



CONTRAT-CADRE BENEFICIAIRES 2009  
LOT n°2 : Transport et Infrastructure  
EuropeAid/127054/C/SER/multi

**Elaboration de l'étude de faisabilité du projet d'investissement de production deau potable par dessalement d'eau de mer approvisionné en énergie renouvelable : Volet "Station de dessalement d'eau de mer"**

**Etude d'impact sur l'environnement**

**Rapport définitif**

**Avril 2012**

**Contrat Spécifique N° 2011/272311**



**PARSONS  
BRINCKERHOFF**

*Le contenu de ce rapport est de la seule responsabilité du Consortium Parsons Brinckerhoff. Il a été rédigé de façon indépendante pour l'usage et le bénéfice exclusifs de l'Union Européenne et de la République de Djibouti mais ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant leurs opinions. Ni le Consortium Parsons Brinckerhoff, ni les auteurs du rapport acceptent et assument une quelconque responsabilité et obligation vis à vis des tiers.*



**PARSONS  
BRINCKERHOFF**

## RESUME

Le projet proposé consiste à réaliser une station de dessalement à partir de l'eau de mer d'une capacité de **45 000m<sup>3</sup>/jour** pour satisfaire la ville de Djibouti en eau potable pour l'horizon 2020.

Le projet comporte les composantes suivantes :

1. **Des ouvrages maritimes:** 1 conduite d'aspiration d'eau de mer de 800m et de Ø1200mm ainsi qu'une conduite de rejet de 450m et de Ø800mm;
2. **Une station de dessalement on shore** de capacité 45 000 m<sup>3</sup>/jour dans le site de Doraleh comportant la station de pompage d'eau de mer et les étages de traitement;
3. **Un réseau de transfert terrestre des eaux osmosées** comportant une conduite de refoulement de 8Km et de Ø800mm et un réservoir de stockage de 5000m<sup>3</sup> à proximité du réservoir Fara had à Balbala;
4. **Des lignes d'alimentation électrique** comportant un poste de transformation 63-20KV et une ligne d'alimentation de 3,6 Km par piquage à proximité du port hydrocarbures.

**Les enjeux environnementaux:** Ils sont liés aux trois composantes suivantes :

- **Le récif corallien :** Ce récif se développe sur un tombant (falaise sous marine) situé à environ 300m du rivage, Le passage des conduites sous marines entrainera la destruction d'une surface d'environ 120 m<sup>2</sup> du récif corallien ;
- **Rejet liquide :** Avec un taux de conversion de l'ordre de 45%, la station nécessitera le captage d'un débit d'eau de mer brute de l'ordre de 100 000 m<sup>3</sup>/jour dont **45 000 m<sup>3</sup>/jour** d'eau osmosée et le reste 55 000 m<sup>3</sup>/jour sont réinjectés en mer. Ce rejet aura une concentration en sels totaux de l'ordre de **73 g/l**. Une surface à proximité du point de rejet aura des caractéristiques physico-chimiques légèrement supérieures à celles de l'eau de mer normale ce qui aura un impact sur la vie aquatique.
- **Déchets solides :** Les déchets solides de la station de dessalement projetée se limitent aux cartouches filtrantes et aux modules d'osmose inverse usés. Les cartouches sont fabriquées en filament de polypropylène, ayant une forme cylindrique. Les membranes sont à base de polyamide composites enroulées en spirale à l'intérieur d'une coquille en fibre de verre ayant une forme cylindrique.

**Mesures d'atténuation :**

- **Récif corallien :** Créer des conditions favorables à la reconstitution des coraux par la réalisation d'une bouture saine ;
- **Rejet de la saumure :** Rejet de la saumure par un émissaire sous marin à une profondeur de 20m avec des diffuseurs à une distance convenable du récif corallien ;
- **Déchet solides :** Gestion des déchets solides des cartouches et des modules avec les déchets municipaux de la ville de Djibouti.

Un **Plan de Gestion Environnemental** est proposé pour la gestion des divers déchets et rejets aussi bien pendant la phase des travaux que la phase d'exploitation. Il comporte également un plan de suivi environnemental du milieu marin après les travaux.

