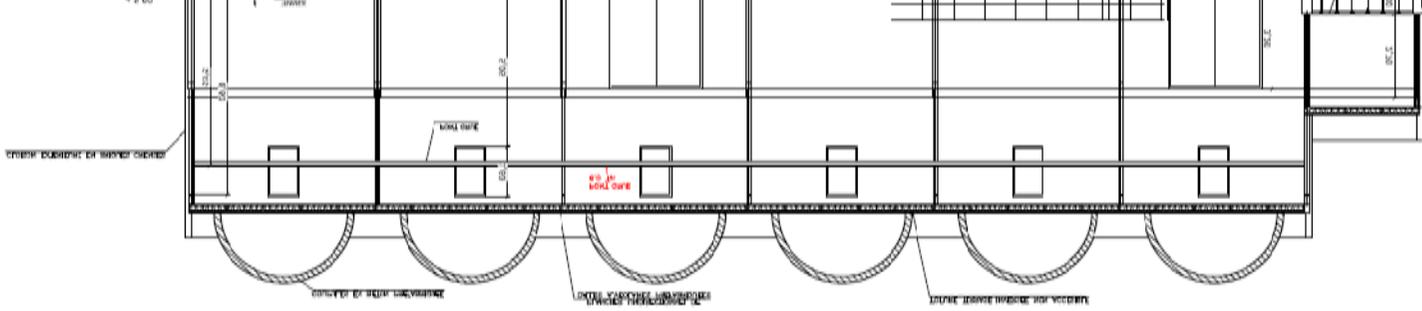


Figure 8 : situation su site de la station de pompage

La station de pompage aura une capacité de pompage de 113 000 m³/jour (4710 m³/h, 1,3m³/s). Elle sera implantée sur un terrain d'environ 34x55=1870 m². Les installations principales (bâche d'aspiration et d'arrivées d'eau brute, pompes, etc..) seront installées en dessous du niveau terrain naturel de façon à éviter les impacts des sonores des moto-pompes.

Figure 9 : Plan masse d'implantation de station de pompage





2.6.2 Les conduites de transfert des eaux

Le réseau de transfert des eaux de mer comportera :

- Une conduite d'amené d'eau de mer brute à la station de pompage de diamètre **1500 mm** et de longueur totale de **2 900m** dont **2 170 m** en mer et **730 m** sur terre ;
- Une conduite de refoulement d'eau de mer brute de la station de pompage vers la station de dessalement de diamètre **1500 mm** et de longueur totale de l'ordre de **1 600m** ;
- Une conduite de rejet de la saumure de diamètre **1500 mm** et d'une longueur totale de l'ordre de **4 800m** dont **2 330 m** sont sur terre et **2 470 m** sont en mer.

Matériaux

- Tronçon terrestres : Polyester renforcé avec de la fibre de verre (PRFV)
- Tronçon marin : Polyéthylène de haute densité (PEHD)

Profils en long

- Couverture minimum de 0,5 m dans les tronçons enfouillés
- Pente minimale de 1‰ descendante dans le sens terre mer pour éviter le siphonement ;

L'itinéraire des conduites est présenté sur les deux figures suivantes et il est détaillé dans le chapitre §4.8 de l'état initial du projet :

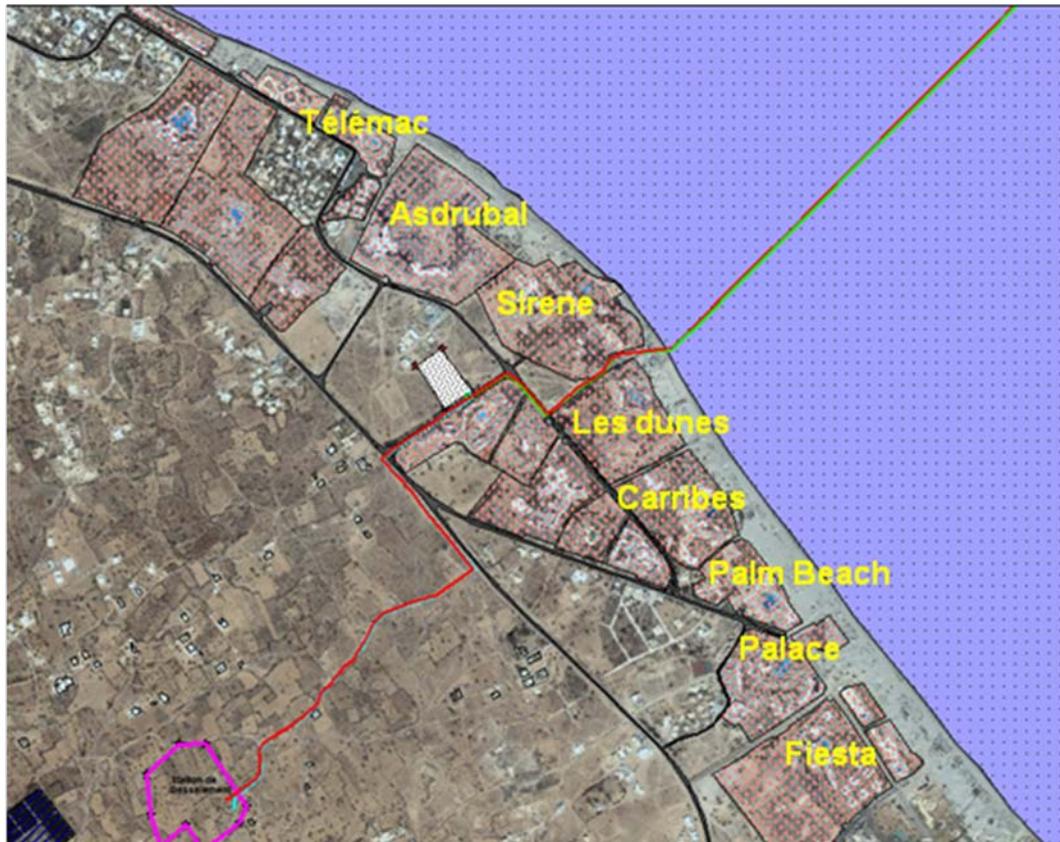


Figure 12 : itinéraire suivi par les conduites d'aspiration et de rejet de la saumure



Figure 13: détail du passage à travers la zone touristique des conduites

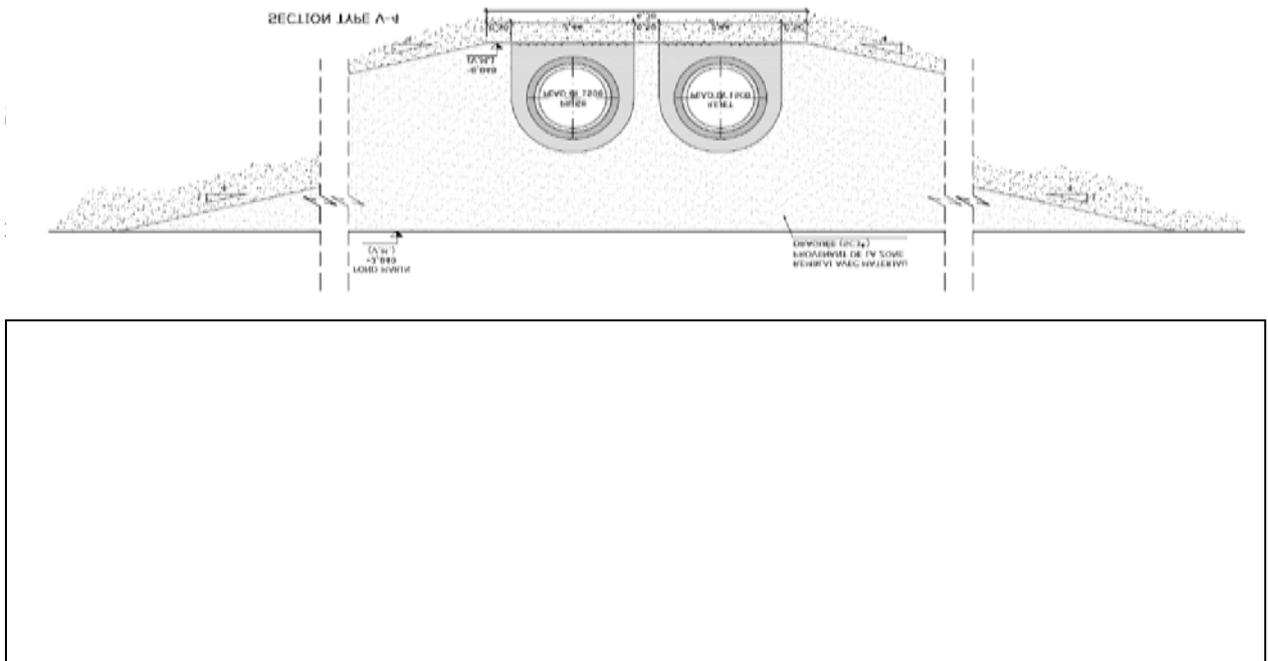


Figure 14 : Section type entre le rivage et la côte -6m

Tronçon marin entre la côte -6m et la côte -9,5m au niveau de la tour de prise (830 m): les deux conduites d'aspiration et de rejet continuent en pente minimale et en semi tranchée avec un lestage selon le profil en travers suivant :

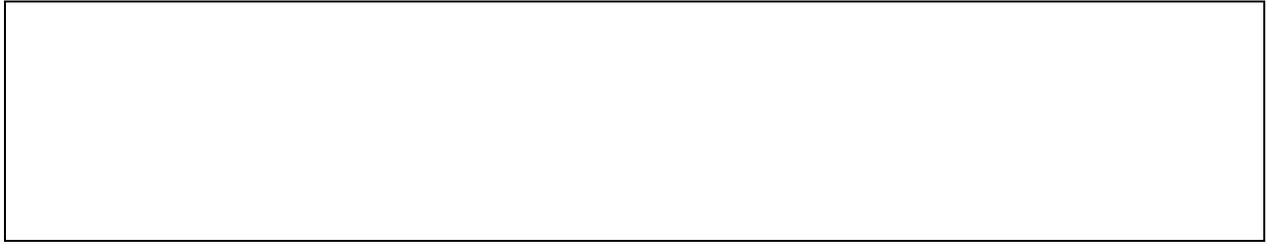


Figure 15 : Section type entre la côte -6m et la tour de prise

Tronçon marin entre au-delà de la tour de prise (300 m): la conduite de rejet continue sur le fond avec un lest sur une longueur de 200m jusqu'au début du tronçon des diffuseurs étalés sur une longueur de 100m.

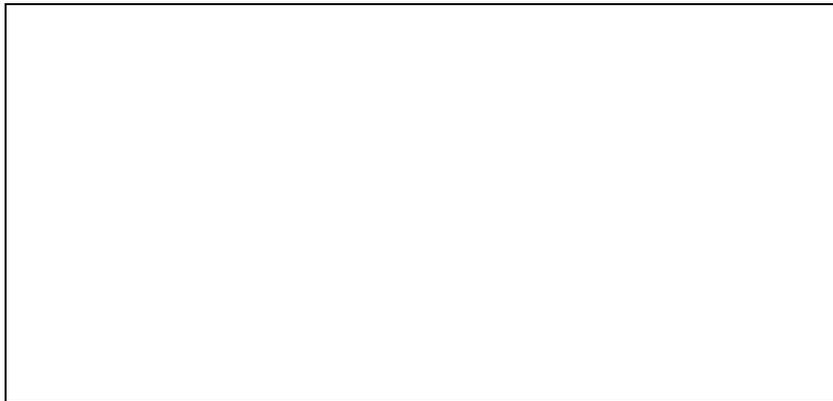


Figure 16 : Section type au-delà de la tour de prise jusqu'au point de

Tronçon de la plage sous marine: Pour réduire les volumes de terre conduites d'aspiration et de rejet seront posées par des palplanches selon le

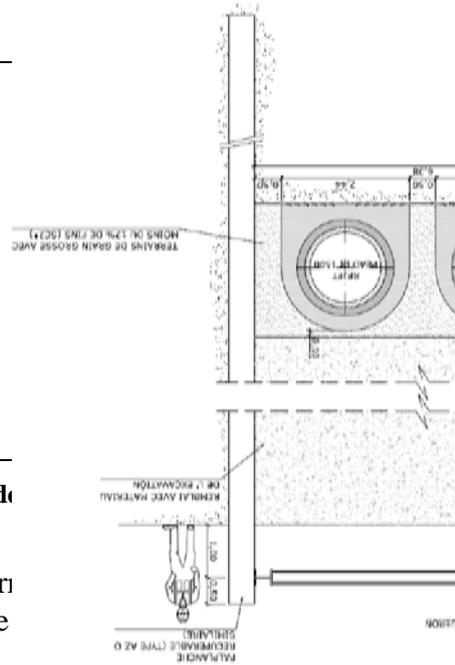


Figure 17 : Section type au niveau de la plage et du bas de plage

Tronçon terrestre entre la station de pompage et le rivage (730 m): Les deux conduites d'aspiration et de rejet seront posées par des palplanches selon le profil suivant :

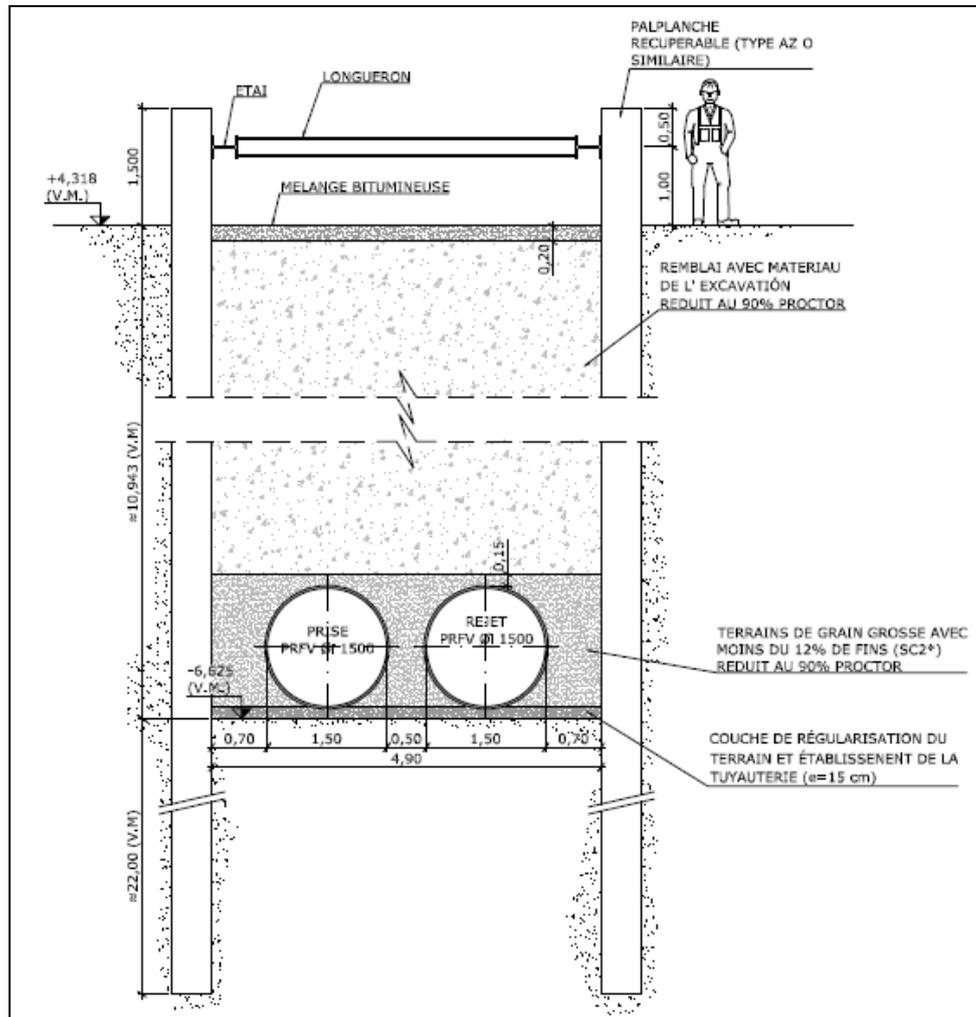


Figure 18 : Section type entre la plage et la station de pompage

Entre la station de pompage et la station de dessalement les deux conduites seront enfouillées en tranchée par palplanche.

Au niveau de la station dessalement, il est prévu un réservoir de saumure pour le versement de cette dernière. Il communique via un déversoir avec le réservoir de saumure propre (pour le lavage des filtres sous pression).

Dans le réservoir de saumure de rejet, les courants suivants se réuniront :

- Retour du lavage (saumure) des filtres sous pression.
- Excédent de saumure provenant du réservoir de lavage des filtres sous pression
- Nettoyage Chimique des Châssis une fois qu'elle est neutralisée.
- By-pass de l'usine

La tour de prise

La conduite d'aspiration d'eau de mer sera munie d'une tour de prise cylindrique en béton armé ayant les caractéristiques techniques suivantes :

- Côte TN: -9,5m
- Diamètre intérieur 4,8m ;
- Epaisseur : 40 cm ;
- Couverture : 30 cm
- Ouvertures de prise : 8 fenêtres 1,3 x 1,3 m² protégées par grille démontable en polyester renforcé avec du fibre de verre PRFV de tamis 100x100 mm ;
- Hauteur totale : 7,1m
- Côte radier : -12,5
- Semelle : diamètre 6,6m, épaisseur 80cm.
- Stabilité : Enrochement de 1 tonne.

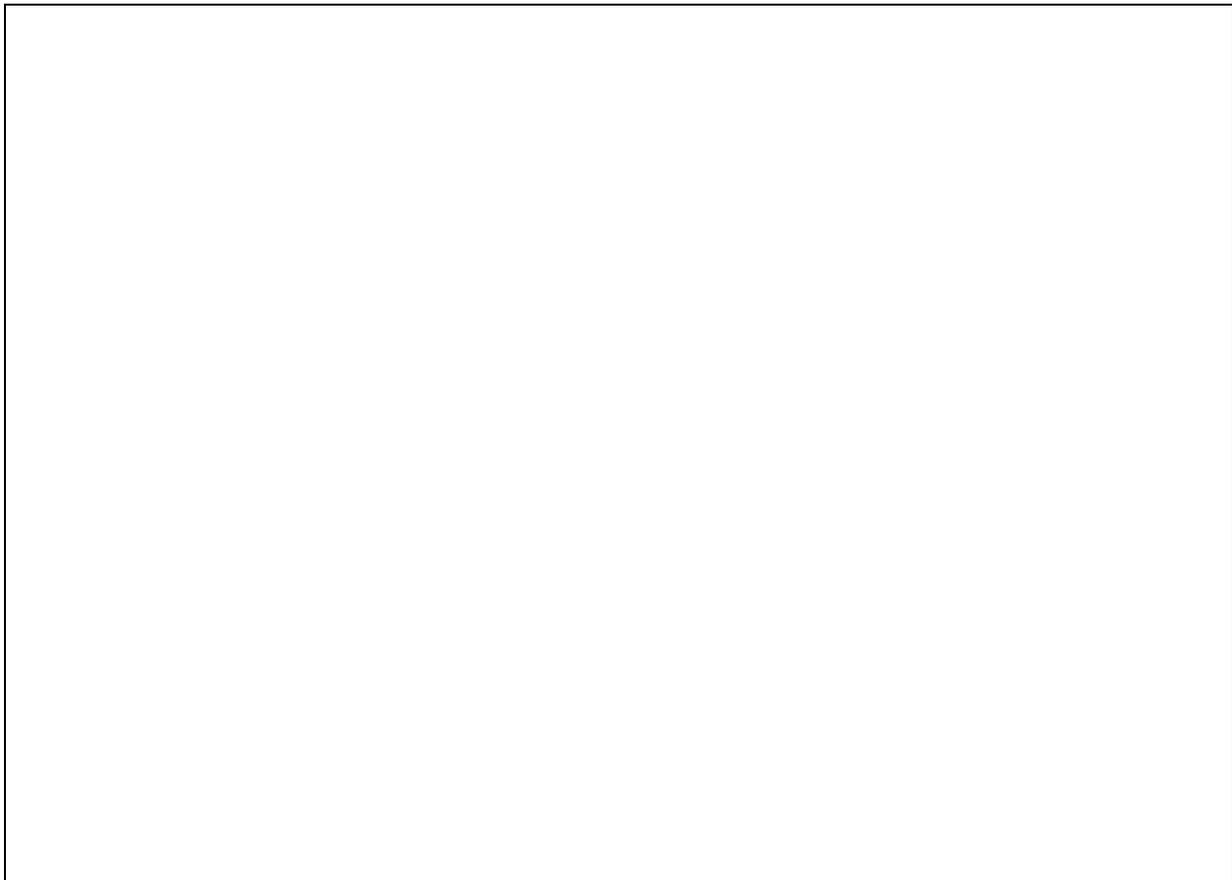
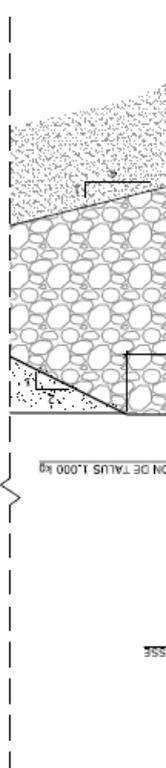


Figure 19 : Tour de prise eau de mer

2.7 Les forages de minéralisation et leurs conduites d'adduction

Il est prévu d'exploiter les deux forages existants G8 et G9 d'un débit total de l'ordre de **90 l/s** pour permettre en même temps le mélange des eaux osmosées et aussi le renforcement de la production de l'eau potable d'une quantité d'environ de **2 Millions de par an**.

Ces eaux, riches en fer seront déferrisées dans le site de la station et ils permettront de renforcer:

- L'atteinte de l'équilibre calco-carbonique du mélange à un pH inférieure à 8
- La reminéralisation partielle des eaux osmosées ;
- La production de l'eau potable

Ces eaux seront acheminées vers le site de la station de dessalement par deux conduites PEHD sur une longueur de 12 Km environ.

2.7.1 Les forages de minéralisation G8 et G9

Les forages G8 et G9 ont été réalisés dans le cadre de la mobilisation des eaux saumâtres non sulfurées dans la région de Mahboubine pour permettre le fonctionnement de la station de dessalement actuelle située sur la colline de Guellala de capacité 15000 m³/j. Le pôle des forages de Guellela non sulfurées compte actuellement 4 forages qui sont G4, G7, G8 et G9 comme indiqué dans l'extrait de carte ci dessous. L'ensemble de ces forages est raccordé à une station de pompage implantée dans le site du forage G4. Cette station de pompage permet de refouler les eaux non sulfurées vers la station de dessalement de Guellala existante.

En plus des forages non sulfurées, deux autres forages, G1 et G2 qui sont sulfurés, sont raccordés à la station de dessalement existante et permettent de faire fonctionner une ligne sur les trois lignes existantes de la station de dessalement surtout pendant la pointe de l'été et ce, en mode anaérobie pour éviter l'oxydation des sulfures et le colmatage des membranes. Il a été fait recours à cette solution après la chute de débitance du système de transfert des eaux non sulfurées à partir du pôle de Guellala à cause de l'entartrage des conduites par de l'hydroxyde ferrique.

Comme le montre la figure ci-dessous, il est distingué deux qualités d'eau, les eaux sulfurées pouvant être captées entre les deux failles et les eaux non sulfurées captées en dehors de la zone des failles telles que Mahboubine et Ajim.

En vue de subvenir aux besoins en eau futurs de la région de Jerba en quantité et en qualité et dans l'attente de la mise en service de la station de dessalement d'eau de mer prévue pour 2008, il a été envisagé l'extension de la capacité de la station existante à travers la mise en œuvre d'une nouvelle station containérisé de capacité 5000 m³/j. Cette station sera déplacé vers d'autres lieux après la mise en service de la station de dessalement d'eau de mer. Afin d'assurer les besoins en eaux saumâtres de la nouvelle station de dessalement et de renforcer les ressources en eau brute de la station existante, trois nouveaux forages ont été exécutés et raccordés au site de Guellela.

A la mise en service de la station de dessalement d'eau de mer et le déplacement de la nouvelle station containérisée, les forages G8 et G9 seront déviés vers le site de stockage de la station de dessalement d'eau de mer surtout que ces derniers sont les plus proches de cette station.

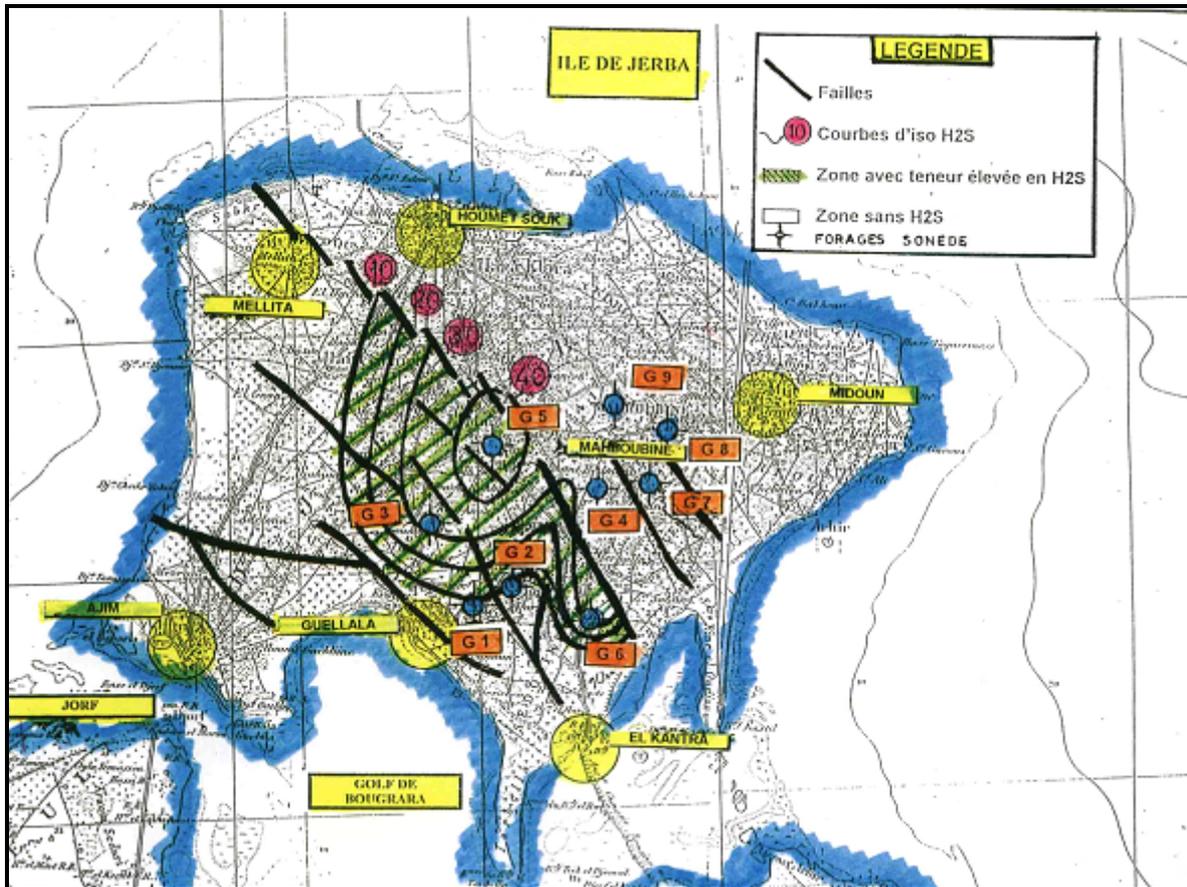


Figure 20: Carte hydrogéologique de la nappe profonde saumâtre du miopliocène à Jerba

2.7.2 Les conduites d'adduction

La collecte des eaux des forages G8 et G9 sera assurée à travers deux conduites en polyéthylène de DE315 mm sur une longueur d'environ 11 Km. Le transfert des eaux saumâtres de mélange sera assuré par pompage vers les réservoirs de stockage prévus dans le site de la station de dessalement.

Il est prévu d'exploiter le tronçon existant amenant les eaux du forage G9 au forage G8. Au niveau de ce dernier, il est prévu de réaliser un point d'intersection et de réaliser deux nouvelles conduites sur le l'itinéraire représenté sur la figure ci-dessous.

A partir du point d'intersection la conduite suivra :

- Une route goudronnée jusqu'à Sadrhienne sur un itinéraire de 2Km ;
- Une route goudronnée de Sadrhienne jusqu'à la route de Midoun sur un itinéraire de 2 Km
- la route goudronnée de Midoun sur un itinéraire de 1,5 Km ;
- Une piste existante de la route de Midoune jusqu'à la route touristique de Mezraya sur un itinéraire de 4 Km ;
- La route touristique de Mezraya sur un itinéraire 2 Km ;
- Une piste existante jusqu'au site de stockage sur un itinéraire de 300m

La figure suivante montre la position des deux forages G8 et G9 et les conduites d'adduction correspondantes (voir description détaillée dans le chapitre état initial).

Figure 21: Tracé de la conduite de refoulement des eaux des forages G8 et G9



2.8 Bilan hydraulique, des rejets liquides et des déchets solides

2.8.1 Bilan hydraulique de la station de dessalement

Le débit prélevé à partir de la mer est de **111 112 m³/j** à une salinité de l'ordre de **40 g/l**. Sur ce débit prélevé :

- **50 000 m³/j** (45%) est de l'eau dessalée produite à 500 ppm (selon les simulations faites cette salinité serait d'environ 350 ppm).
- **61 112 m³/j** (55%) de rejet sous forme de saumure à une salinité d'environ **73 g/l**.

Un débit d'environ 1 900 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 **500 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.

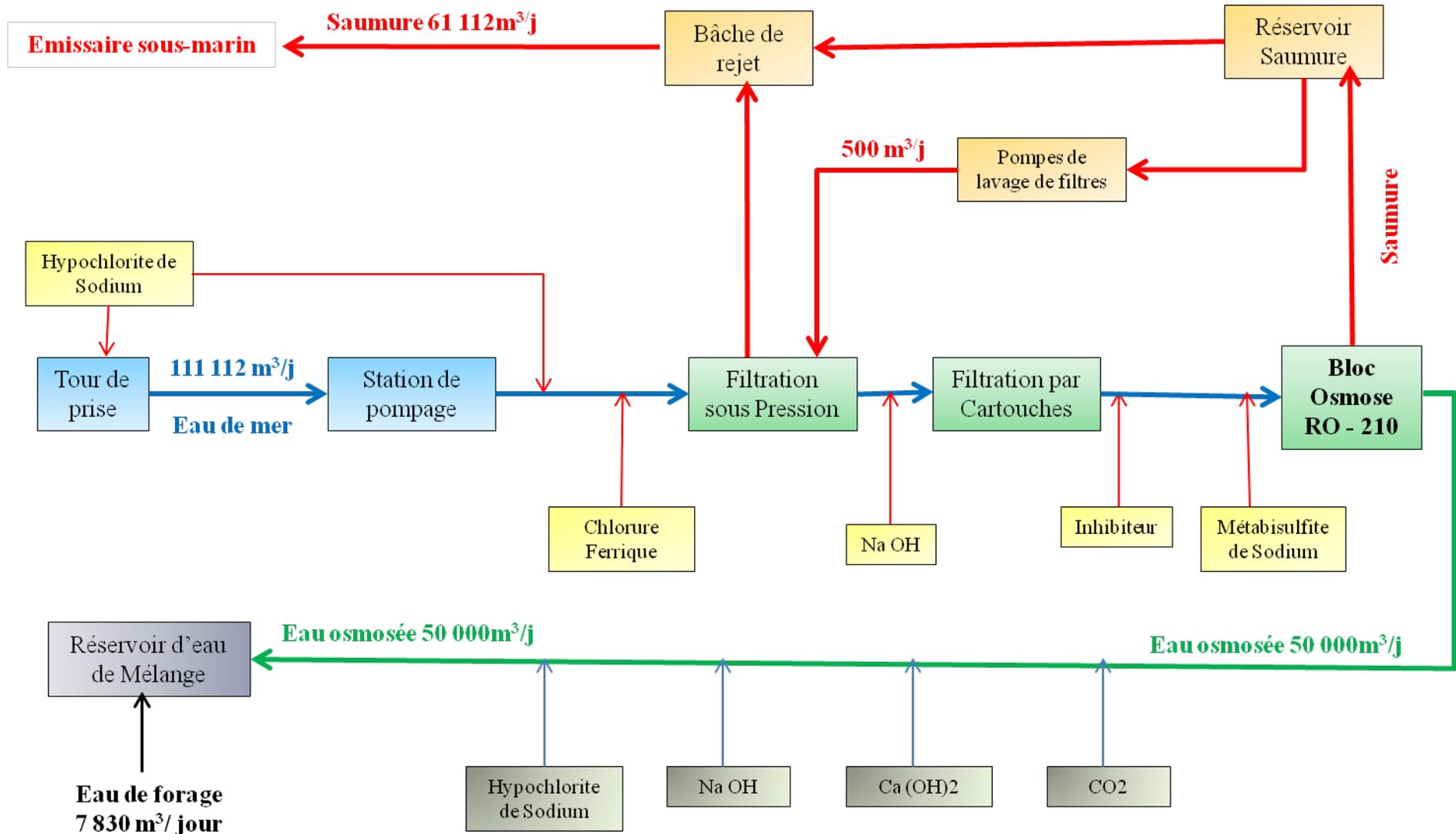
2.8.2 Bilan des diverses consommations de la station

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

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

Désignation			Dose mg/l	Consommation annuelle kg/an
Prise d'eau de mer	Hypochlorite de sodium	NaClO	10	27 720
Prétraitement	Acide sulfurique (correction PH)	H ₂ SO ₄	14	9 504
	Hypochlorite de sodium	NaClO	5	27 720
	Chlorure ferrique 1 ère étape de filtration	FeCl ₂	3	48 229
	Métabisulfite de sodium	Na ₂ SO ₄	10	8 740
	inhibiteur d'incrustation	Polymère organique	0,72	27 292
	Hydroxyde de sodium	NaOH	4,91	10 727
Post-traitement	Anhydride carbonique	CO ₂	44,14	810 166
	Hydroxyde calcique	Ca OH ₂	37,5	688 293
	Hypochlorite de sodium	NaClO	0,5	72 653
	Hydroxyde de sodium	NaOH	2	2 010
Lavage des membranes	acide citrique		0,02	
	Hydroxyde de sodium	NaOH	0,001	
Neutralisation d'effluents	Acide sulfurique	H ₂ SO ₄	35	9
	Hydroxyde de sodium	NaOH	10	30 772
Station de deferrisation et station de pompage	Hypochlorite de sodium préchloration	NaClO	3	89 942
	Hypochlorite de sodium post-chloration	NaClO	0,5	14 740
	Sulfate d'Alumine	AL ₂ SO ₄ ₃	5	30 000

Figure 22 : Bilan hydraulique de la station de dessalement de Jerba



En plus des produits chimiques, un ensemble d'équipements consommables et notamment les cartouches filtrantes et les modules d'osmose inverse. 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 cartouches filtrantes qui sont au nombre de $2 \times 3 \times 410 = 2460$ sont renouvelées tout les six mois, soit une consommation annuelle moyenne de **4920 cartouches** ayant un volume total de l'ordre de **14 m^3** ;
- Les modules d'osmose inverse qui sont au nombre de **712** sont renouvelés en moyenne une fois tout les cinq ans

2.8.3 Qualité des eaux de rejet

Le rejet est constitué principalement de saumure à **73 g/l**. La qualité de la saumure rejetée en comparaison avec l'eau de mer brute est illustrée dans le tableau suivant.

Qualité des eaux de rejet

Désignation	unité	Eau de mer brute	Saumure
Turbidité	NTU	4.93	négligeable
Température	°C		
PH		8.15	8.9
Calcium (Ca^{++})	mg/l	504	944
Magnésium (Mg^{++})	mg/l	1 710	3 173
Sodium (Na^{++})	mg/l	11 600	21 693
Potassium (K^+)	mg/l	458	856
Carbonates (CO_3^{--})	mg/l	0	1
Bicarbonates (HCO_3^-)	mg/l	163	219
Chlorures (Cl^-)	mg/l	21 600	40 402
Sulfates (SO_4^{--})	mg/l	3 330	6 235
Nitrates (NO_3^-)	mg/l	11,6	21
Nitrites (NO_2^-)	mg/l	< 0.0143	?
Résidu sec (RS)	mg/l	40 585	73 000

2.9 Coût et programme prévisionnel de réalisation du projet

2.9.1 Coût du projet

Le coût total du projet proposé par la SONEDE s'élève à **165 326 469** Dinars Tunisien, répartie par composantes comme suit :

Tableau 2 : Répartition du coût du projet par composante

Désignation – composante projet	HTVA DT	TVA DT	TTC DT
Station de Dessalement (fourniture importées et locales + Installation + mise en marche + pièces de rechanges)	77 132 376	4 466 392	81 598 768
Génie Civil de la station de dessalement	15 946 333	2 870 340	18 816 673
Fourniture et pose de conduites PEHD ou PRV (station de pompage, Conduite amenée eau de mer, émissaire marin)	30 819 494	5 520 391	36 339 885
Automatisme et télégestion	723 435	129 999	853 434
Fourniture et Génie civil Station de déferrisation + fourniture et poses de conduites terrestres eau potable	18 128 252	1 944 819	20 073 071
Total général - DT	142 749 890	14 931 942	157 681 832
Frais de dédouanement - DT			7 644 637
Coût total du projet en Dinars TN			165 326 469

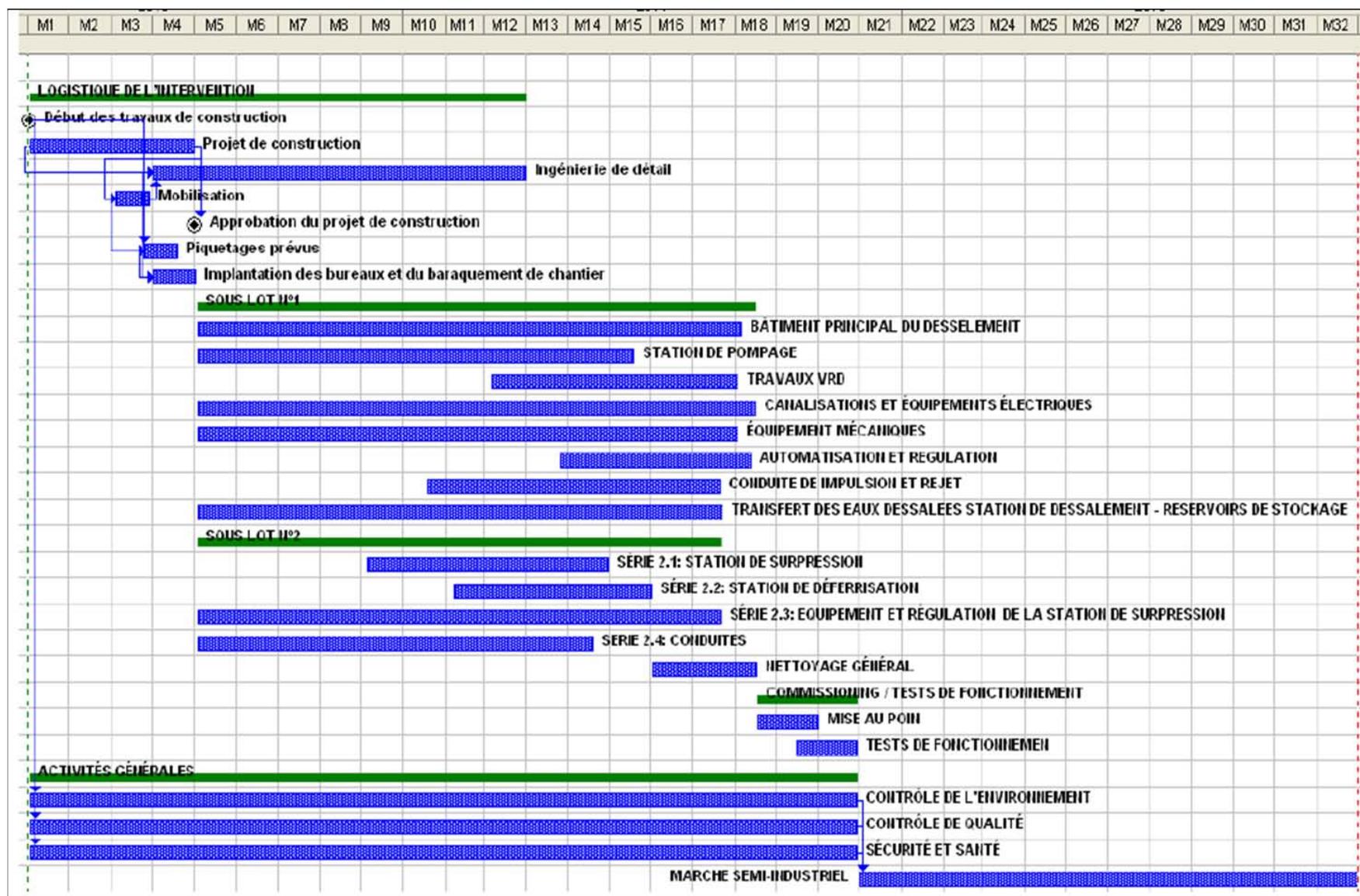
2.9.2 Programme prévisionnel de réalisation du projet

La réalisation du projet est prévue pour une période de 20 mois suivie d'une année de marche industrielle. Le démarrage est prévu pour la fin de l'année courante.

Le planning des travaux, présenté sur la figure ci-dessous, comporte 4 blocs de construction :

- Bloc 1 : développement du projet et intervention préalables (mois 1 à mois 4);
- Bloc 2 : travaux sous lots N°1 (mois 5 à mois 17,5);
- Bloc 3 : travaux sous lots N°2 (mois 5 à mois 16,5);
- Bloc 4 : Mise en service et test de fonctionnement (mois 17,5 à mois 20).

Tableau 3 : planning prévisionnel des travaux du projet de réalisation de la station de dessalement de Jerba et de ses ouvrages annexes



3. JUSTIFICATION DU PROJET

3.1 Introduction

En 1989, la SONEDE a élaboré une étude de faisabilité portant sur l'alimentation en eau potable du Sud tunisien jusqu'à l'horizon 2010. Cette étude a permis de mettre en exergue l'échéance de saturation des ressources du Sud tunisien qui était l'année 1994. Afin d'assurer l'alimentation en eau potable du Sud Tunisien au delà de cette date, l'étude a considéré trois types de ressources:

- Le transfert d'une partie des eaux de la nappe du Continental Intercalaire de l'extrême Sud Tunisien dont la salinité ne dépasse pas 2 g/l.
- Le dessalement des eaux saumâtres des nappes profondes du sud Tunisien.
- Le dessalement de l'eau de mer.

Après l'analyse technico-économique des différentes alternatives basées sur ces trois ressources, il a été constaté que la solution la plus économique est celle consistant à dessaler les eaux saumâtres à Jerba et Zarzis en première phase, puis le dessalement de l'eau de mer ou le transfert à partir de la nappe du Continental Intercalaire de l'extrême Sud en deuxième phase.

Sur cette base, la SONEDE a entrepris la réalisation de la première phase qui a été achevée au cours de l'an 2000 avec la mise en service de deux stations de dessalement des eaux saumâtres à Jerba et à Zarzis de capacité unitaire 12 000 m³/j ainsi que les infrastructures induites tels que les forages, les réseaux de collecte, etc.

Toutefois, après la mise en service des stations de dessalement de Jerba et Zarzis, il a été constaté une évolution rapide de la consommation d'eau atteignant 15 % à Jerba et 20 % à Zarzis. Cette évolution est due principalement à :

- l'amélioration de la qualité de l'eau desservie dont la salinité est passée de 3.0 g/l à 1.5 g/l en moyenne. Ceci a eu un impact sur la structure de la consommation domestique qui auparavant était basée entre autres sur la collecte individuelle des eaux pluviales.
- Au renforcement du réseau de distribution de l'île de Jerba qui a permis l'amélioration de la pression de service au niveau des abonnés.

Face à cette situation la SONEDE a engagé les travaux d'extension des capacités des stations de Jerba et de Zarzis de 12 000 m³/j à 15 000 m³/j chacune. Cette extension a été mise en service au cours du mois de Mai de l'année 2002. L'ensemble des ressources en eau ainsi mobilisées peut plus subvenir maintenant aux besoins en eau de l'île de Jerba.

Dans le cadre de la sécurisation de l'alimentation en eau potable de l'île jusqu'à l'horizon 2025, et en vue de préserver les ressources saumâtres locales contre une éventuelle surexploitation, la SONEDE envisage pour la première fois le dessalement de l'eau de mer. Et c'est dans le cadre de cette stratégie que le présent projet commence à être concrétisé.

3.2 Justification de la nécessité, l'utilité et de l'urgence du projet

3.2.1 Les ressources en eau en Tunisie

Les ressources en eau potentielles de la Tunisie sont évaluées à 4,6 milliards de m³/an dont

- 2,7 milliards de m³ en tant que ressources de surface
- 1,9 milliards de m³ en tant que ressources souterraines

L'Organisation Mondiale de la Santé situe le seuil de pauvreté en eau à une valeur de **1000m³/an** par habitant. Avec environ 12 millions d'habitants, la Tunisie est actuellement à une dotation unitaire de seulement **380 m³/an** par habitant.

Grâce à une gestion intégrée des ressources en eau de surfaces et souterraines ainsi que celles douces et saumâtres et moyennant une politique globale en matière d'utilisation de l'eau basée sur la rationalité de l'usage et l'économie d'eau, la Tunisie a su assurer les besoins en eau de tous les usagers malgré plusieurs années sèches consécutives.

En plus de la limitation de leur potentiel, les ressources en eau en Tunisie sont caractérisées par salinité relativement élevée et une répartition régionale déséquilibrée. En effet :

- 74 % seulement des ressources en eau de surface ont une salinité inférieure à 1,5 g/l
- 90 % des ressources en eau de surface ayant une salinité inférieure à 1,5 g/l est localisé dans les régions Nord du pays.
- 20 % seulement des ressources en eau souterraines ont une salinité inférieure à 1,5 g/l
- 99 % des ressources en eau souterraines de bonne qualité (salinité inférieure à 1,5 g/l) est localisé dans les régions Nord du pays.
- Globalement, 51 % des ressources globales de la Tunisie ont une salinité inférieure à 1,5g/l et pouvant être utilisé pour l'alimentation en eau potable. Sur l'ensemble des ces ressources de bonne qualité 84 % est localisé dans les régions Nord du pays.

Ainsi, En plus des différents axes de transfert d'eau entre les différentes régions du pays permettant d'améliorer la qualité et d'atténuer le déséquilibre régional, la Tunisie a fait recours au dessalement des eaux saumâtres notamment dans les régions du Sud à travers la mise en œuvre par la SONEDE de différentes stations de dessalement dans les régions du sud (gouvernorat Gabès, Medenine, Kebili et Tozeur) de capacité cumulée 60 000 m³/j.

En plus, les stations mises en œuvre dans le secteur privé avec des capacités unitaires moins importantes que la SONEDE, ont atteint une capacité cumulée de 40 000 m³/j.

Ainsi, afin de pouvoir renforcer les ressources en eau et rationaliser davantage l'usage de l'eau, la Tunisie a mis en place une politique appropriée basée sur l'économie de l'eau et le développement des ressources en eau non conventionnelles. On entend par ressources en eau non conventionnelles le dessalement des eaux saumâtres, le dessalement de l'eau de mer et la réutilisation des eaux usées.

3.2.2 Ressources en eau de l'île de Jerba

3.2.2.1 Les ressources globales de Jerba

Les besoins de l'île de Jerba sont en continuelle croissance depuis quelques décennies, notamment au niveau des centres urbains et de la zone touristique. Or, les ressources en eau mobilisables demeurent limitées et sont loin de couvrir la totalité de la demande.

En effet, Jerba se caractérise par une faible pluviométrie, de l'ordre de 200 mm/an et une hydrographie de surface rudimentaire, limitée au Oued Zebib. Il faut noter que l'île dispose d'importantes ressources souterraines.

Les principales ressources en eau souterraine de l'île de Jerba sont celles de la nappe profonde du Mio-Pliocène se trouvant à des profondeurs moyennes comprises entre 170 et 335 mètres, les eaux trouvent leur utilisation dans le tourisme, pour les piscines, dans certaines cultures pouvant tolérer les salinités élevées et dans l'eau potable après leur dessalement.

Cette nappe est une nappe captive formée par un empilement de plusieurs niveaux sablo argileux.

Trois types de ressources en eau sont actuellement exploités :

- Les eaux de surface et de ruissellement qui sont collectées dans des citernes et des Jessours. Les Garâas et les dépressions naturelles recueillent également une partie de ces eaux. Compte tenu de la faible pluviométrie, cette ressource reste peu abondante,
- Les nappes phréatiques d'eau relativement douce, actuellement la nappe phréatique de Jerba présente des signes de d'épuisement suite à sa surexploitation
- Les nappes profondes, se sont les plus profondes de la région à savoir la nappe des calcaires tyrrhéniens et la nappe des sables Plio-pontien et miocènes. Grâce aux nouveaux forages (plus de 300 m de profondeur), l'exploitation des nappes est devenue possible.

La nappe des eaux saumâtres du miopliocène constitue actuellement la principale ressource en eau locale de l'île. Cette nappe s'étend sur la région de Jerba et Zarzis avec un potentiel évalué à **700 l/s** en fictif continu. Au niveau de Jerba, ces ressources sont actuellement dessalées grâce à la station de dessalement pour eaux saumâtres de Jerba de capacité 15000 m³/j. Le débit en fictif continu alloué à la station de dessalement de Jerba est de l'ordre de 150 l/s.

L'exploitation de cette nappe a démarré timidement par la SONEDE pour prendre de l'importance avec la mise en service de la station de dessalement de Jerba.

Le suivi de l'état d'exploitation de la nappe profonde de Jerba, a montré une baisse notable du niveau piézométrique ce qui a exigé à limiter l'exploitation à ce niveau. Ainsi, les ressources en eau disponibles pour l'île de Jerba sont évaluées à un débit de 170 l/s produit seulement par la station de dessalement des eaux saumâtres de Jerba.

3.2.2.2 Les ressources en eau potables

Les ressources disponibles sont évaluées en 2014 à **605 l/s** (52 272 m³/j), réparties comme suit :

- Un débit de 270 l/s en provenance de la nappe de ZEUS/KOUTINE. Cette eau, dont la salinité est voisine de 3,0 g/l, est destinée pour le mélange avec l'eau douce provenant de la station de dessalement d'eau saumâtre de JERBA.
- Un débit de 220 l/s produit par la station de dessalement des eaux saumâtres de JERBA à (capacité 20 000m³/j). Les eaux saumâtres de salinité 6,0 g/l sont captées à partir d'une batterie de forages, d'une profondeur moyenne de 300 m dans la nappe du Mio-Pliocène de la JEFFARA.
- Un appoint de 20 l/s à partir de la station de dessalement des eaux saumâtres de Zarzis.
- Un débit de 75 l/s en provenance des forages G1 et G2, utilisés en période de pointe.
- Un débit de 20 l/s en provenance de forages G10 bis.