## SOMMAIRE DU RAPPORT D'IMPACT

1.1	OBJECTIF DU PROJET .....	7
1.2	STRUCTURE DE GESTION DU PROJET .....	7
1.3	SITUATION GEOGRAPHIQUE DU SITE DU PROJET .....	7
1.4	COMPOSANTES TECHNIQUES DU PROJET .....	8
1.4.1	<i>Présentation des ouvrages maritimes</i> .....	8
1.4.1.1	La station de pompage.....	8
1.4.1.2	La conduite sous marine d'aspiration des eaux de mer.....	9
1.4.1.3	La conduite de rejet de la saumure .....	9
1.4.2	<i>Présentation de la station de dessalement onshore</i> .....	9
1.4.2.1	Phase de prétraitement.....	10
1.4.2.2	Phase de microfiltration.....	10
1.4.2.3	Phase d'Osmose.....	10
1.4.2.4	Phase de post traitement .....	11
1.4.3	<i>Présentation du réseau de transfert terrestre</i> .....	11
1.4.4	<i>Présentation des lignes d'alimentation en énergie électrique</i> .....	11
1.5	BILANS APPROXIMATIFS DIVERS DE LA STATION.....	12
1.5.1	<i>Bilan hydraulique de la station de dessalement</i> .....	12
1.5.2	<i>Bilan des diverses consommations de la station</i> .....	12
1.5.2.1	Produits chimiques .....	12
1.5.2.2	Filtre et modules d'osmose.....	14
1.5.3	<i>Bilan qualitatif de la station</i> .....	14
2	EXPLORATION ET ANALYSE DES ALTERNATIVES .....	15
2.1	L'UTILITE, LA NECESSITE ET L'URGENCE DE LA STATION DE DESSALEMENT .....	15
2.2	LES CRITERES DE CHOIX DU SITE DE LA STATION .....	15
2.3	LES CRITERES DE CHOIX DE L'ALTERNATIVE DE TRAITEMENT .....	17
3	ANALYSE DE L'ETAT ACTUEL DU PROJET .....	18
3.1	DELIMITATION DU PERIMETRE D'IMPACT .....	18
3.2	PRESENTATION DU CADRE GENERAL DU PROJET .....	18
3.2.1	<i>Cadre climatique</i> .....	18
3.2.2	<i>Cadre géologique et hydrogéologique</i> .....	19
3.2.3	<i>Cadre hydrographique</i> .....	21
3.3	DESCRIPTION DETAILLEE DU SITE DU PROJET .....	22
3.3.1	<i>Le milieu marin – emprise des conduites sous marines</i> .....	22
3.3.1.1	Stations d'exploration.....	22
3.3.1.2	Les équipements utilisés.....	23
3.3.1.3	Les prélèvements et constats réalisés.....	23
3.3.1.4	Résultats de l'exploration .....	24
3.3.2	<i>Le site de la station de dessalement et de pompage onshore</i> .....	25
3.3.3	<i>Le site de la conduite de transfert et le réservoirs de stockage</i> .....	25

3.3.4	<i>Réalisation des lignes électriques</i> .....	26
4	ANALYSE DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT .....	29
4.1	INTRODUCTION .....	29
4.2	IMPACTS DURANT LES TRAVAUX .....	30
4.2.1	<i>Réalisation des ouvrages de la station de dessalement et de la station de pompage onshore</i> 30	
4.2.2	<i>Réalisation des ouvrages maritimes – conduites d'aspiration et de rejet</i> .....	31
4.2.3	<i>Réalisation de la conduite de transfert terrestre et le réservoir de stockage</i> .....	32
4.2.4	<i>Réalisation des lignes électriques</i> .....	32
4.3	IMPACTS PENDANT L'EXPLOITATION .....	32
4.3.1	<i>La station de dessalement onshore</i> .....	32
4.3.2	<i>Les conduites sous marines d'aspiration et de rejet</i> .....	33
4.3.2.1	Les conduites.....	33
4.3.2.2	La tour d'aspiration des eaux brutes .....	33
4.3.2.3	La tour de rejet de la saumure.....	33
4.3.3	<i>La conduite de transfert terrestre et le réservoir de stockage</i> .....	34
4.3.4	<i>Les lignes électriques</i> .....	34
5	CONFORMITE DU PROJET A LA REGLEMENTATION EN VIGUEUR .....	35
5.1	LES DOCUMENTS DE BASE.....	35
5.2	CADRE LEGISLATIF DE LA GESTION ENVIRONNEMENTALE .....	35
5.3	CADRE INSTITUTIONNEL DE GESTION ENVIRONNEMENTALE .....	35
6	PROGRAMME DE SENSIBILISATION ET D'INFORMATION .....	37
7	MESURES D'ATTENUATION ET DE REMEDIATION .....	39
7.1	MESURE D'ATTENUATION PENDANT LA PERIODE DES TRAVAUX .....	39
7.1.1	<i>Construction des ouvrages de la station de dessalement et de la station de pompage onshore</i> 39	
7.1.2	<i>Réalisation des ouvrages maritimes – conduites d'aspiration et de rejet</i> .....	39
7.1.3	<i>Réalisation de la conduite de transfert terrestre et le réservoir de stockage</i> .....	41
7.1.4	<i>Réalisation des lignes électriques</i> .....	41
7.2	MESURES D'ATTENUATION PENDANT L'EXPLOITATION .....	41
7.2.1	<i>La station de dessalement onshore</i> .....	41
7.2.2	<i>Les conduites sous marines d'aspiration et de rejet</i> .....	42
7.2.2.1	Balisage des conduites.....	42
7.2.2.2	La tour d'aspiration des eaux brutes .....	42
7.2.2.3	La tour de rejet de la saumure.....	42
7.2.3	<i>La conduite de transfert terrestre et le réservoir de stockage</i> .....	43
7.2.4	<i>Les lignes électriques</i> .....	43
8	ESTIMATION DES COUTS DES MESURES D'ATTENUATION .....	44
9	PLAN DES GESTION ENVIRONNEMENTAL .....	45