Tableau 4 : Bilan des ressources en eau potable de Jerba

Ressource	Débit (l/s)	Débit (m3/j)	Salinité (g/l)
Apport de la Station de Dessalement de ZARZIS	20	1728	0,3
Eau en provenance de la Brise Charge LASSIFER	270	23328	3,00
Eau dessalée en provenance de la Station de Dessalement de GUELLALA 20 000m ³ /j	220	19008	0,3
Eau en provenance des forages d'eaux sulfurées	75	6480	6
Eau en provenance de forage G10 bis	20	1728	6
Total	605	52 272	-

3.2.3 Besoins en eau de l'île de Jerba

3.2.3.1 Projection des besoins en eau de l'île de Jerba

Les prévisions des besoins futurs en eau de la zone d'étude sont déterminés pour l'usage domestique qui regroupe tout les usages à l'exception de celui du tourisme.

Ces projections futures sont déterminées en se basant, à la fois, sur l'historique des quinze dernières années de consommation pour chaque usage, ainsi que la politique s'articule en matière d'application de la stratégie de l'économie d'eau, notamment pour le secteur touristique.

Usage domestique : Il est admis à ce niveau que toute la population est desservie et que le taux de branchement est égal à 100 %..

Usage touristique : L'activité touristique à Jerba est l'origine de plus de 46 % de la consommation totale de Jerba. En se basant sur un taux annuel de 2,2 % durant la période allant de 2002 à 2025 (y compris le Projet de Lella Hadhria), le nombre de lits installés, à l'horizon 2025, sera égal à **68 754 lits**. Le programme national d'économie d'eau, prévoit une baisse de la consommation spécifique de 750 l/s/lit (2002) à une valeur de l'ordre de 400 l/s/lit en 2025.

Ainsi les besoins en eau en pointe jour sont évalués à 721 et 1152 l/s respectivement en 2014 et 2032 comme le montre le tableau suivant

Tableau 5 : Besoins en eau futurs de l'île de Jerba

année	2014	2016	2019	2023	2024	2026	2028	2030	2032
Besoins moyen en eau (m3/j)	38934	41148	44442	49248	50490	53190	55998	58914	62262
Besoins Jerba en pointe jour (l/s)	721	762	823	912	935	985	1037	1091	1152
Besoins Jerba en pointe jour (m3/j)	62294	65837	71107	78797	80784	85104	89597	94262	99616

3.2.3.2 Bilan ressources besoins

En considérant les ressources en eau actuelles de Jerba, le bilan besoins-ressources est déficitaire comme le montre le tableau suivant

Tableau 6 : Bilan besoin ressources actuelles de Jerba

année	Besoins Jerba	Total ressources	Bilan	
	PJ (l/s)	(l/s)	(l/s)	(m3/j)
2013	700	585	-115	-9936
2014	721	605	-116	-10022
2015	742	605	-137	-11837
2016	762	585	-177	-15293

3.2.4 Projection avec la station de dessalement

Pour les projections futures des ressources en eau, en se basant sur les hypothèses suivantes:

- Réduction de l'apport des eaux provenant du Sud Tunisien de 270 l/s à 100 l/s dès la mise en service de la station de dessalement d'eau de mer en 2016,
- La non considération des eaux produites par la station de dessalement 5000m³/j,
- La non considération de débit de 75 l/s provenant des forges G5 et G6,
- La non considération de l'apport de la station de dessalement de Zarzis

Le bilan besoin ressources serait comme suit :

Tableau 7 : Bilan besoins – ressources en prenant en compte la station de dessalement de Jerba

année	Besoins Jerba (l/s)	Total ressources	Bilan		Salinité
		(l/s)	(l/s)	(m ³ /j)	g/l
2013	700	585	-115	-9936	2,28
2014	721	605	-116	-10022	2,40
2015	742	605	-137	-11837	2,40
2016	762	863	101	8726	0,74
2018	802	863	61	5270	0,74
2020	844	863	19	1642	0,74
2022	889	863	-26	-2246	0,74
2023	912	1152	240	20736	0,63
2024	935	1152	217	18749	0,63
2026	985	1152	167	14429	0,63
2028	1 037	1152	115	9936	0,63
2030	1 091	1152	61	5270	0,63
2031	1 122	1152	30	2592	0,63
2032	1 152	1152	0	0	0,63

3.3 Justification du procédé de dessalement

3.3.1 Introduction

L'installation de la station de dessalement qui sera mise en œuvre à l'île de Djerba pour répondre à ses besoins futurs en eau potable urbaines et touristiques, indépendamment du système de dessalement sélectionné, nécessitera l'utilisation de l'énergie sous forme de vapeur ou d'électricité. La production de l'une de ces formes d'énergie devra être réalisée dans des installations.

Dans les installations de distillation, la vapeur nécessaire pour le processus, sous des conditions de pression et d'humidité déterminées, doit être produite dans une chaudière qui sera exclusivement utilisée pour l'installation de la station de dessalement. Cette chaudière, sera, normalement, accouplée à une centrale thermique dont la turbine fournira par extraction la vapeur nécessaire, qu'elle soit résiduaire ou non, en obtenant en même temps une plus grande efficacité que dans le cas d'une simple installation de chaudière. Cependant, pour que ladite efficacité conjointe soit importante, il sera nécessaire de dimensionner, d'une manière adéquate, la centrale thermique par rapport à la production d'eau dessalée nécessaire.

La conception conjointe de la centrale et de station de dessalement devra être réalisée de telle manière qu'il soit possible d'obtenir la plus grande efficacité. L'extraction de la vapeur d'une turbine à contre-pression étant nécessaire, cela impliquera, en général, une perte d'efficacité de la centrale thermique qui avoisinera les 5% au moins par rapport à celle qui serait obtenue dans le cas de la production d'électricité seulement. D'autre part, pour atteindre la plus grande efficacité possible il faut que les variations de la demande en eau ainsi que celle d'électricité soient pratiquement simultanées. Il y a lieu de signaler que dans ce cas, la station de dessalement et la centrale thermique doivent être réalisées sur le même site.

Dans les installations de dessalement basé sur l'utilisation des membranes, une connexion à une source d'énergie électrique externe est indispensable. Cette énergie peut être produite sur un site autre que celui de la station de dessalement et transportée à travers des câbles électriques. Ceci permet de concevoir chacune de ces installations dans deux sites distincts et, en outre, optimiser séparément chacun des processus.

Donc, la possibilité de réaliser une cogénération dans l'installation de la station de dessalement de Djerba doit être analysée sous deux aspects :

- Par rapport au processus de dessalement à utiliser,
- Par rapport à la forme d'énergie à fournir pour les deux processus.

Celle-ci devra être envisagée du point de vue technologique, énergétique, économique et environnemental.

3.3.2 Aspect technologique de la cogénération

Le premier aspect à envisager est l'analyse des éventuels systèmes de dessalement de l'eau de mer qui existent sur le marché et leur dépendance énergétique, en faisant la distinction entre ceux qui utilisent comme énergie la vapeur (MSF, MED et VC) et ceux pour lesquels l'électricité est nécessaire, tout en soulignant leurs principales caractéristiques. Cette analyse sera accompagnée des différentes formes de cogénération ou d'auto-génération aussi bien de la vapeur que celle de l'électricité.

3.3.2.1 Le MSF (Multi Stage Flashing)

C'est le système de vapeur le plus répandu bien qu'il soit le moins efficient. Sa diffusion découle du fait que c'est un système très sûr au niveau de son fonctionnement qui utilise une technologie développée depuis plusieurs années, quoiqu'il n'ait pas bénéficié de grandes améliorations depuis sa création.

Dans une enceinte contenant de l'eau de mer en équilibre avec sa vapeur à une température T et une pression P , si on introduit une quantité q d'eau de mer à une température supérieure ($T+dT$), elle subit une détente qui libère de l'énergie qui va permettre la production d'une quantité Q de vapeur, c'est le phénomène flash. Les précipités résultants se forment dans le liquide. La vapeur ainsi produite est condensée grâce à un échangeur transitant de l'eau moins chaude et ce, comme illustré dans la figure suivante.

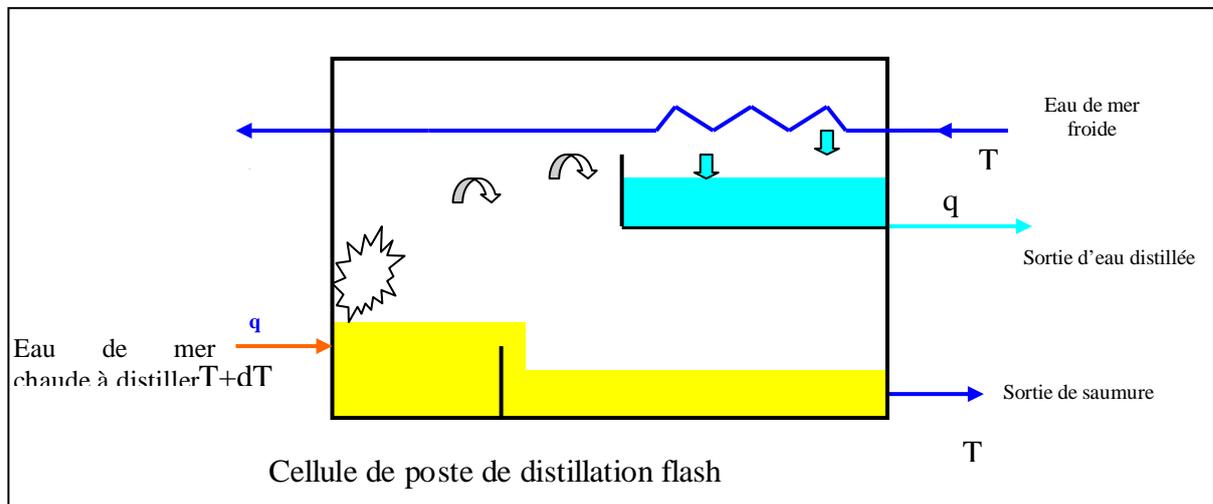


Figure 23 : Principe du dessalement par le MSF - Multi Stage Flashing

L'unité de distillation multistage est constituée de plusieurs cellules de distillation flash. Le nombre optimal de cellules est fonction de la surface d'échange de condensation pouvant être mise en œuvre ainsi que la plage de température disponible entre celle de l'eau de mer et celle de la cellule la plus chaude. Après des réchauffages successifs dans les condenseurs des cellules, l'eau à dessaler est portée à la température maximale souhaitée (entre 80°C et 120°C) par passage dans un réchauffeur d'appoint d'où elle est introduite dans la cellule de tête de l'unité de distillation et passe ensuite de cellule en cellule sous l'effet d'un gradient de pression

et de température. Ceci induit l'utilisation de matériaux résistants, aussi bien aux températures qu'à la corrosion pouvant être engendrée par l'eau de mer qui se trouve amplifiée à cause des températures élevées de fonctionnement.

Le recyclage de la saumure est indispensable pour avoir un taux de conversion de 30 % à 40 %, il s'agit du poste consommant la majeure partie de l'énergie électrique. Ceci permet une économie en produits chimiques au niveau du pré-traitement.

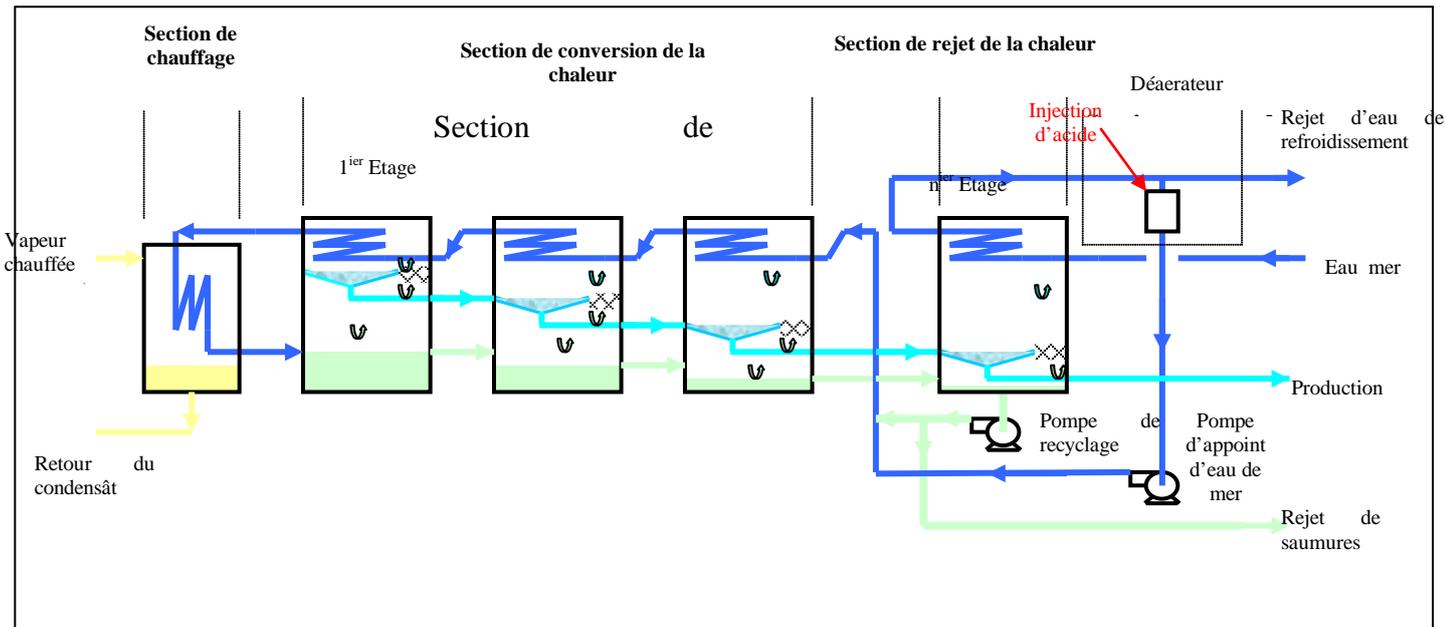


Figure 24 : Principe du dessalement par le MSF à plusieurs étages

La première impression qu'on peut avoir est que le processus MSF semblerait être en quelque sorte inefficace du fait que l'eau se refroidit considérablement alors que seule une petite fraction est évaporée. Mais les avantages de ce processus à savoir la réduction du problème de précipitations et la simplicité de sa conception ont fait que ce système s'est largement répandu dans les pays du Golfe où les sources d'énergie sont relativement abondantes.

Les épaisseurs des chambres sont importantes et l'utilisation des matériaux nobles est nécessaire, généralement CuNi et Ti, ceci a pour conséquence d'induire l'augmentation considérable du poids et des coûts de l'installation.

L'efficacité de ces systèmes augmente avec le nombre d'étapes ou de chambres d'évaporation, quoique les augmentations successives qui se produisent soient à chaque fois plus petites. L'augmentation marginale est donc traduite par un coût plus élevé de l'investissement qui limite leur nombre pour des raisons économiques. Pour cela, nous n'avons pas dépassé ni les 20 étapes ni GOR 8:1. (le rapport entre le nombre de Kg d'eau dessalée produit pour un Kg de vapeur consommé)

Les avancées de ces dernières années semblent s'être occupées plus de la réduction des coûts d'investissement que ceux de fonctionnement, qui semblent être proches de leur limite

théorique. Elles consistent à augmenter la taille des évaporateurs et à redimensionner ceux-ci par le biais de la théorie des éléments finis grâce à des modèles informatiques. Ceci permet non seulement d'augmenter la taille de l'évaporateur jusqu'à 45 000 à 50 000 m³/jour, qui sont les derniers développements face aux 15 000 à 20 000 m³/jour qui étaient les capacités courantes il y a quelques années, mais aussi de réduire l'épaisseur de leurs parois ayant pour conséquence une réduction du poids des équipements et des coûts d'investissement.

3.3.2.2 Le MED (Multiple Effect desalination)

Bien qu'il soit apparu sur le marché avant le MSF, son grand manque d'efficacité l'a maintenu hors compétition jusqu'au moment où, l'apparition de la technologie de l'évaporation par film tombant "falling film", plusieurs années plus tard. Depuis, cette technologie s'est répandue de manière considérable.

A la partie basse d'une enceinte étanche, un faisceau tubulaire alimenté par un fluide chauffant est plongé dans l'eau à distiller et en provoque l'ébullition, la vapeur qui se forme se condense sur un faisceau tubulaire parcouru par l'eau froide. Dans ce cas, la production d'un Kg d'eau de mer dessalée, nécessite la production d'un Kg de vapeur.

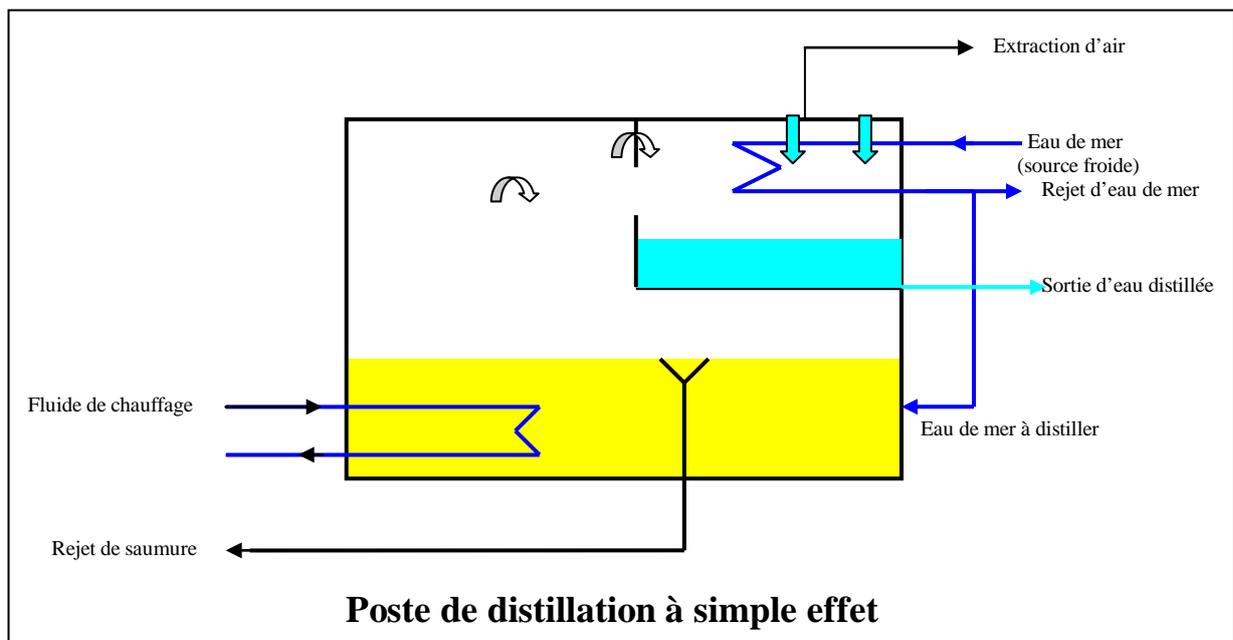


Figure 25 : Principe du dessalement par le par le MED - Multiple Effect desalination

Pour améliorer l'efficacité énergétique du procédé, on augmente le nombre d'effets de manière à ce que le Kg de vapeur produit soit utilisé plusieurs fois (autant de fois que d'effets) mais d'un autre côté, l'investissement requis est plus important. Ainsi, la chaleur latente libérée suite à la condensation d'un Kg de vapeur au niveau d'un effet est transmise à la saumure de l'effet qui le précède, qui est à une température et pression légèrement inférieures, ce qui a pour conséquence l'évaporation dans cet effet d'un Kg de saumure et ainsi de suite d'un effet à un autre et ce, comme l'illustre la figure suivante.

problèmes de corrosion et d'entartrage par le carbonate de calcium et le sulfate de calcium qui réduisent le coefficient d'échange thermique.

- MED à tubes horizontaux arrosés par la saumure. L'évaporation par film tombant se fait à l'extérieur des tubes suite à la condensation de la vapeur qui parcourt l'intérieur des tubes. Ce système réduit énormément les problèmes d'entartrage, mais nécessite un pompage d'un effet à un autre. Pour éviter plusieurs pompages, ce genre de MED est fait sous forme de tour verticale dans laquelle la saumure est pompée une seule fois jusqu'au sommet puis sous l'effet de la gravité elle traverse tout les effets en arrosant les échangeurs à film tombant. Ce système a l'avantage d'économiser d'une part la consommation en énergie électrique et d'autre part le terrain nécessaire pour la mise en œuvre de ce type de MED.
- MED à tubes verticaux parcourus par la saumure sous forme de film mince qui s'évapore suite à la condensation de la vapeur sur les parois extérieures des tubes.

3.3.2.3 Le VC (Vapour Compression)

Les systèmes de distillation sont les plus efficaces du point de vue énergétique, mais leur capacité de production par module reste limitée étant donné que pour atteindre une grande efficacité, des compresseurs très efficaces sont nécessaires et c'est leur taille qui limite ladite capacité.

Au démarrage, l'eau chaude à l'intérieur d'une enceinte MED est chauffée jusqu'à ébullition. La vapeur ainsi formée, est aspirée par un compresseur qui élève sa température de saturation en augmentant sa pression. La vapeur comprimée traverse ensuite un faisceau tubulaire placé à la base de l'enceinte et se condense en libérant sa chaleur latente de condensation et fait produire une nouvelle quantité de vapeur qui sera compressée à son tour. Le condensât sert pour préchauffer l'appoint d'eau de mer avant qu'elle soit évacuée. Ainsi, la chaleur thermique est requise juste pour le démarrage du système.

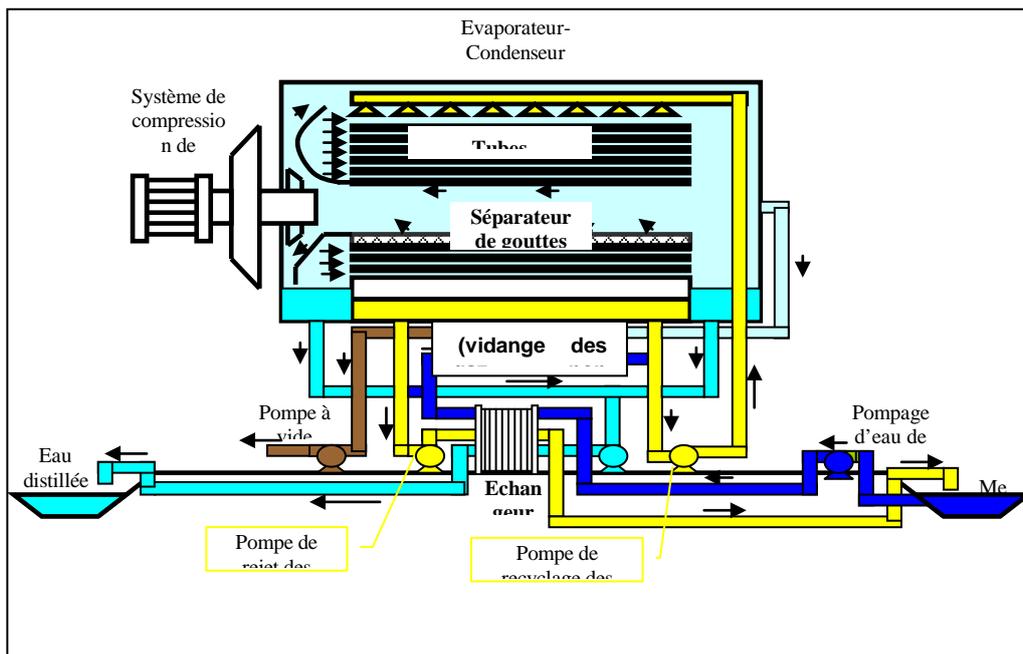


Figure 27 : Principe du dessalement par le VC – Vapour Compression

La capacité d'un tel système est limitée par la capacité des compresseurs disponibles sur le marché. Avec des compresseurs à double palette à des rendements de 65 %, la plus grande capacité installée, compte tenu de l'expérience de son fonctionnement, s'élève à 1 500 m³/jour. Suite aux derniers développements, elle a atteint 2 000 m³/jour.

Il paraît impossible d'atteindre de plus grandes capacités pour deux raisons :

- Difficulté d'obtenir des compresseurs efficaces ayant de grandes capacités.
- Diminution de la recherche sur cette technologie, étant donné que la compression de vapeur reste moins demandée à cause de sa capacité réduite (seulement pour des applications industrielles ayant besoin d'une eau de très bonne qualité).

Les systèmes de VC sont alimentés directement par le réseau et ils ont une chaudière autonome de production de vapeur pour le démarrage de l'installation, qui s'arrête de fonctionner dès que celle-ci se met en marche.

3.3.2.4 L'osmose inverse

C'est la technologie la plus récente mais aussi la plus efficace de point de vue énergétique. Elle présente la plus grande flexibilité pour s'adapter aux différentes situations et aux capacités les plus diverses.

Il s'agit d'une technologie en développement continue aussi bien au niveau des membranes (qualité de plus en plus meilleure et résistance aux divers agents physiques, chimiques et biologiques qui interviennent dans le processus), qu'au niveau des conceptions ou des équipements utilisés dans le processus. Ceci permet d'aboutir à la fois, à une plus grande sécurité dans l'exploitation et à une plus faible consommation d'énergie.

Les modules ou unités de production varient de quelques centaines à quelques dizaines de milliers de m³/jour, en obtenant avec la taille une économie d'échelle qui, cependant, n'est pas comparable à celle qui est obtenue dans les systèmes thermiques.

A partir de ce qui a été énoncé ci-dessus, il peut être affirmé que d'une manière générale les systèmes thermiques sont, à l'heure actuelle, associés aux grandes capacités de production. Dans les projets des grandes installations de dessalement du Golfe (Abu-Dhabi, Dubaï, Kuwait, etc...) et seulement dans cette zone que les technologies de MSF et MED rivalisent avec l'osmose inverse. **Il en résulte que pour l'installation de la station de dessalement de Jerba la technique de l'osmose inverse est la plus indiquée sur un plan technologique.**

L'osmose inverse dépend, exclusivement, de l'apport d'énergie électrique pour le processus. Bien que les consommations par m³ d'eau dessalée soient faibles et la tendance est constamment à la baisse, le composant énergie demeure, comme dans les autres processus, le plus important dans la structure du coût de production de l'eau dessalée.

Pour la station de dessalement de Jerba, il a été envisagé deux possibilités pour s'approvisionner en énergie électrique :

- La connexion au réseau de la STEG
- L'autoproduction grâce à l'utilisation de groupes électrogènes ou des turbines à gaz.

Le premier mode fut le plus utilisé surtout avec la présence du réseau électrique. L'auto-génération serait confrontée à des problèmes d'approvisionnement en fuel d'autant plus que Jerba actuellement ne dispose pas d'un réseau de Gaz naturel.

3.3.3 Aspects énergétiques

3.3.3.1 *Le dessalement thermique*

Outre les consommations importantes de vapeur à grande et à moyenne pression, qui constituent la base des coûts d'exploitation des installations de distillation et qui doivent être produites dans des centrales appropriées et à des coûts élevés et toujours croissants, ces installations ont aussi besoin d'énergie électrique aussi bien pour l'apport de l'eau à l'installation que pour leur transport à travers les diverses étapes ou effets et leur élimination postérieure ou leur refoulement vers les différents points de consommation.

- **Le MSF** : La consommation en énergie électrique du procédé est évaluée à 4,2 kWh/m³. Quant à la consommation en énergie thermique, elle équivalente à 12 KWh électrique, ce qui ramène la consommation totale en énergie à environ **16 KWh/m³** d'eau dessalée.
- **Le MED** : La consommation en énergie électrique du procédé est évaluée à 2 kWh/m³. La consommation en vapeur est moins importante que le MSF grâce au GOR plus élevé. Cette consommation est équivalente à environ 10 KWh électrique, ce qui ramène la consommation totale en énergie pour le MED à **12 KWh/ m³** d'eau dessalée.
- **La CV** : Actuellement les systèmes les plus efficaces de compression de vapeur pour 1 500 à 2 000 m³/jour et à deux effets consomment 7,9 kWh/m³ dans le compresseur et 2,5 à 3 kWh au niveau des pompes d'alimentation de récirculation, ce qui ramène la consommation à un environ **10,5 kWh/ m³** d'eau dessalée au minimum.

3.3.3.2 *L'osmose inverse*

En comparaison avec les systèmes thermiques de dessalement, la consommation en énergie pour l'osmose inverse varie entre 3,2 et 3,6 kWh/m³, en fonction de la taille des équipements et le mode de récupération d'énergie. En tenant compte du pompage pour la prise d'eau de mer ainsi que les auxiliaires, la consommation serait d'environ **4,5 kWh/m³** d'eau dessalée.

Globalement, la consommation en énergie pour le MSF est largement supérieure à celle requise par l'osmose inverse (73168 Kcal/m³ contre 11363 Kcal/m³) ce qui plaide encore une fois pour cette technique.

3.3.4 Aspects économiques

Pour les installations de dessalement de MSF dans les grands projets, les prix d'investissement s'élèvent à 1500 DT/m³/jour installé. Dans le cas du MED, sa plus grande efficacité et les faibles températures de processus permettent d'utiliser des matériaux moins chers (Al face à CuNi) qui réduisent globalement le coût d'investissement de 25 %.

Quant à l'alimentation électrique à l'installation de O.I., elle serait assurée à partir du centre de transformation de Robbana grâce à un câble aérien d'environ 23 km et une tension de 30 KV. Le coût de l'électrification de la station est estimé à 500 000 DT.

Dans le cas de l'auto-génération de l'énergie électrique nécessaire à l'installation, il faudrait comparer ce chiffre avec celui de l'investissement nécessaire pour réaliser une solution alternative autonome, tout en analysant les coûts de production du kW utilisant les équipements de génération viables pour les besoins de puissance de l'installation.

C'est à dire qu'il faudrait comptabiliser aussi bien les frais découlant de l'amortissement de l'investissement que de ceux de son fonctionnement. Les alternatives d'auto-génération à analyser seraient:

- les turbines à gaz à cycle ouvert,
- les moteurs à gaz naturel,
- les moteurs à fuel.

Le point de départ fut les besoins de l'installation de dessalement de 50 000 m³/jour de capacité de production, avec une consommation spécifique moyenne de **4,5 kWh/m³**.

En considérant comme l'alternative la plus économique : l'auto-génération à l'aide de moteurs à fuel-oil, un moteur de 25 Mwe de puissance a été sélectionné du fait de ses prestations et de ses coûts inférieurs face à l'utilisation des moteurs à puissance inférieure.

Le coût du kWh, en ne tenant compte des coûts de fonctionnement de l'installation paraît élevé et la situation serait beaucoup plus défavorable si les coûts d'amortissement de la turbine à gaz étaient ajoutés, ce qui confirme aussi, du point de vue économique, le manque de rentabilité dans l'auto-génération.

3.3.5 Aspects environnementaux

Les raisons de type environnemental sont défavorables l'auto-génération. Les systèmes de cogénération ou l'auto-génération de l'énergie nécessaire au dessalement sont toujours plus polluants que l'installation à membranes du fait que dans le processus de production de l'électricité il y a une combustion d'énergie fossile qui génère des émissions de gaz et de fumées accentuant l'effet de serre.

Compte tenu de ce qui a été mentionné, les installations de génération doivent être placées le plus près possible de l'installation de la station de dessalement, cette pollution serait concentrée sur son emplacement, ce qui peut porter préjudice à l'environnement de la zone touristique. Ceci serait infaisable même si l'installation était située sur une plate-forme gagnée en mer, étant donné que les fumées produites dans l'installation, qui obligeraient à introduire des équipements de purification qui sont très chers, pourraient se déplacer à cause du vent et affecter encore la zone touristique.

Par conséquent, l'approvisionnement en énergie électrique de la station de dessalement ne peut être fait qu'à travers l'extension du réseau électrique de la STEG à travers une ligne aérienne. L'actuel système électrique d'alimentation à l'île provient de deux points différents du continent, formant une boucle fermée ce qui garantit la sécurité d'alimentation de la station en énergie.

Egalement, pour des raisons d'esthétique, il n'est pas envisageable la mise en œuvre d'installation de production d'énergie électrique au sein d'une zone touristique.

3.4 Justification du choix du site de la station et des schémas de transfert des eaux de mer

3.4.1 Choix du site de la station de dessalement

Le terrain qui a été proposé par la SONEDE pour le projet du dessalement d'eau de mer est situé dans la zone touristique d'El Mezraya. Le choix de cette zone au nord de l'île de Jerba est justifié d'une part, du fait qu'il y a déjà un premier pôle dessalement créé dans le sud avec la station de Guella, et d'autre part, de la présence d'infrastructures de transferts d'eau permettant le raccordement au réseau local EP à court termes.

Pour cette zone d'El Mezraya, deux sites ont été étudiés :

- 1) *Site N°1* : Cette solution consiste à réaliser toutes composantes du projet dans la zone touristiques d'El Mezraya entre la route touristique principale et la route touristique côtière. Ce site s'étend sur une surface d'environ **5,6 ha** à environ 500m de la ligne de rivage de mer.
- 2) *Site N°2* : Cette solution consiste à mettre en œuvre le projet sur deux sites de manière à ce que un premier soit situé dans la zone touristique (proche de la mer de 1ha) et réservé uniquement pour la station de pompage et un deuxième site et réservé pour les infrastructures de dessalement.

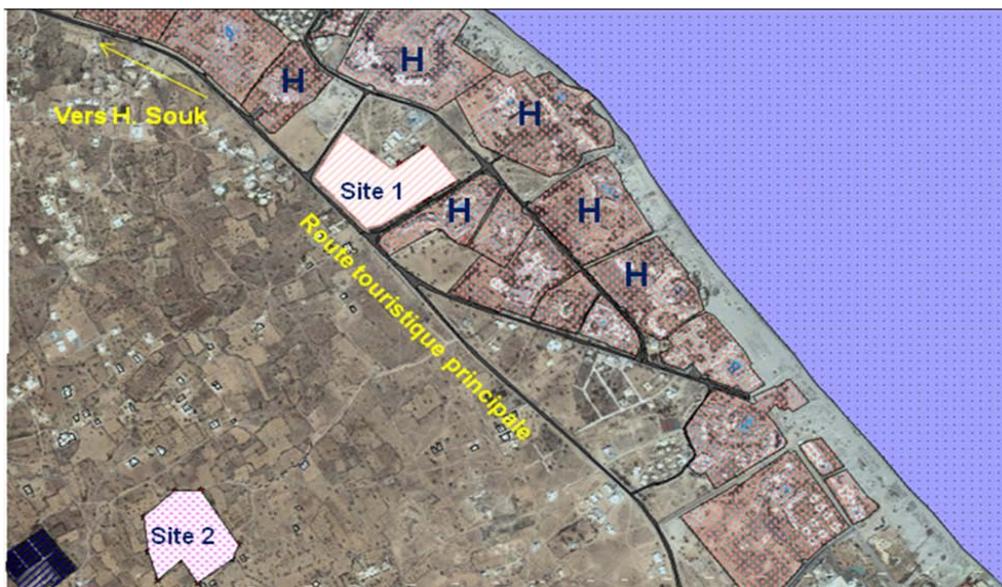


Figure 28 : Sites proposés pour la station de dessalement

Face au conflit d'intérêt constaté au niveau de son utilisation entre des activités touristiques et le projet de dessalement d'eau de mer, il a été recommandé de retenir la solution N°2 consistant à occuper environ **1 hectares** dans le terrain de la zone touristique de Mezraya appartenant au Conseil du Gouvernorat de Médenine pour la mise en œuvre de la station de pompage et de réaliser les infrastructures de dessalement d'eau de mer, parcelle d'environ **4,25 hectares** située dans la zone Sadghiane.

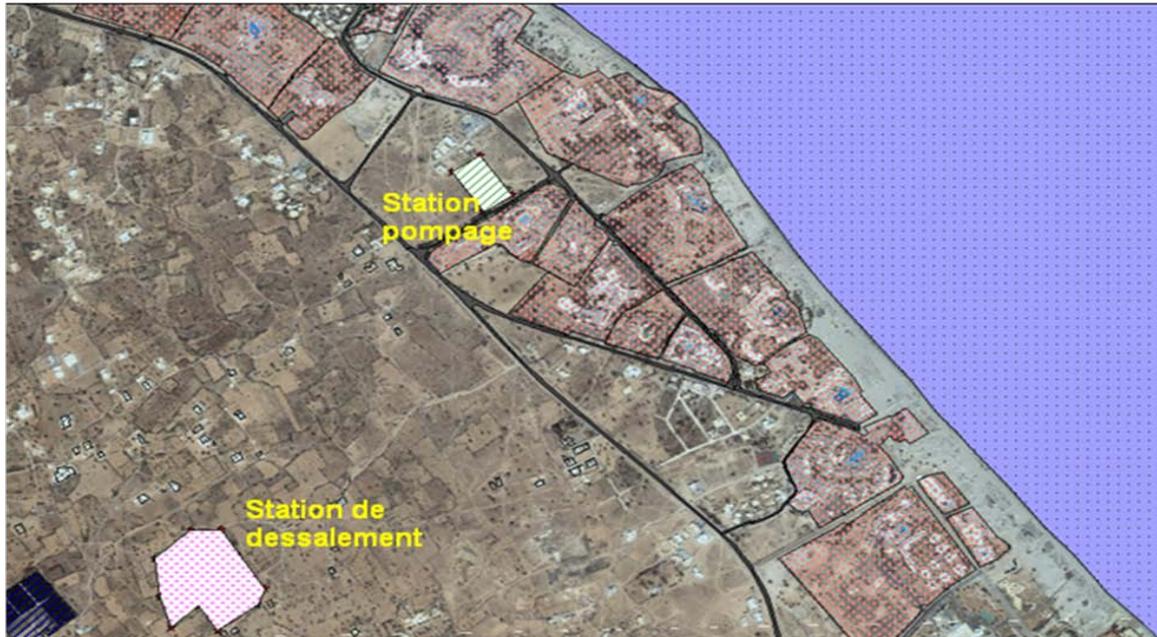


Figure 29 : Site retenu pour la station de dessalement

3.4.2 Schéma de transfert des eaux de mer et de saumure

Pour le transfert des eaux de mer et de la saumure, deux schémas ont été proposés. Pour le tronçon entre la station de dessalement et la station de pompage, les deux variantes ont le même tracé (figure ci-dessous). Le tracé est différent pour le tronçon aval entre la station de pompage et la mer comme suit :

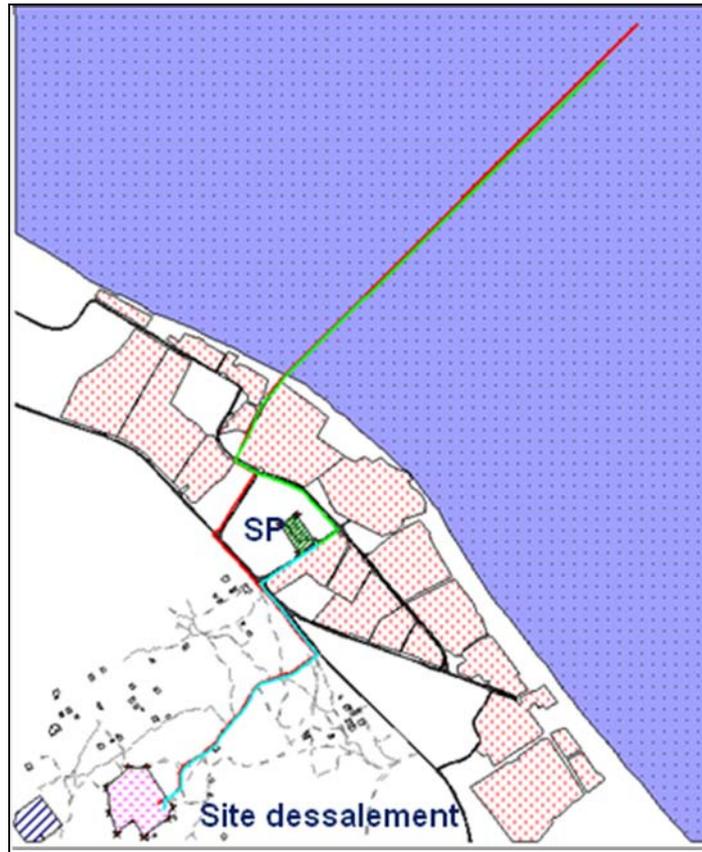
- **Variante 1** : Cette variante consiste à passer via la route touristique côtière et prendre ensuite la voie existante entre les deux hôtels Hasdrubal et l'hôtel Télmémac jusqu'à la mer ;
- **Variante 2** : Elle consiste à passer suivant la voie entre l'hôtels La Sirene et l'hôtel les dunes et passer ensuite entre deux constructions légères en bois jusqu'à la mer.

Ces deux variantes sont consignées sur les figures ci-dessous :

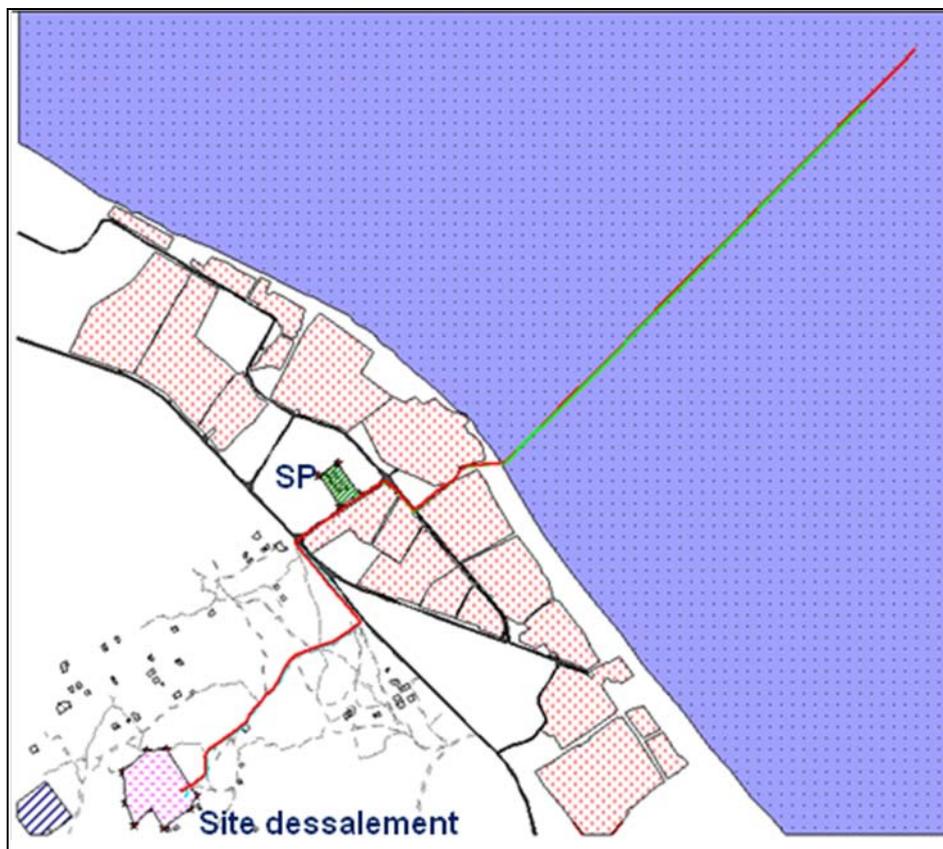
Sur le tableau suivant, nous avons présenté le linéaire des conduites correspondant à chacune des deux variantes proposées :

	Conduite refoulement eau de mer Ø 1500 mm	Conduite d'amené d'eau de mer Ø 1500 mm	Conduite rejet saumure en mer Ø 1500 mm
Variante 1	1 600 m	3 300 m	5 170 m
Variante 2	1 600 m	2 900 m	4 800 m

Ces valeurs montrent que la deuxième variante peut épargner un linéaire de conduites terrestres gravitaires de 400 m en Ø 1500 mm pour la conduite d'amenée et de 370m Ø 1500 mm pour la conduite de rejet.



Variante 1



Variante 2

Figure 30 : Variantes proposées pour le transfert des eaux de mer et de la saumure

4. ETAT INITIAL DU SITE DU PROJET

4.1 Introduction

La station de dessalement sera réalisée à Jerba (délégation Houmet Souk) dans la zone touristique de Mezraya sur le terrain appartenant au Conseil du Gouvernorat de Médenine. La station de dessalement sera construite sur deux sites :

- *Station de pompage d'eau de mer* : Elle sera construite sur le premier site de 1 ha dans la zone touristique à proximité de l'Hôtel Ulises Palace à environ 500 m à vol d'oiseau de la ligne de rivage à une altitude de 5 m NGT.
- *Station de dessalement*: Ces composantes seront construites dans une parcelle de 4,25 ha située à environ 2 Km de la mer en dehors de la zone touristique.

L'île de Jerba constitue la quinzième île de la Méditerranée par sa superficie (510 km²). Cette île très plate culmine à 55 m Dharat Adloun colline qui domine la faille de l'antique village de Guellala. Ses côtes sont caractérisées par un relief presque totalement plat, la colline la plus élevée ne fait que 54m de haut.

L'étude de l'état initial portera sur les trois milieux suivants :

- Le milieu physique ;
- Le milieu naturel ;
- Le milieu social et économique.

Chacun de ces trois milieux couvrira les éléments suivants :

- | | |
|--|---|
| <i>Le milieu physique terrestre</i> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cadre climatique ➤ Cadre géologique et géotechnique ; ➤ Cadre hydrologique et hydrogéologique ; ➤ Cadre géomorphologique ➤ Occupation des sols et paysage |
| <i>Le milieu naturel marin</i> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cadre hydrographique ➤ Cadre hydrologique ➤ Cadre sédimentologique ➤ Cadre biologique |
| <i>Le milieu social et économique</i> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cadre démographique ➤ Infrastructures et équipements de base ; ➤ Les réseaux publics ; ➤ Le tourisme ; ➤ La pêche et l'aquaculture ; ➤ L'agriculture |

4.2 Zones d'influence du projet

Le projet de réalisation de la station de dessalement de Jerba comporte une zone d'influence directe et une zone d'influence indirecte.

Zones d'influences directes

Ce sont les zones qui seront directement touchées par la réalisation du projet pendant la construction et pendant l'exploitation de la station de dessalement. Ce périmètre couvre les espaces suivants :

- Le site d'implantation de la station de pompage situé à environ 500 m du rivage dans la zone touristique (surface 1ha);
- Le site d'implantation de la station et des réservoirs de stockage des eaux potables osmosées (parcelle de 4,25 ha à environ 2 km du rivage);
- L'emprise des conduites d'aspiration des eaux de mer brutes qui sera en partie sur terre et en partie en mer dans le DPM ;
- L'emprise de la conduite de rejet de la saumure qui sera aussi en partie sur terre et en partie en mer dans le DPM ;
- Le milieu marin situé dans la zone d'influence directe du rejet de la Saumure où la faune et la flore peuvent être touchées ;
- L'emprise de la conduite de refoulement des eaux de mer de la station de pompage vers le site de la station de dessalement ;

Zones d'influence indirectes

Ce sont les zones d'influence indirectes qui regroupent les milieux pouvant être touchés positivement ou négativement par le projet. On peut citer :

- Le milieu humain formé par la population qui va bénéficier de l'eau potable osmosée ;
- Le milieu touristique qui va bénéficier de la disponibilité d'un potentiel supplémentaire en eau potable de bonne qualité ;
- Les ressources en eau souterraines et de surface qui seront soulagées par la création d'une nouvelle ressource en eau non conventionnelle ;
- Etc...

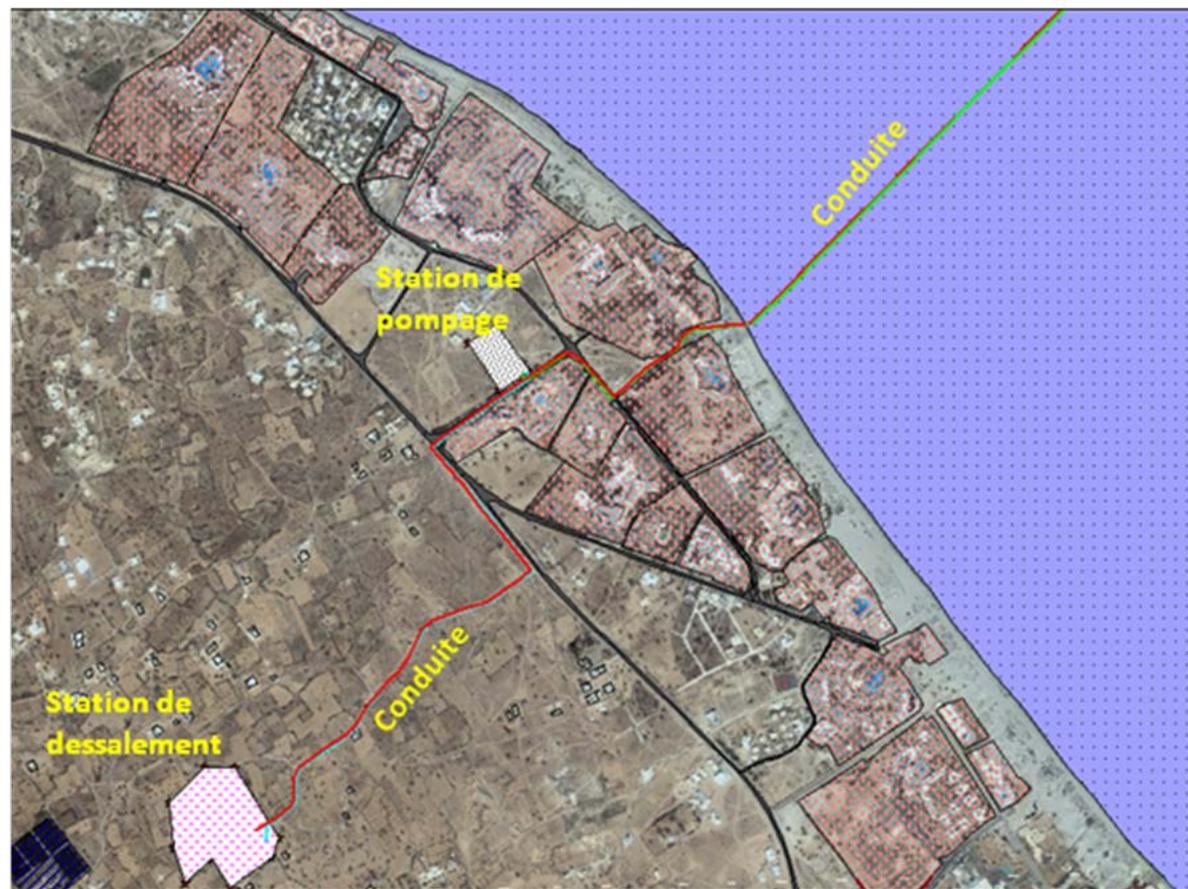
En vue de caractériser d'une manière approfondie la zone marine d'influence directe, nous avons réalisé dans le cadre de cette étude:

- Un levé bathymétrique sur une largeur de 600m et une longueur de 4 Km ;
- Une campagne d'exploration du fond marin (couvert végétal) sur une largeur de 2 Km.

La figure ci-dessous montre :

- le site de station de pompage ;
- Le site de la station de dessalement et des réservoirs de stockage ;
- Les emprises terrestres des conduites de captage et de rejet des eaux de mer.

Figure 31: Sites d'implantation de la station de dessalement



4.3 Etat foncier et vocation du terrain de la station de dessalement

4.3.1 Acquisition de propriété

Le terrain objet de l'implantation a été acquis par la SONEDE auprès de l'Agence Foncière Touristique – AFT par contrat de vente effectué entre l'AFT et la SONEDE en date de Avril-2007. Le dit contrat conclu entre l'AFT et la SONEDE stipule par son article 4 que le terrain sera exclusivement réservé pour l'implantation de station de dessalement et sans aucune autre activité (voir contrat de vente en annexe).

4.3.2 Vocation du terrain

Le terrain acquis par la SONEDE couvre une surface total de 4,374 hectares appartient administrativement à la délégation de Houmet Essouk du Gouvernorat de Medenine.

Cette parcelle est classée, selon la délimitation de la carte de protection des terres agricole, comme suit (voir en annexe l'attestation fournie par la CRDA de Medenine en date de Juillet 2014) :

- **Une surface de 2,9444 ha** appartenant au Plan d'aménagement touristique 1976 de la commune de Houmet Essouk ;
- **Une surface de 1,4296 ha** comme zone d'entretien et elle appartient à la zone d'extension du Plan d'Aménagement Touristique de la commune de Houmet Essouk.

4.3.3 Procédure engagée par la SONEDE

A la suite de la confirmation de la vocation du terrain indiquée ci-dessus, par l'établissement concerné, la SONEDE a entamé les procédures de changement de la vocation :

- **Par lettre du 30 Janvier 2015** : adressé à Monsieur le Ministre de l'agriculture en vue de changer la vocation des 1,4296 ha appartenant à la zone d'entretien et prévue comme zone d'extension du PAU de houmet Essouk
- **Par lettre du 29 Janvier 2015** : adresse au président de la commune de Houmet Essouk en vue de changer la vocation des 2,29444 ha appartenant à la zone verte du PAU de Houmet Essouk – Jerba.

Ces correspondances sont présentées en annexe à document.

4.4 Cadre climatique

4.4.1 Le climat

L'île de Jerba a un climat typiquement méditerranéen sec et chaud l'été, tempéré et relativement humide l'hiver, avec de fréquentes et importantes précipitations en automne et au printemps. Ceci s'explique par la manifestation du double jeu de deux centres d'actions climatiques, lié aux pressions en présence dont les unes sont dues à l'action saharienne, toute proche sèche et chaude, et l'autre méditerranéenne tempérée et humide.

Les basses pressions, qui apparaissent en hiver, s'opposent à une pression sèche et chaude saharienne pour donner un courant d'air sec venant du continent en été, c'est l'action inverse qui produit un courant d'air sec venant du continent en été, c'est l'action inverse qui produit un courant d'air humide limitant l'avancée du sirocco.

Les événements climatiques (pluies, chaleurs, vents, tempêtes) à caractère exceptionnel. Actuellement, les irrégularités climatiques se trouvent doublés d'une large variabilité spatiale locale.

4.4.2 Les précipitations et les vents

Les précipitations suivent un régime irrégulier, aussi bien au cours des mois qu'au cours des années, comme l'indiquent les courbes de récurrence de la station de Houmt Souk. La moyenne annuelle observable pour Djerba Houmt Souk est de 225 mm.

Les pluies exceptionnelles, de plus en plus fréquentes ces dernières années, permettent de considérer un bonus de 100 mm à la moyenne annuelle.

L'irrégularité des précipitations devient de plus en plus marquante, à tel point que l'on commence à croire à des changements climatiques importants.

Le climat est maritime tempéré. Djerba possède une façade Nord-Est particulièrement exposée et arrosée. De même que l'importante exposition maritime soumet l'île à l'influence maritime et aux vents d'Est et du Nord-Est, la proximité du Sahara la soumet à l'influence du sirocco et des vents chauds.

Les vitesses du vent sont importantes à connaître, étant donné leur charge et leur effet de transport et de dépôts (éoliens). Des vitesses de plus de 15 noeuds ont été enregistrées (7,5 m/s), voire plus ces dernières années.

La distribution annuelle des vents, selon les données de la station synoptique de l'aéroport de Djerba-zarzis, indique une moyenne élevée des vents d'Est (47%) suivi des vents d'Ouest (28%). Les périodes calmes ne représentent que 19% en automne, 15% l'hiver, 10% au printemps et 16% l'été.

La fréquence des vents donne directions prédominantes : Nord-Est et Ouest. Les vents forts soufflent à mous de 20m/s des secteurs situés au Nord et à l'Ouest de l'île. Djerba se situant en plein

dans le Golfe de la petite Syrte et directement dans le couloir de la Jeffara. Les vents du secteur Ouest et Nord-Ouest se manifestent pendant les mois de novembre à février et ceux du secteur Est et Nord-Est l'emportent pendant le reste de l'année. Les coups les plus violents sont ceux qui viennent du Nord et sont plus fréquents pendant les saisons fraîches. Cependant, ceux qui ont accompagné les tempêtes de ces dernières années et qui ont dû endommager durement la côte et le littoral de Djerba, ont pu être observés entre les mois de mars à juillet. Les tempêtes se manifestent également pendant les mois de septembre et d'octobre.

Les vents maximums enregistrés atteignent parfois de grandes vitesses (50m/s), en avril 1958 et juillet 1992. Les vents chauds deviennent fréquents dès la fin du printemps. Les masses d'air chaud (sirocco) chargé de sable, se manifestent surtout au cours de la saison estivale. Les vents sahariens se rafraîchissent à l'arrivée, sur Djerba, et se rechargent d'humidité marine.

4.4.3 Les températures et l'humidité atmosphérique

Malgré la situation méridionale de Djerba, les températures, si elles sont élevées, connaissent toutes l'effet modérateur de leur large exposition maritime. Le rôle joué par la présence de la mer dans l'alternance des températures se ressent à l'intérieur même de l'île de Djerba. C'est au mois d'août que l'on enregistre les températures les plus élevées.

Toutefois, de mai à octobre se situe la période chaude, avec des températures supérieures à 20°C. Il n'existe pratiquement point de saison froide. L'hiver est doux et l'on parle souvent d'une véritable cinquième saison pour Djerba, pour caractériser quelques mois de véritable douceur climatique entre décembre et mars.

En dehors d'une pluviométrie capricieuse, il existe pour Djerba, une sorte d'humidité permanente de l'air qui contribue par l'effet des rosées, à amortir les gradients thermiques et permet d'obtenir «une atmosphère plus dense qui retient dans son filtre tous les écarts thermiques pour ne laisser passer que quelque chose de rationnel et de tempéré accompagné de cette fraîcheur marine et précieuse lors de la saison estivale ».

Alors qu'au cours de ces dernières années nous assistons à des changements climatiques remarquables, aucune étude ne nous renseigne très exactement sur la variabilité climatique à Djerba. Cette variabilité climatique est d'ordre temporel et spatial : une certaine inversion s'observe, par exemple au niveau de la pluviométrie de Houmt Souk entre 1972 et 1992, le régime des pluies connaît un changement temporel avec un décalage des mois pluvieux entre septembre et mars et une nette réduction entre avril et août et entre octobre et décembre.

Des pluies importantes ont été enregistrées et des moyennes annuelles variables, mais importantes (336 mm en 1989 à Sedghiane et 389 mm à El May).

Le mécanisme des pluies, comme celui des vents, est perturbé. L'amélioration des précipitations s'est accompagnée d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des vents. De même que les températures ont connu, souvent, des records ces dernières années (plus de 40°C l'ombre).

Tous ces éléments à caractère exceptionnel et à fréquence répétée ne vont pas sans occasionner de graves répercussions sur le milieu naturel, en favorisant l'érosion et en modifiant les paysages. Ainsi, les changements climatiques au niveau de la région s'accompagnent d'autres changements des écosystèmes. Toutefois, Djerba reste dans le domaine climatique du Sud, dont le caractère

prédominant demeure la sécheresse. L'ensoleillement est élevé (3064 h) à Djerba. Les moyennes de pluviosité restent faibles et inégalement réparties.

Les amplitudes thermiques diurnes sont élevées (25°C à Djerba). L'évaporation, maximale en mai et même en octobre, agit en hiver aussi, aidée par; les vents du Nord et du Nord-Ouest secs et froids.

4.5 Cadre géologique et hydro-géologiques

4.5.1 Données géologiques sur la zone

Les dépôts de sédiment sont bien développés sur tout le littoral de cette île. La multiplication, ces dernières années, des carrières d'exploitation de ces dépôts offre de nombreuses coupes présentant dans certains endroits de remarquables successions sédimentaires. La zone d'étude se localise essentiellement au niveau des affleurements de la côte septentrionale.

Cette partie de l'île s'étend de Ras Taguermess à Borj Jilij. La forme en bourrelet des dépôts pléistocènes réapparaît nettement à partir du phare de Taguermess et se poursuit de façon presque continue jusqu'à Houmt Souk, où elle devient moins visible (fig. 1). Au delà, vers l'Ouest, le bourrelet disparaît, mais les dépôts pléistocènes s'étendent sur des grandes surfaces, surtout dans la partie nord-occidentale.

Les coupes levées dans la partie septentrionale aux environs du phare de Taguermess, d'Ezfafra et de la région d'el Gala (figure ci-dessous) nous permettent de déterminer la composition des sédiments. Notons que ses coupes se situent de part et d'autre de Houmt Souk. Ses différentes coupes montrent l'existence de deux principales unités lithologiques : une unité quartzeuse surmontée par une unité carbonatée.

Aux environs du phare de Taguermess, on note l'existence à la base de l'unité carbonatée de deux niveaux de sables quartzeux beiges séparés par un niveau continental (paléosol) constitué de limons rouges riches en Hélix.

A l'Ouest du phare de Taguermess, la coupe d'Ezfafra montre un substratum représenté par une série continentale villafranchienne montrant de la base au sommet la succession suivante :

- des argiles rouges à pouppées calcaires centimétriques,
- des encroûtements calcaires pulvérulents à nodules,
- une dalle calcaire très induré.

Les dépôts villafranchiens sont surmontés par les deux unités lithologiques quartzeuses et carbonatées précédemment décrites. L'unité quartzeuse est constituée de deux niveaux de sables quartzeux beiges séparés par des limons rouges à Hélix. L'unité carbonatée commence par un niveau conglomératique bioclastique à galets de croûtes et à blocs « intraformationnels ». Ce conglomérat est surmonté par des dépôts d'avant plage constitués de calcaires oolitiques bioclastiques.

Les coupes de la région d'El Gala située à l'Ouest de la ville de Houmt Souk, montrent que les dépôts pléistocènes sont uniquement représentés par l'unité carbonatée qui montre une importante extension latérale à l'affleurement.

Cette unité carbonatée est constituée de dépôts oolitiques riches en grains de quartz moyens à grossiers et riches en coquilles de mollusques.

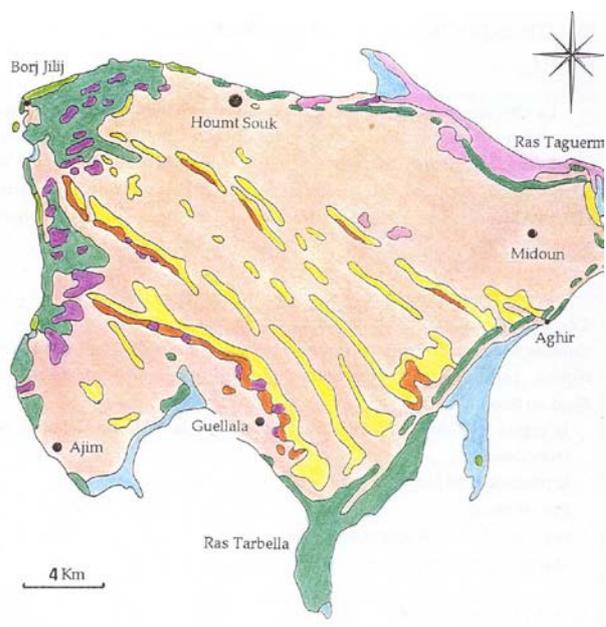


Fig. 18 : Carte géologique de l'île de Jerba

- Dunes actuelles
- Sables bioclastiques : Holocène
- Calcaires oolitiques dunaires : unité Sidi Salem : Holocène
- Sables à débris de coquilles : unité Tlèt
- Sables quartzeux et calcaires oolitiques à Strombes
- Limons rouges : Pléistocène moyen-Holocène
- Croûte saumon à Hélicidés et encroûtements à nodules : Villafranchien
- Argiles rouges gypseuses, sables et argiles : Mio-pliocène

Figure 32 : Carte géologique de l'île de Jerba

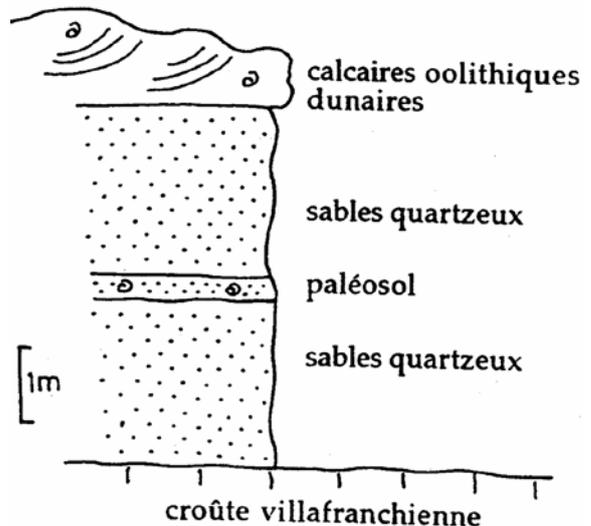


Figure 33 : Coupe du phare Taguermes

4.5.2 Importance des ressources en eaux dans la région

Deux catégories de ressources en eau sont, actuellement, disponibles et mises en exploitation, selon l'état et la profondeur où se trouvent les réserves d'eau.

Des eaux de surface et de ruissellement, généralement, recueillies par un réseau de citernes et de jessours. Les garâas et les dépressions naturelles recueillent également une partie des eaux en fin de leur course.

Les eaux souterraines, plus importantes, circulent en profondeur et sont emmagasinées dans les nappes profondes (du mio-pliocène) ou en fables profondeurs (cas des nappes phréatiques localisées et plus facile à atteindre et à exploiter).

L'étude et l'inventaire des ressources en eau ont fait l'objet de trois études, celle du PDRE de 1976 actualisée par l'ORESS de 1983, la synthèse effectuée en 1988 par la DGRE dans le cadre de la réalisation de la carte des ressources en eau souterraine de la Tunisie et celle particulière à Djerba (et Zarzis) effectuée par l'école de l'ITC UNIESCO « Intergrated Survey et Hollande » dont nous

reproduisons quelques résultats. Djerba fait appel, actuellement, à des ressources se situant en dehors de leur périmètre communal.

En évoquant le capital eau pour les besoins de l'agriculture, l'impasse est généralement admise au profit des besoins croissants des populations urbaines, des industriels et des établissements touristiques.

Ce sont en réalité ces catégories qui consomment les ressources souterraines laissant à l'agriculture et aux exploitants les maigres apports des nappes phréatiques et des eaux de ruissellement.

Bien des surprises sont souvent évoquées. Rupture et arrêt fréquent des alimentations sur le réseau SONEDE, augmentation de la salinité et abandon des puits.

A Djerba, 6 puits sont exploités pour les piscines et les besoins de l'hôtellerie, 7 puits sont non exploités, 4 autres puits sont en projet.

Ceci correspond à une consommation de l'ordre de 120 l/s. en 1993, un puits est en cours de forage pour les besoins du terrain de golf.

Sur les 2.395 puits de surface que compte Djerba, 636 seulement sont mécanisés et 864 non équipés, 1.093 sont à l'état d'abandon et leur salinité varie de 1,5 à 20 grammes par litre. L'on compte également un capital de 5.000 citernes ou impluviums pour la récupération des eaux de pluies.

4.5.3 Caractéristiques des aquifères régionaux

Les caractéristiques des différents aquifères régionaux sont contraintes par la nature des horizons géologiques en présence, ainsi que par les éléments morphologiques issus du contexte tectonophysique régional.

La classification courante, et qui sera présentée dans les lignes qui suivent, est fonction de la profondeur. Elle permet de distinguer deux types de réservoirs ou aquifères, les nappes profondes et les nappes superficielles.

Les nappes phréatiques sont subdivisées en deux catégories, en fonction de leur position géographique :

- ❖ Les nappes d'underflow : localisées dans les alluvions du lit des oueds qui descendent des monts du Dahar et traversent la plaine de la JEFERARA vers la mer. La nature endoréique qui caractérise en particulier le réseau hydrographique continental régional, participe à l'alimentation de ces nappes par infiltration directe des pluies dans les alluvions.
- ❖ L'exploitation de ces ressources est locale, elle profite généralement à l'agriculture qui se développe en bordure ou à proximité des oueds. Elle est intensive puisque les dernières estimations annonce des consommations voisines des potentialités, c'est à dire 130 à 140 l/s.
- ❖ Les nappes phréatiques : localisées dans les sédiments Mio-Pliocène à Plio-Quaternaire de la plaine côtière. L'alimentation procède de deux mécanismes, l'infiltration au niveau des zones où affleurent ces horizons et les relations nappes profondes-nappes phréatiques qui s'établissent à la faveur des grands éléments structuraux régionaux : failles, décrochements, fossés d'effondrement etc...

Quant aux nappes profondes, dans notre zone d'étude, elles se limitent à la nappe de Jeffara qui s'étend sur l'ensemble de la plaine côtière entre l'oued El Akarit au Nord et Ben Guerdane à l'Est. cette définition géographique bien délimitée ne représente qu'un artifice que ne doit pas faire oublier

la complexité des relations entre aquifères profonds ; la nappe de Zeus-Koutine, plus à l'Est, participe par son écoulement bidirectionnel du réservoir de la Jeffara.

4.5.4 Les nappes phréatiques

Les nappes phréatiques de la région ont fait l'objet d'études par les services de la DGRE dont les principaux résultats sont publiés dans l'annuaire des nappes phréatiques du sud.

Les différentes caractéristiques ainsi que l'estimation des ressources mobilisables de petites entités de Hessi Soltane, Remel, et Maider, Nehil et Melag et Bou Hamed ont été évaluées par P.Eberentz (1976). Bien que leur exploitation a été améliorée légèrement durant les cinq dernières années, elle demeure faible à cause de la salinité excessive de l'eau qui dépasse très souvent les 5 g/l. l'exploitation devra se faire avec beaucoup de précaution afin de limiter l'intrusion des eaux marines.

La petite nappe phréatique de Hallouf (Zeuss amont), qui se situe dans la gorge d'oued du même nom, représente la partie la plus orientale de la nappe de l'Albo-Vraconien du Dahar en communication avec la nappe du Continental Intercalaire. Les ressources globales de celle-ci ont été appréciées à 0,16 Mm³/an et son exploitation est actuellement faible. Caractérisée par un débit spécifique important et une eau peu chargée en sels, l'exploitation de cette nappe qui a été reconnue dernièrement, augmentera dans le proche avenir.

La situation de l'exploitation de la nappe de Zeuss et Oum-Zessar (aval) demeure quasi stationnaire depuis 1990.

La nappe de l'oued Bouhamed (site de la future décharge) est saumâtre et sa salinité varie de 4 à 8 g/l. Le taux de son exploitation est de l'ordre de 30% à l'amont du site.

Dans les zones riveraines au site de la décharge, nous n'avons remarqué aucune exploitation de la nappe à cause des fortes salinités dans cette zone proche de la mer.

Les principales nappes phréatiques du Gouvernorat de Médenine renferment 82% des ressources renouvelables globales du gouvernorat. Elles sont déjà surexploitées. Les nappes côtières présentent une évolution remarquable de la salinité et une contamination par drainance ascendante à partir des nappes sous-jacentes salées. L'avancement des biseaux salés d'eau de mer et des Sebkhass a été détecté dans certains endroits. Cette situation a amené les services de DGRE d'adopter les mesures suivantes :

- ❖ Arrêter tout encouragement relatif à la création et à l'équipement de nouveaux puits captant les nappes surexploitées et les nappes côtières.
- ❖ Instaurer des périmètres de sauvegarde pour les nappes présentant une dégradation de la qualité chimique de l'eau (Presqu'île de Zarzis, région de Ben Guerdene (municipalité), BV de Smar Medenine, île de Jerba),
- ❖ Continuer les travaux de conservation des eaux et des sols pour bénéficier des crues exceptionnelles dans la plaine de la Jeffara centrale.

Tableau 8: Situation de l'exploitation des nappes phréatiques

Gouvernorat de : Médenine			Hydrogéologue. Responsable : H. Yahyaoui							Collaborateur : T. Saadi				
Nappe			Nombre de Puits			Résidu sec(g/l)		Ressources Mm3/an	Exploitation Mm3/an	Ress.dispo Mm3/an	Déficit Mm3/an	Taux d'explo %.	Inventaire des puits	
N°	Nom	Code	Equipés	Non-équipés	Total	min	max						Année	Actualisa.
1	Zeus oum Zessar (aval)	82110	69	56	125	3	8	0,79	0,43	0,36		54	1995	2
2	Zeus oum Zessar (hallouf)	82120	8	34	42	1,5	2,5	0,16	0,10	0,06		63	2000	1
3	Oum Tamar amont	82210	114	26	140	1	7	0,63	0,79		0,16	125	1995	2
4	Zarzis	82220	145	215	360	3	10	0,94	1,15		0,21	122	1995	2
5	Smar Medenine	82230	298	120	418	2	8	1,39	2,50		1,11	180	1999	1
6	Oum Tamar Aval (El Fej)	82240	89	9	98	3	8	0,47	0,56		0,09	119	1995	2
7	Djorf	82310	259	196	455	3	12	0,91	1,63		0,72	179	1993	1
8	Sidi Makhlouf	82320	58	61	119	4	9	0,50	0,46	0,04		92	1995	2
9	Hessi Soltane	83210	7	23	30	2	8	0,22	0,04	0,18		18	1991	2
10	Remel El Maidher	83220	8	12	20	5	7	0,66	0,04	0,62		6	1991	2
11	Nehil et Melah	83230	11	45	56	5	10	0,18	0,07	0,11		39	1991	2
12	Bou Hamed	83250	15	37	52	4	8	0,47	0,14	0,33		30	1991	2
13	Ile de Jerba	84110	709	1911	2620	1	15	3,46	4,48		1,02	129	1995	2
14	Ben Guerdene	85110	707	333	1040	4	15	1,89	2,68		0 ;79	142	1995	2
Total			2497	3078	5575	1	15	12,67	15,07	1,70	4,10	119%		

Source : DGRE

4.5.5 Les nappes profondes

Une classification régionale suivant l'importance des nappes permet d'établir la liste suivante :

- Jeffara : sur l'ensemble de la plaine côtière depuis Gabès Nord jusqu'à Djerba, Zarzis et Medenine.
- Zeus-Koutine, d'une capacité d'environ 350 l/s.
- Grés du Trias d'une capacité estimée à 80 l/s.
- Napopes du Dahar d'une capacité estimée à 34 l/s.

4.5.5.1 Nappe de la Jeffara

Au niveau de Djerba, Zarzis et Ben Guerdane, la nappe est localisée dans les sables Vindoboniens (Pliocène moyen et Supérieur).

La « forme » de la nappe, son alimentation et les communications interniveaux sont complexes et liés à la structure géologique régionale, une plaine effondrée et structurée en Graben.

L'alimentation majeure provient essentiellement du déversement de l'eau du continental intercalaire dans les horizons aquifères au niveau de la faille d'El Hamma et sous les Matmatas. Par ailleurs, cette nappe est alimentée dans les zones où les calcaires du Crétacé Supérieur affleurent (au pied du Dhar) mais cette alimentation directe est faible.

D'après l'interprétation régionale des écoulements au sein de la nappe, la zone de Djerba serait alimentée par le flux hydraulique en provenance du Dahar, avec un écoulement préférentiel le long des failles et des lits d'oueds.

La salure évolue depuis les zones d'alimentation (1,5 g/l) vers les zones côtières de Djerba (6,5 g/l).

L'exploitation importante de ces ressources, tant au niveau de Gabes qu'au niveau de Medenine ou de Djerba, a été ressentie à deux niveaux :

- Sur les caractéristiques physiques de la nappe (diminution du débit des sources, diminution des phénomènes d'artésianismes) ;
- Sur les caractéristiques chimiques : augmentation des teneurs en résidu sec.

Depuis les années 70-80, la surveillance de l'avancée du front salée vers la côte retient l'attention des autorités, et ce traduit par une volonté de réduire l'exploitation de ces ressources. Après modélisation mathématique de l'aquifère en question, l'exploitation fixée pour préserver les ressources avait été établie à 4,7 m³/s à l'année 1990.

La répartition par secteur d'activité pour les zones de Gabès-Nord, El Hamma-Chenchou, Gabès-Sud, Zarzis et Djerba, étant la suivante :

- 335 l/s pour l'eau potable
- 476 l/s pour l'industrie (150 l/s tourisme)
- 2116 l/s pour l'agriculture

La particularité des ressources dans la zone de Djerba (Résidu Sec) entraîne une faible consommation à cet endroit ; mais les besoins sont assurés par des pompes sur cette nappe mais dans des régions éloignées (Zeuss-Koutine).

4.5.5.2 Nappe de Zeuss-Koutine

Cette nappe se situe plus à l'Est de la zone qui nous intéresse, mais elle participe à l'alimentation profonde de la nappe de Jeffara.

Ces ressources sont utilisées pour l'alimentation en eau potable du gouvernorat de Medenine et Tataouine. Elles sont estimées à 350 l/s avec 1,5 à 5 g/l et la profondeur varie de 170 à 680 mètres.

4.5.5.3 Nappe des Grés du Trias

Elle circule dans les formations du Trias, qui affleurent depuis Medenine et Metameur au Nord et s'appuie sur les monts du Dahar en direction du Sud. Cette Nappe est encore mal connue, l'écoulement semble se faire vers l'Est. Les ressources étaient estimées en 1988 à 80 l/s pour une exploitation ne dépassant pas 10 l/s. La cote du plan d'eau est à 150 m et les concentrations en résidu sec sont faibles 0,9 à 1,5 g/l.

Les prévisions permettent d'envisager une exploitation pour l'eau potable et la SONEDE.

4.5.5.4 Nappe de l'Albo-Cénomani

Elle circule dans ces formations dont l'alimentation peut être réalisée par infiltration au niveau des calcaires affleurant depuis Medenine jusque vers le sud en limite avec la chaîne du Dahar. Ces ressources sont mal reconnues et l'exploitation est limitée géographiquement. L'écoulement de la nappe se fait vers l'ouest et alimente le domaine continental intercalaire de la Nefzaoua (profondeur du plan d'eau 200 m).

Donc en termes régionaux, les potentiels hydrauliques sont importants. Mais les caractéristiques chimiques introduisent localement des limites. Tel est le cas de la zone de Djerba, où les ressources (nappes profondes) sont importantes mais l'emploi limité du fait des concentrations en résidu sec.

4.5.6 La nappe profonde au niveau de Jerba

Les caractéristiques techniques des forages profonds captés à Jerba sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 9 : caractéristiques techniques des forages captant la nappe profonde de Jerba

Forages	Top aquifère (m/TN)	Substratum (m/TN)	Epaisseur (m)	Lithologie
G 1	192	264	72	Sable fin à moyen avec gravier et traces d'argiles
G 2	172	243	71	Sable fin à moyen avec traces d'argiles
G 3	170	258	88	Sable moyen à grossier propre avec argile sableuse à la base
G 4	205	295	90	Sable fin à moyen avec graviers et sable grossier Résistivité moyenne $\cong 7 \Omega.m$
G 5	196	267	71	Sable fin à moyen grisâtre avec argile sableuse
G 6	196	278	82	Sable fin à moyen avec trace du gravier et sable argileux
G 7	220	305	85	Sable moyen à grossier légèrement argileux à la base Résistivité moyenne $\cong 7 \Omega.m$
G 8	220	300	80	Sable fin à moyen et grossier à la base Résistivité moyenne $\cong 6 \Omega.m$
G 9	240	335	95	Sable fin à moyen légèrement argileux à la base Résistivité moyenne $\cong 7 \Omega.m$

L'épaisseur moyenne de la nappe profonde est de l'ordre de 80 mètres. Son épaisseur s'amincit légèrement au niveau du dôme de Guellala, partout ailleurs, elle prend de l'importance. Quant à sa lithologie, elle est composée de sable fin, moyen à gravier avec passages argileux à la base.

4.5.7 Nappes phréatiques au niveau de Jerba

L'épaisseur moyenne de l'horizon aquifère de la nappe phréatique est de l'ordre de 15 mètres. Cette nappe n'est pas présentée partout là où elle existe, elle est d'une lithologie composée de sables fins à moyens ou de limon argileux ou limon argilo-sableux et d'argiles sableuses. C'est pourquoi cette nappe est de ressource très limitée, voire de quelques litres par secondes et par puits. Ainsi son exploitation par forages n'est pas conseillée.

Les caractéristiques techniques des forages captant la nappe phréatique de Jerba sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Caractéristiques techniques des nappes phréatique captées par les forages existants

Forages	Top aquifère (m/TN)	Substratum (m/TN)	Epaisseur (m)	Lithologie
G1	24	50	26	Sable fin jaunâtre
G2	40	66	26	Argile sableuse beige Lithologie argileuse Très faible perméabilité
G3	-	-	0	Absence de nappe
G4	-	-	0	Absence de nappe
G5	39	51	12	Argile sableuse + trace de galet calcaire Très faible perméabilité
G6	52	61	9	Argile sableuse très Très faible perméabilité
G7	65	89	24	Sable fin à moyen légèrement argileux
G8	19 39	92 45	18 6	Limon, sable argileux
G9	10	20	10	Limon argilo-sableux

4.5.8 Caractéristiques de la géométrie du réservoir

L'étude hydrogéologique a mis en évidence en particulier, le rétrécissement des lentilles douces de la partie, EST de l'île en fonction du temps et sous l'effet de l'exploitation.

En 1994 les cartes des isocônes et d'égaux profondeurs du plan d'eau ont permis de constater que suit :

- Les profondeurs du plan d'eau varient entre 5 et 10 m sur les côtes EST, OUEST et NORD et entre 20 et 30 m au centre et au SUD de l'île. On peut donc dire que les niveaux de cette nappe ont très peu varié depuis 1986.
- La salinité de la nappe a beaucoup varié. La carte de 1994 indique un rétrécissement général des lentilles d'eau douce au profit des eaux salées, on note plus particulièrement :

Un grand développement à l'EST et au SUD de l'île des plages à salinité supérieure à 5 g/l.

La disparition des lentilles d'eau douce à salinité inférieure à 1,5 g/l se trouvant à l'EST de Midoun. Un fort rétrécissement des plages à salinité inférieure à 3 g/l au centre de l'île.

On peut donc supposer qu'il y a invasion de cette nappe par les eaux salées dans sa partie EST et SUD. La nappe phréatique de Jerba a subi une évolution de ses caractéristiques chimiques due à la surexploitation et le déficit pluviométrique de ces dernières années.

L'absence de variations piézométriques parallèlement à la dégradation de la qualité chimique peut trouver son explication dans l'équilibre hydrostatique entre la nappe et les eaux salées qui l'entourent. Ces dernières comblent le déficit de pression causé par l'exploitation d'où le développement des surfaces à eau salée sans baisse des niveaux piézométriques.

4.6 Cadre géomorphologique et trait de côte

4.6.1 Géomorphologie de la côte

L'île de Jerba admet un linéaire de côte de **189 Km** en contact direct avec la mer composé de 6 types de faciès morphologiques comme indiqué sur la figure suivante:

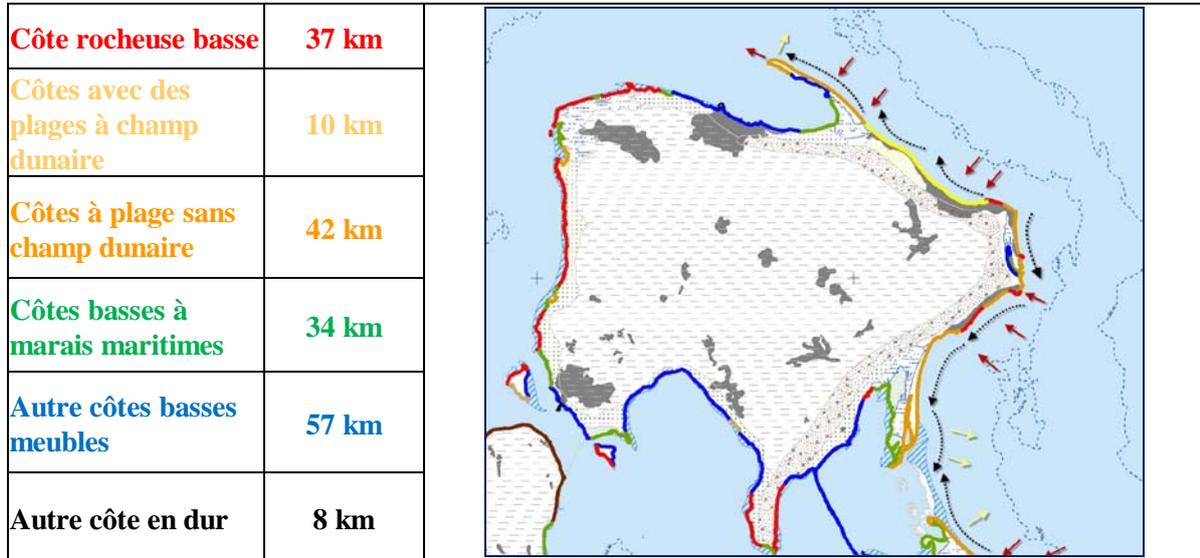


Figure 34: Les différents faciès morphologiques de l'île de Jerba

Les plages ne constituent que 28% de la totalité des côtes de l'île de Jerba. En effet, sur les 189 Km de côte, l'île de Jerba ne comporte que **52 Km de plages** sableuses concentrés sur la façade Est comme indiqué sur la figure suivante :

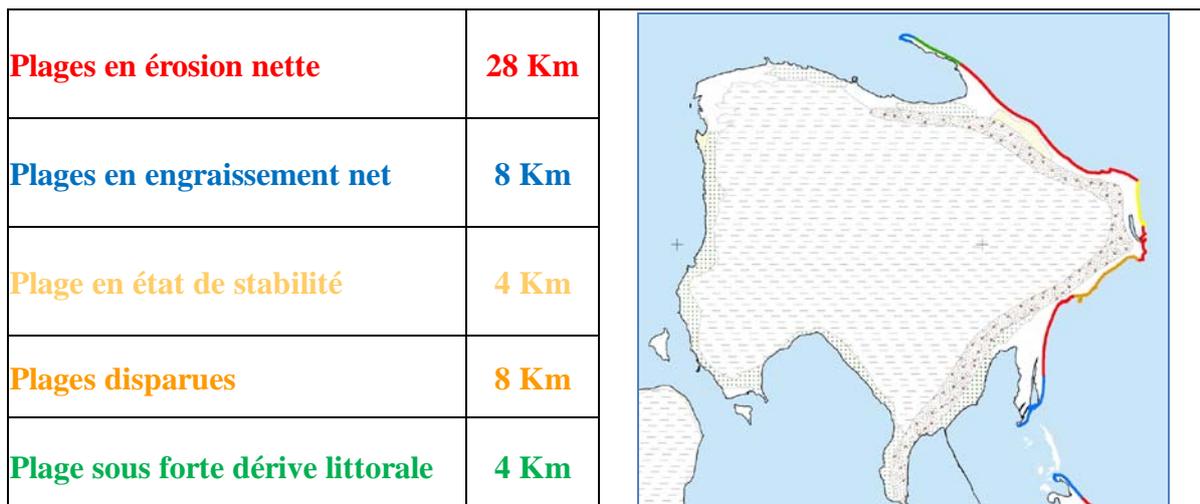


Figure 35 : Les plages de l'île de Jerba

4.6.2 Description du rivage et son évolution récente

Essentiellement sableux, le rivage qui s'étend depuis Rass Torbkhana jusqu'à la pointe de la flèche de Rass Errmal ne montre pas partout la même morphologie ni la même dynamique et le même type d'occupation par les aménagements touristiques. Il est possible d'y distinguer au moins les trois secteurs suivants :

4.6.2.1 De l'hôtel Dar Jerba à Sidi Zekri

La plage est parfois encore assez étendue surtout là où les unités hôtelières ne se sont pas trop rapprochées du rivage. Entre l'hôtel El Hana Palace et l'hôtel Mehari, sa largeur dépasse souvent 60m. Pourtant, on relève différents indices de démaigrissement.

Ces indices correspondent d'abord à des affleurements rocheux qui commencent à se multiplier sur l'estran et qui sont, en fait, exhumés au fur et à mesure que le sable qui les surmontait est enlevé par les vagues. Il s'agit partout d'un grès peu à moyennement consolidé qui rappelle la dune holocène (5 sur la figure). L'accélération de l'exhumation de ce grès apparaît le mieux à la hauteur de l'hôtel Dar Jerba. Ceci est le plus manifeste dans la marge occidentale de la plage où le modelé rocheux a connu un développement remarquable au cours des dernières années.

Le marabout de Sidi Bakhour a également constitué, pour un certain temps, une autre preuve de la tendance érosive que connaissent les plages de ce secteur. Légèrement affouillé par les vagues en 1979, il était encore debout en 1991 quoique entamé par l'érosion. En 1993, on pouvait le voir effondré sur place. Aujourd'hui, on n'en trouve aucune trace, il a été franchi par le rivage.



Figure 36 : Le marabout de Sidi Bakhour en 1993

Aujourd'hui, son emplacement appartient à la mer, D'après Oueslati

4.6.2.2 *De Sidi Zekri jusqu'à la racine de la flèche de Rass Errmal*

C'est dans ce secteur qu'on trouve les plages qui ont le plus souffert de l'érosion marine. Car les aménagements hôteliers se sont souvent trop aventurés vers le bord de mer empiétant sur le bourrelet dunaire de haut de plage.

Les témoins de cette évolution apparaissent d'abord à travers la réduction continue de la largeur des plages et le fait que la dune bordière soit souvent taillée en falaise. De plus, différentes constructions de front de mer sont devenues à la portée des vagues même à l'occasion des tempêtes ordinaires.

Un autre indicateur, jusque là peu considéré, est la multiplication, sur l'estran, des affleurements rocheux (grés beige de la dune holocène ; 5 sur la figure). Il s'agit toujours, et comme dans le secteur précédent, de matériaux exhumés par les vagues au fur et à mesure que le profil des plages est abaissé par érosion. Ce phénomène qui était, à la fin des années 1970 et au cours des années 1980, limité au secteur compris entre l'hôtel Jazira et l'hôtel Strand et au voisinage de l'hôtel Dar Jerba s'est étendu aux rivages des hôtels Medina, Palm Beach, El Bousten et Robinson Club.

En fait, les formes de faiblesse des plages de cette côte ne se manifestent pas toujours avec la même vigueur. Elles sont les plus prononcées et ont attiré le plus d'attention dans les environs de l'hôtel Jazira d'une part et de l'hôtel Les Sirènes d'autre part.

- ***A la hauteur de l'hôtel Jazira :*** la plage Jazira a commencé à perdre une partie de sa substance dès les années 1970. Les murs externes de hôtel ont été endommagés et réparés à plusieurs reprises. Différents murs de soutènement ont été démolis par les vagues. C'est également dans ce site que les premiers ouvrages d'une défense lourde ont commencé à faire leur apparition, dans l'île, avec le début des années 1990. Un enrochement, fait de gros blocs de roches calcaires, a été implanté pour isoler l'hôtel ainsi qu'une partie de la route côtière de l'action directe des vagues. La dernière solution en date a consisté en la destruction volontaire, en 1998, de la partie externe de l'hôtel permettant un recul par rapport au rivage sur une distance de 30 à 40m ainsi que l'enlèvement de l'enrochement qui encombrait l'estran.
- ***A la hauteur de l'hôtel Les Sirènes :*** La plage a également encouru une érosion importante. Les premières tentatives de protection, signalées au cours des années 1990 (réfection de murs endommagés, construction de nouveaux murs de soutènement, remblais et gros blocs rocheux adossés au pied de la falaise façonnée dans la dune bordière), n'ont cessé de se multiplier. C'est au niveau de la terrasse de la buvette-restaurant qui donne sur la mer que la situation est la plus expressive. En 1992 cette terrasse était encore devancée par une plage sableuse large de quelque 25m. Moins de dix ans après, en 2001, elle est devenue régulièrement baignée par la mer et un enrochement a été implanté dans le but de la protéger de l'action des vagues. C'est ce qui donne une vitesse de recul du rivage de l'ordre de 2,5m/an. Aujourd'hui, la même terrasse est basculée vers la mer suite à son affouillement par les vagues ; des marches d'escalier en bois ont été réalisées pour remplacer celles en béton, devenues inutilisables.

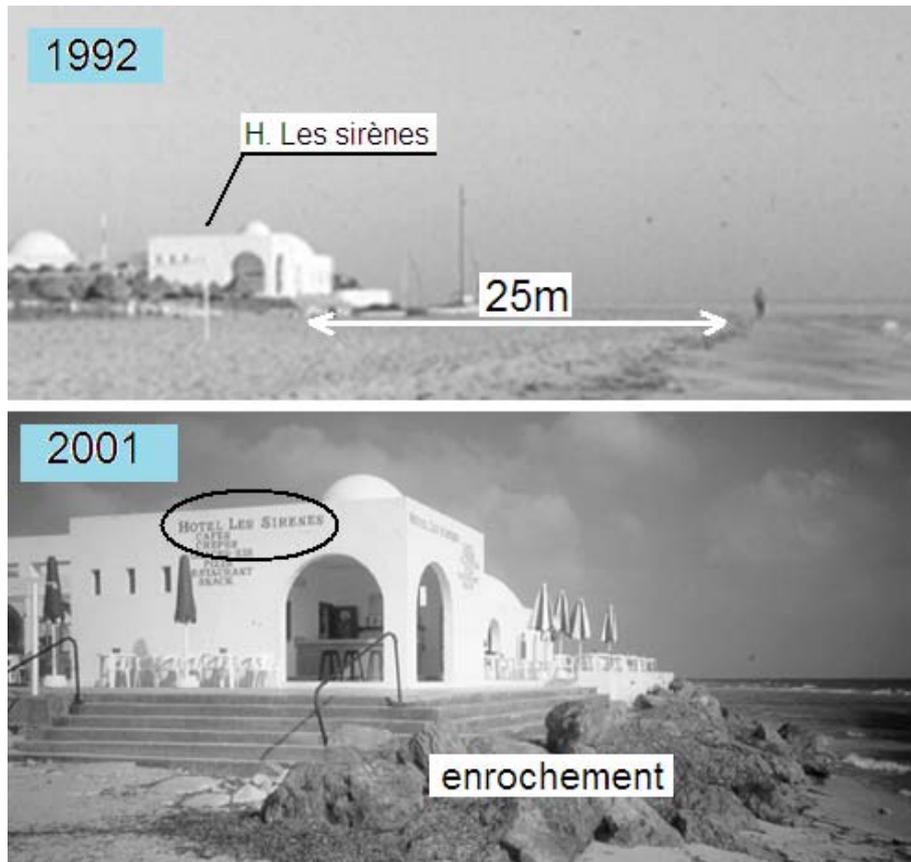


Figure 37 : L'évolution de la plage de l'hôtel Les sirènes sur une dizaine d'années.

Aujourd'hui, les marches d'escaliers sont basculées vers la mer et d'autres, en bois, ont été créées pour les remplacer (D'après A. OUESLATI).

4.6.2.3 La flèche de Rass Errmal

Allongée SE-NW, cette flèche a, aujourd'hui, une longueur proche de huit kilomètres et a une morphologie assez variée. Son profil transversal montre deux domaines bien différenciés tant par leur modelé que par leur sédimentologie. Sur sa face ouverte sur la mer et exposée aux vents les plus actifs, domine une plage sableuse relayée par un cordon dunaire plus ou moins bien développé. Du côté de sa face interne, la place est donnée à des terres humides du type marais maritime parcourues par différents chenaux de marée ou du type sebkha régulièrement inondée pendant la saison des pluies et à l'occasion des fortes tempêtes.

La morphologie varie aussi dans le profil longitudinal. C'est ainsi que les constructions sableuses et surtout les dunes montrent leur développement le plus important dans la partie centrale de cette flèche avec une largeur variant de 200 à 500m. Du côté de la racine de la flèche, le corps sableux est plus large, mais la partie dunaire perd en volume et en continuité. Vers la pointe, le modelé est celui d'un cordon littoral large mais très écrasé et presque sans dunes.

La formation de cette flèche a été favorisée par l'existence d'une dérive littorale active dirigée vers le Nord-Ouest. Mais ceci ne s'est pas toujours fait au même rythme. Les travaux antérieurs ont permis de distinguer deux parties appelées corps primitif et appendice (*cf.* figure suivante). Le premier n'a commencé à apparaître, sur les documents cartographiques, que vers la fin du XIXème siècle (cartes marines datant de 1885). Une carte remontant au XVIème siècle l'ignore alors que la carte topographique, à l'échelle 1: 100 000, de 1907 en donne une

forme semblable à celle des cartes marines. Par contre, l'apparition de l'appendice et son développement ont eu lieu au cours de la deuxième moitié du vingtième siècle. Des photos aériennes de 1952 montrent les premiers crochets sableux annonçant sa formation. Sur les photos aériennes de 1963 ainsi que sur la carte topographique de Houmet Essouq à l'échelle 1: 50 000 et datée de 1966, sa longueur est déjà de 2,5km contre 6,65km pour l'ensemble de la flèche. La comparaison des photos aériennes de 1963 et de 1972 a permis de relever une progression de sa pointe sur une distance de l'ordre de 200m. Plus tard et jusqu'à 1991, l'allongement s'est fait à une vitesse moyenne annuelle de l'ordre de 83m, permettant de gagner quelque 1 500m et donnant à la flèche une longueur totale de l'ordre de 7,360km. Depuis les années 1990, la flèche s'est allongée pour gagner presque un kilomètre (cf. figure suivante).

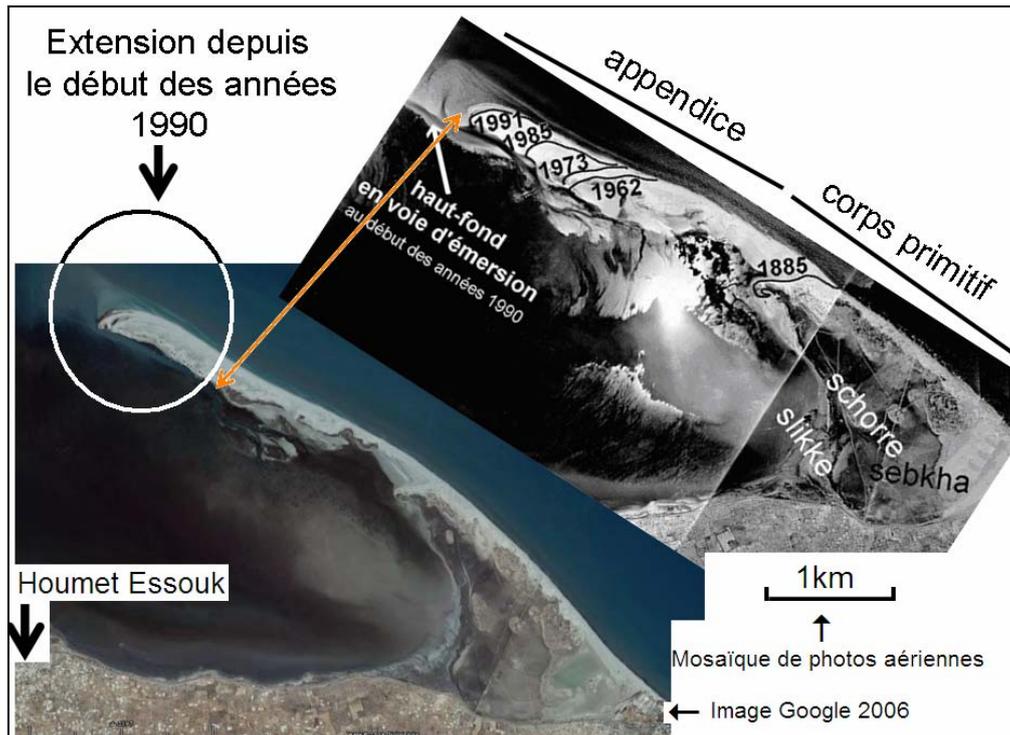


Figure 38 Étapes dans la progression récente de la pointe de la flèche de Rass Errmal

(d'après des photos-aériennes de différentes missions et une image Google de 2006 – A. OUESLATI).

L'allongement de la flèche est souvent considéré comme la contrepartie de l'érosion des plages situées plus au Sud et décrite dans les passages précédents. Il a été favorisé par l'existence d'une dérive littorale active dirigée vers le Nord-Ouest. En fait, il semble que les aménagements récents n'ont fait qu'accélérer une dynamique commencée avant même le développement du tourisme. L'interprétation des photos aériennes donnée dans la figure précédente a montré que l'appendice s'était déjà bien étendu au début des années 1960. Or, à cette époque on était encore loin du boom touristique et de la grande multiplication des hôtels de front de mer par lesquels on est souvent porté à expliquer toutes les manifestations de l'évolution récente du littoral. Une partie des grands volumes sableux nécessités par la croissance de la flèche serait donc due à une érosion marine déclenchée par des facteurs naturels. Il ne faut pas perdre de vue aussi les éventuelles conséquences d'une déstabilisation des sédiments de l'avant-côte par la destruction des herbiers sous-marins suite notamment au chalutage.

4.7 Cadre hydrographique et océanographique

4.7.1 Bathymétrie

La zone concernée par l'implantation de l'émissaire a fait l'objet d'une bathymétrie détaillée dont une carte est présentée sur plan en annexe. Cette zone s'étend sur 240ha de forme d'un rectangle de 4 km de longueur sur 0.6km de largeur) **La cote bathymétrique la plus basse est 10 m.** Le tableau suivant récapitule la distance des isobathes au point de départ de la zone du projet

Tableau 11 : Distances des isobathes par rapport à la cote dans la zone du projet

Isobathe	Distance à la côte en m
Isobathe – 1 m	42
Isobathe – 2 m	138
Isobathe – 3 m	227
Isobathe – 4 m	660
Isobathe – 5 m	792
Isobathe – 6 m	970
Isobathe – 7 m	1180
Isobathe – 8 m	1525
Isobathe – 9 m	1920
Isobathe – 10 m	2284
Isobathe – 11m	2728
Isobathe – 12m	3175
Isobathe – 13m	3512
Isobathe – 14m	4263

4.7.2 La marée et les niveaux extrêmes

La marée à Jerba est du type semi-diurne de période 12,5 heures. Les caractéristiques des marées moyennes à Jerba pour les deux sites les plus proches du site du projet sont les suivantes (carte marine) :

Le zéro hydrographique à Houmet Essouk se trouve à **-1,14 m NGT**.

Le niveau global des eaux est la résultante des niveaux induits par la marée, les surcôtes dues aux pressions atmosphériques et aux coups de vent.

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques hydrographiques du site du projet.