9.1	LE PROJET.....	45
9.2	BILAN DES REJETS LIQUIDES ET DES DECHETS SOLIDES.....	46
9.2.1	<i>Bilan hydraulique de la station</i> .....	46
9.2.2	<i>Bilan qualitatif</i> .....	46
9.2.3	<i>Les déchets solides</i> .....	47
9.3	LES ENJEUX DU PROJET .....	47
9.4	PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL.....	48
9.5	PLAN DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL .....	50
9.5.1	<i>La qualité des eaux de mer brutes pompées</i> .....	50
9.5.2	<i>L'état des installations de captage et de rejet et d'aspiration</i> .....	51
9.5.3	<i>Qualité des eaux de rejet de la saumure</i> .....	51
9.5.4	<i>Qualité des eaux marines:</i> .....	51
9.5.5	<i>L'état des récifs corallien</i> .....	52
9.6	MECANISMES DE MISE EN ŒUVRE DU PGE.....	52
10	Annexe 1 : Termes de référence de l'étude océanographique.....	53
10.1	PREAMBULE.....	53
10.2	OBJECTIFS.....	53
10.3	SITUATION ET PRESENTATION DU PROJET .....	53
10.4	CONSISTANCE DE L'ETUDE.....	54
10.4.1	<i>Etude bibliographique</i> .....	54
10.4.2	<i>Campagne de mesure océanographique</i> .....	55
10.4.3	<i>Modélisation des courants et de la dispersion</i> .....	55
10.5	DUREE DE L'ETUDE ET MOYENS MIS EN ŒUVRE.....	56
10.6	PRODUITS .....	57
	Annexe 1 – Liste des personnes rencontrées.....	58
	Annexe 2 : Fiches de la campagne d'exploration du site.....	59
	STATION DJ-ST0.....	60
	STATION DJ-ST1.....	61
	STATION DJ-ST2.....	62
	STATION DJ-ST3.....	63
	STATION DJ-ST4.....	64

## PRESENTATION DU PROJET

### 1.1 Objectif du projet

Le projet a pour objet la création d'une nouvelle ressource en eau conventionnelle par la réalisation d'une station de dessalement de l'eau de mer d'une capacité de 45 000 m<sup>3</sup>/jour pour satisfaire les besoins en eau potable de Djibouti.

### 1.2 Structure de gestion du projet

La structure de Gestion de ce Projet est la suivante :

- Pouvoir Adjudicataire: Ordonnateur National du Fond Européen au Développement (FED) ;
- Maître d'Ouvrage : Ministère de L'Economie, des Finances et de la Planification chargé de la privatisation.
- Maître d'Ouvrage Délégué : Ministère de l'Energie et de l'Eau des ressources naturelles.
- Maître d'oeuvre : l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement de Djibouti (ONEAD).

### 1.3 Situation géographique du site du projet

La station de dessalement sera installée sur les berges sud du golfe de Tadjourah à Doraleh dans un site côtier situé à environ 10 km ouest de la ville de Djibouti. Le captage de l'eau de mer pour alimentation de la station de dessalement sera effectué du golfe de Tadjourah.

Le site d'implantation de la station de dessalement aura les coordonnées approximatives suivantes (WGS84UTM):

X = 288 400 - Y= 1 282 400

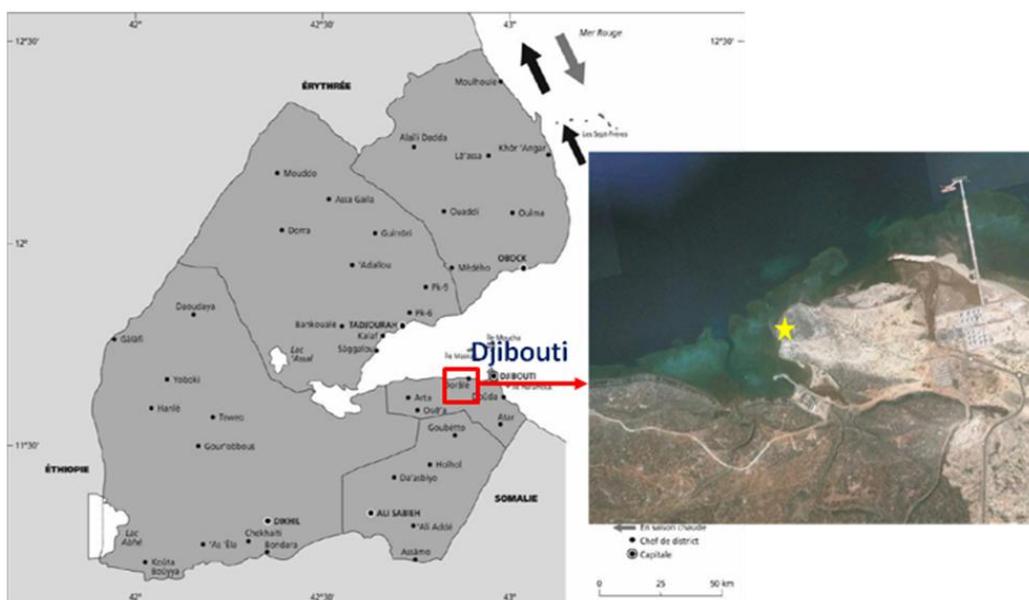


Figure 1 : Situation géographique du site de la station de dessalement

## 1.4 Composantes techniques du projet

Le projet de mise en œuvre une station de dessalement de capacité **45 000m<sup>3</sup>/jour** à partir de l'eau de mer. Elle comporte les composantes suivantes (figure 2) :