Tableau 12 : Caractéristiques hydrographiques de la marée du site du projet**Caractéristiques de la marée du site du projet**

	Vive eau m CM		Morte eau m CM	
	Pleine mer	Basse mer	Pleine mer	Basse mer
Houmt Souk	1,4	0,2	1,0	0,7
Ras Turgueness	1,1	0,2	0,8	0,3

	Niveau moyen m CM	Amplitude m	
		VE	ME
Houmt Souk	1,14	1,1	0,2
Ras Turgueness	0,99	0,9	0,2

Niveaux caractéristiques actuels à Jerba (m NGT)

	Degré de fréquence	Niveau m NGT
Niveau moyen annuel	Niveau courant	0,00
Niveau maximal des vives eaux ordinaires	2 fois par mois	0,45
Niveau maximal des vives eaux extraordinaires	2 fois par an	0,55
Niveau maximal exceptionnel du à des grandes surcotes induites par le vent	1 fois par 10ans	1,65
Niveau maximal exceptionnel du à des grande surcotes induites par des coups exceptionnels de vent	1 fois par 50ans	1,85

4.7.3 Les houles

A partir des fetchs, l'étude générale de la protection du littoral (DGSAM, 1996) a évalué les houles des différentes périodes de retours (5 à 100 ans).

Tableau 13 : Houles calculées en face de la zone du projet au niveau de l'isobathe -20m NGT

Source Etude HP 1995

Site Jerba (flanc Est)	Période de retour (année)					Direction Moyenne °
	5	10	25	50	100	
Golfe Gabès 35	4.9m 8.9s	4.6m 9.7s	5.5m 10.7s	6.1m 11.5s	6.8m 12.2s	068
Golfe Gabès 36	4.1m 9.1s	4.8m 9.9s	5.6m 11.0s	6.3m 11.7s	6.9m 12.5s	072
Golfe Gabès 37	4.1m 9.0s	4.8m 9.8s	5.6m 10.7s	6.2m 11.5s	6.9m 12.2s	073
Golfe Gabès 38	3.9m 8.9s	4.6m 9.6s	5.5m 10.5s	6.1m 11.2s	6.8m 11.9s	077

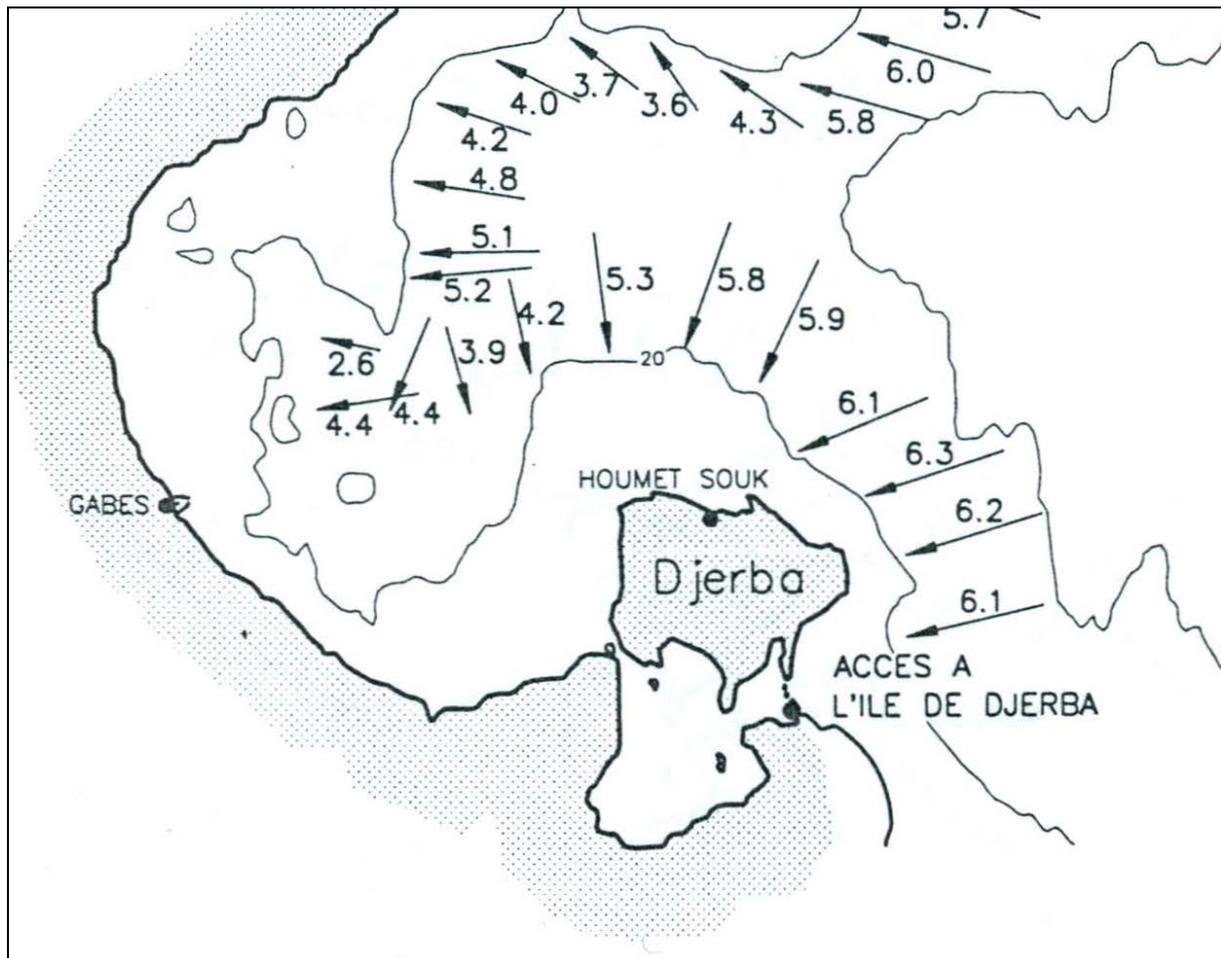


Figure 39 : Houle cinquantennale sur le flanc Est de l'île de Jerba

Source Etude HP 1995

4.7.4 Les courants

Dans le sud tunisien et plus précisément sur les côtes est de Jerba, on trouve les quatre principaux types de courants suivants :

- Les courants généraux qui intéressent la circulation des eaux à l'échelle de Méditerranée;
- Les courants dus aux vents qui proviennent de l'entraînement des masses d'eaux sous la poussée des vents vers les côtes.
- Les courants de marée qui sont liés aux variations de niveau qu'engendre la marée ;
- Les courants littoraux ou de houle qui sont liés à l'obliquité de la houle par rapport au rivage.

Pour les courants dus au vent, on retrouve l'estimation de l'intensité $V_{\text{courant}} = 0,02 \text{ à } 0,03$ de la vitesse du vent, avec une direction équivalente à celle du vent.

Les courants de marée les plus importants, à l'échelle du golfe de Gabès, sont rencontrés essentiellement dans **le canal de Kerkena**. La vitesse atteint 1 m/s, dans la partie Nord du canal des Kerkena et approche de 2 m/s dans le canal d'Ajim.

En règle générale, dans les chenaux et au voisinage des bancs côtiers, le courant de jusant est très sensiblement plus faible que le courant de flot.

En dehors des zones de goulets (ex: canal de Kerkena, canal d'Ajim), les courants de marée sont faibles -le plus souvent moins de 10 cm/s - sur les côtes tunisiennes aussi bien dans les zones à marée faible (côte Nord et côte Est du Cap Bon à La Chebba) que dans celles à marée plus importantes (Golfe de Gabès).

Pour l'île de Jerba, les courants de marée les plus forts sont trouvés au niveau du canal d'Ajim et au niveau de l'oued El Kastil.

Les changements de courant ont lieu, à l'extérieur, aux moments mêmes des pleines et basses mers et, dans les canaux, aux environs de la mi-marée.

Sur la côte Sud-Est de l'île de Jerba (proche de la zone du projet) des mesures de courants effectuées en 1974 dans le secteur de Sidi Garous n'ont jamais dépassé **0,2 m/s** avec une moyenne de **0,08 m/s**.

Les courants de houle sont liés aux statistiques de houle au large et à leur orientation sur la plage après réfraction. Pour ce type de courant, on a deux branches à Jerba :

- **La branche nord** : engendrant une dérive littorale vers la flèche de Ras Errmal ;
- **La branche sud** : engendrant une dérive littorale vers la flèche d'El Kastil.

Ces divers types de courant sont illustrés sur la figure suivante :

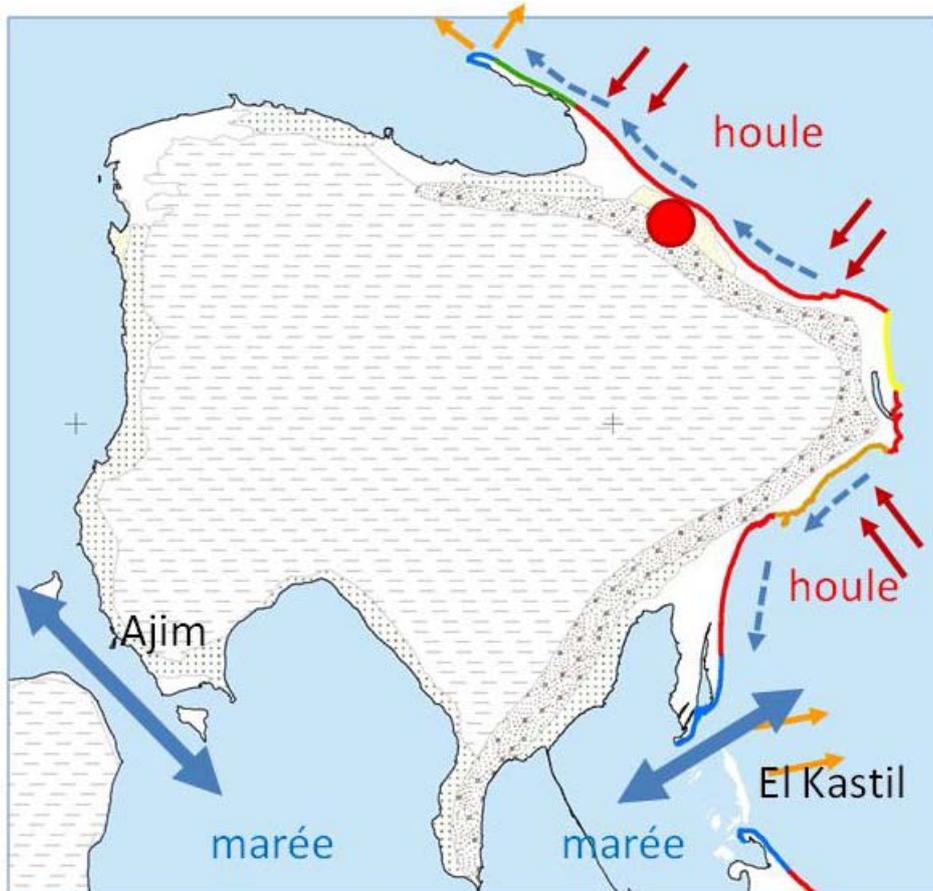


Figure 40 : Courant maximum de Flot et jusant dans la zone du projet

4.7.5 Les mouvements sédimentaires sur la cote orientale de Jerba

Le rivage de l'île de Jerba s'étend sur un linéaire total de 189 Km et il ne comporte que 52 Km de plages situées sur le flanc Nord-Est et Sud-Est depuis la pointe nord de la flèche de Rass Errmal à la pointe sud de la flèche de borj El kastil.

Les mouvements sédimentaires sur la côte s'effectuent principalement sous l'action de la houle. Il existe deux types de mouvements : les mouvements dans le profil (perpendiculaire à la côte) et les mouvements parallèles au littoral (transit littoral).

Mouvement dans le profil : Il est le résultat de l'attaque frontale des houles sur la côte. Lors des périodes hivernales durant lesquelles les agitations sont plus fortes, le profil s'érode en haut de plage, le sable transporté forme un dépôt plus au large. En période estivale, les agitations de faibles hauteurs reconstituent le profil en haut de plage.

Le transit littoral : Le transit littoral est le résultat de l'attaque oblique des agitations à la côte ce qui produit un déplacement des sables le long du littoral. Le transit littoral provoque un mouvement de suspension des matériaux pour l'essentiel formé de fins et débris de végétaux dont l'accumulation sur le littoral peut être importante.

La dynamique sédimentaire n'intéresse que le Flanc Est de l'île exposé aux houles longues. Pour les parties sud et ouest, le transport solide littoral est quasiment nul (figure suivante).

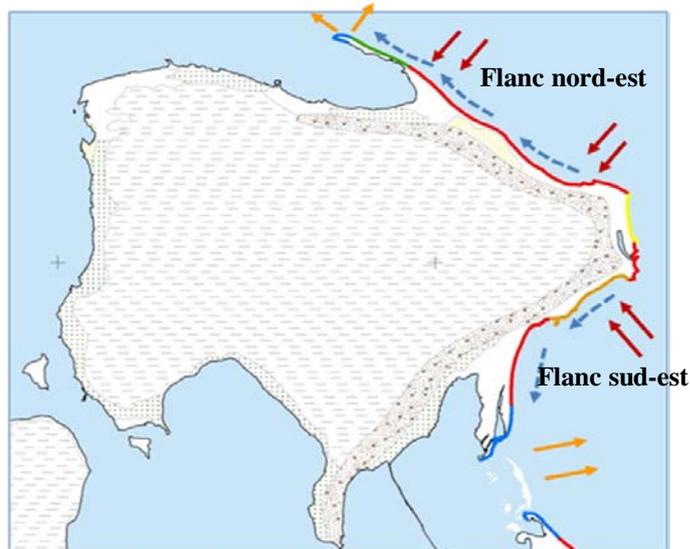


Figure 41 : Morphologie des plages de l'île de Jerba

Les rivages en rouge (zones en érosion nette), en bleu (en engraissement nets), orange (plages disparus, jaunes (plages stables)

Comme le montre cette figure, il y a deux directions du transit littoral :

- **Le flanc nord-Est:** Le transit est dirigé vers le nord (pointe vers Rass Errmal), et
- **Le flanc sud Est:** Le transit est vers le sud (pointe vers la flèche d'El Kastil).

Le Flanc nord-ouest

Le transit dans cette zone est orienté vers le nord-ouest, il est à l'origine de la création de la flèche émergée de Ras El Remel, qui se prolonge en mer jusqu'à l'entrée du chenal d'accès du port de Houmt Souk. En arrière de cette flèche, une importante zone intertidale sablo-vaseuse s'est développée au fur et à mesure que la flèche a progradé en direction de l'Ouest. La progression de cette flèche en direction de l'Ouest est importante car elle s'est effectuée sur une distance de plusieurs centaines de mètres depuis **30 ans**, ce qui correspond à un apport annuel qui varie suivant les auteurs de **4000 à 20 000 m³/an**. (Hidrotecnica Portuguesa, 1998, et Studi, 1997).

Le flanc sud-Est

Au sud, compte tenu des vents dominants et de l'orientation de la côte, le sens du transit s'inverse vers le sud. Comme pour le nord, cette zone est à l'origine de la formation des hauts fonds de la zone Bin El Oudiane (Sebkhet et Kastel) qui représente le gîte équivalent de la flèche de Ras Errmal au nord.

4.8 Description détaillée des composantes terrestres du projet

4.8.1 Le site de la station de dessalement

La zone concernée fait partie du littoral nord est de l'île de Jerba, elle se présente en façade maritime d'extension ouest est.

La topographie de cette zone comme celle de l'ensemble de l'île est basse ou faiblement accidentée. Elle est dominée par un paysage de bas plateaux relayés, du côté de la mer, par des plaines très basses et souvent marqué par des Sebkhas plus ou moins étendues.

La frange côtière considérée montre, une topographie dunaire, avec la présence de collines qui dessinent un bourrelet parfois continu et disposé parallèlement à la côte depuis la presqu'île de Tarbella jusqu'aux environs de Houmt Essouk.

La station de dessalement sera construite sur deux lots de terrain situés dans la zone de Mezraya qui appartient administrativement à la délégation de Houmet Essouk.

- ❖ **Site 1:** Il est situé dans la zone touristique de Mezraya à proximité de l'hôtel Ulysse Palace de surface 1 ha. Ce site abritera la station de pompage des eaux de mer ;
- ❖ **Site 2 :** situé dans la zone de Mezraya. Il se trouve à environ 2 km du site 1 et il abritera la station de dessalement.

Les deux sites ont fait l'objet d'un levé topographique et d'une exploration détaillée sur terrain.

4.8.1.1 Site de la station de pompage des eaux de mer

Le site est localisé dans la zone touristique de Mezraya à proximité de l'hôtel Ulysse Palace et l'hotel Miramar. Une parcelle de terrain de 1 ha appartenant au Conseil du Gouvernorat de Médenine, a été acquise par la SONEDE.

Le terrain est quasiment nu et il renferme :

- Quelques petites dunes de sables ;
- Quelques végétations spontanées ;

La côte moyenne du terrain est de l'ordre de +4 m NGT.

Les photos suivantes ainsi que la figure ci dessous montrent l'état actuel du terrain.



Figure 42: Etat actuel du terrain où sera implantée la station de pompage des eaux de mer (variante 1)

4.8.1.2 Le site de la station de dessalement

La station de dessalement sera implantée dans ce deuxième site.

C'est une parcelle de terrain qui n'est pas exploitée et qui s'étend sur une surface totale de l'ordre de 4,25 hectares.

Cette parcelle comporte des constructions anciennes abandonnées et non exploitées. Le terrain est planté par des oliviers, des palmiers et des grenadiers non productives.

Les constructions existantes :

- ❖ Deux puits abandonnés de 20 m de profondeur ;
- ❖ Trois bassins d'eau en ruine et abandonnés ;
- ❖ Une maison comportant une seule chambre en ruine ;
- ❖ Une maison comportant trois chambres en état non exploitable.

Les plantations :

- ❖ Des oliviers (environ 80 pieds)
- ❖ Des palmiers (environ 59 pieds).
- ❖ Des grenadiers (environ 10 pieds)

Le terrain :

- ❖ Terrain agricole non exploité abandonné depuis longtemps ;
- ❖ Végétation spontanée sauvages.

Le terrain est accessible à partir de la route touristique d'El Mezraya par une piste qui fait environ un itinéraire de 1200 m.

Le terrain a fait l'objet d'un levé topographique de détail et d'une exploration sur site dans le cadre de cette étude.

La SONEDE a déjà fait toutes les procédures d'acquisition du terrain et de mutation de propriété avec la collaboration des autorités locales (délégation, gouvernorat, etc..).

Les photos ci-dessous illustrent l'état actuel de

- ❖ La piste d'accès à partir de la route touristique jusqu'à la parcelle ;
- ❖ L'état actuel de maisons existantes dans la parcelle de terrain
- ❖ L'état actuel des équipements agricoles dans la parcelle ;
- ❖ L'état actuel des constructions dans la parcelle ;
- ❖ L'Etat actuel des travaux existants dans la parcelle ;
- ❖ L'état actuel des arbres dans la parcelle ;
- ❖ L'état actuel des constructions au voisinage de la parcelle.
- ❖ La piste d'accès à partir de la parcelle vers la route touristique



Début de la piste d'accès vers le site de la station



Piste d'accès qui va abriter la conduite de refoulement des eaux de mer brute

Figure 43 : Piste d'accès vers le site et la station et emprise de la conduite de refoulement des eaux de mer brutes (photo 2006)



Figure 44 : Maisons existantes en ruines dans la parcelle de terrain



Un puits abandonné dans la parcelle



Un bassin abandonné dans la parcelle

Figure 45 : Constructions agricoles existantes dans la parcelle



Figure 46 : Etat actuel du terrain où sera implantée la station de dessalement



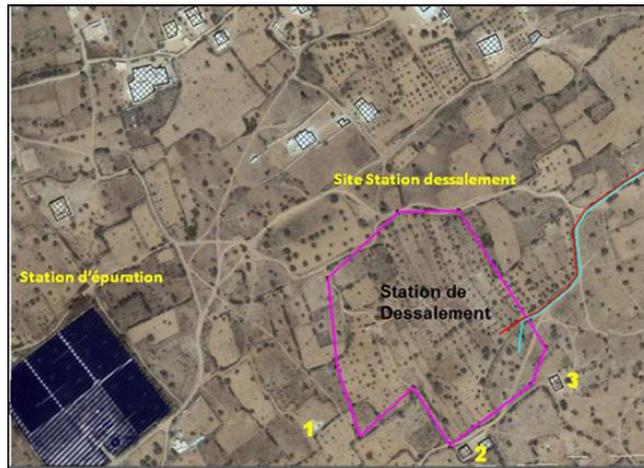
Figure 47 : Réservoirs de stockage construits à proximité du site de la station de dessalement

4.8.2 Les environs immédiats du site de la station de dessalement

Le site de la station de dessalement est situé à une distance de 2 km de la zone touristique Mizraya, dans une région rurale entourée de parcelles agricoles et d'habitations parsemées.

Les zones représentant des constructions les plus peuplées sont situées au Nord du site de la station de dessalement à une distance d'environ 500 m. A proximité du site, il y a trois habitations (figure ci-dessous).

Du côté ouest du site, se trouve la station d'épuration à environ 300m du site (voir figure ci-dessous).



Maison à 20m de la parcelle (1)



Station d'épuration à 250m de la parcelle



Maison à 50m de la parcelle (3)



Maison existant juste en face de la parcelle (2)

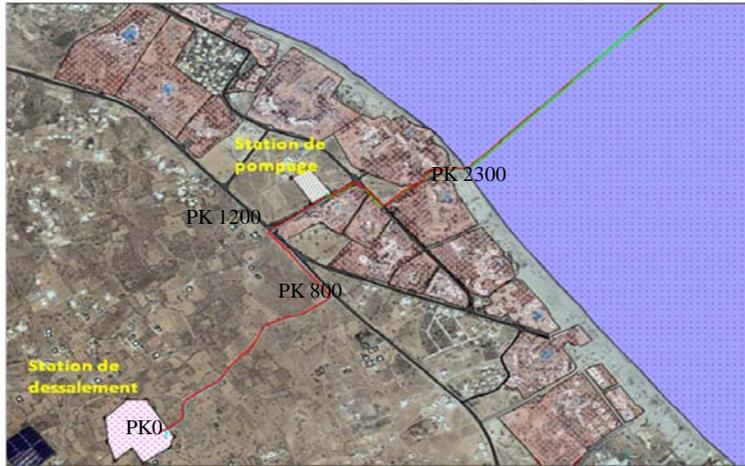
Figure 48 : Les constructions au voisinage du site de la station de dessalement

4.8.3 L'emprise terrestre des conduites de transfert des eaux de mer

Le tracé de la conduite de transfert commence du site de la station de dessalement, suit une piste existante et la route touristique principale, passe devant la station de pompage et suit un itinéraire vers la plage.

L'itinéraire de la conduite est composé des tronçons suivants :

- *Du PK0 à PK800m* : c'est une piste agricole situé en dehors de la zone touristique. Elle est exploitée par les hôteliers pour le sport et l'équitation. Le long de cette piste on trouve, de part et d'autre, des parcelles agricoles, quelques habitations et une écurie de chevaux (voir photos de la figure ci-dessous) ;
- *De PK800m à PK1200m* : C'est la route touristique principale de la zone d'ElMezraya. Elle est formée de deux voies express et elle comporte un giratoire au niveau du croisement avec la route secondaire qui mène vers la plage (voir photos de la figure ci-dessous) ;
- *De PK1200m à PK1600m* : c'est la route secondaire qui relie la route touristique principale à la route touristique côtière. Elle passe devant le site de la station de pompage. Du côté ouest, où sera implanté la station de pompage, le terrain est nu et est encore non exploité, Le côté Est, est actuellement équipé par des hôtels en cours d'activité ;
- *De 1600m à PK1800m* : c'est, un tronçon de la route touristique côtière, le long de ce tronçon, on trouve des hôtels et des centre de commerce "Shopping center" (voir photos de la figure ci-dessous) ;
- *De PK1800 à PK2100m* : c'est un accès vers la plage. Les deux faces de cet accès est équipé par des hôtels en cours d'activité;
- *De PK2100m à PK2300m* : c'est un voie qui débute entre les deux baraques (café le Petit Palais de l'hotel Miramar et la Paillote de l'hôtel les Dunes). Le passage entre les deux baraques est relativement étroit et il s'ouvre ensuite sur une plage sableuse.



PK0 : début du tracé



PK100 : Ecurie sur la piste



PK300



PK500



PK600



PK800

Figure 49 : Etat actuel de la piste entre le site de la station et la route touristique



PK1100



PK1200

Figure 50 : Etat actuel de route touristique principale au niveau du giratoire



PK1600



PK1800

Figure 51 : Etat actuel de la route touristique côtière

4.8.4 La Plage

La plage côtière qui va abriter les deux conduites (aspiration/rejet) a fait l'objet d'une visite sur terrain.

La plage est relativement large (environ 100m de largeur) et elle ne présente pas de traces d'érosion agressive à l'exception des quelques constructions en dur construites directement sur la plage.

En allant vers l'Est du point de croisement avec la conduite on trouve:

- *Pailote Les Dunes* : L'hôtel Les dune se trouve en deuxième position par rapport à la plage. Il a installé une pailote suite à une autorisation d'installation temporaire obtenue de l'APAL. Le trait de côte correspondant est caractérisé par une plage sableuse relativement large. Une conduite thalasso de diamètre d'environ 100 mm est apparente sur le tronçon de la plage correspondante;
- *Hôtel Carriben* word: il dispose d'une plage sableuse relativement large. Néanmoins, au niveau de son restaurant, construit directement sur la plage, on observe une érosion agressive ce qui a amené à faire une protection locale par des enrochements. L'hôtel a aussi une conduite thasso en mer ;

- *Hôtel Palm Beach* : Il a une large plage avec des dunes devant l'hôtel, il est bien protégé contre l'érosion grâce à des dunes en très bon état. La capacité de l'hôtel est de 562 lits;
- *Hôtel Palace* : Ayant un trait de côte caractérisé par une belle plage sableuse, de largeur 20 à 25 m, Il a qu'en même une plateforme à pied dans l'eau ce qui a induit une érosion agressive.

En allant vers l'Ouest du point de croisement avec la conduite on trouve:

- *Installation temporaire Miramar*: Comme pour la paillote les dunes, une baraque temporaire a été installée par l'hôtel Miramar (le petit palace). Ce dernier se trouve, comme pour l'hôtel les dunes en deuxième position.
- *Hôtels Les Sirenes* : Cet hôtel est caractérisé par une plage sableuse de largeur assez bonne. L'hôtel a aussi deux conduites thalasso dont une est flottante à 200 m du rivage. L'hôtel a une terrasse construite directement sur la plage. Au niveau de cette terrasse l'érosion est agressive ce qui a amené à mettre des enrochements de protection;
- *Hôtel Asdrubal* : La plage correspondante est en bon état et on n'observe aucune trace d'érosion marine. La plage est assez large;
- *Hôtel Telemac* : quelques traces d'érosion au niveau de la plage sont observées, mais le trait de côte correspondant reste avec une plage relativement en bon état.



Figure 52: Etat des baraques de l'hotel Miramar et les dunes

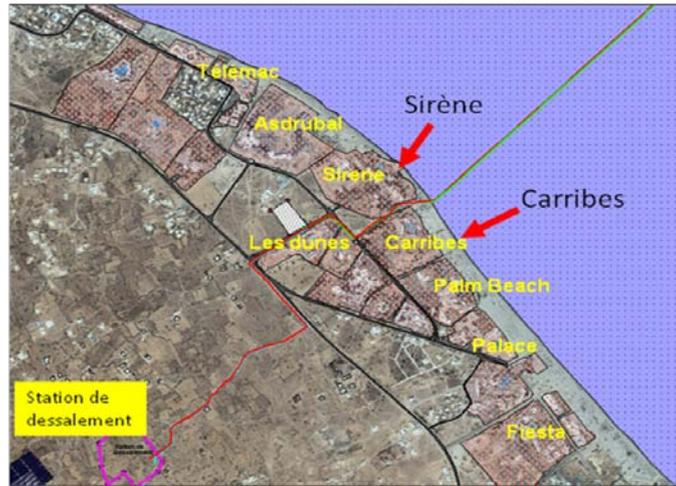


Figure 53 : Zone hôtelière côtière traversé par les conduites de transfert



Conduite déterrée - hôtel « les Dunes » (1)



Etat actuel du Plage de l'hôtel « les Dunes » (1)



Restaurant Carribbe construction en bois – (2)



Longues plage avec des dunes - hôtel Palm beach (3)



Etat actuel de l'hôtel Palace (4)

Figure 54 : Etat actuel de la plage du côté Est



Deux conduites de rejet thalasso- hôtel Sirene (5)



Regard d'eau - hôtel Sirene (5)



Restaurant à pied dans l'eau - hôtel Sirene (5)



Etat actuel de l'hôtel Asdrubal (6)



Etat actuel de l'hôtel Telemac (7)



Voie entre les deux hôtels Asdrubal et Telemac

Figure 55: Etat actuel de la plage du côté Ouest

4.8.5 Les conduites de transfert des eaux de forage

La collecte des eaux des forages G8 et G9 sera assurée à travers deux conduites en polyéthylène de DE315 mm sur une longueur d'environ 11 Km. Le transfert des eaux saumâtres de mélange sera assuré par pompage vers les réservoirs de stockage.

Il est prévu d'exploiter le tronçon existant amenant les eaux du forage G9 au forage G8. Au niveau de ce dernier, il est prévu de réaliser un point d'intersection et de réaliser deux nouvelles conduites sur le l'itinéraire représenté sur présenté sur la figure ci-dessous.

A partir du point d'intersection la conduite suivra :

- Une route goudronnée jusqu'à Sadrhienne sur un itinéraire de 2Km ;
- Une route goudronnée de Sadrhienne jusqu'à la route de Midoun sur un itinéraire de 2 Km ;
- la route goudronnée de Midoun sur un itinéraire de 1,5 Km ;
- Une piste existante de la route de Midoun jusqu'à la route touristique de Mezraya sur un itinéraire de 4 Km ;
- La route touristique de Mezraya sur un itinéraire 2 Km ;
- Une piste existante jusqu'au site de la station de dessalement sur un itinéraire de 1200m.

Les photos de la figure ci-dessous ci-dessous montrent une illustration de quelques points le long de la conduite d'amenée.



Figure 56 : Tracé de la conduite d'adduction des eaux de forage de reminéralisation



Point de départ de la conduite à proximité du forage G8



Route de Sadhrienne au PK 200 m



Route Sadrienne PK 1Km



Sadhrienne PK 2 km



Point de raccordement avec la route Midoun PK 4



Piste entre la route de Midoun et la route touristique



Point de raccordement avec la route Mezraya PK 1

Figure 57 : Quelques photos illustrant l'itinéraire de la conduite d'amené des eaux de forage G8 et G9

4.9 Description détaillée de la composante marine

La zone marine qui va abriter les deux conduites d'aspiration des eaux brutes et la conduite de rejet de la saumure a fait l'objet d'un levé bathymétrique et d'une campagne d'exploration en mer qui a couvert les trois volets suivants :

- ❖ La qualité des eaux ;
- ❖ La qualité des sédiments ;
- ❖ L'état écologique

Nous avons présenté en annexe les conditions de déroulement de la campagne d'exploration marine et dans ce qui suit sont récapitulés les principaux résultats.

4.9.1 Qualité des eaux

Le cadre **hydrologique et hydrogéologique** ne révèle aucun cours d'eau considérable sur l'île de Jerba, seuls les petits oueds (oued Fahmine, oued Ouled Mahmoud, oued Tlêtt....) marquent des écoulements limités aux périodes de pluies. Les eaux de surface et de ruissellement est recueillie par les impluviums et les jsours, ou débouchent dans les garaâs et les dépressions salines de l'île notamment Rass Rmel et Lella Hadhria.

Tenant compte des données relatives au golfe de Gabès, les moyennes annuelles des températures et de la salinité sont respectivement de l'ordre de: de 13.9 °C (Février) à 28.6 °C (Août) vers la cote , et de 15.3 °C (Février) à 28.0 °C (Août) vers le large

Jusqu'à 20 mètres de profondeurs aucune stratification n'est observé (l'écart thermique entre la surface et le fond ne dépasse pas 1 °C). Les fluctuations les plus importantes sont plutôt observées entre le jour et la nuit et à travers les saisons.

La salinité moyenne des eaux varie entre 38.0 g/l (Février) et 39.0 g/l (Septembre) en fonction des saisons, vers la cote la salinité à toujours tendance à l'augmentation quelque soit la saison. La forte évaporation et les faibles profondeurs sont à l'origine des fortes salinités.

La zone du projet a fait l'objet d'une campagne d'exploration sur site en Septembre 2003. Durant cette campagne, nous avons effectué des prélèvements d'eau au niveau de six stations (voir annexe) sur lesquels on a effectué les mesures et les analyses suivantes physico-chimiques:

- ❖ Des mesures directes in situ (température, pH, oxygène dissous, salinité, conductivité et transparence) ;
- ❖ Des mesures chimiques en laboratoire (MES, DBO, matières azotées et phosphatées) ;
- ❖ Des analyses bactériologiques ;
- ❖ Des mesures d'ordre biologiques (Chlorophylle a et phéopigments).

En plus des analyses réalisées dans le cadre de cette campagne, une analyse approfondie a été réalisée pour l'eau de mer brute qui va subir le dessalement.

Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants :

L'eau de mer qui sera dessalée est caractérisée globalement par une salinité moyenne de 39 g/l et une température pouvant varier entre 18 °C et 25 °C au niveau de la prise. Les analyses physico-chimiques de l'eau mer prise au niveau de 6 stations de mesure indiquée sur la carte bathymétrique, sont consignées dans le tableau suivant.

Tableau 14 : Analyses physico-chimiques de l'eau de mer brute

Désignation	Unité	Station1	Station2	Station3	Station4	Station5	Station6
Turbidité	NTU	5.9	4.6	1.7	1.7	4.3	1.3
Dureté totale (D°H)	°F	656	640	675	650	628	737
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	758	780	451	417	411	412
Magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/l	1136	1084	1367	1328	1277	1308
Sodium (Na ⁺⁺)	mg/l	11 133	10 890	11 668	11 054	11 133	11 379
Potassium (K ⁺)	mg/l	353	334	325	353	362	381
Carbonates (CO ₃ ⁻⁻)	mg/l	0	0	0	0	0	0
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	109	136	134	136	131	134
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	20059	19550	20556	19880	19156	21176
Sulfates (SO ₄ ⁻⁻)	mg/l	4095	3951	3648	3850	3869	2778
Nitrates (NO ₃ ⁻⁻)	mg/l	0	0	0	0	0	0
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	0.095	0.03	0.155	0	0.03	0.41
Résidu sec (RS)	mg/l	39 640	38 240	41 210	38 840	37 840	40 730
Oxyd. au KmnO ₄	mg/l O ₂	42.5	42.5	45.7	38.7	43.2	43.8
Fer (Fe)	mg/l	0	0	0	0	0	0
Manganèse (Mn)	mg/l	0	0	0.025	0.025	0.04	0.015
Cuivre (Cu)	mg/l	0	0.02	0.01	0.02	0.015	0.03
Aluminium (AL)	mg/l	0.93	0.75	0.98	1.25	1.97	1.34
Silicium (Si)	mg/l	0	0	0	0	0	0
Zinc (Zn)	mg/l	0	0.045	0	0	0.035	0
Fluor (F)	mg/l	4.8	4.1	4.4	4.5	4.7	4.7
Arsenic (As)	µg/l	0	0	0	0	0	0
Mercure (Hg)	µg/l	0	0	0.15	0.6	0	0
Plomb (Pb)	µg/l	6.25	2.3	8.35	4.1	4.6	5.4
Chrome (Cr)	mg/l	0.14	0.155	0.145	0.145	0.145	0.165
Argent (Ag)	mg/l	0.015	0.01	0	0.005	0.005	0

Tableau 15 : Résultats des mesures physico-chimiques directes des eaux de mer

Stations		1	2	3	4	5	6
Coordonnées	Nord	3749047	3749435	3749928	3750177	3750713	3752094
	Est	683384	683599	683920	684335	684683	685734
Heure		14h40	14h24	13h56	13h26	10h57	9h55
Prof m		1,5	2,5	3	6	10	14
Trans m		1,5	2,5	3	3,40	3,80	4,80
Temp °C	Surface	27,9	27,9	27,9	27,9	27,8	27,5
	Fond	27,8	27,8	27,9	27,9	27,7	27,7
Sal psu	Surface	38,1	37,9	38,0	38,0	38,2	38,0
	Fond	38	37,9	38,0	38,0	38,2	38,1
Cond ms/cm	Surface	57,2	56,8	57,1	57,2	57,2	57,1
	Fond	57,0	56,8	57,1	57,1	57,2	57,2
PH	Surface	8,04	8,05	8,03	8,10	8,14	8,15
	Fond	8,07	8,05	8,04	8,13	8,10	8,13
Oxygène dissous %	Surface	120	116	114	112	112	110
	Fond	120	130	120	114	110	115
Oxygène dissous mg/l	Surface	8	7,5	7,5	7,3	7,5	7,3
	Fond	8,2	8	7,7	7,43	7,2	7,4

Tableau 16 : Résultats des analyses chimiques des eaux de mer

Paramètres analysés	Station						Unité
	1	2	3	4	5	6	
M.E.S	<5	<5	<5	<5	<5	<5	mg/l
DBO5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	mgo2/l
Potentiel d'oxydoréduction	480	477	475	475	470	476	mV
Azote total	336	561	336	332	570	408	µgN/l
Azote nitrate	32	25	19	32	23	31	µgN/l
Azote nitrite	29	24	23	22	21	21	µgN/l
Orthophosphate	16	14	10	11	10	10	µgP/l
Phosphore total	25	21	23	42	49	28	µgP/l

Tableau 17 : Résultats des analyses bactériologiques des eaux de mer

Paramètres / Echantillons	Station					
	1	2	3	4	5	6
Coliformes totaux (37°C) / 100 ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Coliformes fécaux (44,5°C) / 100 ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Streptocoques fécaux (37°C) / 100 ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Abs : Absentes

Tableau 18 : Résultats des analyses biologiques des eaux en laboratoire

Paramètres / Echantillons	Station						Unité
	1	2	3	4	5	6	
Chlorophylle A	0,578	0,578	1,156	1,229	1,229	0,795	µg/l
Féopigment	0,247	1,072	0,493	0,696	0,971	0,855	µg/l

Tableau 19 : Analyses physico-chimiques complète de l'eau de mer brute

Essai	Unité	Date d'exécution	ENNAKI Eau de mer Jerba
pH		30/01/2009	8,15
Température		30/01/2009	12,8
Conductivité	mS/m	30/01/2009	5860
Salinité	‰	30/01/2009	38,4
TDS		30/01/2009	> 2 10 ³
Couleur	Intensité	30/01/2009	Incolore
	Teinte		Transparent
Oxygène dissous	mgO ₂ /L	30/01/2009	3,836
Cyanures	mgCN ⁻ /L	30/01/2009	0,083
Sulfures	mgS ²⁻ /L	30/01/2009	<0.01
Chlorures	mg/L	02/02/2009	21600
Sulfates			3330
Carbonate TA (CO ₃ ²⁻)	mg/L	31/01/2009	0
	°f		0
Bicarbonate TAC (HCO ₃ ⁻)	mg/L	31/01/2009	163
	°f		13,3
Sodium	mg/L	02/02/2009	11600
Potassium	mg/L	02/02/2009	458
Calcium	mg/L	02/02/2009	504
Magnésium	mg/L	02/02/2009	1710
Dureté	°f	02/02/2009	797
DCO	mgO ₂ /L	31/01/2009	91
DBO ₅	mgO ₂ /L	11/02/09	0,6
COT	mg/L	09/02/2009	2,32
Fluorures	mg/L	02/02/2009	0,438
Bromures	mg/L	02/02/2009	79
Huiles et graisses	mg/L	31/01/2009	<5
détergents	mgABS/L	03/02/2009	0,31
CO ₂	mg/L	31/01/2009	2
Azote Kjeldahl	mgN/l	14/02/2009	2,26
Azote ammoniacal	mgNH ₄ ⁺ /L	31/01/2009	<0.087
Nitrates	mNO ₃ ⁻ /l	31/01/2009	11,6
Nitrites	mgNO ₂ ⁻ /L	31/01/2009	<0.0143
Orthophosphates	mgPO ₄ ³⁻ /l	31/01/2009	0,096
Turbidité	NTU	31/01/2009	4,93
MES		31/01/2009	5
MVS	mg/L	31/01/2009	3,3
	%	31/01/2009	66
Matières Décantables	après 5 min	31/01/2009	<0.1
	après 10 min		<0.1
	après 15 min		<0.1
Densité		31/01/2009	1,03
Aluminium	mg/L	02/02/2009	<0.028
Argent	mg/L	02/02/2009	<0.0070
Arsenic	mg/L	02/02/2009	<0.0071
Baryum	mg/L	02/02/2009	<0.040
Béryllim	mg/L	02/02/2009	<0.0007
Bore	mg/L	02/02/2009	7,08
Cadmium	mg/L	02/02/2009	<0.0027
Chrome	mg/L	02/02/2009	<0.0071
Chrome hexavalent	mg/L	31/01/2009	<0.012
Cuivre	mg/L	02/02/2009	<0.0097
Fer	mg/L	02/02/2009	<0.0046
Manganèse	mg/L	02/02/2009	<0.014
Mercure	mg/L	04/02/2009	<0.178
Nickel	mg/L	02/02/2009	<0.015
Plomb	mg/L	02/02/2009	<0.042
Silice	mg/L	02/02/2009	0,012
Strontium	mg/L	02/02/2009	0,387
Zinc	mg/L	02/02/2009	<0.0059

La Température :

La température des eaux du mois de Septembre varie entre 27.5 et 27.9°C. Elle est influencée par celle de l'air et correspond à la fin de la saison estivale. Dans les stations prospectées, jusqu'aux profondeurs prospectées entre 0 et 14 mètres, aucune stratification n'est constatée, toute la colonne d'eau étant animée par les houles et les courants de marées..

La Salinité :

Mise à part des légères variations (37.9 et 38.2 g/l) probablement liées à des phénomènes locaux, la salinité des eaux de la zone d'études est pratiquement constante. Les valeurs enregistrées de la salinité correspondent à celles typiquement connue du golfe de Gabès largement influencée par la Méditerranée Sud Orientale.

La Transparence :

La transparence des eaux a fluctué entre 3,40 et 4,80 m. En allant de la cote vers le large, elle évolue, d'une part, avec la densité floristique qui semble réduire la turbidité et avec la profondeur, d'autre part.

L'azote et le phosphore :

Les teneurs en nutriments azote et phosphore, indicateurs de la production primaire révèlent des teneurs relativement élevées en particulier pour le phosphore qui malgré l'éloignement relatifs reste influencé par les teneurs élevées du golfe de Gabès, le rapport N/P moyen e l'ordre de 14, indique le rôle de l'azote comme facteur dominant.

Le phosphore reste plutôt concentré au niveau des prairies des cymodocés, alors l'azote se concentre relativement vers le littoral

La Chlorophylle a :

Les teneurs en chlorophylle a, indicatrice de la production primaire phytoplanctonique, sont assez faible dans l'ensemble, soit 0.2 à 1.2 µg/l, les teneurs relativement élevées sont rencontrées dans la zone à végétation dense.

4.9.2 Situation écologique

4.9.2.1 Biocénoses continentales

4.9.2.1.1 La végétation

Les reliefs dunaires qui dans la zone du projet occupent une large superficie sont colonisés par une végétation relativement dense avec de place en place, au niveau de l'arrière pays, des palmiers. Les dunes littorales sont recouvertes de graminées psammophiles. Les dunes « intérieures » sont fixées par une dense végétation de buissons épineux.

Dans les zones dépressionnaires, la végétation, est représentée par une assez importante couronne de plantes halophiles (plusieurs espèces de salicornes) supportant des immersions plus ou moins prolongées et des salinités relativement fortes.

L'ensemble de cet écosystème peut, en dehors de la fragilité liée au recul de la ligne de rivage par déficit en sable être considéré, comme peu vulnérable.

Il reste toutefois qu'il est impératif de suivre lors des interventions les consignes régissant le DPM.

4.9.2.1.2 La faune

L'avifaune est importante, du fait que l'île de Jerba offre un relais pour les oiseaux migrateurs hivernants, on y observe couramment : des limicoles vivant dans les milieux halophiles vaseux des sebkhas littorales de l'île dont: le bécasseau variable (*Calidris alpina*), le chevalier gambette (*Tringa totanus*), le tourne-pierre à collier (*Arenaria interpres*), l'échasse blanche (*Himantopus himantopus*), le goéland railleur (*Larus genei*), la sterne naine (*Sterna albifrons*), la mouette mélanocéphale (*Larus melanocephalus*)...etc.

En dehors des oiseaux qui fréquentent plus spécialement les zones marécageuses et la zone para lagunaire du Rmel (que les guides prétendent « écolo » appellent « lagune des flamants roses » pour attirer les touristes) mais, de façon nettement plus occasionnelle, le rivage, la faune est constituée de serpents qui trouvent refuge sous les buissons épineux, de petits escargots xérophiles (espèce *Helicella variabilis* sous les formes albinos et flammulée), mais aussi de mouches et moustiques, ainsi que des libellules.

4.9.2.2 Biocénoses marines

4.9.2.2.1 La végétation

Après les tempêtes on observe sur la plage la présence d'un premier cordon de feuilles de posidonies (feuilles fanées aux quelles s'ajoutent quelques plants arrachés par les vagues), et, plus en arrière, d'un second cordon de feuilles de cymodocées.

A partir de la ligne de rivage sont rencontrés les faciès suivants

- ✓ **Faciès des sables bien classé**, présent uniquement depuis la cote de 0 m jusqu'à celle de -3 m sur une largeur moyenne de 100 m. Cette zone qui est frappée de façon quasi continue par la houle ne présente pas de végétation.
- ✓ **Faciès de substrat dur** colonisé sur une largeur moyenne de 150 m par des algues photophiles telles que *Halopteris scoparia*, *Padina pavonica* et *Cystoseira* et par des petits bouquets de posidonies.



Faciès de sable bien classé



Faciès de substrat dur

Figure 58 : Faciès de la zone littorale

- ✓ **Faciès d'herbier** Ce faciès représente environ 75 % de la zone prospectée. Cet herbier se caractérise :
 - ❖ Par une première bande large d'environ 2 km où la posidonie est installée sur un substrat dur avec des massifs entrecoupés de clairières où sont installées des cymodocées (faciès d'herbier mixte localisé entre 2 et 6,5 m de profondeur)
 - ❖ Par une seconde bande large d'environ 1 km (profondeur comprise entre 6,5 et 8 m) où la posidonie se présente sous une forme dense (fig. suivante) mais avec un important morcellement lié à la présence de nombreux couloirs et fosses sédimentaires où s'accumule un sédiment organogène (débris de coquillages) hétérogène.



Figure 59 : Faciès des herbiers de la première et 2^{ème} bande

4.9.2.2 La faune

En dehors de l'inventaire fait en 2003 nous ne disposons d'aucune référence bibliographique concernant cette partie du littoral jerbien.

Les rares données disponibles ne concernent que la zone para lagunaire de Ras Rmel où on note la présence d'une importante population de la grande nacre *Pinna nobilis*, espèce en danger, notamment dans cette partie de l'île, où elle fait l'objet d'une véritable exploitation sous la conduite de guides touristiques peu soucieux de la sauvegarde du patrimoine naturel de Djerba !

4.9.2.3 Diagnostic environnemental concernant le biotope marin

La carte bionomique (fig. ci-dessous) met en évidence un milieu en voie de déstabilisation, ceci étant matérialisé par le mitage de l'herbier, c'est-à-dire par son morcellement :

- dans la zone peu profonde, avec l'installation de petites prairies de Cymodocées,
- plus au large, par des cuvettes ou couloirs où s'accumulent des sédiments le plus souvent organogènes (accumulations de débris de coquilles).

Ensuite, par l'implantation d'une prairie de Cymodocées (pure) à partir de 8 m de fond dans la zone ouest et à partir d'à peine 5 m dans la zone est.

La déstabilisation constatée, de plus, n'est pas de même intensité sur toute la surface explorée. Elle est en effet relativement

- assez peu importante dans la partie ouest notamment dans la zone où a été projeté le tracé de la conduite sous marine pour l'évacuation des saumures.
- par contre, nettement plus forte, dans la partie est où à l'herbier mixte de posidonies et cymodocées succèdent directement les cymodocées sans passage par la « case » herbier pur (celui-ci ayant disparu ?).

4.9.2.3.1 Taux de vulnérabilité de la végétation marine dans le secteur prospecté

Après observation des cartes (fig. ci dessus) on peut observer que le report de la conduite à environ 2,5 km plus à l'est dans une zone où l'étude de la végétation montre un milieu nettement moins sensible aux perturbations d'ordre anthropique pourrait être souhaitable.

Dans cette partie du littoral en effet, les posidonies occupent des surfaces nettement moins importantes.

Ce décalage peut, très vraisemblablement, être mis en relation avec des pressions anthropiques déjà exercées depuis longtemps qui ont amené, à ce niveau, une forte déstructuration de l'écosystème de l'herbier de posidonie.

On y note, effectivement, la disparition de l'herbier de posidonie qui a été remplacé à partir de 1500 m du rivage par l'espèce nettement plus opportuniste *Cymodocea nodosa*.

4.9.3 Etude des sédiments marins

Dans le cadre de l'étude sédimentologique, nous avons fait une caractérisation des sédiments et de la tranche d'eau dans laquelle sera effectué le projet :

- Caractéristiques physiques (texture et granulométrie);
- Caractérisation physico-chimique;
- Niveau de contamination (notamment les hydrocarbures, HAP);
- Potentiel de contamination.

La campagne d'échantillonnage 2003 s'inscrit dans le cadre de l'analyse de l'état initial du site relatif à la réalisation d'un projet d'une station de dessalement des eaux au niveau de l'île de Jerba. Au cours de cette mission, il a été possible d'effectuer les opérations suivantes :

- ✓ Prélèvement de 6 échantillons de surface
- ✓ Prélèvement de deux "carottes" de subsurface
- ✓ Effectuer des observations sur site relatives à la nature du substrat dans la région d'étude

Le carottage a été effectué à l'aide de tubes en PVC de 60 mm de diamètre. La longueur des carottes a été conditionnée par la nature du substrat et l'épaisseur de la tranche d'eau au-dessus de laquelle on se trouve.

Après avoir défini le point d'échantillonnage par GPS, l'opération consiste à enfoncer le tube en PVC dans le sédiment, en appliquant, avec précaution, des secousses au moyen d'une masse, puis on fait sortir la carotte avec précaution. Une fois dégagée, on ne garde que la partie du tube remplie de sédiment, qu'on bouche à ses deux extrémités à l'aide de sacs en plastique, enfin on marque le sommet et la base de la carotte. Au laboratoire, chaque carotte est coupée longitudinalement en deux moitiés au moyen d'une scie électrique. Une moitié est gardée intacte pour l'étude des lithofaciès, l'autre est consacrée aux différentes analyses. La description des lithofaciès recoupés par les carottes est basée sur la nature lithologique, la granulométrie ainsi que la variation de la couleur.

Les sédiments de surface sont prélevés dans des sachets en plastique sur une profondeur de 10cm en moyenne.