1. **Des ouvrages maritimes:** 1 conduite d'aspiration d'eau de mer de 800m et de Ø1200mm ainsi qu'une conduite de rejet de 450m et de Ø800mm;
2. **Une station de dessalement on shore** de capacité 45 000 m<sup>3</sup>/jour dans le site de Doraleh comportant la station de pompage d'eau de mer et les étages de traitement;
3. **Un réseau de transfert terrestre des eaux osmosées** comportant une conduite de refoulement de 8Km et de Ø800mm et un réservoir de stockage de 5000m<sup>3</sup> à proximité du réservoir Fara had à Balbala;
4. **Des lignes d'alimentation électrique** en 63 KV de longueur totale 6 Km par piquage à proximité du port hydrocarbures.



Figure 2 : Composantes du projet

### 1.4.1 Présentation des ouvrages maritimes

Les ouvrages maritimes sont composés de :

- Une stations de pompage onshore ;
- Une conduite sous marine d'aspiration d'eau de mer ;
- Une conduite de rejet en mer.

#### 1.4.1.1 La station de pompage

La station de pompage sera installée onshore au bord de la mer. Elle aura une capacité d'aspiration de 100 000 m<sup>3</sup>/jour. Elle comportera :

- *Une bâche d'aspiration* : Cette bâche aura une capacité de l'ordre de 500 m<sup>3</sup> et un radier calé à une côte située à un niveau de -5 m en dessous du niveau des plus

basses eaux. A cette bêche, arrive l'eau de mer par le biais de la conduite soumarine ;

- *Groupe Electro-pompe* de capacité unitaire 1390 m<sup>3</sup>/h @ 5 bars: Un groupe de 4 pompes (dont une de secours) seront installé au niveau de la bache d'aspiration pour refouler les eaux brutes vers la station de dessalement onshore. Les pompes seront submersibles verticales à vitesse variable pouvant monter à 7 bars. Lapuissance unitaire est de 355 KW à 690 V

#### 1.4.1.2 La conduite sous marine d'aspiration des eaux de mer

La conduite d'aspiration aura une longueur totale de **800m** environ et un diamètre de **1200mm**. Elle a comme fonction l'adduction des eaux brutes du large vers la bêche d'aspiration. Cette conduite sera ensouillée sur une largeur de 300m (zone de l'estran) dans une tranchée à une côte inférieure à -5m en dessous de la côte des plus basses eaux. Au-delà de cette zone la conduite sera lestée sur le fond par des blocs en béton pour la stabiliser.

#### 1.4.1.3 La conduite de rejet de la saumure

La conduite de rejet aura une longueur totale de l'ordre de **500m** environ et un diamètre de **800mm**. Elle a comme fonction le rejet des eaux de la saumure le large. Cette suivra le même itinéraire que la conduite d'aspiration, mais elle serait plus courtes (figure suivante).

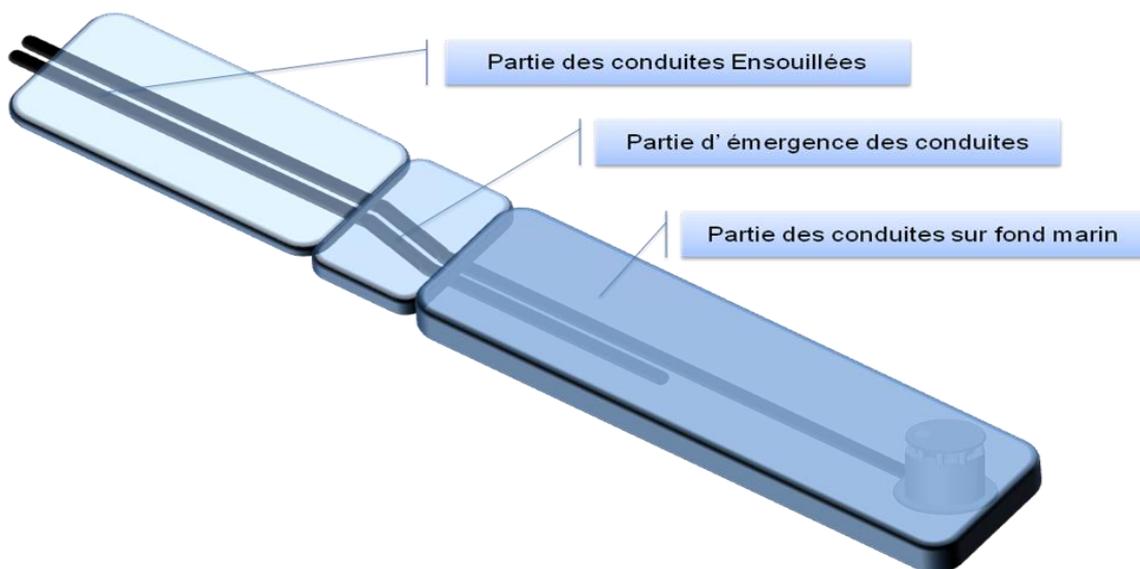


Figure 3 : Conduites sous marines d'aspiration d'eau de mer et de rejet de la saumure

#### 1.4.2 Présentation de la station de dessalement onshore

La station de dessalement onshore comportera les quatre étapes de traitement suivantes :

- Une phase de prétraitement;
- Une phase de microfiltration ;
- Une phase d'osmose ;
- Une phase de post traitement.

#### 1.4.2.1 Phase de prétraitement

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 différents aspects pouvant être traités au niveau de la phase de prétraitement sont les suivants :

- **Le traitement des matières en suspensions et colloïdales:** l'objectif à atteindre à travers ce traitement est un indice de colmatage inférieur à 3 (SDI: Silt Density Index) ;
- **Le rabattement de l'activité biologique:** Lorsque cette activité est manifeste, on peut recourir à la chloration de manière discontinue ou à des doses chocs de Hypochlorite de sodium.
- **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.

Le système préconisé pour la station de traitement de Djibouti est le système de filtre à sable sous pression. Ce système comportera 20 filtres à sable sous pression de longueur 12 m et de Ø 3.5 m, en acier ébonité ou en fibre de verre

- 12 en 1<sup>ère</sup> étape (V = 8 m/h), bicouche (sable et anthracite)
- 8 en 2<sup>ème</sup> étape (V=12 m/h) monocouche (sable)

Cette étape de préfiltration comporte un traitement chimique à base de :

- Coagulant à base de chlorure ferrique : Dose moy : 15 ppm à 40% de concentration Utilisé occasionnellement en cas de besoin
- Floculant non cationique : Dose moyenne : 14 ppm à 5 % de concentration Utilisé occasionnellement en cas de besoin
- Antitartre : Dose moy : 3 ppm de produit pur Indispensable tout le temps, éviter le dépôt de CaCO<sub>3</sub> sur les membranes ;
- Bisulfite de sodium : Dose moyenne : 1.5 ppm pour la neutralisation de 1 ppm de chlore libre, En cas de chloration en amont

#### 1.4.2.2 Phase de microfiltration

La microfiltration se charge de protéger aussi bien l'électropompe que les membranes de l'équipement d'osmose inverse en retenant les éventuelles particules en suspension qui pourraient échapper au prétraitement physique. Elle consiste à des filtres à cartouches remplaçables. La microfiltration sera assurée à travers un système à base de cartouches filtrantes en filament de polypropylène avec une sélectivité de filtration entre 5 et 15 microns en absolu. Il est proposé d'utiliser 6 Microfiltres en Fibre de verre comprenant 300 cartouches filtrantes de 50 pouces, un Seuil de coupure de 5 microns en absolu. La vitesse de filtration est de 12 m/h.

La fréquence de changement: une fois tout les six mois. Il est prévu une protection absolu pour les membranes et les systèmes de récupération d'énergie.

#### 1.4.2.3 Phase d'Osmose

Après le système de microfiltration l'eau est poussée vers les membranes d'Osmose Inverse par un pompage de régulation de haute pression, un pompage à haute pression et une pompe de renfort. On dispose de 3 Unité de dessalement de capacité unitaire de 15000m<sup>3</sup>/j avec :

- 210 tubes de pression par Unité ;
- Trois blocs en vertical ;
- Chaque bloc contient 70 tubes (14 en horizontal x 5 en vertical).

Le Flux est de 11,4 l/m<sup>2</sup>/h, il peut aller jusqu'à 14,1 l/m<sup>2</sup>/h correspondant à 18500 m<sup>3</sup>/j avec la possibilité de s'effacer pendant la pointe électrique

#### **1.4.2.4 Phase de post traitement**

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.

La reminéralisation préconisée pour la station de Djibouti est prévue par le carbonate de calcium en poudre + gaz carbonique avec les objectifs suivants :

- Objectif de Dureté totale: 100 mg CaCO<sub>3</sub> (10°F) ;
- 44 g/m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> et 100 g/m<sup>3</sup> de calcaire en poudre ;
- Affinage du pH pour un LSI =+0,5 (dose de 1ppm de NaOH).

#### **1.4.3 Présentation du réseau de transfert terrestre**

Cette phase du projet consiste à raccorder la station de dessalement aux réseau existant d'Alimentation en Eau Potable. Il comporte deux composantes (figure 2):

- Une conduite de 8,0 Km de 800 mm de diamètre
- Un réservoir de stockage de capacité 5000 m<sup>3</sup> à proximité du réservoir de Fara Had.

#### **1.4.4 Présentation des lignes d'alimentation en énergie électrique**

Le projet prévoit une alimentation électrique à partir des lignes existantes existantes. Cette alimentation comporte un poste de transformation 63-20KV et une ligne d'alimentation de 3,6Km par piquage à proximité du port hydrocarbures.