4.9.3.1 Analyses réalisées en laboratoire

Les sédiments de surface et ceux de profondeur sont séchés à l'étuve à une température de 40°C avant de procéder aux différentes analyses (sauf pour l'analyse du potentiel oxydo redox). Après une description détaillée des échantillons on procède aux analyses suivantes :

- Déterminer les potentiels oxydo-redox au niveau des sédiments de surface et en profondeur: L'analyse a été effectuée aussitôt que les échantillons sont arrivés au laboratoire (48 heures après prélèvement).
- Déterminer les teneurs en carbone organique total : Nous avons évalué les teneurs en C.O.T par la méthode de pyrolyse ROCK-EVAL.

- Déterminer les teneurs en hydrocarbures totaux : L'extraction lente est faite selon la méthode de Monin *et al.*, (1978), à l'aide d'un soxhlet. L'extraction au soxhlet est conduite pendant 18 heures pour chacun des échantillons à la température de 50°C.
- Effectuer une analyse granulométrique des différents échantillons : La granulométrie est la détermination du pourcentage de chaque fraction minéralogique pour un sédiment donné.

Les subdivisions de la fraction sableuse sont obtenues par tamisage à sec sur une série de tamis de la norme AFNOR, dont les mailles sont en progression géométriques du bas vers le haut. La proportion en poids de chacune des classes est exprimée en % par rapport au poids total de la fraction sableuse.

4.9.3.2 Description lithologique des sédiments

Les différents échantillons collectés ont fait l'objet d'une description lithologique et d'une observation sous loupe ainsi qu'une analyse granulométrique. La description lithologique des différents échantillons a révélé une ressemblance quasi-totale dans la nature des échantillons de surface. En effet, il s'agit de sable fin à moyen de couleur beige qui présente quelques débris de coquilles (gastéropodes et lamellibranches). Ce sable se distingue par l'absence de la fraction silteuse (ou argileuse), et une dominance quasi complète de la fraction comprise entre 63µm et 2mm.

La variation de la lithologie en profondeur a été observée au niveau des deux « carottes » C4 et C6. En fait, le suivi de la variation en profondeur a révélé une certaine similitude au niveau de la lithologie, toutefois on note par endroits la présence de passées de couleur légèrement grisâtres (aspect bariolé). Cette variation intéresse seulement la coloration mais de point de vue lithologie et composition granulométriques, on retient les mêmes aspects qui s'observent sur toute la colonne et qui sont comparables à ceux observés pour les sédiments de surface. Cette coloration correspond à la présence de sulfures (reconnues essentiellement par l'odeur caractéristique), cette coloration devient plus claire une fois l'échantillon exposé à l'air libre pendant une longue période.

L'observation à la loupe permet de confirmer la similitude qui existe entre les différents grains de quartz observés sur tous les échantillons.

On peut donc déduire que la zone d'étude présente un fond sableux de couleur beige à gris clair, avec des débris de coquilles, ne présentant pas de fraction silteuse ou argileuse. Le fond est surtout caractérisé par une très faible variation latérale (entre les différents échantillons de surface) et aussi une homogénéité des 10 premiers centimètres.

4.9.3.3 Etude granulométrique des sédiments

L'étude des courbes granulométriques permet de déterminer les paramètres granulométriques des sédiments afin de le caractériser.

Courbes granulométriques

Les courbes granulométriques semi-logarithmiques, des sédiments de la zone d'étude présentent la forme d'un « S » plus ou moins régulière (figure ci dessous). Les échantillons montrent que la pente de leurs courbes est plus ou moins étalée. Ces sédiments ont été prélevés au niveau des zones où l'hydrodynamisme est plus ou moins agité.

L'allure des courbes montre en général une forme concave indiquant qu'il s'agit de faciès paraboliques.

Ces paramètres caractérisent un milieu de dépôts côtiers.

Indices granulométriques

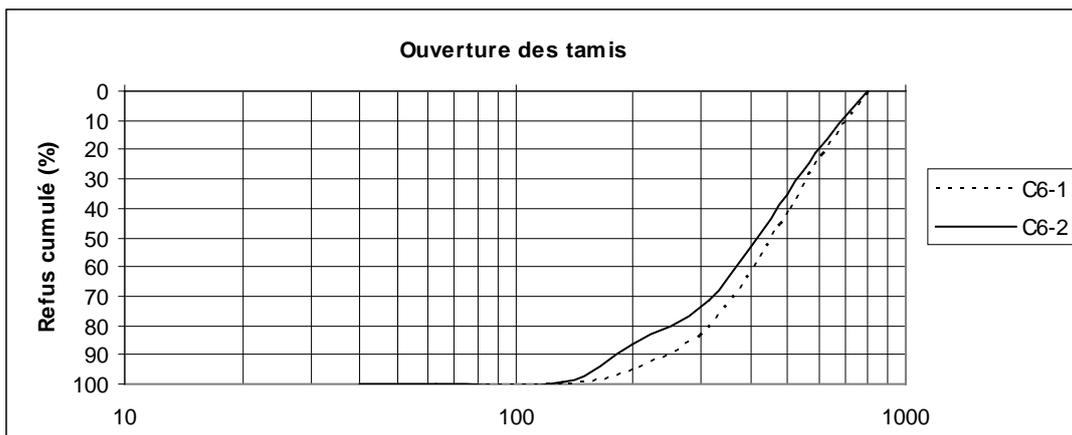
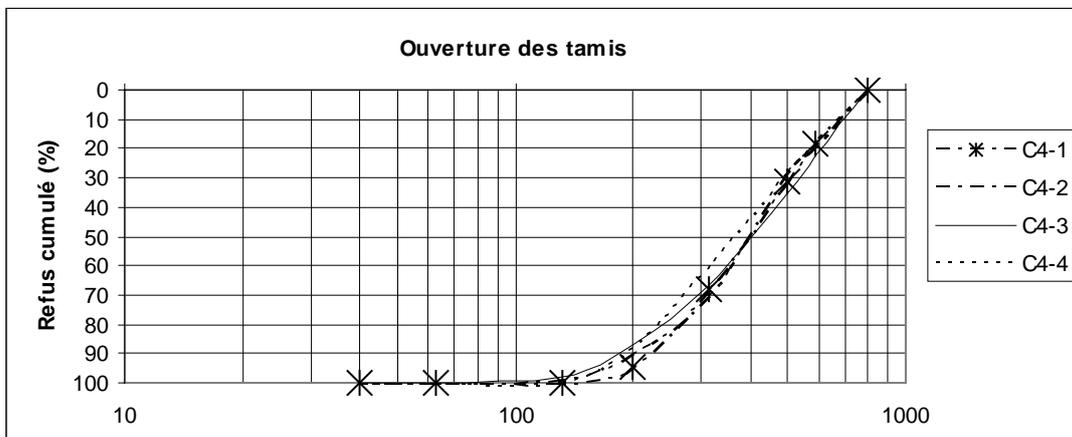
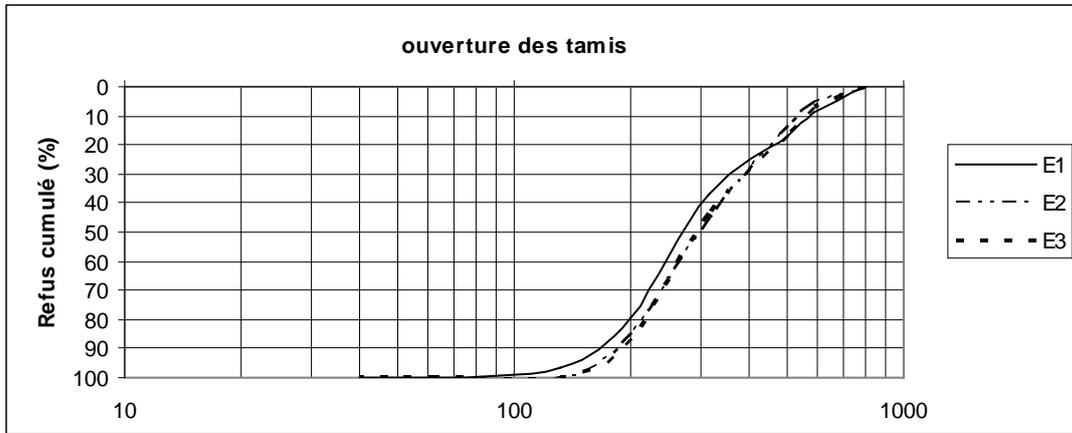
Plusieurs fractiles ont été dégagés à partir des courbes cumulatives (Tab. I). on appelle « fractile » les dimensions des particules correspondant à des pourcentages cumulés déterminés.

Tableau 20 : Les fractiles des échantillons de sédiment prélevés

	d ₁₀	d ₃₀	md	d ₆₀	Q16	Q84	Q25	Q75	Q5	Q95
E1	614,25	361,52	276,27	252,26	512,5	186,4	400	216,8	700	125,6
E2	527,75	392,82	295	270	490,9	199	418	230	600	170
E3	575,5	393,5	289,42	268,35	512,5	205,3	430	231,5	657	173,6
E5	642,85	500	400	361,52	587,5	257,8	525	289,4	717	194,4
C4-1	675	509,09	400	357,12	625	255	539	237,5	742	200
C4-2	687,5	490,9	399	364,25	625	240	522	295	750	159,9
C4-3	727,99	560	407	353,83	685,7	215,8	615	273,6	766	157,6
C4-4	672,5	481,81	371,4	321,42	612,5	215	522	260	732	170
C6-1	733,32	577,77	454,54	409,09	687,5	285	625	342,8	766	199
C6-2	687,5	533,33	427,79	378,54	637,5	132,5	567	395	750	142,8

Ces fractiles nous ont permis de calculer plusieurs indices (Tableau ci dessous), dont leurs significations nous permettent de caractériser le mode de transport et le milieu de dépôt. Les différents indices granulométriques mesurés sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Figure 62: Courbes semi-logarithmiques



Les indices granulométriques

Sédiments	σ	Ski	Mz	Md	Cu	Cc
E1	0,74	-0,15	0,325	276,27	2,43	0,84
E2	0,60	-0,13	0,328	295	1,95	1,08
E3	0,62	-0,24	0,336	289,42	2,14	1,00
E5	0,58	0,09	0,415	400	1,78	1,08
C4-1	0,61	0,03	0,427	400	1,89	1,08
C4-2	0,68	0,12	0,421	399	1,89	0,96
C4-3	0,76	0,15	0,436	407	2,06	1,22
C4-4	0,70	0,06	0,400	371,4	2,09	1,07
C6-1	0,61	0,14	0,476	454,54	1,79	1,11
C6-2	0,93	0,41	0,399	427,79	1,82	1,09

Cu. Coefficient d'uniformité ; σ . Ecart type ;
Ski. Skewness.

Médiane : Les valeurs de la médiane des grains sont comprises entre 276 et 455 μm . Ces valeurs indiquent que les sables du secteur d'étude sont des sables de taille moyenne.

Shewness : Selon la classification de Folk et Ward, l'indice de dissymétrie ($-0,24 < \text{Ski} < 0,41$). Pour C4-2, C4-3 et C6-1 leurs Ski varient entre 0,1 et 0,3 ce qui témoigne de l'asymétrie vers les sables fins des courbes cumulatives.

Pour C6-2, la valeur est de 0,4 ce qui indique une asymétrie des courbes cumulatives vers les très fins. En ce qui concerne les autres échantillons leur asymétrie est vers les grossiers.

Ecart type (σ) : Les valeurs de l'écart type (σ) sont comprises entre 0,58 et 0,93 ce qui permet de conclure, d'après la classification de Folk et Ward (1957) et de Trask (1930), que les sables de notre secteur d'étude sont des sables modérément classés.

Le coefficient d'uniformité (Cu) et coefficient de courbure (Cc) :

Le tableau II montre que le coefficient d'uniformité de tous les échantillons est inférieur à 1,78 et 2,43. Pour les échantillons E1, E3, C4-3 et C4-4 leurs coefficients d'uniformité sont compris entre 2 et 5 ceci indique que la granulométrie est serrée. Alors que pour le reste des échantillons les valeurs sont inférieures à 2, ce qui montre que la granulométrie est très serrée.

Pour le coefficient de courbure, les valeurs trouvées sont presque égales à l'unité ce qui est en faveur de la symétrie des courbes. Mis à part, les échantillons E1 et C4-3 dont les valeurs respectives sont 0,84 et 1,22. Ce qui montre que pour le premier, la fraction grossière est la mieux classée et que pour le deuxième la fonction fine est la mieux classée.

En conclusion les sédiments de la zone d'étude présentent les caractéristiques suivantes :

- moyens ;
- homométriques ;
- homogènes ;
- modérément classés.

4.9.3.4 Le carbone organique total

Les teneurs en carbone organique total (COT) des sédiments de surface sont relativement faibles, elles varient entre 0,25 et 0,42 %. Ses teneurs peuvent être considérées comme homogènes pour l'ensemble des échantillons.

En profondeur (carotte C4 et C6) les teneurs en COT sont également faibles et diminuent en fonction de l'augmentation de la profondeur.

Tableau 21 : Teneurs en COT et en hydrocarbures des sédiments

Echantillon	Potentiel Oxydo-rédox	Carbone Organique Total %	Hydrocarbures Totaux ppm
E1	162	0,38	200
E2	158	0,40	215
E3	169	0,33	185
E5	161	0,25	150
C4-1	165	0,42	210
C4-2	180	0,22	195
C4-3	151	0,20	120
C4-4	164	0,10	105
C6-1	170	0,35	202
C6-2	138	0,20	190

4.9.3.5 Etude de la fraction lipidique

Les teneurs en extrait chloroformique total des sédiments de surface varient entre 150 ppm et 210 ppm. En profondeur, ces teneurs sont aussi faibles et diminuent au fur et à mesure que la profondeur augmente.

Le fractionnement de l'extrait chloroformique total par chromatographie en phase liquide nous permet de déterminer la teneur des sédiments en hydrocarbures saturés et en hydrocarbure aromatiques (dont la somme représente les hydrocarbures totaux) et les composés polaires. Les sédiments de surface sont marqués par des teneurs faibles en hydrocarbures totaux. Les pourcentages relatifs des différentes fractions constituant les hydrocarbures (fig. 6), montre l'importance des composés polaires par rapport aux autres fractions constituant l'extrait chloroformique. Les pourcentages relatifs des hydrocarbures saturés varient entre 2 et 3 %, ceux des hydrocarbure aromatiques varient entre 5 et 9%, alors que ceux des composés polaires varient entre 88 et 92% de l'extrait chloroformique total. Le pourcentage des hydrocarbures saturés et aromatiques est < à 10 %. Ces pourcentages sont typiques de sédiments récents ne connaissant pas de pollution par les hydrocarbures (Tissot *et al.*, 1978; Pelet, 1978; Huc, 1978).

En profondeur, les sédiments se comportent de la même manière avec notamment la faible importance de la fraction des hydrocarbures saturés et des hydrocarbures aromatiques.

La courbe de variation des teneurs en hydrocarbures en fonction des teneurs en COT des sédiments de surface montre une bonne corrélation positive entre ses deux paramètres (Coefficient de corrélation = 0,96). Cette corrélation nous permet de constater que les hydrocarbures et la matière organique présentent une même origine homogène et de confirmer ainsi l'origine biogénique de ses hydrocarbures.

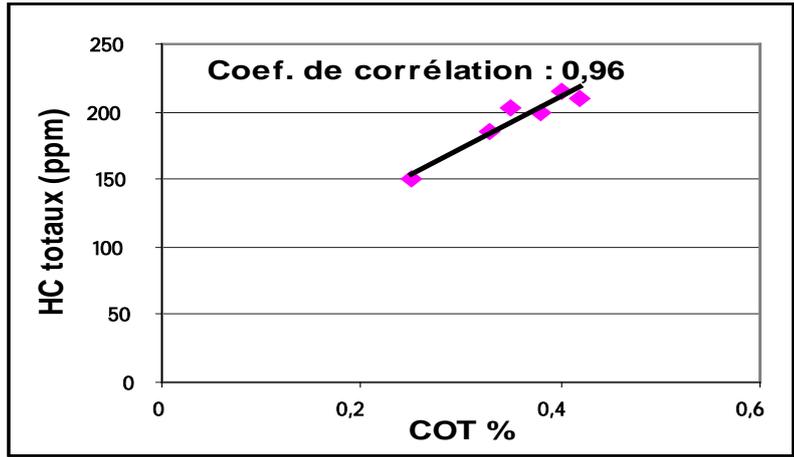


Figure 63: Courbe de variation des teneurs en hydrocarbures totaux en fonction des teneurs en COT.

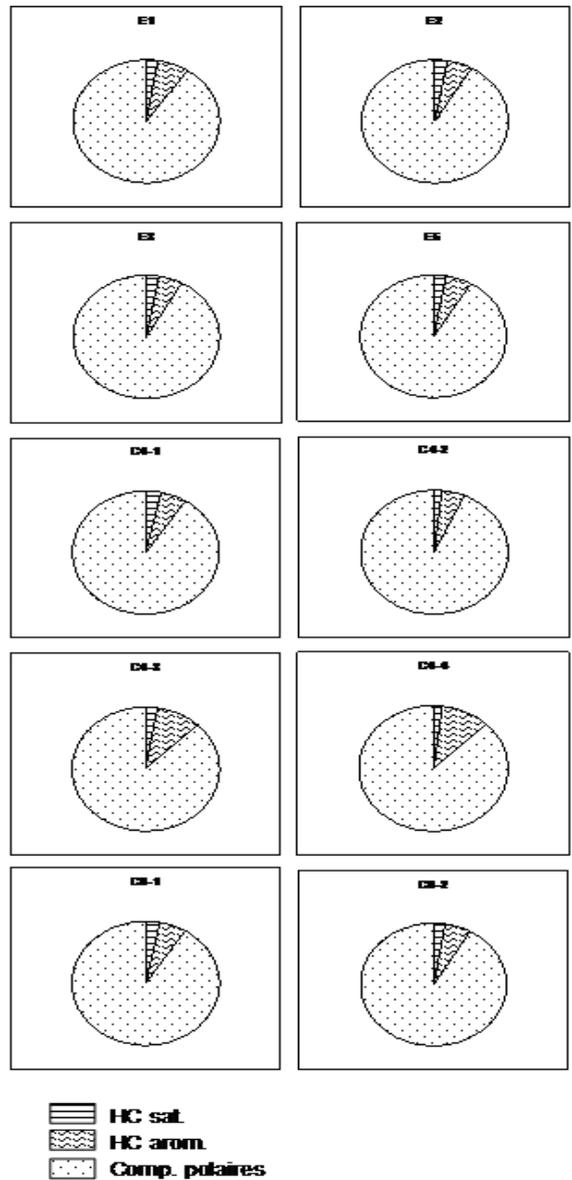


Figure 64: Pourcentages relatifs des différentes fractions constituant l'extrait chloroformique total : les hydrocarbures saturés, les hydrocarbures aromatiques et les composés polaires.

4.9.3.6 Les métaux lourds

Les sédiments de surface sont prélevés dans des sachets en plastique sur une profondeur de 10cm en moyenne.

Pour l'ensemble des échantillons prélevés nous avons déterminé :

- les potentiels oxydo-redox.
- les teneurs en carbone organique total
- les teneurs en hydrocarbures totaux :.
- les analyses granulométriques par la détermination du pourcentage de chaque fraction minéralogique pour un sédiment donné.
- Les métaux lourds (Cr, Pb, Zn, Cd et Hg)

Les résultats sont présentés sur les tableaux suivants :

Tableau 22 : Résultats des analyses chimiques des sédiments de surface en laboratoire

Paramètres / Echantillons	Station						Unité
	1	2	3	4	5	6	
Carbone Organique total COT	0,38	0,40	0,33	0,42	0,25	0,35	%
Hydrocarbures totaux	200	215	185	210	150	202	ppm
Chrome	0,47	1,03	1,05	0,46	1,78	4,15	mg/Kg
Plomb	N.D	1,83	1,73	1,93	1,32	1,43	mg/Kg
Zinc	8,73	11,55	6,34	4,28	11,32	20,12	mg/Kg
Cadmium	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	mg/Kg
Mercure	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	mg/Kg

ND : non détectable

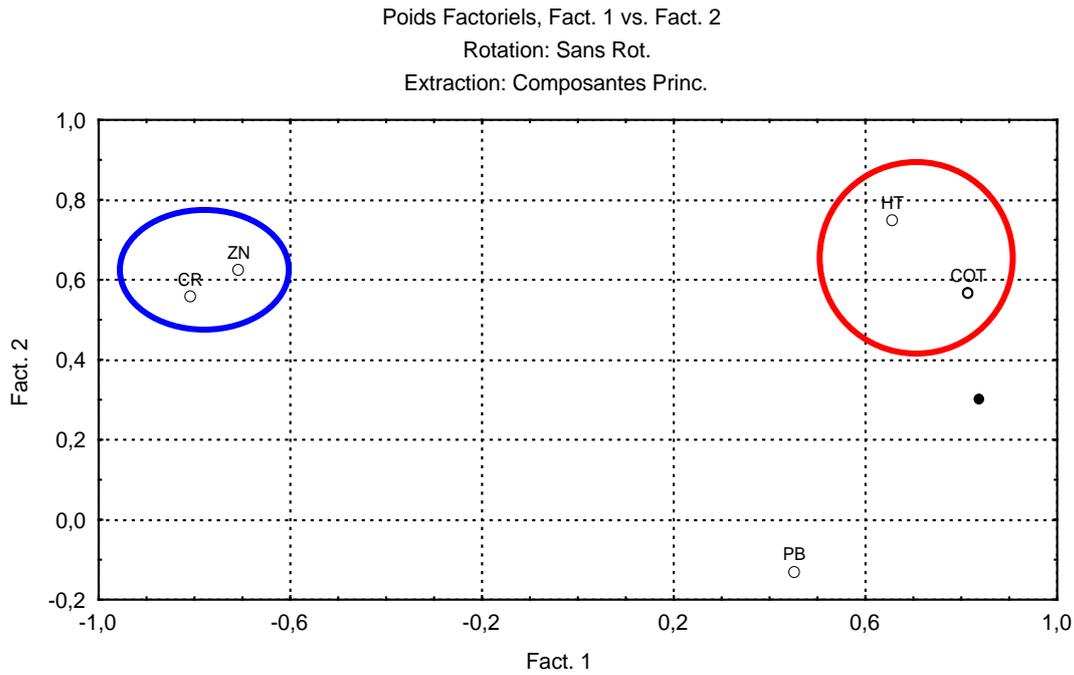


Figure 65 : Résultat de l'analyse de correspondance réalisée sur les analyses des sédiments

Les teneurs en métaux lourds (Cr, Pb, Zn) dans les sédiments de surface au niveau de la zone d'étude sont relativement faibles. Le Cd et le Hg sont totalement absents.

Dans le cas où les teneurs en métaux sont détectables, les cartes de répartition spatiale du zinc et du chrome sont semblables et montrent que les teneurs les plus importantes en ces éléments sont enregistrées au large loin des conduites d'aspiration et de rejet.

Pour le plomb, on note que la concentration la plus importante en cet élément se trouve dans la zone entourant les conduites d'aspiration et de rejet. L'analyse de la correspondance des différents métaux montre que le plomb pourrait provenir d'une source différente des autres éléments métalliques, il est à signaler aussi que les teneurs restent très faibles.

La correspondance entre les métaux lourds et la matière organique montre qu'il n'existe aucune correspondance entre l'origine de ses deux variables.

Les teneurs en métaux lourds dans la zone d'étude sont très faibles et sont comparables à celles qu'on trouve normalement dans un environnement marin. Ceci s'explique généralement par les éléments suivants :

- *Les conditions hydrodynamiques du milieu:* Ces faibles teneurs peuvent s'expliquer d'une part par l'importance du phénomène de marée dans la zone ce qui favorise le renouvellement permanent des eaux, et d'autre part par l'absence de sources potentielles de contamination par les métaux lourds.

- *La nature du substrat:* En plus, le substrat étant formé par des sables grossiers, ces derniers ne favorisent pas une concentration des métaux lourds à cause de leur faible surface spécifique.
- *L'absence de matière organique dans les sédiments :* D'une manière générale, les métaux lourds ont tendance à s'associer à la matière organique. Le milieu étant très pauvre en matière organique, ce qui constitue un facteur de plus qui explique les faibles teneurs en ses éléments dans le milieu.
- *L'absence de sources potentielles d'apport en métaux lourds:* Le site d'étude est une zone à vocation touristique avec l'absence totale de sources d'apport en métaux lourds ce qui explique les faibles teneurs en ses éléments dans les sédiments.

4.9.3.7 Conclusions sur la qualité des sédiments

L'analyse des sédiments montre un contenu organique faible avec des teneurs en COT < 0,5%. En effet, la texture sableuse des sédiments favorise la diffusion de l'oxygène et par conséquent l'oxydation de la matière organique déposée à ce niveau. Ses teneurs sont comparables à celles normalement enregistrées dans les sédiments marins.

Les teneurs en hydrocarbures sont aussi faibles. L'importance de la fraction des composés polaires par rapport aux hydrocarbures saturés et aromatiques confirme l'origine biologique de ses composés. Les sédiments ne semblent donc pas contenir une pollution par des produits pétroliers. Ces résultats sont aussi confirmés par la bonne corrélation positive calculée entre les hydrocarbures et le COT qui montre que les hydrocarbures présents sont hérités de la biomasse originelle.

Les sédiments prélevés ne présentent donc pas de pollution par des produits pétroliers.

4.10 Les données socio-économiques de la région

4.10.1 Composante démographique et urbaine

L'île de Jerba appartient au gouvernorat de Medenine et elle s'étend sur une surface totale de 51 000 hectares répartie administrativement entre trois communes.



- Houmet Essouk : 18 375 hectares
- Midoun : 22 282 hectares
- Ajim : 10 353 hectares

Figure 66: Découpage administratif de l'île de Jerba

La population

L'île de Jerba compte une population total de l'ordre de 154 000 habitants réparties entre les trois communes comme suit :

Houmet-Souk	71 109
Midoun	55 180
Ajim	28 157
Total Jerba	154 445

Les ménages

L'île de Jerba regroupait en 1994 près de 21 559 ménages dont environ la moitié réside au niveau de la commune de Houmet-Souk. La taille des ménages pour les trois communes est pratiquement la même, avoisinant la valeur moyenne de 5,3 habitants par ménage. Elle varie entre 4,65 et 6,05 habitants par ménage.

L'habitat

La zone d'étude compte en 1994, 25 571 logements dont 11 822 sont localisés à Houmet-Souk, 9 020 à Midoun et 4 729 à Ajim.

Le parc logement se caractérise par la prédominance du logement de type traditionnel pour l'ensemble de la région dans les zones à faible dynamique. Par contre, à la périphérie des zones touristiques on remarque la prolifération de l'habitat isolé.

L'habitat collectif, se localise le long de certains principaux axes et ne dépasse pas les trois niveaux..

La densité de la répartition des logements sur le périmètre d'étude est moyenne à très faible sur l'ensemble du territoire en comparaison avec celle observée au niveau des franges périphériques des villes. En effet, celle-ci est de l'ordre de 10 logements par hectare autour de Houmet-Souk et Ajim et relativement plus élevée autour de Midoun ou elle frôle les 14 logements/ha.

Le taux d'occupation par logement est égal à 4,5 personnes, avec une pointe de 4,7 personnes par logement à Ajim.

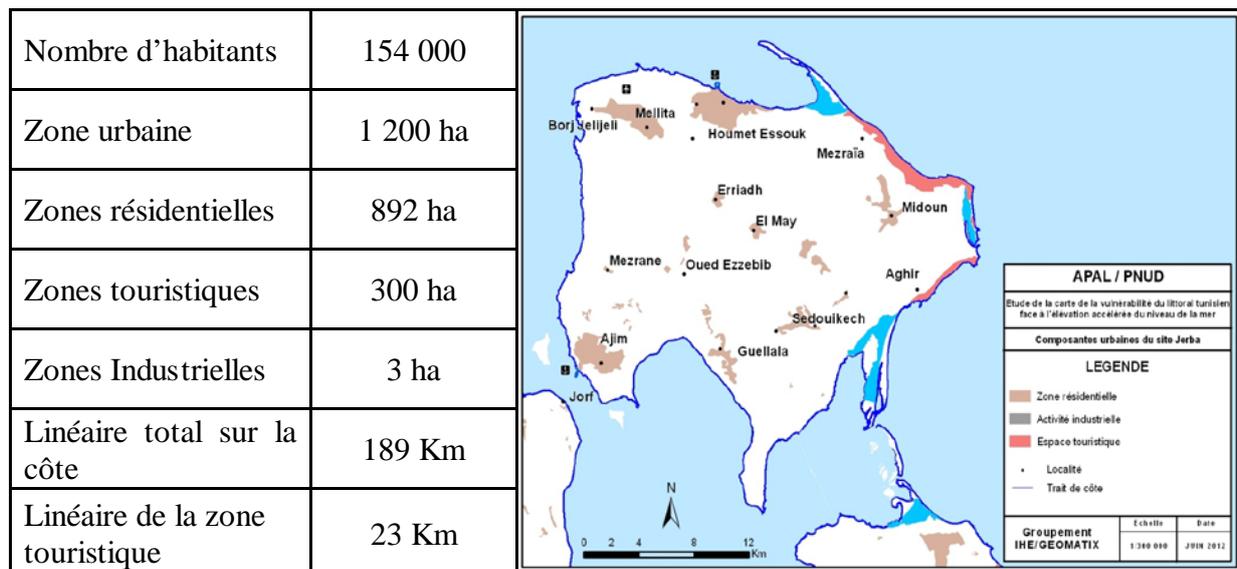


Figure 67: L'aménagement urbain dans l'île de Jerba

4.10.2 La composante touristique

Dans le Gouvernorat de Médenine, se trouve l'une des principales régions touristiques de la Tunisie : Djerba-Zarzis.

L'essor du tourisme dans le Gouvernorat est dû à de nombreux atouts parmi lesquels :

- Une côte présentant de nombreux sites favorables à l'installation d'unités hôtelières ;
- Une importante diversité et richesse culturelle et paysagère.
- Le tourisme ne s'est développé véritablement qu'à partir de 1961 à Djerba

L'infrastructure touristique comporte

- Zone touristique : 300 ha
- Littoral exploité : 23 Km
- Capacité : 46 000 lits
- Hôtels : plus de 100 unités d'hôtels 5* et 4*.
- Centre thalasso : 16 unités
- Bases nautiques : 38 unités
- Golf : 1 unité

Au niveau de l'emploi, le secteur touristique offre 12 000 emplois directs à Djerba.

Outre l'activité hôtelière, le tourisme engendre dans la zone d'autres activités liées à l'animation touristique et aux agences de voyage telles que bases nautiques, bases de plongée, terrain de golf, restaurants touristiques, équipements pour excursions en mer...

Tableau 23 : Principaux indicateurs du développement touristique dans les trois délégations de Djerba (année 2010)

Délégation	Arrivées globales	Nuitées globales	Taux d'occupation (%)	Séjour moyen (jour)	Emplois directs
Houmt Souk	239 757	1 482 047	60,0	6,2	2705
Midoun	837 198	5 935 177	69,4	7,1	9368
Total	1 076 955	7 417 224			12 073

4.10.3 L'agriculture

Tableau 24 : Ventilation des terres cultivées dans l'île de Jerba selon les types de cultures

Délégation	Superficies (ha)				Total
	Céréales	Légumes	Légumineuses	Arboriculture	
Ajim	401	25	105	9 020	9 551
Houmt Essouk	304	35	58	5 710	6 107
Midoun	867	70	124	6 025	7 086
Total	1 572	130	287	20 755	22 744

Tableau 25 : Production agricole en sec de Jerba (année 2010)

Délégation	Céréales		Légumineuses	
	Sup. (ha)	Production (quintaux)	Sup. (ha)	Production (quintaux)
Ajim	400	2 600	105	100
Houmt Essouk	300	2 100	58	100
Midoun	850	2 880	124	555
Total	1 550	7 580	287	755

Tableau 26 : Production agricole en irrigué de Jerba (année 2010)

Délégation	Céréales		Légumes		Fourrages		
	Sup. (ha)	Production (T)	Sup. (ha)	Production (T)	Sup. (ha)	Production	
						(T)	Unités
Ajim	1	20	25	500	11	100	300000
Houmt Essouk	4	100	35	800	8	262	78600
Midoun	22	340	70	1450	40	1125	337500
Total	27	460	130	2 750	59	1 487	716 100

Tableau 27 : Production arboricole dans l'île de Jerba (année 2010)

Délégation	Olives		Amandes	Grenades	Pommes	Raisins	Figues	Autres
	Olives	Huile						
	Prod (T)	Prod (T)						
Ajim	100	20	10	50	10	150	50	100
Houmt Souk	200	40	15	200	50	350	100	200
Midoun	250	50	20	100	200	930	150	200
Total	550	110	45	350	260	1 430	300	500

4.10.4 Activité industrielle

L'activité industrielle à Jerba repose essentiellement sur l'artisanat, les matériaux de construction et l'industrie agroalimentaire.

Malgré la proximité du marché libyen, l'existence d'un aéroport international à Djerba et d'un port commercial à Zarzis, l'activité industrielle est encore limitée en raison de l'absence d'un

environnement industriel, du manque de fonds d'investissement locaux et des coûts de transport pour l'écoulement de la production.

Tableau 28 : Répartition des entreprises ayant 10 emplois et plus dans l'île de Jerba selon

Délégation	agroalimentaires	IMCCV	IME	IC	Textile, HCCC	diverses	TOTAL
Ajim	3	0	0		0	0	3
Houmt Essouk	6	1	4	2	11	0	24
Midoun	8	0	0		0	1	9
TOTAL	17	1	4	2	11	1	36

4.10.5 La pêche

Les ports les plus importants de l'île de Jerba sont Houmet Essouk, Ajim et Aghir.

Tableau 29 : Principaux indicateurs relevant le secteur de la pêche à Jerba

Répartition de la flottille de pêche dans l'île de Jerba

Ports / Site	Barques Côtières Motorisées	Barques Côtières Non Motorisées	Poisson Bleu
AJIM	87	200	1
HOUMT SOUK	110	420	
AGHIR	33	154	

Répartition de la population maritime à travers les trois sites de l'île de Jerba

Ports / Site	Barques Côtières Motorisées	Barques Côtières Non Motorisées	Pêche Senne	P. Pieds
AJIM	348	400	15	460
HOUMT SOUK	440	840		
AGHIR	132	308		

La production a oscillé autour d'une moyenne de 1900 tonnes. En 2010, la production a atteint 2220 tonnes atteignant les niveaux record de la période 2003-2005, et ce grâce à des apports importants en seiche, poulpe et crevette royale.

La production de la pêche au site est nettement influencée par les captures de poulpe. Espèce à vie courte et à croissance rapide, cette espèce est très vulnérable aux conditions du milieu et surtout à l'effort de pêche.

La pêche à pied à la clovisse : Cette pratique est faite essentiellement par des femmes dans la zone d'Ajim à Jerba. 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.

4.10.6 Le patrimoine archéologique et architectural

Il est considérable puisqu'il est possible de le dater de bien avant notre ère.

Il est de plus, non seulement lié à des monuments aussi bien civils que religieux ou militaires mais, aussi, à toutes sortes de civilisations ainsi qu'à un patrimoine écrit qui part de l'Odyssée d'Homère pour aller jusqu'aux écrivains d'aujourd'hui.



Figure 68: Jerba –cuves d'un atelier de fabrication de la pourpre, mosquée dans le paysage Jerbien

Cependant si les témoignages de cette très longue histoire sont partout visibles, il en est qui ont été quasiment effacés.

5. IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

5.1 Introduction

Ce chapitre présente les conséquences prévisibles, directes et indirectes du projet sur l'environnement, dans les limites du périmètre de l'étude. Compte tenu des caractéristiques spécifiques du projet de la station de dessalement de l'eau de mer, les impacts du projet proviennent des différentes composantes du projet à savoir :

- ❖ La station de pompage ;
- ❖ La station de dessalement ;
- ❖ Les conduites de transfert des eaux de mer et de la saumure ;
- ❖ Le rejet de la saumure en mer ;

En ce qui concerne la saumure, ces impacts sont tributaires de plusieurs facteurs à savoir:

- la quantité totale rejetée en mer;
- les conditions hydrographiques du milieu ;
- les conditions de dispersion en mer;
- les conditions de sédimentation sur le fond;
- la nature des sédiments du fond;
- le couvert végétal des posidonies et des cymodocées ;
- la vulnérabilité du milieu et des espèces existantes à la saumure.

Dans le cadre de la présente étude, nous avons utilisé deux méthodes pour déterminer 'ou pour prévoir les impacts du projet sur l'environnement marin, à savoir:

- *Une campagne de mesure sur Site* : La reconnaissance de l'état initial du site a couvert, en plus de la zone d'exploration de la conduite de rejet, toute la bande marine qui est rentrée en profondeur au delà des points de rejet et de captage. Les résultats correspondant sont présentés dans le chapitre précédent;
- *Etude du phénomène de dispersion de la saumure*: A ce niveau, nous avons exploité les résultats de l'étude de dispersion réalisée par le promoteur par du biais du modèle mathématique CORMIX qui permet d'identifier le phénomène de dispersion de la saumure après rejet dans l'eau.

Les sources d'impacts sont les activités du projet qui peuvent engendrer un impact potentiel sur les différentes ressources de l'environnement. Toutefois, on distingue les sources d'impacts intervenant à la phase de construction et celles intervenant à la phase d'entretien et d'exploitation.

La conception technique du projet a défini les composantes du projet qui comprend à la fois les parties terrestres (Station de dessalement et ouvrages annexe) ainsi que les composantes marines (conduites de prise d'eau de mer et conduites de rejet).

Nous distinguons ainsi les composantes techniques du projet suivantes :

Composantes du projet

Phase du projet	Composante du projet
Pendant les travaux	➤ La préparation du terrain pour la construction de la station de dessalement et de la station de pompage
	➤ La mise en œuvre de la station de dessalement et de la station de pompage;
	➤ La mise en œuvre des conduites de transfert du tronçon terrestre ;
	➤ La mise en œuvre des conduites de transfert du tronçon marin.
Pendant l'exploitation de la station	➤ La station de dessalement ;
	➤ Le renforcement des ressources en eau potable ;
	➤ La station de pompage des eaux de mer ;
	➤ Les conduites de transfert du tronçon terrestre ;
	➤ Les conduites de transfert du tronçon marin ;
	➤ Le rejet de la saumure en mer.

En ce qui concerne les composantes de l'environnement, nous nous sommes basés sur les résultats de la campagne d'exploration de terrain de la partie terrestre et de la partie marine. Dans cette matrice nous distinguons les ressources de l'environnement suivantes:

- Le milieu physique ;
- Le milieu biologique ;
- Les ressources naturelles ;
- Le milieu social et économique.

5.2 Impacts durant les travaux

5.2.1 Aménagement du terrain pour la mise en œuvre des différents ouvrages de la station de dessalement et de la station de pompage

La solution retenue par la SONEDE consiste à réaliser la station sur deux sites :

- un premier site dans la zone touristique pour le pompage des eaux de mer et ;
- un deuxième site en dehors de la zone bâtit et à cheval entre la zone touristique et la zone agricole.

La station de dessalement sera construite dans un terrain non bâti. Le bâtiment principal de station sera d'une surface de l'ordre $76 \times 50 = 3\,800 \text{ m}^2$

Le terrain occupé par la station de dessalement sera de l'ordre de 1 hectare qui sera dans la parcelle globale totale de 4,25 hectares comportant environ 80 oliviers, 59 palmiers et 10 grenadiers.

La préparation du terrain entraînera la destruction de quelques constructions anciennes, une partie des arbres d'oliviers et des palmiers. Il sera procédé autant que possible à la préservation du maximum de palmiers existants tant ceci ne constitue pas un facteur limitant pour l'implantation des ouvrages de la station de dessalement.

La station de pompage sera construite dans un terrain, actuellement nu, à l'intérieur de la zone touristique sur une surface d'environ de $2\,000 \text{ m}^2$ de dimension $56 \times 34 \text{ m}^2$.

L'aménagement du terrain pour la station de pompage n'entraînera aucune démolition et aucun déracinement d'arbres existants.

5.2.2 Construction de la station de pompage et de la station de dessalement

La construction de la station porte sur la mise en œuvre des différents ouvrages telle que indiqué dans le chapitre 2 de cette étude d'impact.

Les ouvrages seront répartis entre 2 sites :

Le Site 1 (parcelle de $2\,000 \text{ m}^2$ dans la zone touristique El Mezraya) :

- La salle des pompes des eaux de mer ;
- La bache d'aspiration ;
- L'arrivée de la conduite d'amenée d'eau de mer $\varnothing 1500$;
- Le départ de la conduite de refoulement $\varnothing 1500$ vers la station de dessalement ;
- La salle de commande des machines ;
- Le bloc administratif

Le Site 2 (une surface d'environ 1 hectare de la parcelle) :

Le bâtiment principal de la station sera d'une surface de l'ordre 4 000 m² Qui comportera

- Le bloc des filtres à sable
- Le bloc des stations de pompage et de tuyauterie;
- Le bloc de l'osmose;

En plus du bâtiment principal, il y aurait :

- Le bloc administratif ;
- La salle et tour de commande ;
- La bache d'arrivée des eaux ;
- La bache d'expédition des eaux vers les réservoirs de la SONEDE ;
- La bache de sortie de la saumure vers la mer ;
- Les chaussées et réseaux divers de la station.

Le projet est conçu selon une configuration qui permettra d'éviter beaucoup de terrassements pour l'implantation des ouvrages afin de contrôler toute défaillance et éviter d'implanter des équipements dans des ouvrages enterrés. L'aménagement du site en différents niveaux tiendra compte autant que possible de terrain naturel afin de minimiser le terrassement.

Seule la station de pompage de l'eau de mer aura son radier calé à environ -2 m par rapport au niveau de mer soit un terrassement sur une profondeur d'environ 6 m.

A priori, les différents ouvrages seront aménagés comme suit :

- Un niveau supérieur qui abritera principalement la bache d'arrivée des eaux brute d'eau de mer arrivées par refoulement à partir de la station de pompage.
- Un niveau intermédiaire abritant les filtres à sable sous pression ;
- Un niveau bas abritant la bache d'eau filtrée et le bâtiment d'osmose inverse.

Les différentes phases de construction pour chacun des ouvrages peuvent être résumées comme suit:

- Le terrassement jusqu'à la côte projet de l'ouvrage ;
- La mise en œuvre des drains autour de l'ouvrage pour collecter les eaux de fuites et également les eaux pluviales ;
- La mise en œuvre de la fondation en béton armé
- La construction des ouvrages avec ses différentes structures annexes.

Les impacts pouvant être générés pendant la période de construction des différents ouvrages peuvent être décrits comme suit :

Activité autour du chantier : Le chantier de construction de la station de dessalement pourrait durer environ 20 mois, au cours desquels il y aura un rassemblement de main d'œuvre diverse dont l'activité quotidienne engendrera une pression sur l'environnement immédiat de la station de dessalement surtout pour les riverains. Un ensemble de rejet sera également généré par l'activité du chantier aussi bien au niveau humain qu'au niveau des engins et matériaux utilisés qu'il va falloir gérer.

Activité de construction : Le chantier de construction, est une source de nuisance sonore et de vibration, ce qui touche à la qualité de vie du voisinage. En plus un chantier de construction est toujours perçu comme étant une source de poussières. Ces problèmes sont d'autant plus

aigus, que le chantier de construction se trouve à proximité d'une zone touristique. Aussi des accidents de travail peuvent avoir lieu sur le chantier.

Vers la fin du chantier de construction, on assiste fréquemment à un tas de déchets de toute nature; des matériaux de construction déversés, du papier et plastique d'emballage, des huiles usées, du carburant et des produits chimiques déversés, etc. Ces déchets sont nuisibles et pour le milieu naturel dont notamment la faune et la flore et pour le milieu humain et surtout la salubrité publique, lorsque le chantier est à proximité de zones habitées

Transport de matériaux et d'équipements : Etant donné les engins qui sont utilisés pour le transport de matériaux de construction et d'équipements, une perturbation de la circulation dans la région du projet peut avoir lieu. Ceci représente une nuisance pour les autres utilisateurs de la route. Cette nuisance est importante, vu la situation géographique de l'île de Jerba dont le nombre de voies d'accès est réduit et aussi à cause de la vocation de Jerba, qui est une région touristique. Aussi cette activité de transport peut être source d'accidents de route. Lorsqu'il s'agit du transport du sable et du gravier, le problème de circulation est encore plus aigu. Ce type de transport est généralement accompagné de chutes et ou de perte de sable et de gravier en pleine route. Ceux-ci devront donc être soigneusement évités (voir chapitre suivant).

La présence du chantier : La présence d'un ensemble d'engins de construction et d'une activité de chantier affecte le paysage de la région à réputation touristique. Ceci engendrera des nuisances pour les riverains et les touristes fréquentant la zone surtout en période estivale.

5.2.3 Conduites de transfert du tronçon terrestre entre la station de dessalement et la station de pompage

Le tronçon terrestre du réseau de transfert des eaux de mer comportera :

Entre la station de dessalement et la station de pompage :

- Une conduite de refoulement d'eau de mer brute de la station de pompage vers la station de dessalement de diamètre **1500 mm** et de longueur totale de l'ordre de **1 600m** ;
- Une conduite de rejet de la saumure de diamètre **1500 mm** et d'une longueur totale de l'ordre de **1 600m**.

Pour minimiser les volumes de terrassement, les deux conduites seront enfouies dans la même tranchée. La mise en œuvre de ce tronçon des conduites se fera par des moyens classiques de pose de conduites terrestre.

Les travaux comprendront les étapes suivantes :

- L'ouverture de la tranchée par un tractopelle approprié sur largeur de 4 à 5 m et d'environ 5 à 6 m de profondeur;
- La pose d'une couche de régulation de calage de la côte de la conduite ;
- La pose des deux conduites de 1500m de diamètre ;
- Le remblai de la conduite avec du sable ;
- Le remblai de la génératrice avec les matériaux des déblais de la tranchée ;
- La remise en état et l'aménagement de l'emprise à son état initial.

Une coupe type des conduites de transfert dans ce tronçon comportera ainsi, du bas vers le haut, les couches suivantes :

- Une couche de régulation de 15 cm ;
- Une couche de sable de protection des conduites de 1,65 m de sable ;
- Une couche de remblais de 3 à 4 m d'épaisseur moyenne ;
- La couche de revêtement de la chaussée.

La figure suivante montre les coupes de pose des conduites entre la station de dessalement et la station de pompage.

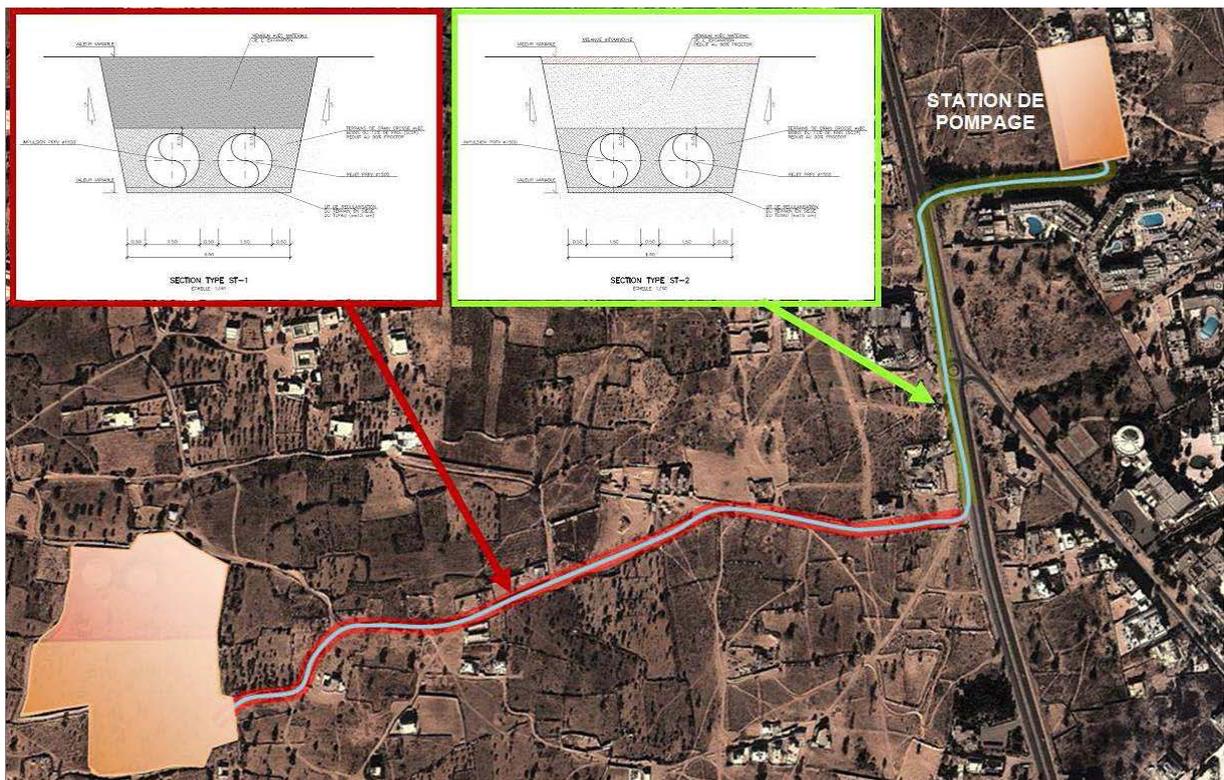


Figure 69 : Coupes types des pose des conduites entre la station de dessalement et la station de pompage

En se basant sur ces coupes, on a présenté sur le tableau suivant les quantités de déblais – remblais manipulés pendant les travaux.

Tableau 30 : Quantité des matériaux excavés durant les travaux de pose des conduites terrestres entre la station de dessalement et la station de pompage

	Profondeur m	Largeur m	Longueur m	Volume m³
terrassment	6	4,9	1 600	47 040
Sable de protection	1,8	4,9	1 600	8 442
réutilisation déblais	4,2	4,9	1 600	32 928
Excès de déblais				5 670

Compte tenu des particularités du site pour chaque tronçon de la conduite, la pose des conduites induirait les impacts suivants :

La piste du premier tronçon : L'exécution de la tranchée au niveau de ce tronçon impliquera l'occupation de pratiquement la totalité de l'emprise de la piste existante. L'ouverture de la tranchée entraînerait donc une déviation provisoire de la piste pour assurer la mobilité des utilisateurs de cette piste pendant la période des travaux ;

La route touristique principale : les travaux entraîneront une perturbation provisoire de la circulation surtout pendant la haute saison touristique ;

La traversée de route : Une traversée sera obligatoire pour dévier vers la station de pompage. Cette traversée va certainement perturber la circulation routière au niveau de la route touristique principale d'El Mezraya ;

La chaussée existante : Une partie de la chaussée sera démolie lors de l'ouverture de la tranchée qui va abriter la conduite de rejet.

5.2.4 Conduites de transfert du tronçon terrestre entre la station de pompage et la mer

Le tronçon terrestre du réseau de transfert des eaux de mer comportera :

- Une conduite d'amené d'eau de mer brute à la station de pompage de diamètre **1500 mm** et de longueur **700 m** sur terre ;
- Une conduite de rejet de la saumure de diamètre **1500 mm** et d'une longueur totale de l'ordre de **700 m** sur terre.

Les deux conduites seront posées dans la même tranchée selon la coupe présentée sur la figure suivante.

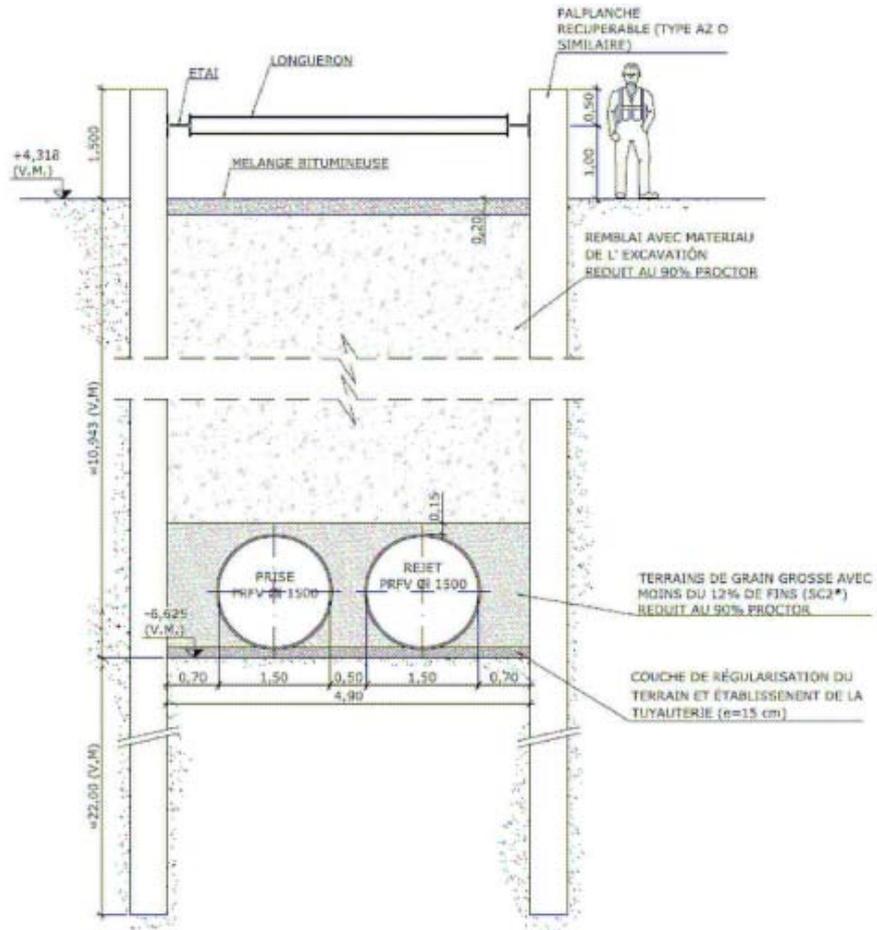


Figure 70 : Mode de pose des conduites terrestres entre la station de pompage et la mer

La dernière partie du tronçon terrestre va suivre une route goudronnée touristique qui mène vers la plage.

Au niveau du DPM, la conduite va passer entre des baraques construites en bois suivant une emprise très étroite puis, elle va suivre la plage sableuse jusqu'à la mer.

Durant les travaux, Les quantité de terrassement, déblais et remblais seront comme suit :

Tableau 31 : Quantité des matériaux excavés durant les travaux de la station de pompage et de pose des conduites entre la station de pompage et la mer

	Profondeur m	Largeur m	Longueur m	Volume m ³
Terrassement station de pompage	10	20	15	3 000
Terrassement tranchée conduite	9	4,9	700	30 870
Sable de protection	1,8	4,9	700	3 693
réutilisation déblais	7,2	4,9	700	24 696
Excès de déblais				5 481

Tous les matériaux de terrassement de la station de pompage et de ce tronçon sont supposés du sable de l'ancien champ dunaire de Jerba.

Les dunes de sable : La traversée des dunes situées dans la plage terrestre va modifier leur morphologie et va favoriser l'érosion éolienne par l'arrachage de la végétation sauvage existante. Des quantités de sable sont donc susceptibles d'être perdues lors des travaux.

Le talus de la plage : La traversée des talus des plages par des tranchées peut modifier temporairement la pente du talus de la plage. Les quantités des sables stockés provisoirement peuvent être emportées par des houles ou des montés exceptionnelles du niveau de la mer.

Le sable de la plage aérienne : La traversée totale de la plage aérienne (dans la zone de DPM) fera un itinéraire de l'ordre de 100m. Lors des travaux de pose des conduites, il y a le risque de perte des sables par suite à des utilisations anarchiques par des riverains.

Au niveau de la plage, il y a deux baraques construites sur le DPM appartenant respectivement à l'hôtel Miramar et à l'hôtel les dunes (figure suivantes).



Figure 71 : couloir existant entre les deux baraques des hôtels Miramar et les Dunes

Le passage de la conduite pourra être fait selon trois méthodes :

- Avec l'enlèvement des deux baraques de l'hôtel Miramar et de l'hôtel les dunes la pose sera effectuée avec des moyens classiques de terrassement terrestre ;
- Passer la conduite en dessous des baraques par fonçage sans l'enlèvement des paillotes;
- Passer entre les deux baraques mais dans ce cas, les conditions de travail seront très difficiles.

D'après les services de l'APAL, il semble que l'une des baraques a été implantée sans autorisation préalable. La méthode la plus probable pour la traversée sera donc après l'enlèvement de la paillote.

Durant les travaux de traversée de la plage, il y aurait :

- Une séparation physique entre les deux côtés de l'emprise de la conduite ;
- Un arrêt temporel à la zone de la plage ;
- Un déplacement potentiel du sable excavé ;
- Une réutilisation du sable de plage à l'extérieur de la zone du projet.

5.2.5 Mise en œuvre des conduites marines

La pose des conduites sous marines sera effectuée selon les trois modes suivants (figure ci-dessous):

- **Zone du bas de plage (quelques dizaines de mètres):** C'est l'extension de la zone terrestre et elle sera réalisée par voie terrestre avec des rideaux de palplanches ;
- **Zone de déferlement (400) m :** L'excavation de la tranchée sera réalisée par une pelle rétro montée sur ponton. La durée prévue pour la réalisation de ce tronçon sera de l'ordre de 5 mois;
- **De 420 à 2200m :** Les deux conduites d'aspiration et de rejet seront ensouillées dans une tranchée avec des lests sur le fond marin. L'excavation de la tranchée au niveau de secteur sera effectuée par l'une des deux méthodes selon la nature des fonds: Soit par une drague aspiratrice d'un rendement de 4 000 m³/jour, soit par pelle mécanique. La durée des travaux sera fonction de la méthode de terrassement et de la nature des roches rencontrés;
- **De 2200 à 2600m :** La conduite de rejet sera lestée sur le fond marin. Le mouillage de la conduite se fera directement sur le fond.

Zone de la plage sous marine

Pour ce premier tronçon de la zone côtière les travaux seront réalisés par voie terrestre sur une longueur jusqu'à ce que les moyens terrestres peuvent le faire.

Cette méthode exige l'excavation de la roche par des engins terrestres, pelle mécanique à chenille. Les étapes de travaux sont les suivantes :

- ❖ Excavation de la tranchée par déroctage de la roche ;
- ❖ Pose et lestage de la conduite ;
- ❖ Remblayage de la tranchée par des petits enrochements et du sable.

Cette méthode exige la mise à sec de l'emprise dans la zone non navigable par les matériaux flottants maritimes.

Impact visuel durant le chantier : Le chantier fera intervenir des engins lourds qui avec les rideaux de palplanches et les installations de pompage vont occuper pendant une certaine période une partie de la plage situé à proximité du site de la station de dessalement. Ceci

induirait un impact visuel pour les utilisateurs de la plage surtout si la période des travaux coïncidait avec la haute saison touristique.

Excavation des matériaux de la tranchée : Les matériaux excavés de la tranchée de l'emprise sont formés, comme l'on montrées les analyses des sédiments superficiels, par des sables propres ou bien des roches concassées. Ces matériaux seront soit stockées temporairement sur la plage pour les réutiliser pour remblai de la conduite soit mis de part et d'autres de la ligne de batardeau en mer. Les sables accumulés sur la plage auront un impact visuel temporaire pour les utilisateurs de la plage. Le rideau de palplanche mis dans le bas de la plage va jouer le rôle d'un épi temporaire pendant les travaux. Sa présence peut générer un engraissement du coté sud (hôtel Carribes) et une érosion du coté nord (hôtel les Sirènes).

Les matériaux mis en suspension lors de l'ouverture de la souille peuvent avoir une interférence sur les point de captage des conduites thalasso les plus proches des deux hôtels La Sirènes et Carrabeen Word. Des mesures d'accompagnement seront prises en compte pour éviter les impacts potentiels sur ces conduites.

Zone de déferlement marine de déferlement de la houle:

Ce tronçon s'étendra jusqu'à environ une longueur de 420m de la côte. L'excavation de la tranchée sera réalisée par une pelle rétro montée sur ponton. La durée prévue pour la réalisation de ce tronçon sera de l'ordre de 5 mois;

Etant donné qu'il s'agit de la zone la plus active (déferlement de la houle), les matériaux déposés de part et d'autre de la tranchée peut être transportés par le courant de houle et migrer vers les plages voisines.

D'un autre côté, le fait de laisser une tranchée ouverte durant les tempêtes, il peut y avoir érosion des plages voisines et une quantité de sable de plage peut être transportée et déposée dans la tranchée.

Zone marine du large

Au-delà de la zone de déferlement, les conduites marines vont continuer en position ensouillée et semi ensouillée sur un linéaire de 1800m jusqu'à la tour de prise, puis position lesté sur le fond sur un linéaire de 400m environ.

Le long de ce tronçon, les conduites de prise d'eau de mer et de rejet seront ensouillées dans le fond et seront scellées grâce à des lests d'ancrage pour assurer leur stabilité contre l'effet de la houle et des courants marins.

Le mode d'exécution des travaux comportera les étapes suivantes :

- ***Dragage de la tranchée :*** L'excavation des tranchées sera effectuée par pelle sur ponton ou par dragage hydraulique. Pour le dragage de la partie sableuse pourra excavée par des moyens simples cad une drague aspiratrice.

- **Transport** : Les segments seront remorqués par le remorqueur jusqu'au tracé de la conduite. 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 de prise d'eau se fera à l'aide de flotteurs sur toute sa longueur jusqu'à atteindre la profondeur maximale. Par cette méthode, la canalisation subit moins de tensions, et les marges de sécurité sont supérieures. Les opérations sous-marines sont ainsi facilitées.

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, il faudra remplir la tranchée le plus vite possible, pour éviter les mouvements indésirables de la conduite. Le déversement du remblai pourra se faire par des cure-moules de rejet latéral ou de rejet par fond, ceux de rejet latéral étant les plus appropriés.

Tableau 32 : Quantité approximative des matériaux excavés durant les travaux de pose des conduites sous marines

	Longueur m	Largeur de fond m	Largeur moyenne emprise de surface - m	Profondeur moyenne m	Section souille m ²	volume excavation m ³
Tronçon de rivage	250	6	30	4	72	18 000
Tronçon ensouillé	850	6	30	3	54	45 900
Tronçon semi ensouillé	1100	6	18	2	24	26 400
Tronçon lesté	400					
Total	2 600					90 300

Soit une quantité totale de dragage de l'ordre de **90 000 m³** de matériaux sableux et rocheux.

Lors des opérations de dragage, on aura:

Modification de la nature du fond : Il n'y aurait pas de changement puisque le même sable qui est remanié sera remis en place après exécution du projet. Cette quantité, relativement importante de sable (90 000 m³), peut générer des problèmes d'érosion de côtes si des mesures ne sont pas prises en compte.

La qualité des eaux marines : Lors du dragage des souilles, des quantités de sable seront mises en suspension dans la colonne d'eau ce qui aura comme impacts la réduction de la transparence des eaux et l'augmentation de la charge des matières en suspension dans l'eau. Compte tenu de la qualité des sables superficiels, il n'y aurait pas des charges additionnelles en sels nutritifs dans l'eau. Les particules de sable remuées par la lance ou par aspiration directes seront déposées pendant un temps très court vue la granulométrie grossière des sédiments.

Les herbiers : Lors de l'aménagement de l'emprise de la conduite de captage les herbiers de Posidonie et de Cymodocée vont subir le double impact suivant :

- *Impacts directs :* Les herbiers situés dans l'emprise seront enlevés par suite de l'aménagement du fond marin ;
- *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 52 800 m², il y aurait environ une surface moyenne de végétation détruite par le dragage de la souille de l'ordre de 15 000 m² (tableau suivant) :

Tableau 33 : Surfaces d'herbiers détruites lors des opérations de dragage de la souille

	Longueur m	Largeur emprise de surface- m	Section emprise m ²	herbier		Surface m ²
tronçon de rivage	250	30	7 500	Algues photophylles	0	0
tronçon ensouillé	850	30	25 500	Posidonie	20%	5 100
tronçon semi en souillé	450	18	8 100	Posidonie	50%	4 050
tronçon semi en souillé	650	18	11 700	Cymodocée	50%	5 850
tronçon lesté	400	0	0	Cymodocée	50%	0
Total	2600		52 800			15 000

Les impacts indirects peuvent être considérés comme plus importants que les impacts directs car ils mettent en jeu la vitalité des herbiers environnants dont les rhizomes risquent d'être enfouis sur le sable qui va sédimenter après avoir été remué.

La faune benthique : Lors des travaux d'aménagement de l'emprise des conduites de prise d'eau de mer, la faune benthique sera également touchée. 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. Ceci peut être considéré comme minime car la reconquête du milieu à partir des « viviers » voisins risque d'être assez rapide.

5.2.6 Approvisionnement pour le chantier maritime

Les divers matériaux et équipement du chantier maritime comporteront :

- Les conduites sous marines
- Les lests préfabriqués des conduites ;
- La tour de prise ;
- Les divers approvisionnements du projet.

Le chantier maritime commence le neuvième mois à partir du démarrage du projet et il s'achèvera le 17^{ème}. Il durera une période d'environ **8 mois** comme suit :

- 5 mois pour l'excavation et le mouillage du tronçon de la zone côtière avant le déferlement;
- 3 mois pour le dragage et le mouillage des conduites sous marine au-delà de la zone de déferlement.

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 Jerba 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 8 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 9 tronçons de conduite Ø 1500mm de longueur 540m chacun. En supposant un intervalle de 1m entre deux conduites, la surface totale occupée par les conduites serait de l'ordre $10 \times 2,5 \times 600 = 15\ 000\ m^2$: soit une surface totale brut de l'ordre de 2 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.

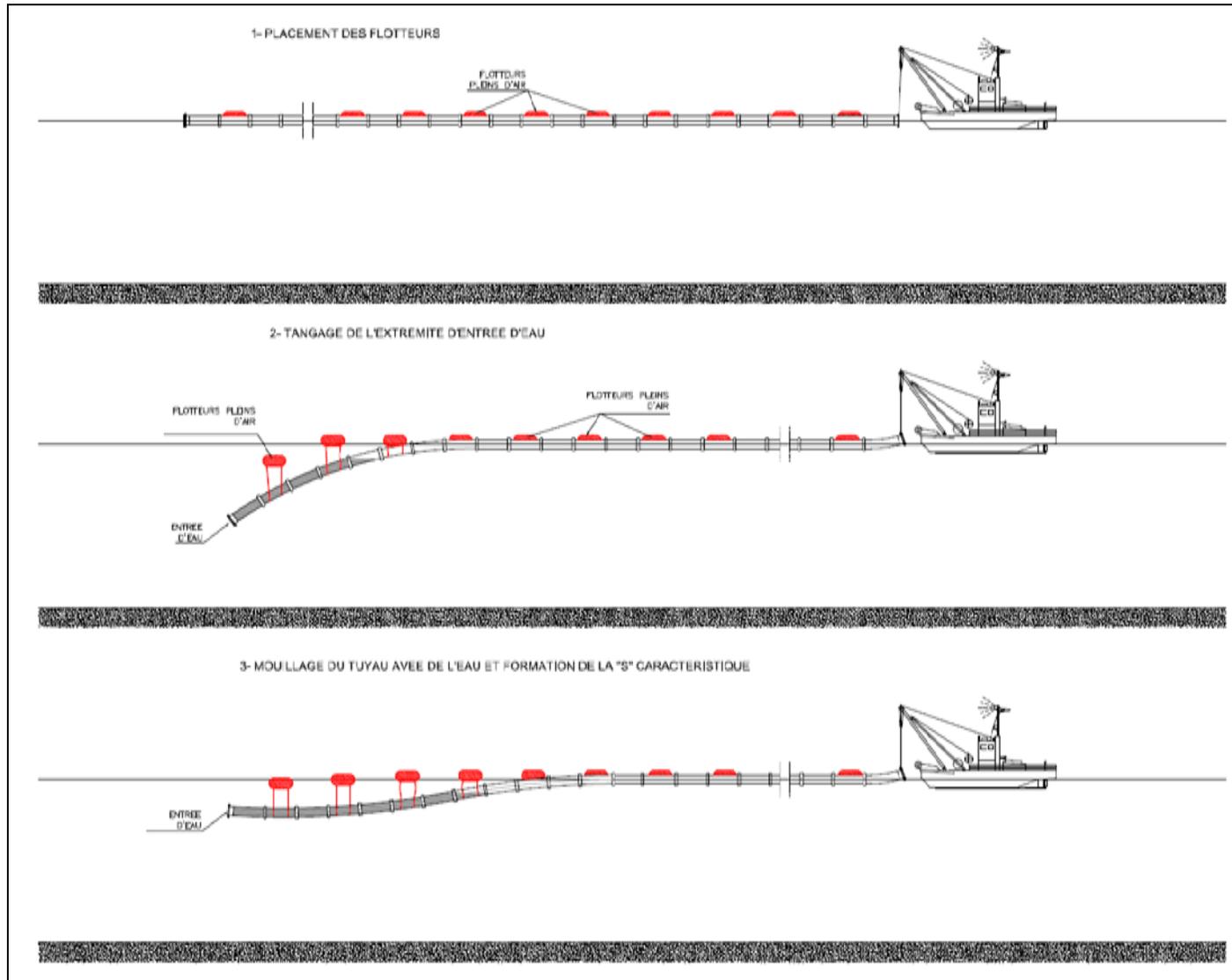


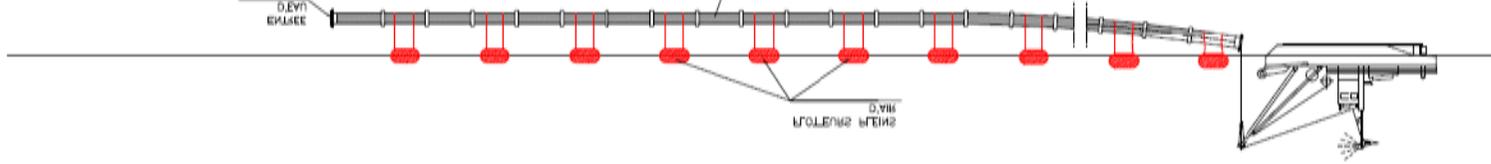
Figure 72 : Mode de remorquage des conduites sous marines du fournisseur vers le site de chantier



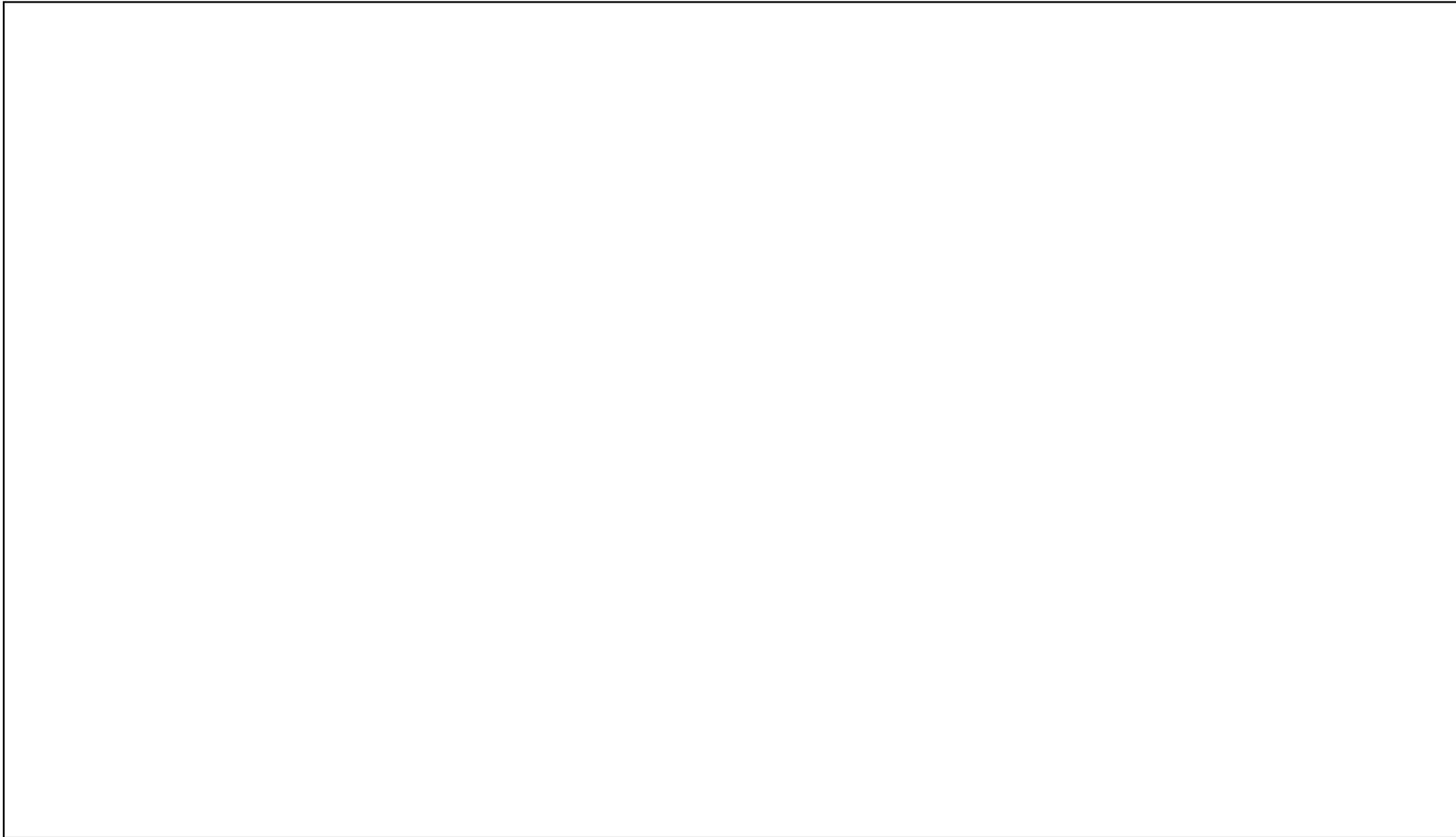
Figure 73 : Mode de stockage des conduites dans une zone abritée

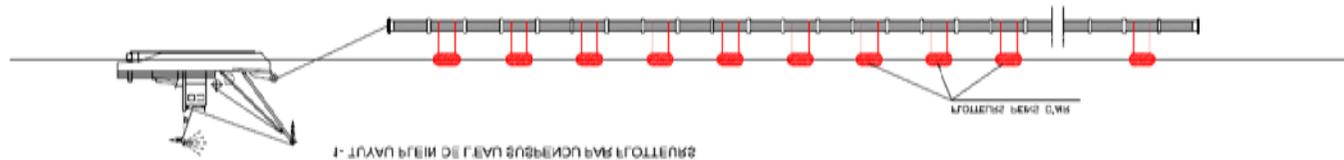
Figure 74 : Différentes étapes de mouillage des conduites sous marines



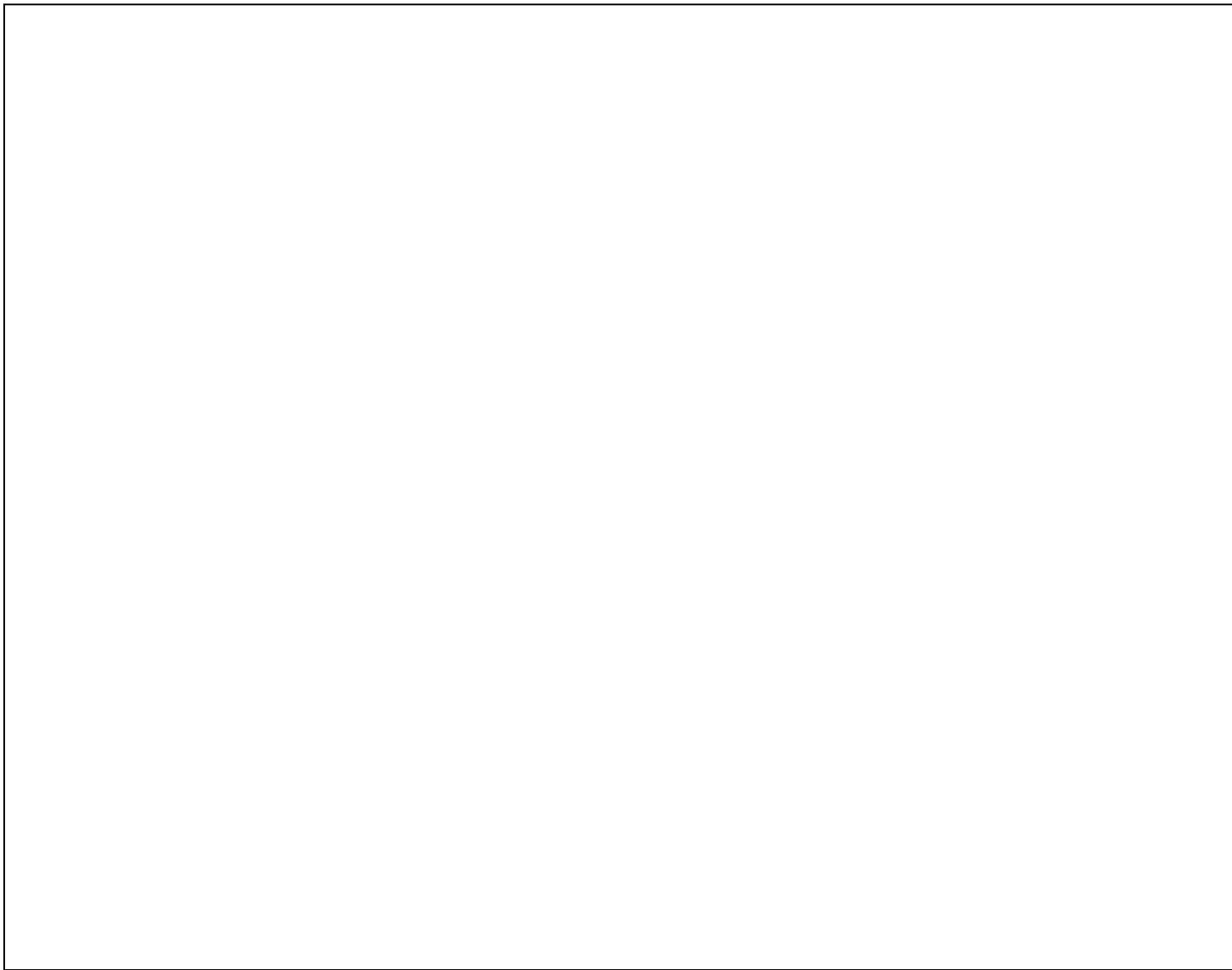


← TUBAU BGEIN DE F.EVU SUSPENDED PAR FLOTTEURS

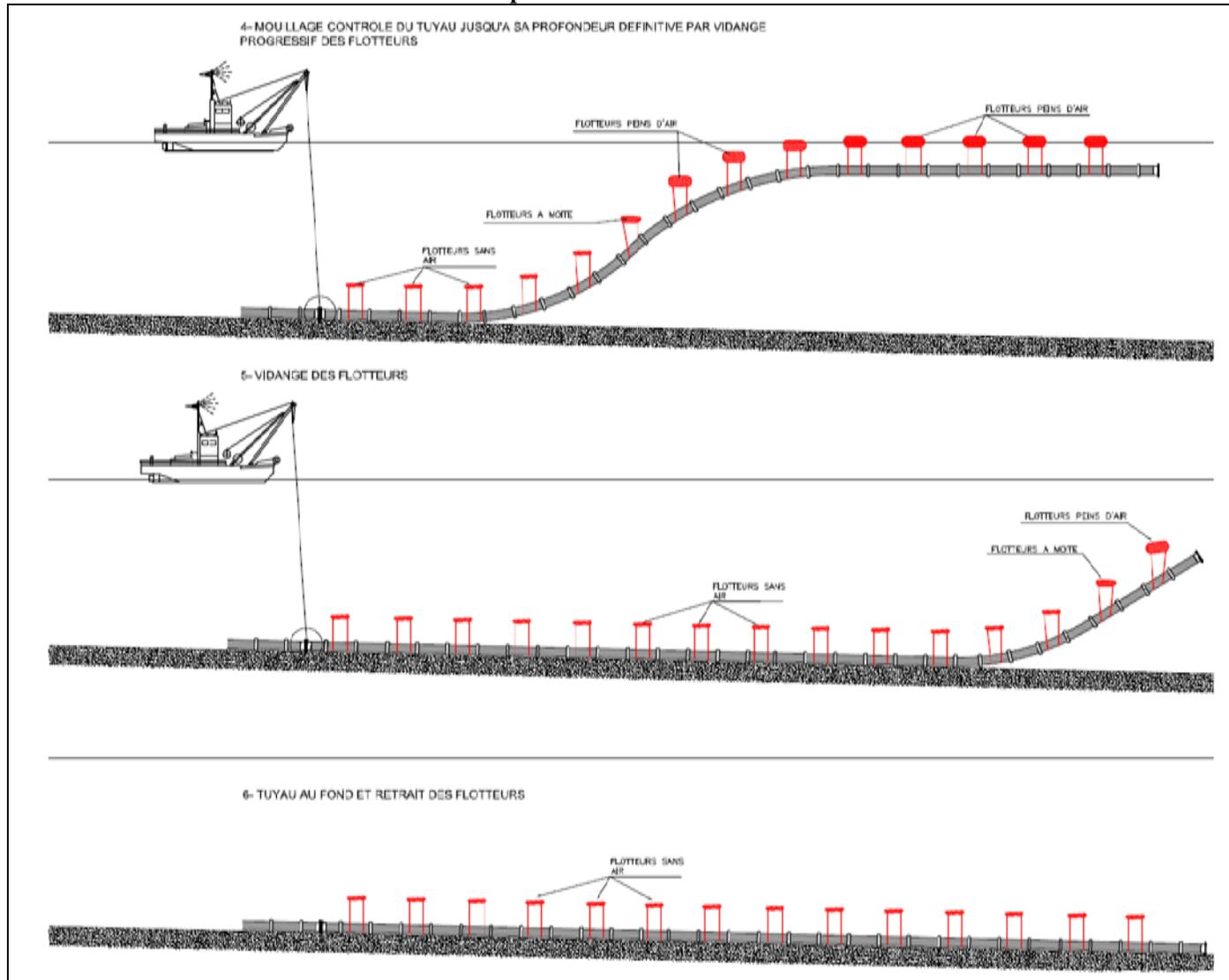




1 - MONTAGE DE LA PIPE SUSPENDUE PAR COLLETTES



Suite : différentes étapes d'installation des conduites sous marines



5.3 Impacts durant l'exploitation

5.3.1 Le renforcement des ressources en eau potable

Le projet va générer une nouvelle ressource d'eau potable non conventionnelle d'une quantité de 50 000 m³/jour ce qui représente un apport important dont les conséquences sont positives sur tous les niveaux. Parmi les composantes de l'environnement de la matrice d'impact, les retombées seront bénéfiques essentiellement pour les éléments suivants :

- ❖ L'hydrogéologie
- ❖ Les ressources en eaux
- ❖ La population
- ❖ L'urbanisation
- ❖ Le tourisme
- ❖ L'agriculture
- ❖ Le commerce et l'industrie

5.3.1.1 Impact sur l'hydrogéologie

La création d'une nouvelle de ressources non conventionnelle d'eau potable de **13 millions** de m³ par an va soulager les réserves hydrogéologiques contenues dans les nappes phréatiques et les nappes profondes de Jeffara.

Les nappes phréatiques : Les ressources de la nappe phréatique sont 3,46 millions de m³ et la nappe est actuellement surexploitée à 4,48 millions de m³ par an. La station de dessalement de Jerba va créer une ressource qui représente environ 5 fois les ressources phréatiques exploitables. La création de ressource d'eau potable va épargner la totalité des ressources phréatiques pour l'agriculture.

La réduction de l'exploitation de la nappe phréatique de Jerba amènera à l'augmentation du niveau de la nappe et au maintien d'un équilibre hydrodynamique stable.

Les nappes profondes : La station de dessalement actuelle de Guellala qui puise ses eaux saumâtre de la nappe de la Jfara sera gardée comme appoint ce qui va préserver une partie des ressources profondes qui considérées comme étant des eaux très peu renouvelables (nappe fossile). Les ressources profondes de la Jfara sont actuellement de l'ordre de 22 millions de m³ par an (700 l/s) dont 5 millions sont allouées à la station de dessalement actuelle de Guellala.

La création de cette ressource non conventionnelle aura comme conséquence la diminution de la sollicitation de la nappe profonde de la Jfara ce qui va conduire à

- L'élévation du niveau piézométrique de la nappe profonde ;
- L'amélioration de la qualité chimique des eaux ;
- Le maintien d'un équilibre hydrodynamique stable.

5.3.1.2 Impact sur les ressources en eau

Les ressources en eau mobilisables à Jerba sont très limitées et sont loin de couvrir la totalité de la demande. Trois types de ressources en eau sont actuellement exploités :

- Les eaux de surface et de ruissellement qui sont collectées dans des citernes et des Jessours. Les Garâas et les dépressions naturelles recueillent également une partie des ces eaux. Compte tenu de la faible pluviométrie, cette ressource reste peu abondante,
- Les nappes phréatiques (3,46 millions de m³ par an) d'eau relativement douce, actuellement la nappe phréatique de Jerba présente des signes de d'épuisement suite à sa surexploitation ;
- Les nappes profondes (22 millions de m³/an), se sont les plus profondes de la région à savoir la nappe des calcaires tyrrhéniens et la nappe des sables Plio-pontien et miocènes. Ces ressources sont saumâtres, non renouvelables et contiennent des traces de Soufre. Leur exploitation nécessite une désulfuration et un dessalement.

La nouvelle station de dessalement va renforcer les ressources en eau potable d'une quantité de **15 millions de m³ par an (13 millions eau osmosée + 2 millions d'eau de forage déferrisée)**. Le chapitre 4 sur la justification du projet présente en détail les retombées positives du projet de création de cette station de dessalement sur les ressources en eau totales et potables de Jerba.

5.3.1.3 Impacts sur la population

La population actuelle de Jerba de 150 000 serait de l'ordre de 200 000 habitants à l'horizon 2025.

En 2016, Les besoins en eau de Jerba seront de 762 l/s. Avec la mise en service de la station de dessalement, les ressources totales de Jerba seront de 863 l/s ce qui donne bilan positif ressources – besoin de l'ordre de 101 l/s.

Le renforcement des ressources potables par une eau de très bonne qualité ne peut être que bénéfique pour la population. On note :

- La disponibilité continue de l'eau potable de bonne qualité ;
- L'augmentation du taux de branchement l'AEP ;
- L'amélioration de la qualité des eaux potables ;
- L'absence totale des coupures des eaux ;
- L'amélioration des conditions d'hygiène ;
- Etc.

5.3.1.4 Impact sur le tourisme

Le tourisme est un secteur consommateur d'eau potable.

Le tourisme bénéficiera donc de ce renforcement des ressources d'eau potables. On assistera à Jerba à :

- ❖ La promotion du secteur du tourisme ;
- ❖ L'encouragement des promoteurs dans le secteur du tourisme ;
- ❖ L'encouragement des institutions bancaires pour investir dans ce secteur ;
- ❖ Plus d'attraction de touristes ;
- ❖ Etc.

5.3.1.5 Impact sur l'agriculture et l'industrie

Le secteur agricole bénéficiera du renforcement des ressources en eau potable. Toutes les ressources phréatiques de 3,36 millions de m³ seront totalement épargnées pour l'agriculture.

Le secteur agricole aura plus de souplesses pour l'utilisation des eaux de la nappe phréatique ou des eaux de la nappe profonde qui on une salinité inférieure à 5 g/l.

5.3.2 Les ouvrages terrestres de la station de dessalement d'eau de mer

Comme présenté dans le chapitre présentation du projet, le projet sera composé :

D'une station de dessalement qui comportera:

- La bêche d'arrivée des eaux de mer brutes ;
- L'espace réservé pour les filtres à sables
- Le bâtiment de l'osmose ;
- Les ouvrages annexes de raccordement avec le réseau d'eau potable;
- L'ouvrage d'évacuation de la saumure vers la conduite de rejet ;

D'une station de pompage située en pleine zone touristique.

Durant l'exploitation, il y aurait impacts sur les éléments suivants :

- **Occupation des sols** : La station de dessalement occupera une surface d'environ 1 hectare de la totalité de la parcelle de 4 hectares. La station de pompage sera construite dans la zone touristique sur une parcelle de 2 000 m² qui sera déduite des espaces alloués à la construction d'hôtels.
- **Le paysage** : La présence de la station de dessalement dans la zone agricole et la station de pompage dans la zone touristique seront légèrement remarquables. La construction de la station nécessitera des mesures d'accompagnement pour intégrer le projet dans son environnement naturel (plages, palmiers, hôtels, dunes de sables, etc...) ;
- **La qualité de l'air** : Durant l'exploitation de la station de dessalement, il n'y aurait pas d'émanation d'odeur. La source d'énergie principale est l'électricité de la STEG qui est une source non polluante ;
- **Les bruits et vibrations** : Les bruits seront issus de la station pompage des eaux de mer et de la salle des machines de la station de dessalement. Tous ces équipement seront couverts pour éviter les éventuels bruits et nuisances sonores ;
- **La population** : La population locale va bénéficier de la présence de la station de dessalement par quelques postes de travail permanents. Le promoteur exploitant (SONEDE) fera intervenir dans la station au moins le personnel permanent suivant :
 - Un Chef de station ;
 - 6 techniciens cadres ;
 - Au moins 10 ouvriers qualifiés.
- **L'urbanisation**: La station de dessalement sera à cheval à proximité d'une zone agricole et la station de pompage dans la zone touristique. La présence du bâtiment de la station n'affectera pas le paysage environnant de la zone tant qu'elle sera construite avec des

mesures d'embellissement. Les ouvrages internes ne seront pas perceptibles de l'extérieur de la station (voir chapitre suivant).

- **L'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 la turbine locale de Jerba par le biais du circuit de distribution existant. Les produits chimiques seront apportés par quelques fournisseurs tunisiens ou étrangers. Ces divers types de consommation introduiront au circuit économique un nouveau maillon positif.

5.3.3 Les conduites de rejet et de captage en mer

5.3.3.1 Impact sur le milieu physique marin

Les conduites sous marines comporteront deux parties : Une première partie ensouillée et une deuxième partie semi ensouillée et lestée sur le fond :

- **Partie ensouillée :** Il s'agit du tronçon située entre le rivage et le point captage étalé sur une longueur total de 2200 m jusqu'à la côte -9,5m. les conduites seront ensouillée et par suite il n'y a aucun impact sur le milieu marin ;
- **Partie semi-ensouillée :** Il s'agit du deuxième tronçon de la conduite de rejet de la saumure situé entre le point de captage (-9,5 m NGT) et le point de rejet (-10,5m NGT). La conduite sera stabilité sur le fond avec des lests qui représentent une singularité sur le fond. Ces derniers seront bénéfiques pour le milieu biologique vue la possibilité de formation de fooling et diversification de la faune et de la flore ;
- **La tour de captage :** la tour de captage est un ouvrage circulaire construit en béton d'un diamètre de 5,6 m et dont sa crête est à environ +4m au dessus du fond marin ou à environ -5,5 m de la surface libre de la mer. Cet ouvrage en béton sera favorable à l'installation d'une faune diversifiée (fooling, etc...) et pourra causer des problèmes de navigation s'il n'y pas de mesures spécifiques pour éviter le rapprochement des bateaux de pêche ;
- **L'ouvrage de rejet :** Comme pour la tour de captage, l'ouvrage de rejet et les lests seront des lieux d'attractions préférentiels à la faune marine. Leur présence en mer peut causer des problèmes pour les pêcheurs si des mesures spécifiques ne sont pas prises en compte.

5.3.3.2 Interférence avec les projets de protection planifiés

Le projet a été discuté avec les services de l'APAL. La zone où seront implantées les conduites de captage et de rejet appartient au Site 6 de l'APAL - Littoral Nord Est de Jerba qui a fait l'objet d'une étude de protection contre l'érosion marine par les services de l'APAL.

La variante retenue pour la protection et l'aménagement de ce tronçon consiste à recharger la plage aérienne et à recharger une barre sous marine de déferlement. La quantité de sable de rechargement prévue est 1,5 millions de m³.

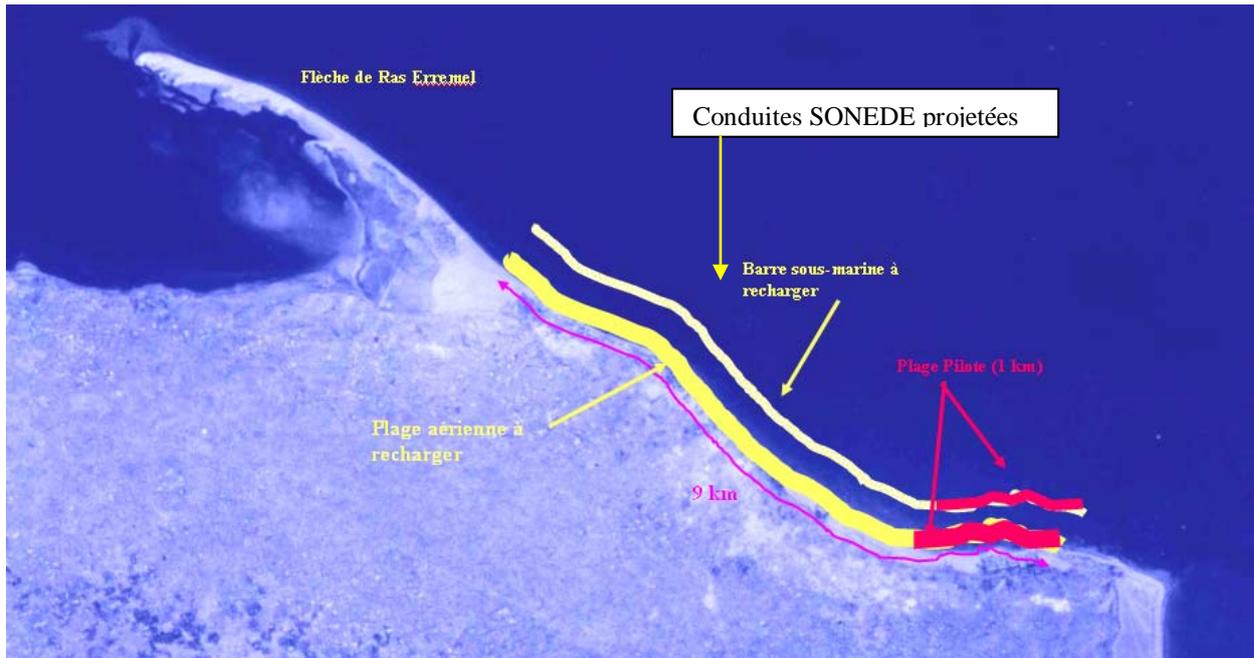


Figure 75 : Solution de protection du littoral proposée par l'APAL, au niveau de la zone du projet

Etant donné que les deux conduites marines seront ensouillées, il n'y aura pas d'interférences avec la solution de protection planifiée par l'APAL.

Du côté de l'exploitant pour assurer une alimentation en eau brute peu chargée avec des MES, **le point de captage devrait être installé au delà de la barre artificielle qui est supposée une zone de concentration et de rassemblement de matière en suspension dans l'eau.** Il en est de même pour le point de rejet de la saumure pour assurer une bonne dispersion.

5.3.3.3 Interférence avec les conduites thalasso existants

Les conduites de la station de dessalement vont passer entre les deux hôtels les Sirene et Carribes Word qui ont tous les deux des petites conduites thalasso ne dépassant pas une longueur 300 m en mer à partir de la plage.

Etant donné que les points de captage et de rejet de la saumure sont situés à des distances très éloignées du rivage (2200 et 2600 m de la plage) des points captage thalasso, il n'y aurait aucune interférence pendant la période d'exploitation du projet.

5.3.3.4 Impact sur le milieu biologique

Les ouvrages de captage, les lests, le tronçon de la conduite posée sur le fond, et l'ouvrage de rejet constituent des îlots de substrat dur qui favorisent la présence d'un foiling 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 tronçon de la conduite lestée jouera le rôle d'un récif artificiel.

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 négligé.

5.3.3.5 Impact sur le tourisme et les activités balnéaires

Le projet va introduire dans le milieu marin côtier en surface un périmètre de « sécurité » matérialisé par **des bouées**, semblable à une concession d'aquaculture off shore ; sur le fond **la conduite** symbolise le rejet en mer. Il y aurait :

- Un impact visuel par suite à la matérialisation par des bouées de la conduite et des points de captages et de rejet ;
- Un impact psychologique pour les baigneurs qui peuvent apprécier la présence d'une conduite de rejet ;
- Une réduction des espaces marins où il y a des activités nautiques utilisant des barques à hors bords

L'enfouissement d'une grande partie des conduites contribuera à réduire cet impact.

5.3.4 Le rejet de la saumure en mer

L'implantation de la station de dessalement est prévue à terre, le principal rejet en mer étant la saumure (**concentrée 73g/l**) et dont le débit est de l'ordre de **61 112 m³/jour**.

Bien que la concentration du sel dans l'eau n'admette pas de limite pour le rejet en mer d'après la norme NT. 106.002 (1989), nous comptons dans ce qui suit étudier les effets du rejet de cette eau salée sur le milieu marin par les modèle Cormix.

5.3.4.1 Impact sur la dynamique de la zone

Après rejet, la saumure (73 g/l), du fait de sa différence de densité avec l'eau de mer (38 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 diffuseurs ;
- ❖ 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.

5.3.4.2 Impact sur la salinité de l'eau

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 (nombre de diffuseurs, vitesse d'éjection des diffuseurs) et des conditions hydrographiques locales du milieu.

Du point de vue pratique et compte tenu de la variation continue de la Direction du vent, avons considéré que la zone d'impact est formé par un cercle dont le centre est représenté par le point de rejet et le rayon est la distance pour que la salinité atteigne une valeur de 45g/l (concentration que l'on peut considérer comme critique pour les Posidonies).

Ainsi, nous avons calculé par le modèle CORMIX, le rayon d'influence où la salinité est supérieure à **45g/l** (voir chapitre ci-dessous).

5.3.4.3 Impacts sur la physico-chimie des eaux

La variation de la salinité de l'eau va induire automatiquement la variation d'autres paramètres physico-chimiques tels que :

- ❖ **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 ;
- ❖ **L'oxygène dissous** : La solubilité de l'oxygène dissous dépend de l'oxygène dissous est le paramètre qui varie le plus à travers les étapes du processus, la salinité réduit la dissolution de l'oxygène. Dans les conditions normales de salinité 38g/l, la saturation est de l'ordre de 8mg/l. L'augmentation de la salinité entraîne la diminution du taux de saturation. En dessous de 5mg/l l'équilibre vital des organismes aquatiques devient perturbé ;
- ❖ **Le pH** : Le potentiel hydrogène sera aussi affecté par l'augmentation de la salinité : La variation du pH sera à considérer dans la fourchette 6.5 – 8.5 fixé comme norme. Au delà de cette fourchette, il peut y avoir une perturbation du milieu biologique.

5.3.4.4 Impact biologique

Les herbiers de posidonies et cymodocées.

Il n'existe pas dans la littérature des chiffres exacts sur les concentrations létales en sel pour la croissance des herbiers de posidonie ou de cymodocées. 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.

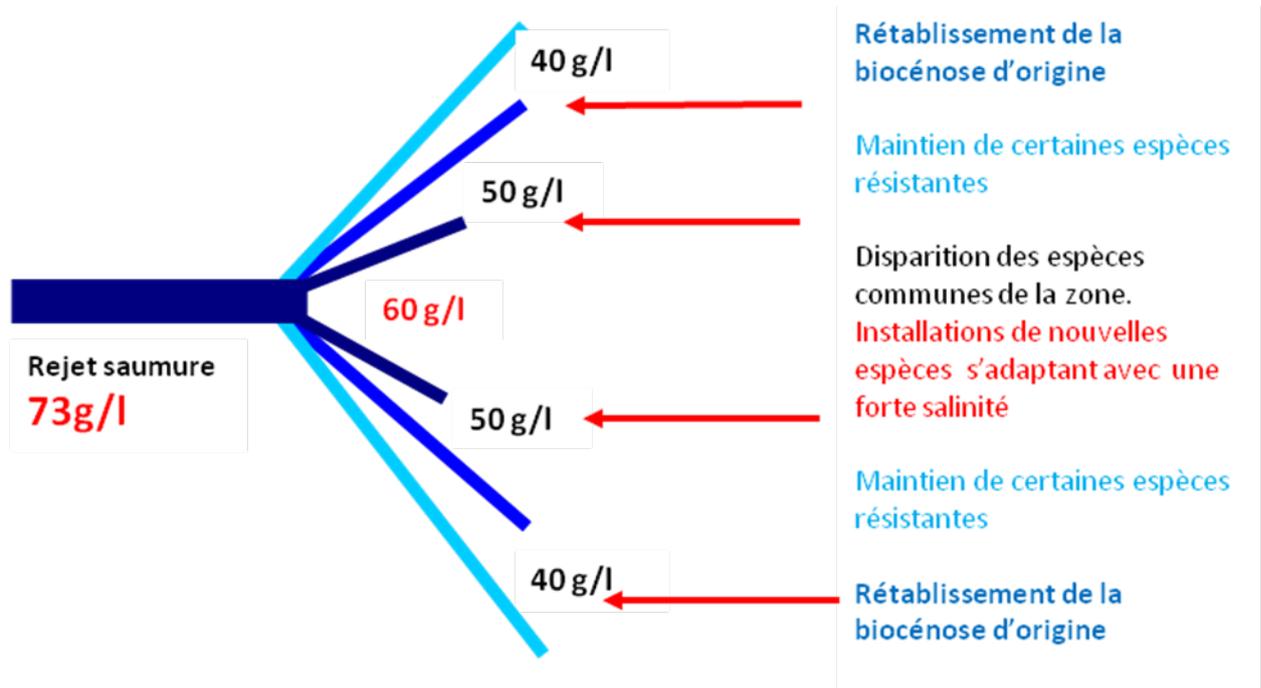


Figure 76 : Esquisse potentielle du comportement de la biocénose devant le rejet de la saumure

Ainsi en se basant sur ces hypothèses, il serait souhaitable aussi dans la mesure du possible :

- Que les rejets de saumure n'excèdent pas de beaucoup le seuil de salinité de 45g/l ;
- Que les rejets se fassent dans la zone ou les phanérogames sont de faible couverture sur le fond marin ;
- Que soit confirmée la position exacte de la limite la plus basse de la présence des magnoliophytes (posidonies et cymodocées) dans la zone choisie pour l'installation de la conduite de déversement des saumures en procédant à l'extension bathymétrique de la carte de bionomie benthique présentée dans la première partie de ce travail.