## 1.5 Bilans approximatifs divers de la station

### 1.5.1 Bilan hydraulique de la station de dessalement

Le débit prélevé à partir de la mer sera de l'ordre de 100 000 m<sup>3</sup>/j à une salinité de 40 g/l. Sur ce débit prélevé :

- **45 000 m<sup>3</sup>/j** (45%) est de l'eau dessalée produite à 500 ppm (selon les simulations préliminaire faites dans le cadre de l'étude de cadrage de faisabilité ;
- **55 000 m<sup>3</sup>/j** (55%) de rejet sous forme de saumure à une salinité d'environ 73 g/l.

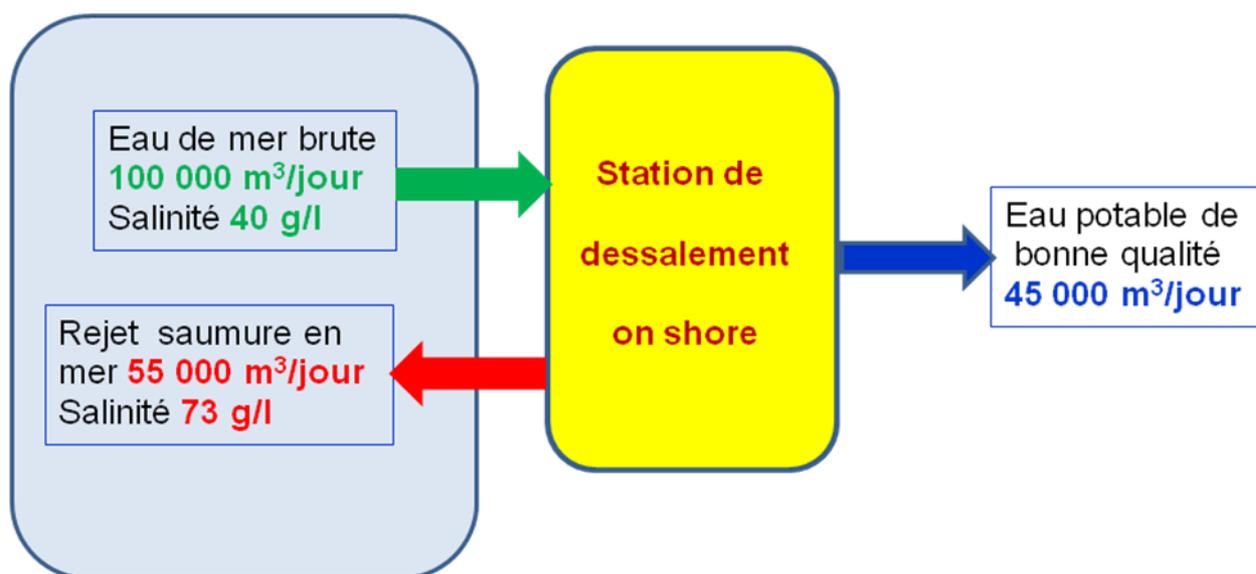


Figure 4 : Bilan hydraulique de la station

### 1.5.2 Bilan des diverses consommations de la station

#### 1.5.2.1 Produits chimiques

Dès la mise de l'eau de mer brute dans le procédé de dessalement, un ensemble de réactifs chimiques est injecté dans circuit du process du dessalement tels que :

- Coagulant à base de chlorure ferrique ;
- Flocculant non cationique ;
- Antitartre ;
- Bisulfite de sodium.

Les compositions chimiques, les doses et les quantités consommées sur la base du fonctionnement de la station en moyenne 95 % du temps.

### Bilan des consommations en produits chimiques de la station

Réactifs chimiques	Taux d'utilisation	Concentration	Dose injectée (mg/l)	Journalière de pointe (kg/j)	mensuelle de pointe (tonnes/mois)	annuelle moyenne (tonnes/an)
<b>Réactifs chimiques de Prétraitement</b>						
Hypochlorite de sodium Prétraitement	20%	10%	30	600	18	240
Coagulant (FeCl3)	20%	40%	15	300	9	120
Floculant organique	10%	100%	0.7	7	0.2	2.8
Anti-tartre	100%	100%	3	300	9.0	120
Bisulfite de Sodium	50%	100%	0.75	37.5	1.1	15
<b>Réactifs chimiques de Post-traitement</b>						
Soude caustique de Post-traitement	100%	30%	3.3	148.5	4.455	59.4
Hypochlorite de sodium de post-traitement	100%	10%	7	315	9.45	126
gaz carbonique	100%	100%	39.6	1782	53.46	712.8
Calcaire en poudre	100%	98%	90	4050	121.5	1620

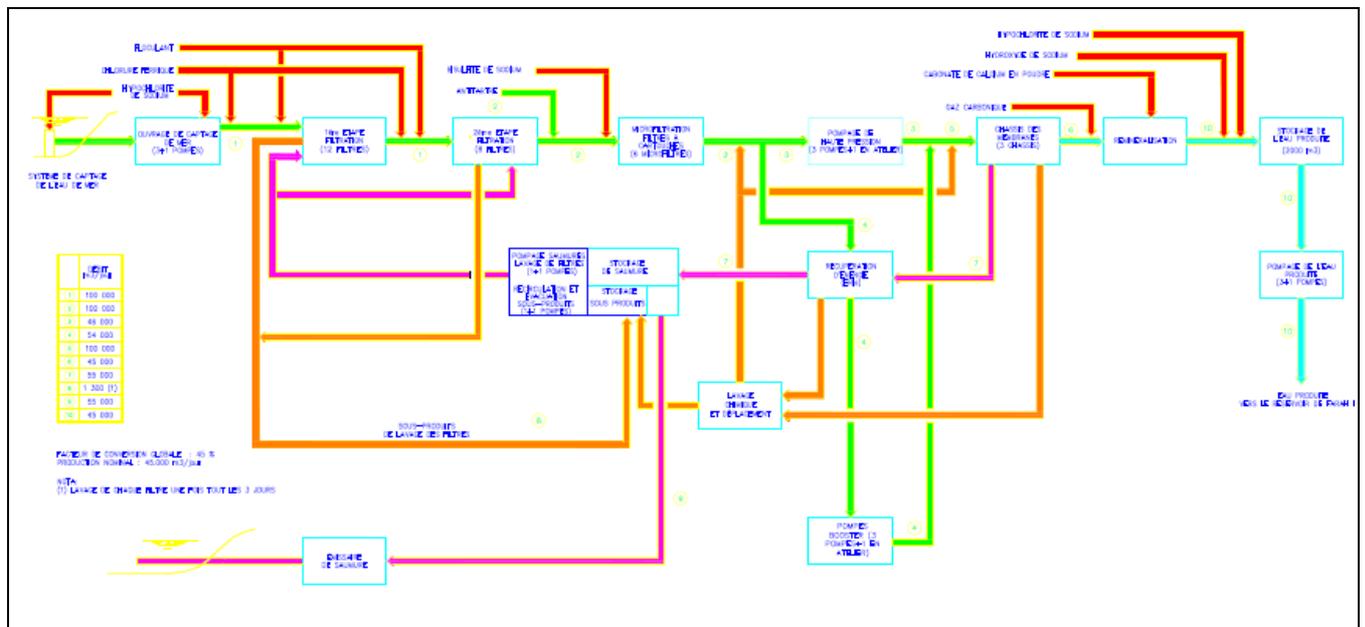


Figure 5 : Diagramme des flux de la station

### 1.5.2.2 Filtre et modules d'osmose

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 l'ordre de 6 cm et une longueur d'environ 50 pouces (127 cm). Les cartouches sont remplaçables une fois tout les mois. Quant aux 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). Il sont remplaçables une fois tous les 5 ans.

Les quantités prévues pour cette consommation sont comme suit :

- Les cartouches filtrantes usées qui représentent un déchet de la station et dont le nombre est **de l'ordre de 5 000 unités par an** ;
- Les modules d'osmose inverse usés qui seront en moyenne de **4410 modules** tout les cinq ans.

### 1.5.3 Bilan qualitatif de la station

Avec un taux de conversion de 45 %, l'opération de dessalement consiste à concentrer les sels contenus dans l'eau de mer brute dans 55% du volume pompé. Deux analyses chimiques ont été conduite, une au CERD à Djibouti et l'autre à Tunis. Le premier a donné une salinité de 42.5 g/l et le 2<sup>ème</sup> une salinité de 38 g/l. Pour cette raison il a été considéré pour l'EIE une salinité moyenne de 40 g/l.

Paramètres	Unité	Eau brute	Eau de rejet
Solides totaux	(mg/l):	40 000	73 000
TDS	(mg/l):	36 000	65 455
MES	(mg/l):	3	5
conductivité	(microS/cm):	52 000	94 545
alcalinité	(mg/l CaCO <sub>3</sub> ):	110	200
dureté	(mg/l CaCO <sub>3</sub> ):	5 300	9 636
Na	(mg/l):	11 000	20 000
Mg	(mg/l):	1 100	2 000
Ca	(mg/l):	300	545
K	(mg/l):	520	945
Cl	(mg/l):	18 800	34 182
Sulfates	(mg/l):	2 500	4 545

## 2 EXPLORATION ET ANALYSE DES ALTERNATIVES

### 2.1 L'utilité, la nécessité et l'urgence de la station de dessalement

C'est le critère essentiel qui devrait justifier la réalisation du projet. Il s'appuie sur les données suivantes :

- Les ressources en eau totale de Djibouti ;
- Les consommations actuelles (eau potable et agriculture);
- Les prévisions sur les consommations futures en eau potables

En effet les ressources en eau de Djibouti sont faibles et elles sont limitées aux ressources souterraines qui s'élèvent à environ **27 000 m<sup>3</sup>/jour** et qui sont exploitées à 35 000 m<sup>3</sup>/j.

Les besoins actuels en eau du pays sont de l'ordre 74 000 m<sup>3</sup>/jour et ils sont susceptibles de passer à environ 100 000 m<sup>3</sup>/jours à l'horizon 2015 soit un déficit de **77 000 m<sup>3</sup>/jour**.