Ainsi une étude de dispersion a été faite par modèle afin d'évaluer les zones affectées par la salinité.

5.3.5 Etude de dispersion de la saumure en mer

Différents calculs ont été faits par le modèle CORMIX en faisant varier:

- La profondeur de rejet (-5, -7 et -9m);
- Le nombre des diffuseurs;
- Les diamètres des diffuseurs.

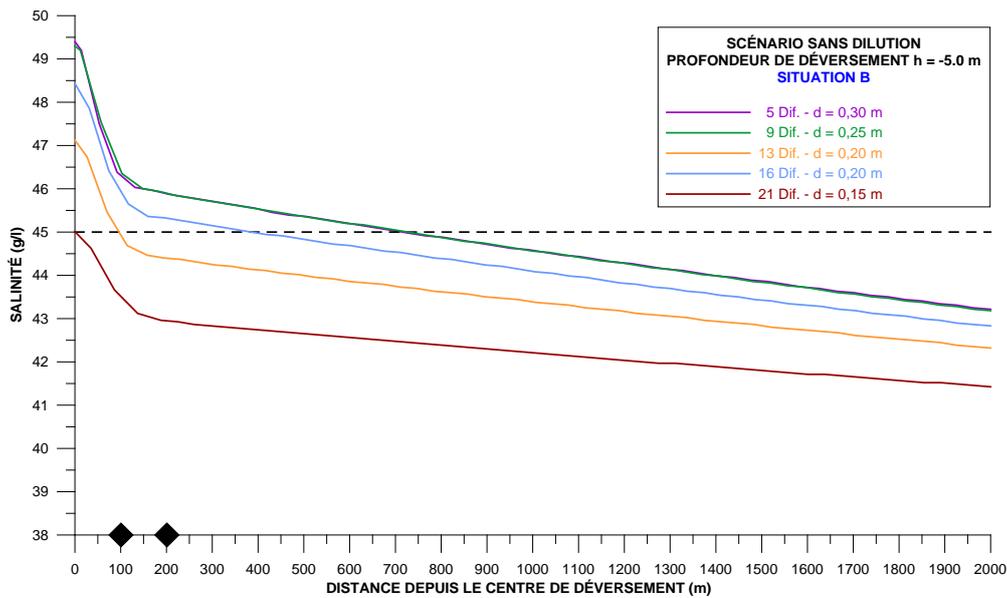
La salinité, limitant la croissance des herbiers, choisie dans ce calcul est de 45g/l.

Pour chaque calcul, on a essayé d'évaluer :

- La salinité à 100m du point de rejet ;
- La salinité à 200m du point de rejet ;
- La distance du point de rejet où la salinité atteint 45 g/l ;
- les surfaces ayant une salinité > 45 g/l.

1^{er} calcul de rejet de la saumure à 73g/g

- profondeur de rejet : -5m
- Distance à la côte : 800 m

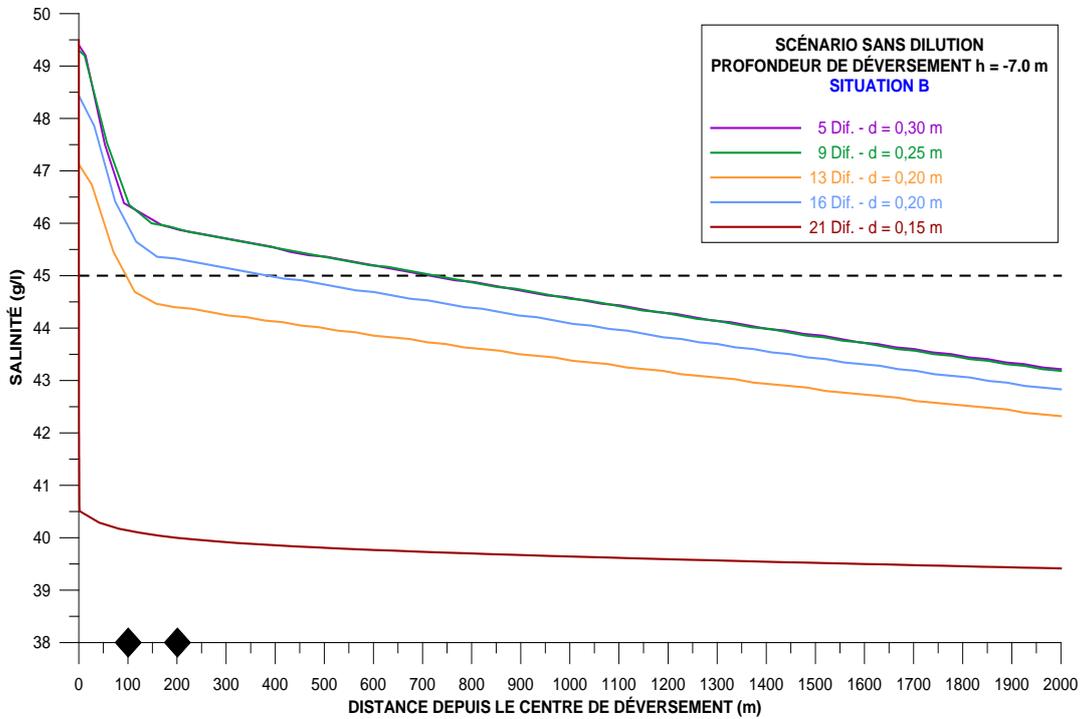


NOMBRE DIFFUSEURS		9	16	21
DIAMÈTRE DIFFUSEURS		0,25	0,20	0,15
VITESSE SORTIE (m/s)		1,61	0,20	1,91
100 m	SALINITÉ (g/l)	48,56	47,63	43,44
200 m	SALINITÉ (g/l)	45,84	45,33	42,96
DISTANCE (m) (S=45 g/l)		740	400	30

Figure 77 : Variation de la salinité pour différents cas de rejet à une profondeur de 5m et une distance à la côte de 800m

2^{ème} calcul de rejet de la saumure à 73g/g

- profondeur de rejet : -7m
- Distance à la côte : 1 200 m

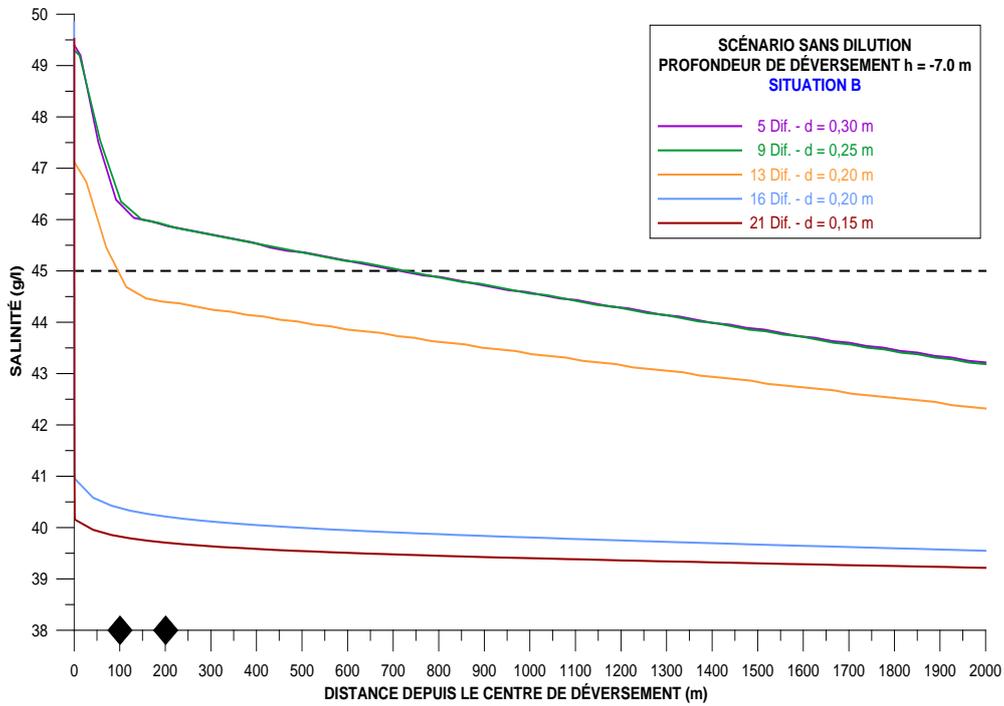


Nb DIFFUSEURS		9	16	21
Ø DIFFUSEURS		0,25	0,20	0,15
Vitesse sortie (m/s)		1,61	1,41	1,91
100 m	Salinité g/l	48,56	40,82	40,11
200 m	Salinité (g/l)	45,87	40,62	39,98
DISTANCE (m) (S=45 g/l)		740	0,40	0,40

Figure 78 : Variation de la salinité pour différents cas de rejet à une profondeur de 7m et une distance à la côte de 1200m

3^{ème} calcul de rejet de la saumure à 73g/g

- profondeur de rejet : -9m
- Distance à la côte : 1 900 m



Nb. DIFFUSEURS		9	16	21
Ø DIFFUSEURS		0,25	0,20	0,15
VITESSE SORTIE (m/s)		1,61	1,41	1,91
100 m	SALINITÉ (g/l)	48,56	40,34	39,82
200 m	SALINITÉ (g/l)	45,87	40,21	39,70
DISTANCE (m) (S=45 g/l)		740	0,40	0,40

Figure 79 : Variation de la salinité pour différents cas de rejet à une profondeur de 9m et une distance à la côte de 1 900m

Tableau 34 : Récapitulatif des résultats de dispersion de la saumure pour les trois cas étudiés

Profondeur de rejet	Choix optimal (S<45 g/l à 100m)	Distance S>45 g/l (m)	Surface S>45 g/l (m²)
h = -5 m	21D - d0,15 - h1,0	45	26 100
h = -7 m	21D - d0,15 - h1,5	0,60	181
h = -9 m	21D - d0,15 - h2,0	0,60	181

D'après ces calculs, il s'avère qu'à partir d'un rejet à une profondeur de -7m, les conditions deviennent acceptable. Une marge de sécurité sera prise en compte pour améliorer encore les condition de rejet et pour tenir compte d'autres effets (chalutage, etc...).

5.3.6 Les divers effluents liquides chimiques

La station de dessalement utilise des produits chimiques pour le process du dessalement. Ces produits ont comme effet l'élimination des sels nutritifs des eaux dessalées (Nitrite, Nitrates, Azote, Phosphates, Silicates, etc...). Ces sels nutritifs seront évidemment déchargés en mer avec la saumure.

La saumure comportera donc :

- Les produits de base contenue dans l'eau de mer brute avec une concentration élevée ;
- Les résidus des divers produits chimiques utilisés dans le process du dessalement.

5.3.6.1 Effet du procédé de l'omose du dessalement

En se basant sur les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur l'eau de mer et le process préconisé pour la station, les concentrations attendues dans le rejet de la saumure serait approximativement comme suit :

Tableau 35 : Composition chimique attendue dans la saumure dues à l'omose

Désignation	unité	Eau de mer brute	Saumure	Norme de rejet en mer NT 106.002
Turbidité	NTU	4.93	négligeable	
Température	°C			<35°C
PH		8.15	8.9	6,5 à 9
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	504	944	Sans exigence
Magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/l	1 710	3 173	2 000
Sodium (Na ⁺⁺)	mg/l	11 600	21 693	Sans exigence
Potassium (K ⁺)	mg/l	458	856	1 000
Carbonates (CO ₃ ⁻)	mg/l	0	1	Sans exigence
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	163	219	Sans exigence
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	21 600	40 402	Sans exigence
Sulfates (SO ₄ ⁻)	mg/l	3 330	6 235	1 000
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	11,6	21	90
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	< 0.0143		5
Résidu sec (RS)	mg/l	40 585	73 000	Sans exigence
Matières en suspension	mg/l	13	25	30

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-Tc) x V où Tc est le taux de conversion. Les concentrations élevées de certains

composés dont les sulfates ou le Magnesium 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 (3 330 mg/l) n'est pas conforme à la norme de rejet (2000 mg/l).

Pour ce qui concerne le lavage des filtres, la quantité totale de boue produite est de 1556 Kg/jour ce qui correspond à environ 25 mg/l dans le rejet de la saumure et qui reste inférieur à la norme (30 mg/l).

Ainsi on peut dire que l'impact sur la qualité des eaux de mer sera faible.

5.3.6.2 Effet des produits chimiques utilisés

En se basant sur les résultats les quantités des divers produits chimiques utilisés, les produits résiduels dans la saumure seront comme suit :

Tableau 36 : Impact des produits utilisés sur la qualité de la saumure

Désignation		Consommation annuelle kg/an	Produit résiduel	destination	Norme Rejet en mer mg/l
Prise d'eau de mer	Hypochlorite de sodium	27 720	Na	Tour de prise	Sans exigence
Prétraitement	Acide sulfurique (correction PH)	9 504	SO4	saumure	1000
	Hypochlorite de sodium	27 720	Na, Cl	saumure	Sans exigence
	Chlorure ferrique 1 ^{ère} étape de filtration	48 229	Cl Fe	saumure	Sans exigence 1
	Métabisulfite de sodium	8 739	Na	saumure	Sans exigence
	inhibiteur d'incrustation	27 292	organique	saumure	Sans exigence
	Hydroxyde de sodium	10 727	Na	saumure	Sans exigence
Post-traitement	Anhydride carbonique	810 166	C	Eau potable	
	Hydroxyde calcique	688 292	Ca	Eau potable	
	Hypochlorite de sodium	72 653	Na	Eau potable	
	Hydroxyde de sodium	2 010	Na	Eau potable	
Neutralisation d'effluents	Acide sulfurique	8,6	SO4	saumure	1000
	Hydroxyde de sodium	30 772	Na	saumure	Sans exigence
Station de deferrisation et station de pompage	Hypochlorite de sodium préchloratio	89 942	Cl Na	saumure	Sans exigence
	Hypochlorite de sodium post-chlorati	14 740	Cl Na	saumure	Sans exigence
	chlorure ferrique	35 478	Cl Fe	saumure	Sans exigence 1

D'après ce tableau, il apparaît qu'il y a seulement deux produits dérivés qui ont des exigences en ce qui concerne la conformité avec la norme de rejet en milieu marin à savoir les sulfates et le Fer.

- **Les sulfates** : La quantité annuelle qui sera utilisée en Acide sulfurique serait de l'ordre 9512Kg/an. En utilisant un coefficient de richesse de 98% du produit et un débit annuel de rejet de saumure de 15,6 millions de m³, le surplus de la concentration en sulfate dans le rejet serait de l'ordre de 0,5 mg/l ce qui est très inférieur à celle du rejet **6 234 mg/l** représentée par les sulfates originaux de l'eau de mer brute ;
- **Le Fer** : La quantité totale de chlorure Ferrique FeCl₃ utilisée pour les deux étapes de prétraitement et de la déferrisation serait de l'ordre de **83 707 Kg/an**. Le produit utilisé aura un coefficient de richesse de 40%. La quantité de Fer Fe rejetée dans la saumure, en cas d'utilisation totale de la station de déferrisation, serait de l'ordre de **11 530 Kg/an**. L'eau de forage utilisée, de concentration moyenne 1,26 mgFe/l et de quantité de 2 million par an, ajouterait à la saumure une quantité annuelle de **2 530 Kg/an**. Ceci induira une concentration de **0,9 mg/l** dans le rejet de la saumure ce qui est inférieur à la limite exigée par la norme NT 106 – 002 de (1 mg/l).

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 durant les travaux

6.2.1 Démarrage du chantier et préparation des travaux

Les premiers mois du délai total de l'exécution des travaux 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 du baraquement de chantier.

Pour le développement d'un chantier de cette envergure, il sera procédé à plusieurs zones de baraquement de chantier afin de couvrir les besoins en hygiène et confort des travailleurs affectés à l'intervention, ainsi qu'une zone principale où il sera disposé d'un bureau de chantier qui permettra de pouvoir gérer les équipes de production, suivre et contrôler les fournisseurs, les ateliers des engins, etc.

L'application de la stratégie envisagée dans la planification de ce grand chantier nécessite la définition de trois zones principales de chantier destinées à placer les baraques de chantier et les installations auxiliaires. Ces zones sont les suivantes :

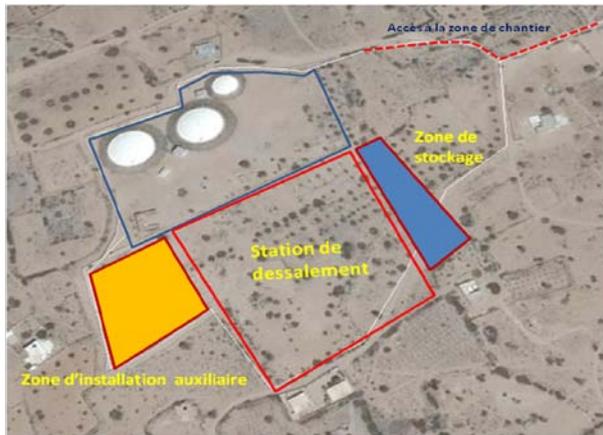
- Sone d'installations auxiliaires à l'usine de dessalement.
- Zone d'installations auxiliaires à la station de Pompage.
- Zone d'installations auxiliaires pour la construction de la tour de prise d'eau ;
- Zone de stockage des conduites marines ;
- Zone d'embarquement pour l'approvisionnement du chantier.

Zone d'installations auxiliaires de l'usine de dessalement : Dans la zone sud-ouest de la parcelle, à côté de la zone proposée pour le stockage et le dosage de CO₂, il est envisagé la définition d'une zone d'installations auxiliaires afin de pouvoir y installer un baraquement de chantier qui incluse des baraques (modules préfabriqués) pour accueillir les installations d'hygiène et confort des travailleurs (réfectoires, vestiaires et toilettes), des bureaux pour le personnel technique, une zone de stockages et un petit dépôt d'engins (figure ci-dessous).

Zone d'installations auxiliaires à la station de Pompage : La distance entre l'usine de dessalement et la zone de la station de pompage est de 1,5 km environ. Il est envisagé de disposer d'une deuxième zone d'installations auxiliaires à l'intérieur de celle d'occupation des travaux liés à la station de pompage. Cette solution est proposée dans le but de faciliter l'utilisation des services d'hygiène et au confort des travailleurs de cette zone d'intervention. Elle évite de devoir transporter le personnel entre les deux principales zones de travail, ce qui permet de minimiser les interférences avec les routes qui se trouveront en travaux pendant un temps considérable à cause de la construction du tronçon terrestre de l'émissaire de rejet et de la conduite de refoulement. Il est prévu de réserver, dans cette zone d'installations auxiliaires, une surface sans travaux pour les stocks. Celle-ci abritera les matériaux pour la construction de la station de pompage en lui-même, mais aussi des canalisations terrestres de l'émissaire de rejet et de la conduite de captage (figure ci-dessous).

Zone d'installations auxiliaires pour la construction de la tour de prise d'eau : En plus des deux zones principales pour l'installation des baraquements, il est prévu une zone d'installations auxiliaires dans le port de Zarzis, où il est prévu la construction de la tour de prise d'eau. Il est prévu également d'inclure dans cette zone une baraque de vestiaire, un réfectoire et des toilettes de sorte de pouvoir couvrir les besoins en hygiène et le confort du personnel chargé de la construction de la tour. Par ailleurs, il est prévu une baraque préfabriquée qui fera l'objet de bureau afin de pouvoir réaliser le suivi de la construction de la tour. La présence du baraquement prévu pour la construction de la tour de prise d'eau sera maintenue dans la zone de travail jusqu'au lancement de la tour et son transfert ultérieur à la zone d'ancrage par voie maritime.

Le site exact d'implantation de la zone de construction de la tour de prise sera à l'intérieur du port de Zarzis sera arrêté avec la concertation des services de l'OMMP, l'APIP et l'APAL.



LÉGENDE	
	CLÔTURE DE TRAVAUX
	ACCÈS
	BUREAU
	RÉFECTOIRES
	VESTIAIRES
	TOILETTES
	LOCAL DE PREMIERS SECOURS
	PARC DES ENGINES
	STOCKAGE DU MATÉRIAU PROVENANT DU DÉBLAIEMENT
	STOCKAGE D'AGRÉGATS DE CARR
	STOCKAGE DE L'ACIER POUR LA FI
	STOCKAGE DES PROFILÉS MÉTALL
	STOCKAGE CANALISATIONS (RÉSEAU DE DISTRIBUTION)
	STOCKAGE CANALISATIONS (DE L'ÉMISSAIRE DE REJET ET DE L'ÉMISSAIRE DE CAPTAGE)

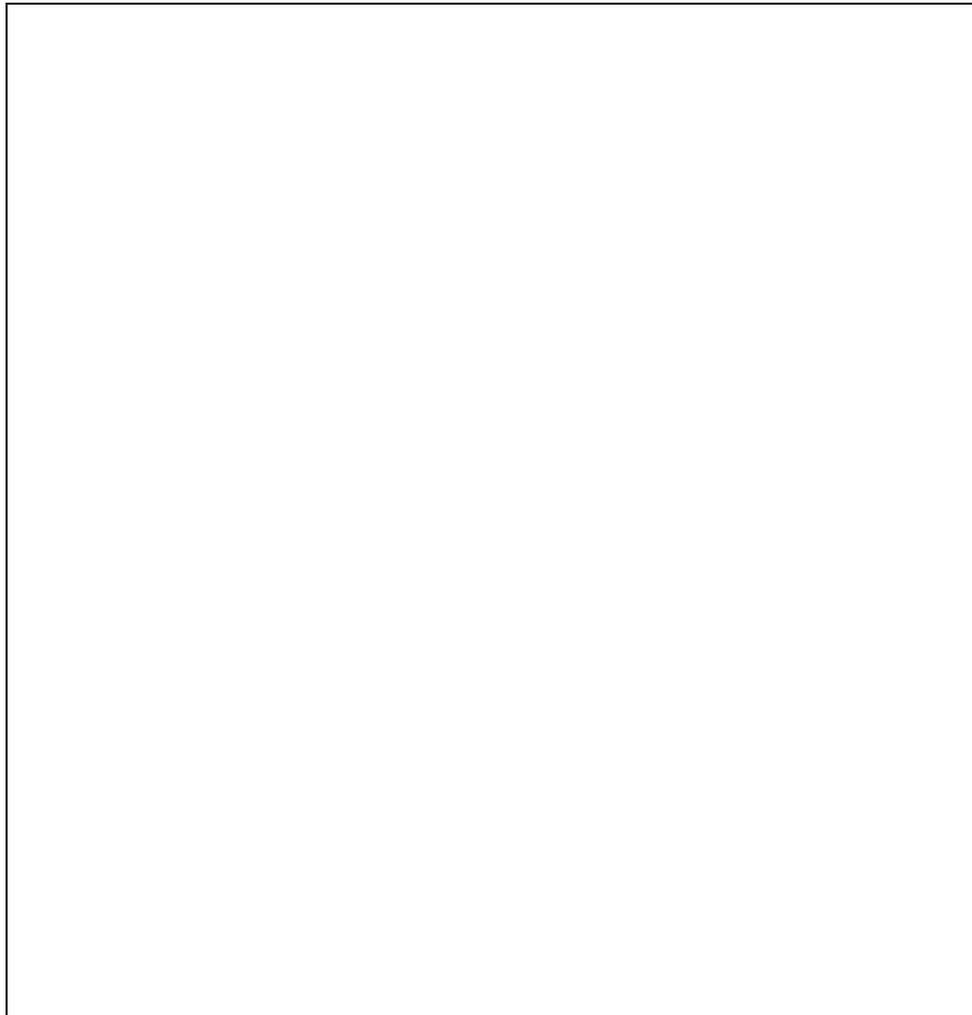


Figure 80 : Position des sites de chantiers et des divers zones de stockage et des locaux de chantier dans le site de la station de dessalement

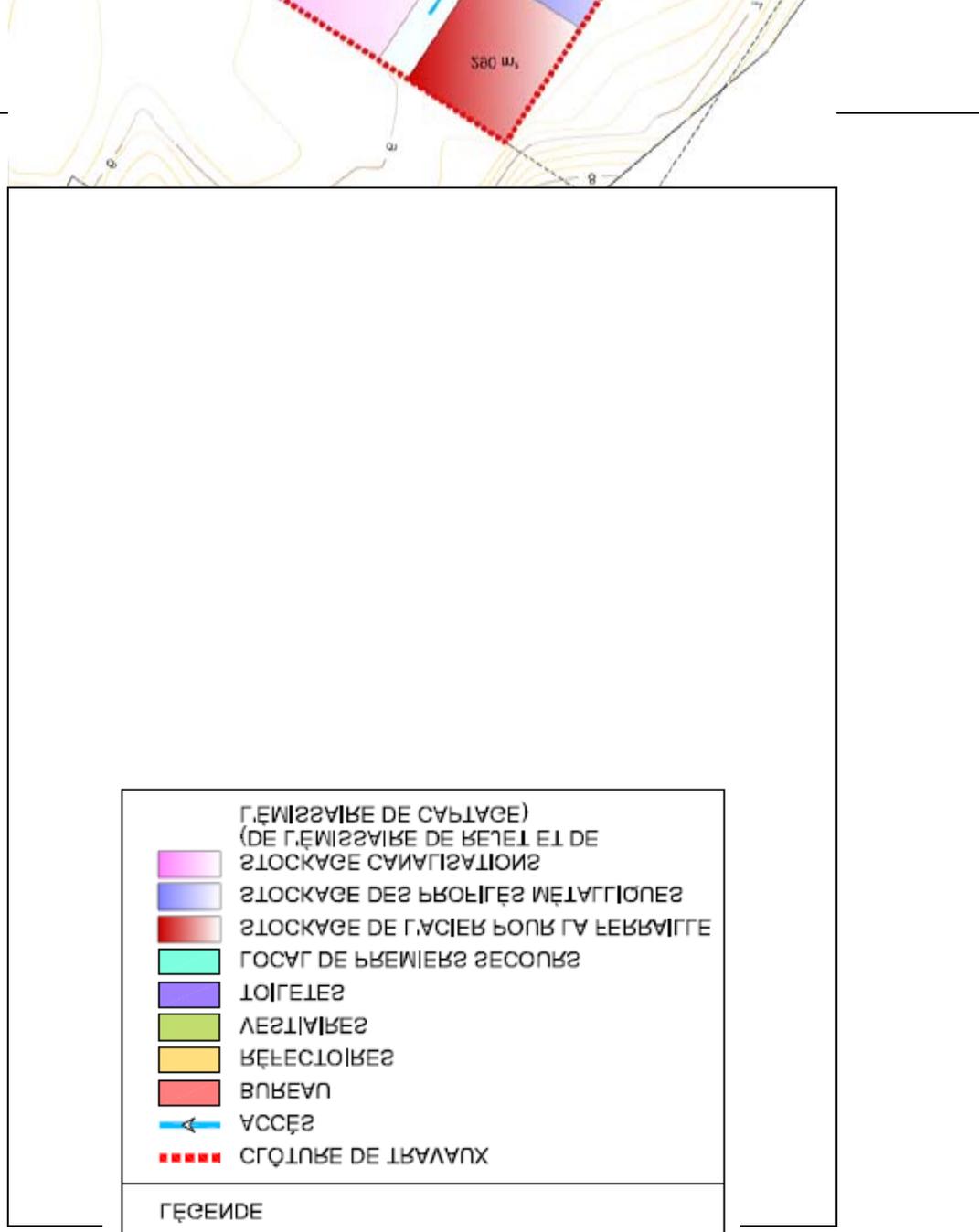


Figure 81 : Position des sites de chantiers et des divers zones de stockage et des locaux de chantier dans le site de la station de pompage

Zone de stockage des conduites marines : Les conduites seront remorquées de l'industriel par voie maritime jusqu'à la zone abris de stockage provisoire. Cette dernière devrait être accessible par les bateaux et les remorqueurs et devrait être protégée de la houle. La zone du projet est exposée aux tempêtes, son arrière côte est occupé par des hôtels haut standing et la plage correspondante est difficilement accessible par des engins à cause des divers obstacles existants (paillote, terrasse Les Sirènes, Terrasse Carrebeen Word). Pour ces raisons le site de stockage ne peut être choisi dans la zone du projet. Le seul site potentiellement faisable pour cette activité est la zone marine située entre le port de Houmet Essouk, Sebket Sidi Hachani et la flèche de Rass Errmal (figure ci-dessous).

Zone d'embarquement pour l'approvisionnement du chantier : pour les raisons présentées au paragraphe précédent, le site d'embarquement ne être choisi sur la côte de la zone du projet. Pour ces raisons, la zone d'embarquement sera le même site de stockage des conduites sous marines.



Figure 82 : Site potentiel pour l'embarquement et pour l'approvisionnement vers la zone du projet

6.2.2 Construction de la station de dessalement

Comme présenté ci-dessus, les ouvrages de la station de dessalement vont occuper une aire d'un hectare environ dans la parcelle actuellement agricole de 4,25 hectares.

La station de dessalement devrait être intégrée dans cet environnement agricole, les constructions ne devraient pas être très perceptibles de l'extérieur.

Différents ouvrages seront aménagés à l'intérieur de la parcelle de terrain. Ces ouvrages seront aménagés en différents niveaux afin d'éviter les encombrements et de permettre l'écoulement de l'eau d'un ouvrage à un autre de manière facile et ce, jusqu'à la bêche de stockage de l'eau filtrée.

Une zone sera réservée à l'intérieur de la parcelle pour la station des engins et le stockage des matériaux de construction de tout le chantier.

Cette aire de chantier sera munie de toutes les mesures de sécurité, d'hygiène et de protection de l'environnement en particulier :

- Une aire réservée pour la vidange et l'entretien des engins ;
- Une aire réservée pour le stockage du gazoil, des huiles et des pièces de rechange ;
- Une aire réservée pour la collecte des huiles usées, des pièces usées, des chutes de ferrailles, etc... ;
- Une fosse septique pour la collecte des eaux usées ;
- Etc...

Conformément au planning des travaux, certaines mesures seront prises durant ces divers travaux à savoir:

- Les oliviers et les palmiers seront évités dans la mesure du possible. Celles qui se trouvent dans la zone d'implantation de la station seront déracinées et re plantées à l'intérieur de la parcelle dans les zones du terrain non bâties ;
- La terre végétale superficielle sera conservée à l'intérieur de la parcelle pour qu'elle soit réutilisée après les travaux pour l'aménagement des espaces verts à l'intérieur du terrain réservée à la station et à la zone de stockage ;
- La coordination avec les principaux acteurs pour la collecte des déchets organique, la collecte des déchets industriels de chantier, la vidange de la fosse septique ;
- L'arrosage continu de la piste et des aires non revêtues à l'intérieur de la parcelle pour éviter l'émanation de poussière dans la zone agricole ;
- La collecte des chutes et des pertes des matériaux de construction lors de leurs transports terrestre ;
- Le transport des déchets de démolition vers la décharge appropriée ;
- La remise en état du site à la fin du chantier y compris les divers nettoyages nécessaires ;
- L'aménagement des espaces verts à l'intérieur du site de la station de dessalement.

6.2.3 Pose des conduites de transfert terrestre entre la station de dessalement et la station de pompage

Compte tenu des particularités du site et des impacts signalés au chapitre précédent, On peut diviser ce tronçon en deux sous tronçons:

Tronçon 1 : La piste reliant la station de dessalement à la route touristique principale

Ce tronçon coïncide dans sa totalité avec un chemin agricole et vicinal. L'exécution de la tranchée impliquera l'occupation de pratiquement la totalité de la section du chemin. Il faudra donc établir des déviations provisoires pendant le déroulement des travaux. Lors de l'ouverture de la tranchée au niveau de la piste, il serait nécessaire de faire une déviation provisoire juste à coté de la piste existante pour assurer la mobilité des utilisateurs de cette piste pendant la période des travaux. Le diagnostic présenté dans le chapitre état initial du projet, a montré que tous les terrains de part et d'autre de la piste sont nus et sont non exploités. Il existe actuellement une grande quantité de pistes et de chemins qui permettent d'envisager des itinéraires alternatifs à travers l'infrastructure routière existante. La déviation du chemin sera accompagnée par la mise en place de panneaux d'information sur la présence des travaux et les itinéraires possibles permettant d'avoir des caractéristiques similaires au chemin affecté par l'exécution de la tranchée des canalisations de refoulement et de rejet.

Tronçon 2 : Le tronçon routier entre la fin de piste précédente et la station de dessalement

Ce tronçon peut être divisé, à son tour, en trois sous-tronçons en raison de l'impact que génèrera leur exécution durant le chantier.

- Le premier sous-tronçon correspond au tronçon situé entre la station de pompage et la liaison en T de raccordement entre la rue d'accès à la station et la route principale.
- Le deuxième sous-tronçon correspond au tronçon se développant sur la liaison en T mentionnée ci-dessus, où il faudra proposer un phasage des travaux qui permette de les conjuguer avec les circulations à travers la route principale.
- Le troisième sous-tronçon correspond au tracé des canalisations qui passent par la route principale touristique des canalisations de rejet et de refoulement, la route est à double sens, avec deux voies par sens et un terreplein central dont la section est d'environ 3m, ce qui facilitera la proposition de déviations provisoires.

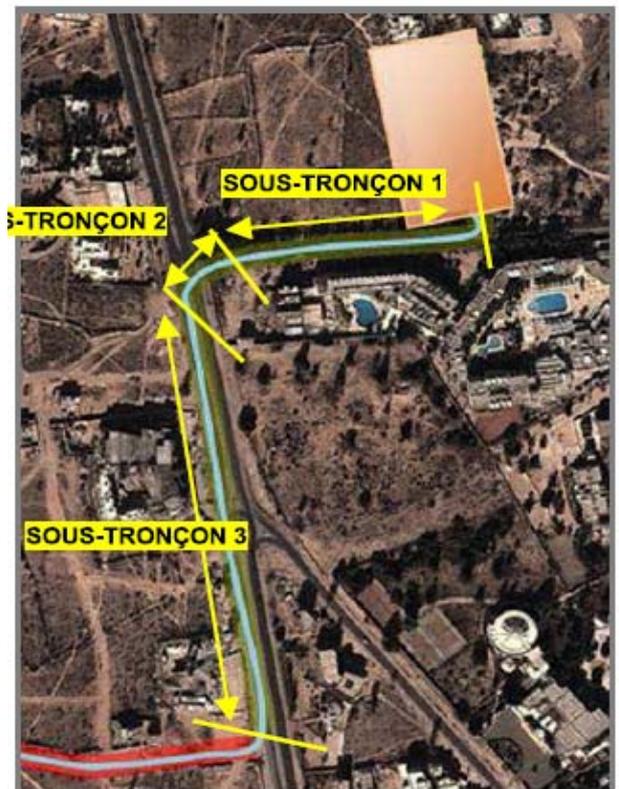


Figure 83 : Tronçon terrestre entre la piste et la station de pompage

La programmation des travaux éviteront que les travaux de cette phase ne coïncident avec ceux du sous-tronçon 3, pour qu'il n'y ait qu'un seul tronçon en construction au niveau de la route principale et que l'impact soit localisé en un seul point.

Durant la deuxième phase, on exécutera le tronçon de canalisations qui se développe sur les voies dans le sens sud et le terre-plein central de la route principale, en profitant pour cela des déviations de trafic proposées pour la phase 1 de la construction du sous-tronçon 3.

Au premier sous-tronçon, durant la réalisation des travaux, il est prévu de restreindre les circulations à travers tout le tronçon de la rue, étant donné que l'on dispose de voies alternatives qui peuvent couvrir provisoirement les fonctions offertes par la voie affectée. Durant cette étape de la construction, aucun impact n'est prévu sur l'Hôtel les Dunes, puisque l'accès principal est situé dans la rue perpendiculaire à celle d'accès à la station de pompage, tel que mentionné dans le point précédent.

Les travaux du deuxième sous-tronçon seront conjugués avec ceux des sous-tronçons 1 et 3, en essayant de réduire l'impact sur la route principale, et en définissant le moins possible des situations provisoires au niveau des circulations de cette voie.

Pour résoudre le croisement avec la route principale, deux phases de travail sont envisagées. La première phase correspondra à la construction du tronçon de canalisation qui se développe sur les voies de circulation dans le sens nord. Les travaux dans cette zone se dérouleront en même temps que les travaux de la canalisation du premier sous-tronçon, en profitant de l'interdiction de la circulation sur la route d'accès à la station de pompage.

Profitant de la disponibilité de ronds-points et de deux voies au niveau de la circulation dans le sens sud, il est proposé la réalisation d'une déviation provisoire de la circulation dans le sens nord.

Le graphique a de la figure dessous suivant montre de manière schématique la déviation proposée.

Durant la construction du troisième sous-tronçon, la largeur d'occupation en surface de la tranchée est d'environ 6.00m. Les deux voies de circulation dans le sens sud seront donc affectées pendant le déroulement de l'exécution des canalisations dans ce tronçon, et devront être interdites au trafic.

La présence d'un grand nombre de ronds-points et la disponibilité de deux voies par sens, permettront de définir des déviations provisoires sans devoir réaliser des travaux auxiliaires de grande envergure afin de pouvoir définir des changements de sens ou des itinéraires alternatifs, ce qui permettra d'éviter la production d'un impact plus important sur les usagers de la route.

Deux phases ont été envisagées pour la construction de ce tronçon. La première phase, comme on l'a avancé dans la description du sous-tronçon précédent, correspondra à la longueur de la tranchée entre la liaison en T avec la route d'accès à la station de pompage, et le rond-point suivant dans le sens sud existant sur la route principale.

Les ronds-points précédent et ultérieur seront utilisés pour dévier la circulation dans le sens sud à travers la voie de gauche des circulations dans le sens nord, ce qui laissera une seule voie par sens le long de ce tronçon. La zone de travaux sera signalée et des clôtures de séparation seront placées afin de garantir la sécurité des usagers de la route et des ouvriers du chantier. Durant la deuxième phase des travaux, il sera procédé à la réalisation du tronçon qui se développe à travers la voie de gauche des circulations dans le sens nord, en utilisant les ronds-points précédent et ultérieur du tronçon affecté (figure ci-dessous).

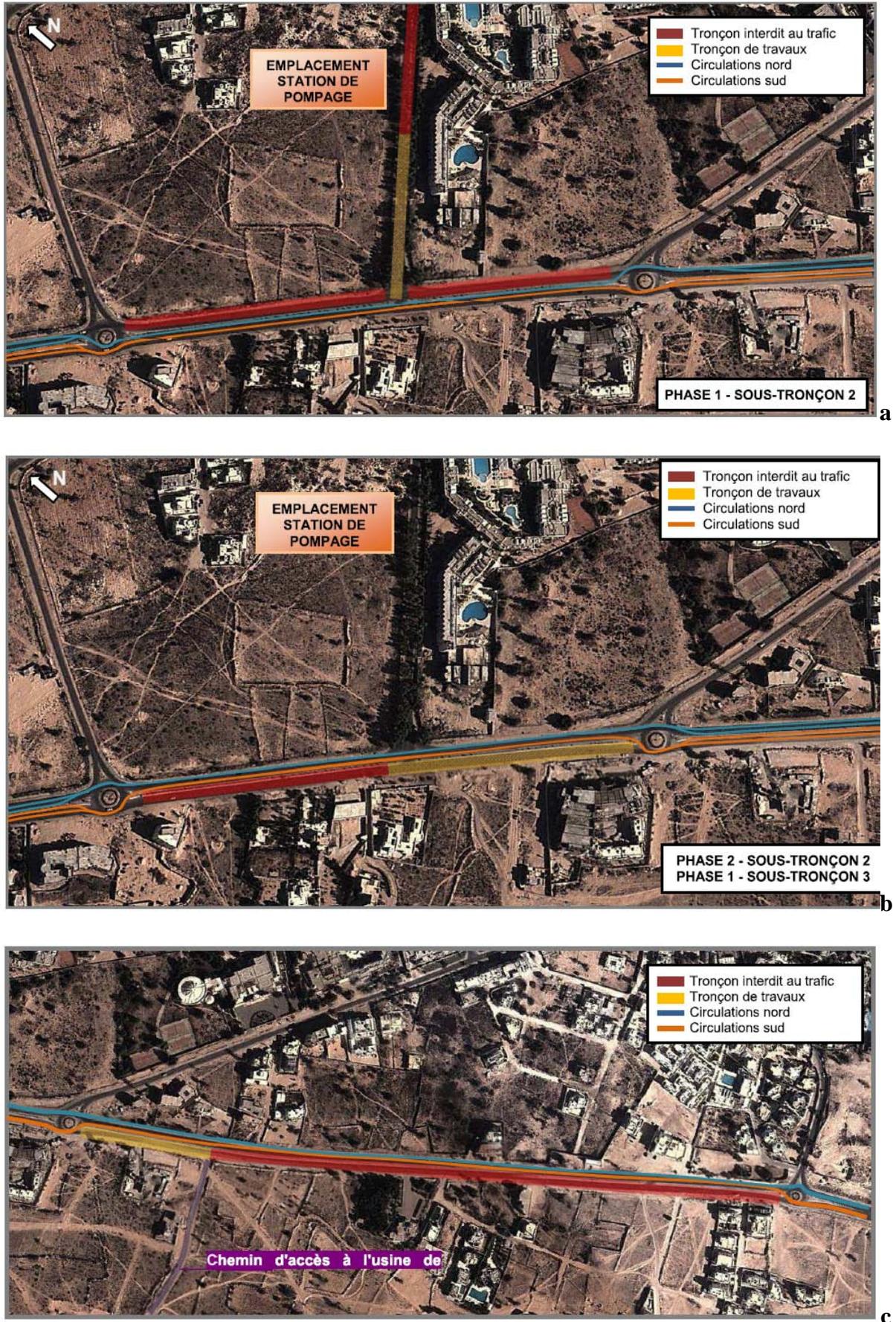


Figure 84 : Phasage prévu pour la pose des conduites de refoulement et de rejet de la saumure

6.2.4 Construction de la station pompage

La station de pompage serait réalisée en pleine zone touristique, elle devrait donc être aménagée en conformité avec le paysage général de la zone. Etant donnée qu'il s'agit d'un ancien champ dunaire, les espaces non bâtis seront plantés par des palmiers

Pour ce qui concerne la station de pompage, il est prévu de construire le radier de la bêche d'arrivé des eaux à une côte à d'environ -8 m en dessous du TN. Ceci va générer un grand volume de déblais de terrassement. Ces déblais qui sont du sable de bonne qualité devraient être réservés pour la plage et la réparation des éventuelles érosions causées durant les travaux de chantier.

Durant les travaux, on évitera au maximum, le stockage des matériaux de déblais à proximité du site de la station de pompage.

6.2.5 Travaux de pose des conduites de transfert entre la station de pompage et la mer

La cote d'appui envisagée pour les deux canalisations impliquera l'excavation d'une tranchée d'une hauteur dépassant les 11m, c'est pourquoi il sera nécessaire d'utiliser un rideau de palplanches métalliques permettant de garantir la stabilité des talus excavés tout en réduisant la section de la tranchée en surface.

Le principal impact correspondra aux accès aux hôtels Djerba les Dunes et Miramar Palace. L'accès aux hôtels sera garanti à tout moment grâce au maintien de passages provisoires auxiliaires à côté de la zone des travaux. En même temps, afin de minimiser autant que possible l'impact provoqué par l'exécution des travaux, il est prévu de construire la plus grande partie de ce tronçon de canalisation **en dehors de la haute saison touristique**.

La restriction de la circulation dans les rues colorées en rouge n'entraînera pas de grand impact puisqu'il n'y a pas d'accès aux bâtiments existants. On y laissera tout de même, à tout moment, un passage auxiliaire pour les circulations en cas d'urgence et pour tout accès devant être maintenu durant les travaux.



Figure 85 : Schéma de circulation proposé pour le tronçon entre la station de pompage et la mer

Au niveau du rivage, la conduite sera implantée entre les deux hôtels "Les Sirenes" et "Carabin Word".

Au niveau de ce passage, il y a un vrai obstacle constitué par les deux constructions temporaires : La paillote de l'hôtel les dunes et celle de l'hôtel Miramar (le petit Palace). Pour surmonter cet obstacle il y a deux possibilités :

- **1^{ère} possibilité : passer entre les deux constructions légères** : Cette variante va présenter un grand problème technique de construction. D'une part, il n'y a aucun accès pour la plage étant donné qu'il y a deux constructions avancées en mer appartenant aux deux hôtels les Sirenes et Carabin Word, D'autre part la fouille telle que projetée risque la stabilité des deux constructions durant les travaux ;
- **2^{ème} possibilité : enlever une ou les deux constructions** : Cette possibilité reste tributaire de l'accord des services des deux hôtels (Les dunes et Miramar) et de l'accord de l'APAL. Cette dernière est la partie prenante principale qui a le pouvoir autoritaire sur la position réglementaire des deux constructions temporaires.



Figure 86 : divers obstacles rencontrés dans le dernier tronçon terrestre des conduites de transfert

Pour la réalisation de ce tronçon, la meilleure méthode consiste à enlever les deux constructions légères implantées temporairement. Ceci nécessitera une forte coordination avec les services de l'APAL et ceux des services des hôtels Les Sirène, Carabean word, les dunes et le petit Palace (Miramar).

Pour ce tronçon, la tranchée sera relativement profonde par rapport au tronçon précédent pour que la conduite soit toujours très en dessous de la côte des plus basses eaux de mer. Ainsi, pour les zones ayant un terrain instable, il sera procédé à la stabilisation par un rideau de palplanches.

Le sable excavé de la tranchée de ce tronçon sera stocké provisoirement sur la plage et sera réutilisé **exclusivement** pour le remblai de la tranchée de la plage. Il ne devrait pas être utilisé pour aucun autre objet soit par l'entreprise ou par des clandestins.

Tous les excès des produits d'excavation seront stockés provisoirement pour être réutilisés pour le rechargement de la plage après la fin des travaux des conduites sous marines.

6.2.6 Travaux de pose des conduites sous marines

Zone du bas de la plage :

Comme indiqué au chapitre précédent, le tronçon le plus délicat est celui du bas de la plage qui sera réalisé par voie terrestre en implantant des rideaux de palplanche. L'excavation sera effectuée par pelle mécanique. Pour réduire et atténuer les impacts résiduels inhérents à ce chantier, on prévoit actions suivantes :

- Le raccourcissement de la période des travaux de cette zone de chantier pour éviter au maximum l'érosion de la plage;
- Le choix de la période des travaux en dehors de la période estivale de baignade.
- La clôture du chantier pendant les travaux pour que les travaux ne soient pas perceptibles par les utilisateurs de la plage ;
- Les matériaux excavés de la tranchée de l'emprise seront stockés provisoirement sur la plage pour être réutilisés à la fin pour le remblayage de la souille marine ;
- Rechargement des zones érodées de la plage par les stocks de sable de réserve des tronçons précédents ;
- Remise en état des fonds et talus de bas de plage après travaux ;

Zone de déferlement

Entre le bas de la plage et la zone du brisant (cad) sur une longueur de l'ordre de 400 m, l'excavation de la tranchée sera effectuée par une pelle retro montée sur ponton. Les mesures suivantes seront respectées :

- Le raccourcissement de la période des travaux de cette zone de chantier pour éviter au maximum l'érosion de la plage;
- Le choix de la période des travaux en dehors de la période estivale ;
- Les matériaux d'excavation seront mis sur chaland et stockés provisoirement sur la plage ;
- Les matériaux d'excavation seront réutilisés pour le remblayage de la tranchée ;
- L'emprise de la tranchée sera remise à sa morphologie initiale avant travaux ;
- La zone de stockage des matériaux d'excavation sera nettoyée après les travaux.



Figure 87 : Zone de stockage provisoire des matériaux sableux de d'excavation

Zone du large marin

Ce tronçon marin s'étendra jusqu'à une distance de 2600 m du rivage. Pour ce tronçon, les deux conduites d'aspiration et de rejet seront ensouillées dans le fond jusqu'à la tour de prise et la conduite de la saumure serait lestée sur le fond marin après jusqu'au point de rejet.

Comme présenté au chapitre précédent, les herbiers qui se trouvent dans l'emprise seront sacrifiés, mais il est prévu de protéger l'herbier se trouvant de part d'autres de l'emprise de la conduite. Ainsi une méthode d'exécution sera choisie pour minimiser l'impact sur les zones voisines à l'emprise.

L'ouverture de la souille serait réalisée soit par dragage direct pour les fonds sableux soit par déroctages pour les fonds rocheux.

Les matériaux de dragage ne peuvent mises sur les herbiers voisins de la tranchée, la meilleure consiste à les draguer et à les réutiliser pour le remblayage des tranchées après la pose. Pour respecter cette condition, il y a deux méthodes :

- **Dragage mécanique par pelle** : Les matériaux seront excavés par pelle montée sur ponton et seront mise provisoirement sur chaland à partir duquel, ils seront réutilisés pour le remblayage de la tranchée après la pose (figure ci-dessous);
- **Dragage hydraulique** : Dans ce cas il est nécessaire d'utiliser une drague qui permettra de réutiliser les matériaux d'excavation pour le remblayage des tranchées. Les matériaux seront réutilisés pour le remblayage des tranchées soit directement soit après stockage provisoire dans une zone dénudée de végétation et réutilisée après mouillage et pose des conduites.

Le stockage provisoire des matériaux sera fait soit sur la plateforme du chaland, soit dans la zone côtière dénudée de végétation. La réutilisation de matériaux pour le remblayage peut être effectuée directement à partir du chaland. En cas de stockage provisoire dans une zone dénudée de végétation, les matériaux seront rechargés sur chaland et réutilisés pour le remblayage des souilles.

Certaines autres mesures seront prises en compte lors des travaux d'excavation, de mouillage et de pose des conduites sous marines :

- Le raccourcissement de la période des travaux de cette zone de chantier pour éviter la haute saison estivale et la période du repo biologique en concertation avec la Direction Générale de la Pêche et l'Aquaculture;
- La signalisation du chantier durant toute la période des travaux ;
- La remise des fonds à leur état original avant travaux ;



Figure 88 : Excavation mécanique et stockage provisoire sur chaland des matériaux

Type de chaland utilisé pour le stockage provisoire des matériaux d'excavation

6.3 Mesures d'atténuation durant l'exploitation

6.3.1 Création d'une ressource en eau potable

Nous avons signalé dans le chapitre précédent 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 l'hydrogéologie ;
- Des impacts positifs sur la population ;
- Des impacts positifs sur le tourisme.

La création de cette ressource d'eau non conventionnelle consiste quant à elle une action environnementale durable qui va résoudre beaucoup de problèmes relatifs à :

- L'environnement naturel (préservation des ressources en eau phréatiques et profondes) ;
- L'environnement social (assurer une alimentation en AEP à long terme) ;
- L'environnement économique (promotion du tourisme).

Contrairement au dessalement des eaux saumâtres qui sont des eaux fossiles non renouvelables, le dessalement des eaux de mer constitue une action permettant un développement durable.

Il est recommandé à ce que la SONEDE organise avec les autorités locales des campagnes de sensibilisation du public sur la durabilité de cette action qui consiste à assurer un apport d'eau potable à long terme.

6.3.2 Savoir faire et transfert de technologie

La mise en service de la station est prévue pour une durée de 24 mois par l'entreprise chargée par la SONEDE pour la réalisation des travaux. Durant cette période, il y aurait un transfert de technologie entre la SONEDE et l'entreprise. Des stages du cadre SONEDE seront effectués dans d'autres stations à l'étranger pour renforcer le savoir faire de la SONEDE.

Il est bien évident que le dessalement est un nouveau maillon technologique introduit en Tunisie. La station de Jerba constitue la quatrième station de dessalement construite en Tunisie après celles de Gabès (eau saumâtre), Gallala (eau saumâtre) et Zarzis (eau saumâtre) et la première avec cette capacité pour le dessalement de l'eau de mer. Ainsi un savoir faire est introduit à la SONEDE qui permettra de satisfaire les besoins en eau pour toutes les générations future de la Tunisie. Ce savoir technologique pourrait être également exploité et exporté comme service pour d'autres pays ce qui va contribuer à l'entrée de la devise pour le pays.

La SONEDE a déjà créé la filiale SONEDE International pour valoriser ses services à l'extérieur. Le dessalement sera donc un nouveau produit ajouté aux services de la SONEDE.

6.3.3 Les ouvrages de la station de dessalement et de la station de pompage

Quelques mesures sont proposées durant l'exploitation à savoir:

Le coté paysager de la station : La construction de la station nécessitera des mesures d'accompagnement pour intégrer le projet dans son environnement naturel (plages, palmiers, hôtels, dunes de sables, etc...). Les ouvrages particuliers ne seront pas être remarquables de l'extérieur de la station. Une certaine hauteur ne sera pas dépasser comme pour la tour de contrôle de la station, etc.... Les espaces libres du site seraient plantées par des arbres adaptables avec la région tels que palmier, oliviers etc.... Le terrain de 4,5 ha est suffisant pour créer un espace pouvant s'adapter avec son environnement;

Les espaces libres de la station seront aménagés en zones vertes équipée avec un réseau d'arrosage et d'entretien continu.

Les deux figures ci-dessous montrent un exemple de plans d'ensemble aussi bien pour la station de dessalement que pour la station de pompage avec une bonne intégration dans le paysage naturel et touristique de la zone.

Certaines autres mesures seront prises en compte à savoir :

- **Les bruits et vibrations :** Les équipements pouvant émettre des bruits (station d'aspiration des eaux de mer de pompage et la salle des machines) seront construits dans des bâtiments en béton totalement fermés. **La station de pompage principale implantée dans la zone touristique sera en totalité en dessous du niveau terrain naturel.** Ceci évitera toute perception de nuisances sonores à l'extérieur de la station de pompage (figure suivante);
- **La population:** Pour bénéficier la population locale du projet, il est proposée à la SONEDE de recruter des cadres permanents de Jerba pour la gestion de la station. Ceci permettra aussi bien la création de nouveau emploi ;
- **L'urbanisation :** La station de pompage sera implantée dans une zone touristique de haut standing. La présence du bâtiment de la station n'affectera la vocation de la zone tant qu'elle sera construite avec des mesures d'embellissement. L'architecture générale de la station devrait prendre en compte le règlement de l'urbanisme de la zone touristique considérée comme indiqué ci-dessus.
- **L'industrie :** La station de dessalement consommera une grande énergie électrique qui sera desservie de la STEG. Il serait nécessaire de réaliser des audits énergétiques périodiques pour réduire la consommation de l'énergie.

Figure 89: Plan d'ensemble de la station



Figure 90: Plan de la façade de la station de pompage (bonne intégration dans le paysage de la zone agricole)



6.3.4 Les conduites de rejet et de captage en mer

Les conduites de rejet et de captage seront toutes les deux ensouillées dans le fond marin jusqu'à une distance de 2200m à partir du rivage. Les deux ouvrages de captage (pour la conduite d'aspiration) et de rejet (pour la conduite de rejet) qui seront émergés dans l'eau. Le dernier tronçon de la conduite de rejet au-delà de 2200m du rivage sera lestée sur le fond marin.

Certaines mesures seront prises en compte pour limiter des impacts négatifs pour certaines composantes de l'environnement.

6.3.4.1 Mesures pour le milieu physique

La tour de prise et le dernier tronçon de la conduite de rejet sont posés sur le fond.

Pour éviter le rapprochement des bateaux du point de captage, il est prévu

- Le balisage de la tour de prise pour éviter le rapprochement des bateaux ;
- Le balisage du dernier tronçon de la conduite de rejet pour éviter le stationnement des bateaux et les éventuels chalutages ou pêche dans cette zone.

La conception des sera effectuée selon les normes standard en étroite concertation avec les services phares et balises du Ministère de la défense Tunisienne.

La figure 90 ci-dessous montre le schéma du système de balisage prévu sous réserve de l'accord des services phares et balises.

6.3.4.2 Mesures pour le milieu biologique

Etant donné que toute la conduite soit ensouillée dans le fond marin, on n'envisage aucune mesure pour le milieu biologique.

Après remblayage de la trachée et stabilité finale du fond marin au dessus de la conduite on s'attend à une reprise progressive de l'herbier et de la faune benthique (endogée, vagile, sessile, terriers, etc) au niveau de l'emprise de la conduite sous marine.

6.3.4.3 Mesures pour le tourisme et les activités marines

Comme pour le milieu biologique, le fait d'avoir une conduite ensouillée en grande partie dans le fond marin, il n'y aurait pas d'impacts visuels.

Les ouvrages marins seront munis d'un système signalisation au niveau des points de captage et de rejet ainsi que du dernier tronçon lesté de la conduite de rejet. Ceci évitera bien entendu le mouillage des bateaux qui risquent de démolir la conduite lestée par les ancres.

Ces deux derniers seront suffisamment loin des rivages et ils ne seront pas perceptibles à partir des rivages.

6.3.4.4 Protection des crépines

L'installation d'aspiration est une zone d'attraction préférentielle pour la faune et la flore marine. Les mesures prévues pour éviter cette attraction se résument à (figure ci-dessous de la tour de prise):

- L'installation d'une crépine à mailles réduites pour éviter l'introduction de la faune d'une taille relativement importante ;
- De réaliser des entretiens périodiques de la crépine contre l'installation du fooling et des diverses crustacés.

6.3.4.5 Plan d'intervention en cas d'accident des conduites d'amené

En cas d'accidents au niveau des conduites, certaines mesures sont prévues pour éviter les fuites dans la zone touristique :

- **Conduite de captage** : En cas d'accident, il suffit d'arrêter le pompage et de bloquer les conduites au niveau du point d'aspiration pour réaliser les travaux de réparation.
- **Conduite de rejet** : En cas d'accident au niveau de la conduite de rejet, en raison de l'impossibilité d'arrêter provisoirement la station de dessalement, la seule solution consiste à installer une station de refoulement provisoire à l'amont de la fuite pour refouler la saumure par le biais d'une conduite apparente directement sur la plage.

Nous signalons que les fuites au niveau des conduites qui sont bien enfouillées dans le sol sont très peu fréquentes. Le promoteur fera les entretiens nécessaires pour éviter au maximum les fuites accidentelles.

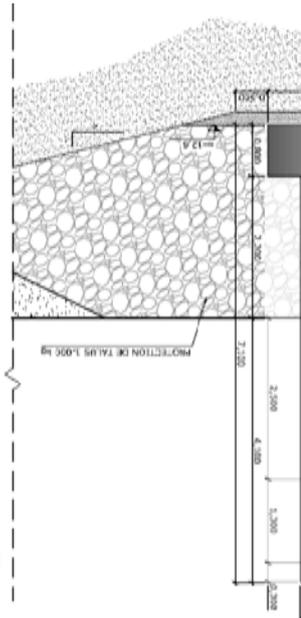


Figure 91 : tour de prise de la conduite d'aspiration des eaux brutes

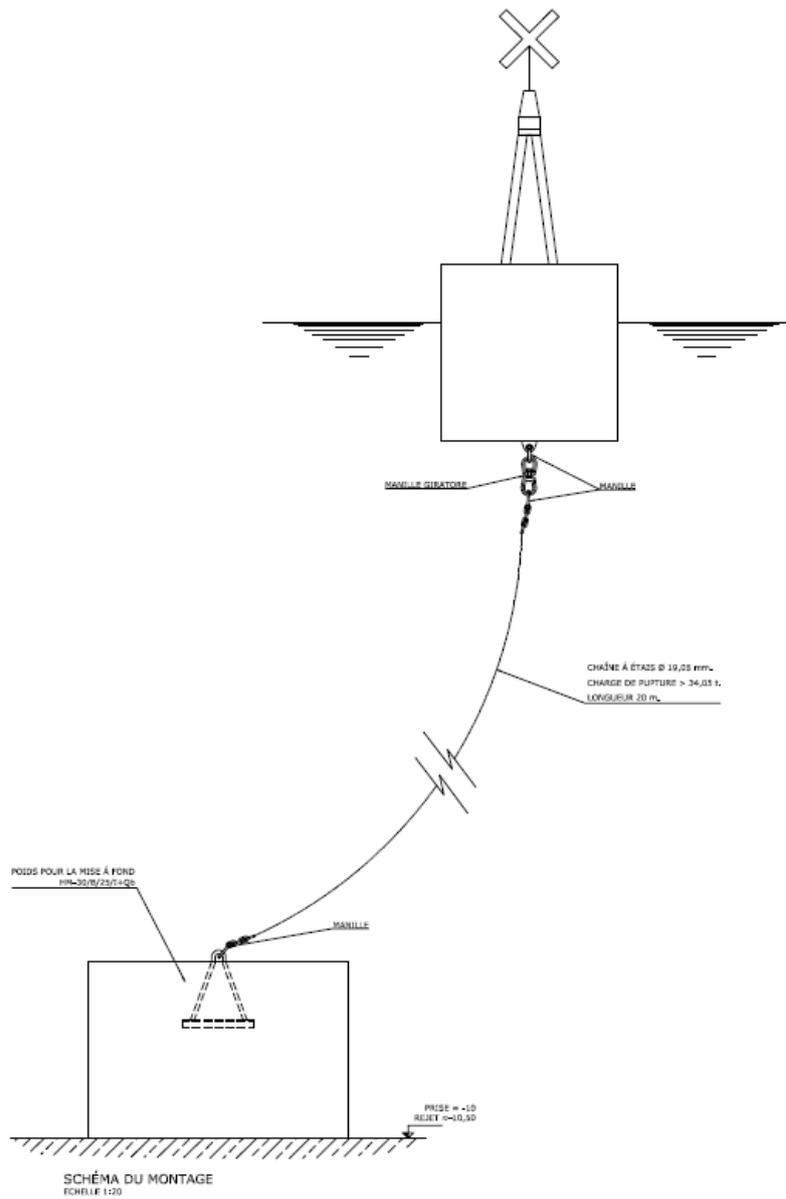


Figure 92 : système de balisage prévu pour la tour de prise

6.3.5 Le rejet de la saumure en mer

L'implantation de la station de dessalement est prévue à terre, le principal rejet en mer étant la saumure (**concentrée 73g/l**) et dont le débit est de l'ordre de **61 112 m³/jour**.

Des mesures ont été conçues pour protéger le milieu marin contre les effets négatifs de cette saumure.

Les effets négatifs induits par le rejet ponctuel à forte vitesse seront atténués par des rejets dispersés entre plusieurs points par le biais de diffuseurs.

Il est attendu à ce que la concentration des sels nutritifs dans la saumure soit plus importante dans le rejet que dans l'eau de mer brute aspirée.

Une analogie faite sur l'étude réalisée pour la salinité et en se basant sur les résultats d'analyses chimiques des eaux brutes, il a été montré que la qualité des eaux de rejet, à l'exception des deux paramètres Mg, SO₄, ne pose pas de problèmes quant à la physico-chimie en comparaison avec la norme de rejet NT 106.002 (1989).

Néanmoins, pour ce qui concerne la concentration du Fer dans le rejet, bien qu'il soit conforme à norme (0,9 mg/l < 1 mg/l norme NT 106 – 002), il est prévu le rabattement de cette concentration par le recours aux deux mesures complémentaires suivantes :

- ***L'utilisation du sulfate d'Alumine*** : Il s'agit de la substitution de l'utilisation du Chlorure ferrique FeCl₃ dans la station de déferrisation par le sulfate d'Alumine (Al₂SO₄). Dans ce cas, la quantité totale de chlorure Ferrique FeCl₃ utilisée pour le prétraitement serait seulement de **48 229 Kg/an** (contre **83 707 Kg/an** en cas d'utilisation du FeCl₃ pour la déferrisation). Avec un coefficient de richesse de 40%, la quantité de Fer Fe rejetée dans la saumure, serait de l'ordre de **6 648 Kg/an**. L'eau de forage utilisée, de concentration moyenne 1,26 mgFe/l et de quantité de 2 million par an, ajouterait à la saumure une quantité annuelle de **2 530 Kg/an**. Ceci induira une concentration de **0,588 mg/l** contre 0,9 mg/l avec l'utilisation du FeCl₃. Avec cette mesure on a ainsi réduit la concentration dans le rejet de 35% ;
- ***La prévision d'un bassin de décantation-neutralisation*** : Il s'agit d'un système comportant deux bassins BR1, BR2 (figure 93 ci-dessous). La saumure provenant du procédé d'osmose inverse sera stocké dans la bache BR1 qui reçoit uniquement la saumure et qui sert à effectuer les lavages de filtres à sable. L'excès de saumure débordera à la bache BR2 et sera évacué à la mer. Le second sous-produit (effluents) sera soumis à deux types de traitements différents. Les saumures avec solides en suspension provenant de lavage des filtres à sable de la station de dessalement et de la station de déferrisation seront stockées dans la bache de neutralisation, afin que ces solides puissent être progressivement retirés. Les possibles vidanges de réservoirs de réactifs et solutions de lavage de membranes seront envoyés à ce réservoir pour procéder à leur neutralisation par l'acide sulfurique et l'hydroxyde de sodium. Les deux baches de saumure et de neutralisation déversent dans la chambre de charge (BR2) à partir de laquelle les effluents seront transités vers la mer par un émissaire DN 1.500 en PRFV.

Pour la protection du milieu marin, le projet prévoit également :

- **La réalisation d'un émissaire en mer** : Le projet prévoit le rejet en mer par un émissaire marin de 2600m de longueur à partir de la plage. C'est une action très coûteuse et qui a pour but essentiel la protection de l'environnement marin.
- **Le choix de la position du rejet** : La position du point de rejet a été bien étudiée par rapport à celle du point de captage pour éviter toute éventualité de recirculation entre le rejet et le captage. La modélisation de la dispersion de la saumure par le modèle mathématique a montré qu'à une distance très courte, la salinité est réduite de 73 g/l à une salinité à salinité normale de l'eau de mer de 38 à 40 g/l. Pour notre cas, nous avons laissé une distance plus de **300m**, entre le point de rejet et le point de captage, qui est une distance suffisante qui va permettre à l'eau de reprendre son état normal dans les conditions hydrographiques les plus défavorables (c.a.d. lorsque le courant pointe du point de rejet directement vers le point de captage);
- **L'amélioration des conditions de dispersion** : L'importance de l'impact du déversement des saumures sur les phanérogames marines ne doit pas être négligé, tout particulièrement sur cette partie septentrionale du littoral Jerbien où la réduction de la vitalité des herbiers sous les coups de butoir des activités anthropiques a déjà donné des résultats très négatifs se traduisant, entre autres, par un effet érosif des houles qui a été à l'origine d'un très important recul de la ligne de rivage. En définitive, il est certain que la forme de déversement des saumures, si on adopte le principe de précaution, doit obligatoirement être bien étudiée. Ainsi, sur la base de ce principe et tenant compte de ce qui est présenté dessus, le rejet est effectué par le biais d'une série de plusieurs diffuseurs répartis sur une longueur de 100 m environ au large à une profondeur de - 10,5m (figure 94).

Figure 93 : Coupes des baches de décantation et de neutralisation de la saumure avant rejet en mer

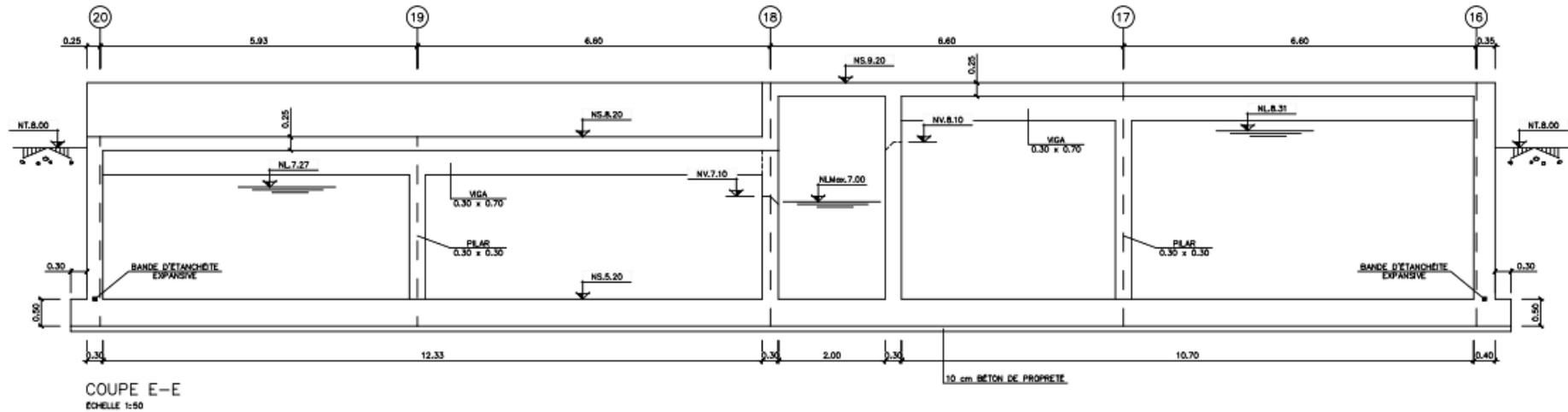
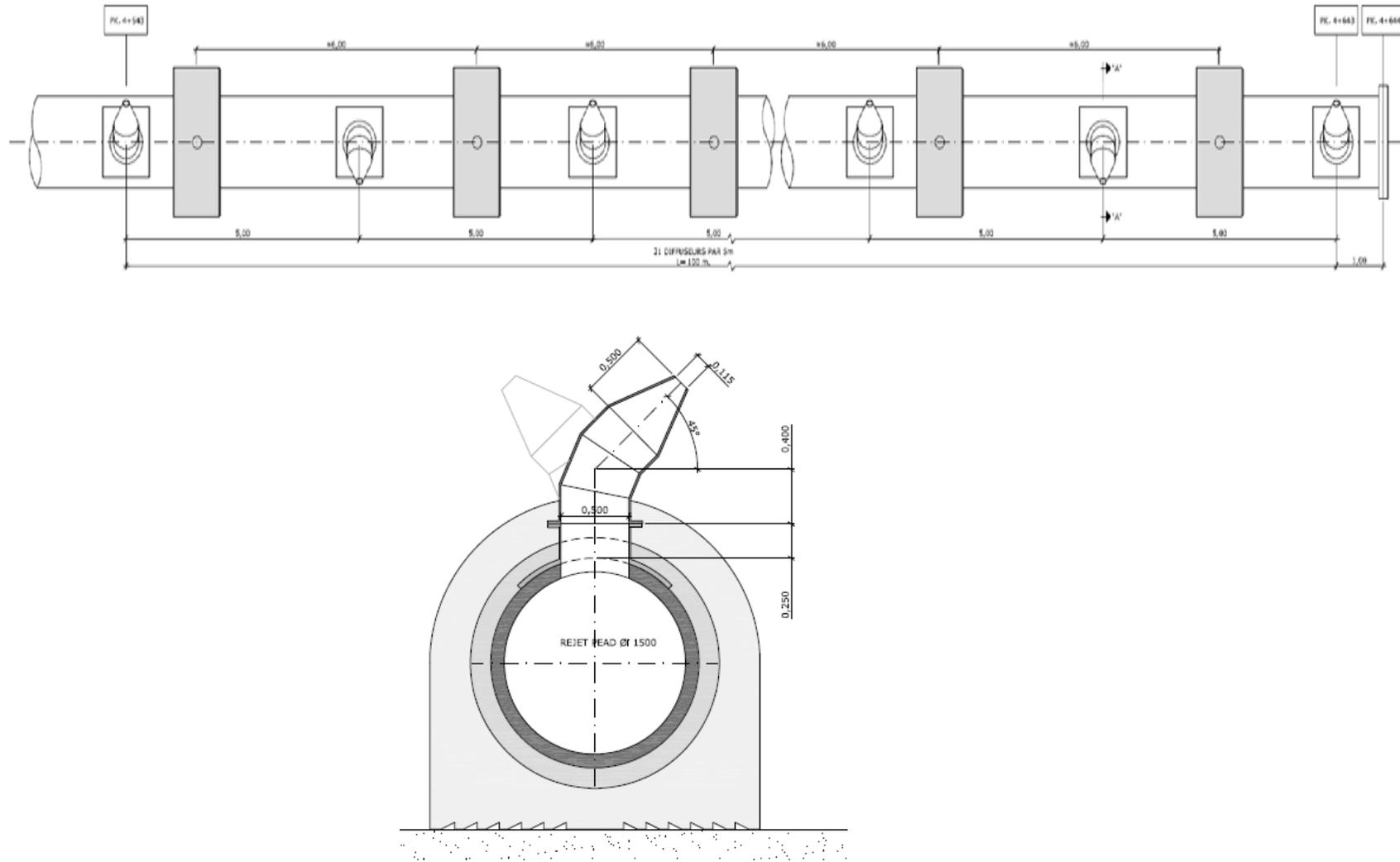


Figure 94 : Détail des diffuseurs – mesure de mitigation pour améliorer la dispersion de la saumure



7. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL

7.1 Le projet

Le projet consiste à réaliser une station de dessalement de capacité **50 000 m³/jour** potentiellement extensible jusqu'à une capacité de 75 000 m³/jour pour renforcer le potentiel en **eau potable** de l'île de Jerba.

Il consiste à aspirer un débit total d'eau de mer 111 112 m³/jour d'une salinité TDS de l'ordre de 40 g/l pour produire 50 000 m³/jour d'eau osmosée et de rejeter le reste en mer (soit un débit de 61 112 m³/jour) sous forme d'une saumure à **73 g/l**, soit un taux de conversion de l'ordre de **45 %**.

Le projet comporte les composantes suivantes:

- La réalisation d'une station de dessalement d'eau de mer de capacité **50000m³/j** extensible jusqu'à **75 000 m³/j** ;
- La réalisation d'une station de pompage d'eau de mer de capacité **4 700 m³/h**;
- La réalisation d'une conduite d'aspiration d'eau de mer brute de **Ø1500mm et 2 900 m** de longueur dont 700m sont en terre et 2 200 m sont en mer;
- La réalisation d'une conduite de refoulement d'eau de mer de la station de pompage vers la station de dessalement de **Ø1500mm** et de **1 600m** de longueur ;
- La réalisation d'une conduite de rejet de la saumure en mer de **Ø 1500mm et 4900 m** de longueur dont **2 300m** sont sur terre et **2 600** m sont en mer;
- La réalisation d'un réseau de conduites d'adduction d'eau de forage de **Ø 315mm** et de raccordement au réseau d'eau potable de Jerba;
- La réalisation d'une station de deferrisation des eaux de forage de capacité totale de l'ordre de **2 millions de m³** par an.

Le coût d'investissement total est de **165 326 469 DT** en toutes taxes comprises.

La réalisation du projet est prévue pour une période de 20 mois suivie d'une année de marche industrielle. Le démarrage des travaux est prévu pour la fin de l'année courante.

7.2 Cadre réglementaire

La présente étude d'impact est présentée conformément à la nouvelle **loi 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 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.

7.3 Bilan des rejets liquides et des déchets solides

7.3.1 Bilan hydraulique de la station

Le débit prélevé à partir de la mer est de **111 112 m³/j** à une salinité de **40 g/l**. Sur ce débit prélevé :

- **50 000 m³/j** (45%) est de l'eau dessalée produite à 500 ppm (selon les simulations faites cette salinité serait d'environ 350 ppm ;
- **61 112 m³/j** (55%) de rejet sous forme de saumure à une salinité d'environ **73 g/l**.

7.3.2 Les rejets liquides

Comme indiqué dessus, il y aurait pendant l'exploitation, le rejet d'une saumure à 73g/l, d'un débit de **61 112 m³/j** et dont qualité chimique, comparée à la norme de rejet dans le DPM, est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 37 : Qualité des eaux de la saumure rejetée en mer en comparaison avec la norme de rejet

Désignation	Unité	Eau de mer brute	Saumure	Norme de rejet en mer NT 106.002
Turbidité	NTU	4.93	négligeable	
Température	°C			<35°C
PH		8.15	8.9	6,5 à 9
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	504	944	Sans exigence
Magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/l	1 710	3 173	2 000
Sodium (Na ⁺⁺)	mg/l	11 600	21 693	Sans exigence
Potassium (K ⁺)	mg/l	458	856	1 000
Carbonates (CO ₃ ⁻⁻)	mg/l	0	1	Sans exigence
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	163	219	Sans exigence
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	21 600	40 402	Sans exigence
Sulfates (SO ₄ ⁻⁻)	mg/l	3 330	6 235	1 000
Nitrates (NO ₃ ⁻⁻)	mg/l	11,6	21	90
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	< 0.0143		5
Résidu sec (RS)	mg/l	40 585	73 000	Sans exigence
Matières en suspension (MES)	mg/l	13	25	30
Fer - Fe	mg/l	0	0,59	1

7.3.3 Les déchets solides

7.3.3.1 Période des travaux

Pendant la phase des travaux de construction de la station de dessalement et des conduites de transfert d'eau de mer, il y aurait les divers types des déchets suivants :

- L'excès de déblais issus pose des conduites terrestres entre la station de dessalement et la station de pompage ;
- L'excès de déblais issu du chantier de la station de pompage et de la pose des conduites entre la station de pompage et la mer ;
- Les matériaux excavés durant les travaux de pose des conduites sous marines.

Le tableau suivant récapitule les quantités correspondantes :

Tableau 38 : Bilan des matériaux solides générés pendant la période des travaux

Nature des matériaux solides	Quantité en m ³
Excès de déblais issus pose des conduites terrestres entre la station de dessalement et la station de pompage	5 670
Excès de déblais issu du chantier de la station de pompage et de la pose des conduites entre la station de pompage et la mer	5 481
Quantité des matériaux excavés durant les travaux de pose des conduites sous marines	90 300

En ce qui concerne la qualité de ces matériaux :

- Les sols terrestres sont essentiellement, d'après les observations du site, des sols propres ou des sables propres de plage de l'ancien champ dunaire;
- Les sédiments marins sont, d'après les prélèvements et les analyses présentées dans le chapitre "Etat initial", des sables grossiers dépourvus de toute sorte de pollution organique ou chimique. Ces matériaux sont en partie de la roche formée par le sable compacté.

7.3.3.2 Période d'exploitation

Les déchets solides sont générés par les différents types de consommations par la station de dessalement à savoir :

- Les cartouches filtrantes qui sont au nombre de $2 \times 3 \times 410 = 2460$ sont renouvelées tout les six mois, soit une consommation annuelle moyenne de **4920 cartouches** ayant un volume total de l'ordre de **14 m³**;
- Les modules d'osmose inverse qui sont au nombre de **712** sont renouvelés en moyenne une fois tout les cinq ans ;

7.4 Plan de Gestion Environnemental - PGE

Le Plan de Gestion Environnemental – PGE de la station de dessalement de Jerba comportera trois composantes :

- Un plan de Gestion Environnemental pendant les travaux ;
- Un plan de Gestion Environnemental pendant l'exploitation de la station ;
- Un plan de Suivi Environnemental pendant l'exploitation de la station.

7.4.1 Plan de gestion durant les travaux

7.4.1.1 Phase de préparation et de démarrage du projet

Tableau 39 : Mesures prévues lors du démarrage du projet

Composantes du projet	Mesures à prendre en compte
Station de dessalement	<ul style="list-style-type: none"> • Obtention des autorisations nécessaires pour la construction de la station de dessalement ; • La signalisation du chantier ; • La clôture provisoire du chantier ;
Station de pompage	<ul style="list-style-type: none"> • Obtention des autorisations de bâtir auprès de la municipalité; • La signalisation du chantier ; • La clôture provisoire du chantier ;
Les conduites terrestres	<ul style="list-style-type: none"> • La signalisation du chantier ; • La concertation avec les divers concessionnaires (STEG, ONAS, Télécom) en vue de relever les divers réseaux existants dans la zone ;
Les conduites du haut et du bas de la plage	<ul style="list-style-type: none"> • Obtention de l'autorisation de l'APAL en vue de pouvoir utiliser le droit de passage dans le DPM ; • La concertation avec les services des deux hôtels Miramar et les dunes en vue de trouver une solution pour passage entre les deux constructions légères installées sur le DPM ; • La signalisation du chantier.
Les conduites sous marines du large	<ul style="list-style-type: none"> • L'information des services phares et balises du Ministère de défense sur le tracé des conduites sous marines ; • La signalisation du chantier.

7.4.1.2 Construction de la station de dessalement

Tableau 40: Plan de gestion durant la construction de la station de dessalement

Phase travaux	Mesures à prendre en compte
Préparation du terrain	<ul style="list-style-type: none"> • Les arbres des oliviers et des palmiers situés dans la zone d'implantation de la station seront déracinés et re plantés à l'intérieur de la parcelle dans les zones du terrain non bâti ; • La terre végétale superficielle sera conservée à l'intérieur de la parcelle pour qu'elle soit réutilisée après les travaux pour l'aménagement des espaces verts à l'intérieur du terrain réservée à la station et à la zone de stockage.
Travaux de construction de la station	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter le stationnement des engins et le dépôt des matériaux de construction à l'extérieur du site réservée pour le chantier à l'intérieur de la parcelle de terrain SONEDE; • Nettoyage et collecte de toutes les chutes de matériaux de construction à l'extérieur du site de chantier ; • Eviter les travaux pendant la nuit ; • Réutiliser les matériaux de terrassement non agricole pour l'aménagement interne de la plateforme de la station ; • Collecte de tous les déchets des engins (huiles usées, batterie, filtres, pièces de rechange, etc...) dans des futs appropriés pour les transporter vers la décharge adéquate ou pour un éventuel recyclage ; • Coordonner avec les services de la municipalité pour le transport et l'évacuation des divers déchets organiques ; • Aménager des fosses septiques étanches pour la collecte des eaux de toilette et des douches des ouvrier ; • Coordonner avec les services de l'ONAS pour la vidange des fosses septique et l'évacuation des eaux usées correspondantes vers la station d'épuration de Jerba.
Travaux de transport des matériaux de construction	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter le transport des matériaux de construction pendant les heures de pointe et pendant la nuit ; • Minimiser le transport des matériaux de construction pendant la saison estivale ; • Procéder à l'arrosage continu du site pour éviter l'émanation des poussières surtout en été ;
Remise en état du site	<ul style="list-style-type: none"> • Aménager des espaces verts à l'intérieur du site SONEDE en vue de coller la station de dessalement avec son environnement naturel agricole ; • Nettoyer le site de tous les éventuels déchets solides ou restes de matériaux de construction.

7.4.1.3 Pose des conduites de transfert entre la station de dessalement et la station de pompage

Tableau 41 : Plan de gestion durant la pose des conduites de transfert entre la station de dessalement et celle de pompage

Phase travaux	Mesures à prendre en compte
Préparation de l'emprise	<ul style="list-style-type: none"> • Préparer les déviations nécessaires pour ne pas perturber les circulations et le trafic routier; • Préparer les zones de stockage des matériaux de construction dans des zones choisies en concertation avec les services de la commune de Houmet Essouk ; • Utiliser les pistes et voies existantes ; • Exploiter le bas coté et les zones de servitudes des routes existantes ; • Eviter dans les mesures du possible l'arrachage des haies, des cactus et des arbres existantes ;
Terrassement des fouilles	<ul style="list-style-type: none"> • Procéder par tronçon pour éviter les grands accumulations des matériaux de terrassement; • Prendre en compte toutes les mesures de sécurité pour éviter le rapprochement des gens aux fouilles;
Pose des conduites	<ul style="list-style-type: none"> • Les conduites seront stockées dans le site de la station de dessalement; • Eviter et/ou minimiser le stockage provisoire des conduites sur les routes et les voies existantes ; • Eviter l'utilisation du sable de la plage pour comme sable de lit de pose de la conduite ;
Remblais des fouilles ;	<ul style="list-style-type: none"> • Réutiliser les matériaux de terrassement pour le remblai des fouilles aux cas où ces matériaux répondent aux critères techniques de stabilité ; • Transporter les matériaux en excès à des endroits appropriés qui seront choisis en concertation avec les services adéquats ; • Remise en état de l'emprise après remblayage ; • Réfection des chaussées touchées au cours des travaux.

7.4.1.4 Construction de la station de pompage

Tableau 42 : Plan de gestion durant la construction de la station de pompage

Phase travaux	Mesures à prendre en compte
Préparation du terrain	<ul style="list-style-type: none"> • Les palmiers situés dans la parcelle de terrain seront conservés en partie et replantés dans les espaces non bâtis ; • Le sable des dunes existantes devrait être conservé et réservés pour la plage pour un éventuel rechargement.
Travaux de construction de la station	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter le stationnement des engins et le dépôt des matériaux de construction sur la route touristique d'El Mezraya; • Nettoyage et collecte de toutes les chutes de matériaux de construction à l'extérieur du site de chantier ; • Conserver tout le sable de terrassement de la station de pompage pour un éventuel rechargement de la plage en cas d'observation d'une érosion durant les travaux.
Travaux de transport des matériaux de construction	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter le transport des matériaux de construction pendant les heures de pointe et pendant la nuit ; • Minimiser le transport des matériaux de construction pendant la saison estivale et les heures de pointes;
Remise en état du site	<ul style="list-style-type: none"> • Transporter les matériaux sableux en excès vers la plage pour le rechargement des zones érodées pendant le projet ; • Aménager des espaces verts à l'intérieur du site SONEDE en vue d'intégrer la station de dessalement avec son environnement touristique ; • Nettoyer le site de tous les éventuels déchets solides ou restes de matériaux de construction.

7.4.1.5 Pose des conduites de transfert entre la station de pompage et la mer

Tableau 43 : Plan de gestion durant la pose des conduites de transfert entre la station de pompage et la mer

Phase travaux	Mesures à prendre en compte
Concertation	<ul style="list-style-type: none"> • Concertation avec l'APAL et les services des hôtels les Sirènes, Carabeen Word, les Dunes et Miramar en vue du choix de la méthode appropriée pour le passage entre les baraques ou les enlever provisoirement ; • Choix d'un planning des travaux, des zones de stockages, en concertation avec l'APAL et les services des hôtels concernés ;
Préparation de l'emprise	<ul style="list-style-type: none"> • Préparer les déviations nécessaires pour ne pas perturber les circulations et le trafic routier ; • Préparer les zones de stockage des sables de terrassement sur la plage en vue d'une réutilisation à la fin des travaux; • Fixer les zones d'accès à la plage sans toutefois nuire aux activités des hôtels riverains ;
Terrassement des fouilles	<ul style="list-style-type: none"> • Procéder par tronçon pour éviter les grandes accumulations des matériaux de terrassement; • Prendre en compte toutes les mesures de sécurité pour éviter le rapprochement des gens aux fouilles;
Pose des conduites	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter et/ou minimiser le stockage provisoire des conduites sur les routes et les voies existantes ; • Collecter toutes les chutes des matériaux de soudure dans des zones appropriées .
Remblais des fouilles ;	<ul style="list-style-type: none"> • Réutiliser les matériaux de terrassement pour le remblai des fouilles; • Tous les matériaux en excès seront transportés et stockés dans une aire appropriée sur le haut de la plage; • Réutiliser le sable en excès pour le rechargement des zones de la plage potentiellement érodée pendant les travaux ; • éviter l'accumulation des remblais sur la route touristique • Remise en état de l'emprise après remblayage ; • Réfection des chaussées touchées au cours des travaux ; • Remise de la plage à son état avant travaux ;

7.4.1.6 Pose des conduites sous marines

Tableau 44 : Plan de gestion durant la pose des conduites marine

Phase travaux	Mesures à prendre en compte
Préparation	<ul style="list-style-type: none"> • Concertation avec toutes les parties prenantes, APAL, Phare et balise, hôtels, INM, INSTM; • Concertation avec l'APAL pour l'installation du site de chantier sur le haut de plage (Zone de stockage des matériaux de terrassement, rampe de chargement, zone des engins terrestres et flottants, etc.) ; • Identifier la zone d'embarquement pour l'approvisionnement du chantier marin en concertation avec l'APAL; • Réaliser un levé topo bathymétrique de détail de l'emprise des conduites marines; • Installer un marégraphe pour enregistrement continue de la marée durant le chantier ; • Réaliser un levé de la végétation marine au niveau de l'emprise des conduites sous marines ; • Identifier, sur la base de la carte de la végétation marine, des zones dénudées de végétation pouvant être come zones potentielles de stockage provisoire des matériaux d'excavation en mer avant réutilisation ; • Préparer une notice complémentaire relative à la gestion du site de chantier, de la zone de stockage matériaux de terrassement sur le haut de plage, de la zone d'embarquement potentielle, de la zone de mouillage marine des conduites flottantes, des zones de stockage provisoires en mer, des zones de mouillage des engin flottants du chantier, etc.. ;
Tronçon du bas de plage	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir la période des travaux en dehors de la saison de baignade; • Clôturer et signaler la zone de chantier pour éviter le rapprochement des gens, des estivants et des barques de pêche; • Réserver une aire sur le haut de la plage pour le stockage provisoire des matériaux d'excavation marins (une pour le sable propre et une deuxième pour les rochers concassés de l'emprise du bas de plage); • Les matériaux excavés de la tranchée de l'emprise seront stockées provisoirement sur la plage pour être réutilisés à la fin pour le remblayage de la souille marine ; • Remblayer la souille avec le sable bien classé spécifique de la plage provisoirement mis en stock sur le haut de plage; • Recharger les zones érodées de la plage par les stocks de sable de réserve des tronçons précédents ; • Remise en état des fonds et talus de bas de plage après travaux à leur état initial avant travaux.

Suite tableau 43 : Mesures prévues durant la pose des conduites marine

Phase travaux	Mesures à prendre en compte
Tronçon ensouillé de la zone de déferlement	<ul style="list-style-type: none"> • Le raccourcissement de la période des travaux de cette zone de chantier pour éviter au maximum l'érosion de la plage; • Le choix de la période des travaux en dehors de la période estivale ; • Les matériaux d'excavation seront mis sur chaland et stockés dans un endroit dénudé de végétation et sans nuire à la végétation marine à proximité; • Les matériaux d'excavation seront réutilisés pour le remblayage de la souille après mouillage de la conduite ; • L'emprise de la tranchée sera remise à sa morphologie initiale avant travaux ; • La zone de stockage des matériaux d'excavation sera nettoyée et remise à son état initial après les travaux.
Tronçon ensouillé du large au delà de la zone de déferlement	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir la période adéquate des travaux en concertation avec l'APAL et la Direction Générale de la pêche et de l'aquaculture en vue d'éviter la période du repos biologique ; • Photographie de l'emprise des conduites sous marines et de ses environs avant l'ouverture de la souille ; • Choisir la méthode adéquate pour l'excavation qui permet la réutilisation des matériaux d'excavation sans les mettre sur la végétation marine; • Stocker les matériaux d'excavation dans une zone dénudée de végétation ou sur la plage pour pouvoir la réutiliser lors du remblayage de la souille après la pose et mouillage des conduites; • Collecte de tous les déchets et chutes industriels dans un endroit approprié sur le ponton de la drague ; • Contrôle de la turbidité de l'eau autour de la zone de dragage ; • Photographie des herbiers à proximité de l'emprise après la pose et remblai des souilles.
Tronçon lesté du large	<ul style="list-style-type: none"> • Photographie sous marine de l'emprise de la conduite avant et après la pose
Remise en état des fonds	<ul style="list-style-type: none"> • Remise des fonds à leur état initial avant travaux ; • Réalisation d'un levé bathymétrique de l'emprise de la conduite après la pose ; • Réaliser une photographie vidéo sous marine après remblayage de la souille ; • Rectification de l'emprise selon les côtes initiales des fonds.
Balisage et cartographie marine	<ul style="list-style-type: none"> • Concorder avec les services phares et balises pour le système de balisage choisie ; • Montage du système lumineux avec la collaboration du service phare et Balises ; • Remettre le plan de recollement de la tour de prise, de l'ouvrage de rejet et du système de balisage au service Phares et balise en vue de le publier sur la carte marine de navigation.

7.4.2 Plan de gestion durant l'exploitation

7.4.2.1 Les rejets liquides

Le plan de gestion concerne essentiellement le rejet de la Saumure.

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.

Les concentrations élevées de certains composés dont les sulfates ou le Magnésium (dont les concentrations dépassent la norme de rejet) proviennent de l'eau de mer 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.

Pour cette raison, on choisi de rejeter ces eaux dans la mer mais avec un **éloignement du rejet de la plage par la réalisation d'un grand émissaire en mer** qui a les caractéristiques suivantes;

Tableau 45 : Plan de gestion des rejets liquides pendant la période d'exploitation

Type de rejet	Plan de gestion proposé
Saumure	<p>1. Rejet par émissaire en mer de caractéristiques:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diamètre : 1500 mm • Profondeur de déversement : 10,5 m • Distance à la côte : 2 600 mètres. <p>2. Déversement au large par diffuseurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de diffuseurs : 21 • Longueur de rejet : 100 m
Eau vanne du bloc administratif de la station de dessalement et de la station de pompage	Raccordement au réseau public de l'ONAS

En ce qui concerne la qualité des eaux de la saumure en comparaison avec la norme de rejet (NT 106.002), les résultats ont montré que seuls les deux paramètres relatifs aux concentrations du Magnésium et des sulfates sont supérieurs à la limite. Une comparaison avec les concentrations correspondantes dans l'eau de mer brute montre que ces deux paramètres sont

d'origine naturelle. Le mode de rejet avec émissaire et diffuseurs va certainement atténuer l'effet de ces concentrations relativement élevées.

7.4.2.2 Les déchets solides

Le plan gestion proposé est présenté dans le tableau suivant :

Figure 95 : Plan de gestion des déchets de la station de dessalement durant l'exploitation

Nature des déchets	Quantité de déchets générés	Mode de gestion préconisé
Cartouches filtrantes usées de diamètre 6 cm et de longueur 1.3 m	4920 par an (14 m ³ par an)	A entreposer dans la décharge contrôlée de Jerba
modules d'osmose inverse de diamètre 20 cm et de longueur 1 m	712 modules tout les 5 ans (5 m ³ par an)	A entreposer dans la décharge contrôlée de Jerba

Les cartouches filtrantes sont installées en aval des filtres à sable et servent de sécurité pour les membranes en cas de défaillance au niveau des filtres à sable. Les cartouches filtrantes préconisées pour la station de dessalement de Jerba, sont à base de filament en polypropylène enroulée de manière hélicoïdale autour d'un tuyau perforé en polyéthylène de longueur 50 pouces environ. Une cartouche filtrante est caractérisée par un diamètre généralement de 6 cm.

Ainsi, les matériaux composant la cartouche filtrante à savoir le polypropylène et le polyéthylène ne sont pas classés en tant que déchets dangereux. Les cartouches filtrantes usées peuvent être stockées dans la décharge municipale de Jerba.

7.4.3 Plan de Suivi Environnemental

Le suivi concernera

- La qualité des eaux de mer brutes pompées ;
- L'état des installations de captage et de rejet de la saumure;
- La qualité des eaux de saumure rejetées en mer
- La qualité des eaux marines ;
- Le couvert végétal dans la zone de rejet de la saumure.

7.4.3.1 La qualité des eaux de mer brutes pompées

Ce contrôle sera effectué sur les eaux pompées par la station de pompage en vue de garder un bon rendement de dessalement. Les paramètres recherchés sont :

- 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)

L'analyse sera effectuée à l'échelle bi-mensuelle.

7.4.3.2 L'état des installations de captage et de rejet et d'aspiration

Les installations de captage et de rejet (crépines, diffuseurs, enrochement de protection de protection) formeront des petits îlots sous marin favorables à l'installation d'un fooling.

Une inspection annuelle serait nécessaire par scaphandrier pour contrôler ;

- Le bon ensouillage des conduites sous marines ;
- Le fooling sur la crépine et les diffuseurs de rejet ;
- La signalisation du point de la prise d'eau ;
- Les crépines d'aspiration ;
- Les diffuseurs ;
- Etc..

Des inspections spécifiques seront réalisées au cas où des fortes pertes de charge ont été remarquées au niveau de la station d'aspiration des eaux de mer.

7.4.3.3 Qualité des eaux de rejet de la saumure

L'eau de la saumure sera contrôlée avec la fréquence suivante :

Paramètre de contrôle	Fréquence d'analyse
Analyses bactériologiques <ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totaux ; • Coliformes fécaux ; • Streptocoques totaux 	Chaque semaine pendant la saison de baignade Chaque trimestre pour le reste de l'année
Analyses physico-chimiques : <ul style="list-style-type: none"> • pH • Salinité ; • Conductivité ; • Mes • Composantes azotées ; • Composantes phosphatées ; • Le Fer • Le magnesium ; • Les surfates 	Chaque trimestre pendant le reste de l'année

7.4.3.4 *Qualité des eaux marines*

Cette action a pour objectif de contrôler la qualité des eaux de mer selon une radiale entre le point de rejet et la plage. Les paramètres à contrôler sont les suivants :

- Bactériologie ;
- Température ;
- Salinité ;
- Conductivité ;
- pH ;
- Oxygène ;
- Nitrates ;
- Phosphates ;
- Azote total ;
- MES ;
- Chlorophylle A ;
- Transparence.
- Le Fer

Le contrôle de la qualité des eaux de mer sera réalisé comme suit :

Paramètre de contrôle	Fréquence d'analyse
Analyses bactériologiques	Chaque mois pendant la saison de baignade sur trois radiales à partir point de rejet de la saumure en direction de la plage. Chaque trimestre pour le reste de l'année
Analyses physico-chimiques : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Température ; ➤ Salinité ; ➤ Conductivité ; ➤ pH ; ➤ Oxygène ; ➤ Nitrates ; ➤ Phosphates ; ➤ Azote total ; ➤ MES ; ➤ Chlorophylle A ; ➤ Transparence ➤ Le Fer 	Chaque mois pendant la saison touristique au niveau de trois stations entre le point de rejet et la plage. Chaque trimestre pendant le reste de l'année

En ce qui concerne la salinité et la conductivité, il est prévu de les mesurer suivant quatre radiales débutant du point de rejet de la saumure dans la direction de la conduite et dans la direction perpendiculaire. Les points de mesure seraient choisis à des distances très serrées à proximité de rejet (tous les 10 m sur les 50 premiers mètres) et tout les 50 m après.

7.4.3.5 Le couvert végétal

Le couvert végétal sera contrôlé systématiquement (tout les 2 ans) dans un cercle d'au moins 500m autour du point de rejet de la saumure et tout au long de l'emprise des deux conduites d'aspiration et de rejet. Les paramètres à contrôler sont :

- La répartition des posidonies ;
- La répartition des cymodocées ;
- La répartition des macro-algues ;
- La diversité de la végétation benthique.

7.5 Evaluation des coûts

Les coûts des différentes mesures proposées dans le cadre du plan d'action environnemental et du plan de gestion des déchets solides sont récapitulés dans le tableau suivant :

1. Au niveau de l'investissement

Composante environnementale	Mesures proposées	Coût en 1000 DT
Protection de la mer	Réalisation d'une conduite de rejet terrestre sur une longueur de 2300 m suivie d'un émissaire en mer de 2600 m ensouillé dans le fond marin et équipé de diffuseurs pour améliorer la dispersion;	20 000
	Réalisation du plan de gestion pendant les travaux	500
Coût total du projet		165 000
% par rapport au coût total de l'investissement		12 %

2. pendant l'exploitation

Mesures proposées	Coût en 1000 DT/an
Le suivi périodique de : <ul style="list-style-type: none"> • La qualité des eaux de mer brutes pompées ; • L'état des installations de captage et de rejet de la saumure; • La qualité des eaux de saumure rejetées en mer • La qualité des eaux marines ; • Le couvert végétal dans la zone de rejet de la saumure 	100
Total annuel en DT par an	100

Le programme de gestion sera réalisé sous la responsabilité de la SONEDE.

8. ANNEXES

8.1 Autorisations du Ministère de l'agriculture pour l'exploration des forages G8 et G9

8.2 Lettre d'information de l'ANGED pour la destination des cartouches et des modules usés de la station de dessalement



الشركة الوطنية للاستغلال وتوزيع المياه
SOCIETE NATIONALE D'EXPLOITATION ET DE DISTRIBUTION DES EAUX



تونس في: 22 ماي 2014

إلى السيد المدير العام

الوكالة الوطنية للتصرف في النفايات الصلبة

27980

الموضوع: التصرف في النفايات الصلبة المتأتية من مشروع إنجاز محطة تحلية مياه البحر بسعة 50 ألف متر مكعب بجزيرة جربة.

المصاحيب: جدول لكميات النفايات الصلبة التي سيتم نقلها

إلى المصب المراقب بجربة.

تحية طيبة وبعد،

في إطار تنفيذ مخطط التصرف البيئي لمشروع إنجاز محطة تحلية مياه البحر بسعة 50 ألف متر مكعب بجزيرة جربة، تعترم الشركة نقل النفايات الصلبة المصب المراقب بجربة. وتتكون هذه النفايات من 5136 غشاء تناضح عكسي في السنة كما هو مبين بالجدول المصاحب. فالرجاء النظر في هذا التمشي مع العلم أن المشروع سيبدأ صائفة 2016. والسلام.

مياه البحر بسعة 50 ألف لترية المتأتية من المشروع إلى خرطوشة تصفية و 800 تب.

خل حيز الاستغلال خلال

الرئيس المدير العام

المهادي بلحاج

الوكالة الوطنية للتصرف في النفايات الصلبة
أصل إيداع
22 ماي 2014

السجل التجاري س ت ش 1892008
المعرف الجبائي 1455 J/A/M/000

شارع سليمان بن سليمان
العنار II - تونس 2092
Av. Slimane Ben Slimane
El. Manar II - Tunis 2092

الهاتف 71.887.000
الفاكس 71.871.000
E-mail sonede@sonede.com.tn

R.C. . C 011
Matricule Fisca
البريد الإلكتروني

8.3 Documents justifiant la vocation actuelle du terrain du site de la station de dessalement.

- Contrat d'acquisition du terrain par la SONEDE de l'AFT
- Attestation de vocation du terrain du Ministère de l'Agriculture
- Carte de délimitation de la zone verte du PAU et de la zone d'extention du PAU
- Correspondance SONEDE-Ministère de l'Agriculture pour demande de changement de vocation d'une partie du terrain ;
- Correspondance SONEDE-Commune Houmet Essouk pour changement de vocation d'une partie du terrain.