Devant cette situation plus au moins alarmante, la création d'une nouvelle ressource en eau non conventionnelle devient une nécessité vitale pour le pays dans le cours terme.

### 2.2 Les critères de choix du site de la station

Avec l'absence de ressources en eaux souterraines saumâtres, le seul moyen, qui permet de création d'une nouvelle ressource en eau non conventionnelle, devrait s'appuyer sur le dessalement de l'eau mer.

Plusieurs critères entreront dans le choix du site de la station de dessalement. On distingue en particulier :

- La proximité au point de captage : Selon les résultats des sondages côtiers, le site de la station sera choisi à une distance convenable du point de captage ;
- La proximité au point de rejet et à la zone desservie par la station. Le site sera choisi de façon à éviter les grands parcours des conduites de transfert ;
- L'occupation des sols et la vocation des terrains. Pour le site de la station et les emprises des conduites de transfert des eaux ;
- La proximité aux zones sensibles ou faisant l'objet de protection ou de sauvegarde particulière.

Ainsi trois sites ont été proposés dans le cadre de l'étude de faisabilité à savoir :

- Site 1 de Douda
- Site 2 de Doraleh N°1 (Est)
- Site 3 de Doraleh N°2 (Ouest)



Figure 6 : Site 1 proposé de Douda



Figure 7 : Situation des sites 1 et 2 de Doraleh N°1 et de Doraleh N°2

La comparaison entre ces trois sites a été faite sur la base des critères suivants :

- Qualité de l'eau de mer à capter: le minimum de matières en suspension ;
- Bathymétrie: plus la mer est profonde, plus la qualité est meilleure ;
- Eloignement de cours d'eau pouvant apporter de la matière e suspension terrestre ;
- Altitude du site: un minimum de 5 m pour l'évacuation du rejet ;
- Qualité du sol du site: fondations ;
- Inondabilité.

Ainsi en se basant sur ces critères, on présente sur le tableau suivant un classement entre ces trois sites.

Critères	Douda	Doraled N°1	Doraleh N°2
Qualité de l'eau de mer	+	++	+++
bathymétrie	-	++	+++
Eloignement des cours d'eau	-	++	+++
Eloignement d'activités polluantes	+++	++	+++
Altitude minimale	-	+++	+++
Qualité du sol	+	+++	+++
Inondabilité	-	+++	+++
<b>Classement</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Le site Doraleh N°2 apparait donc comme étant le site le mieux classé.

## 2.3 Les critères de choix de l'alternative de traitement

Pour le procédé du dessalement, il y a plusieurs alternatives. Le critère environnement sera pris en compte pour le choix de l'alternative retenue. Parmi les alternatives, on distingue :

- **Le MSF (Multi Stage Flashing)** : C'est le système de vapeur le plus répandu bien qu'il soit le moins efficace. 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.
- **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.
- **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.
- **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.

De plus l'osmose inverse offre plus de souplesse au niveau de la gestion de la qualité des eaux de rejet, c'est pour cela que cette alternative apparaît comme étant la moins contraignante pour l'environnement. Critère à justifier avec plus de détail au niveau de l'étude de faisabilité technique.

### 3 ANALYSE DE L'ETAT ACTUEL DU PROJET

#### 3.1 Délimitation du périmètre d'impact

Le périmètre d'impact se compose d'une zone d'influence directe et de zones d'influence indirectes :

**Les zones d'influence 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 qui sera situé à proximité du rivage d'une surface de l'ordre de 1 hectare;
- Le site d'implantation de la station et des réservoirs de stockage des eaux potables osmosées ;
- L'emprise des conduites d'aspiration des eaux de mer brutes qui sera en partie sur terre et en partie en mer dans le golfe de Tadjoura ;
- L'emprise de la conduite de rejet de la saumure qui sera aussi en partie sur terre et en partie en mer;
- 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 ;

**Les 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 osmosée produite par la station de dessalement;
- Le milieu industriel qui va bénéficier 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...

#### 3.2 Présentation du cadre général du projet

##### 3.2.1 Cadre climatique

La République de Djibouti a un climat de type tropical, aride ou semi-aride, qui varie selon l'altitude. L'humidité relative varie beaucoup, entre 40 et 90%, mais la température moyenne de l'air varie relativement peu, de 25° C en hiver à 35° C en été. Le climat, loin d'être uniforme sur tout le territoire, varie dans le temps et suivant les régions.

Les précipitations annuelles sont normalement de 50 mm à 215 mm avec une moyenne de 130 mm, mais peuvent être très variables selon les années. Les précipitations ont une influence prononcées sur le climat: ainsi la différenciation saisonnière s'effectue en fonction des variations pluviométriques et oppose deux périodes distinctes.

**Une saison fraîche d'octobre à avril** caractérisée par:

- Une assez forte humidité relative de l'air qui est de 60 % à 85 % dans les régions littorales et montagneuses. Elle varie de 50 % à 65 % dans les régions basses de l'intérieur ;

- Des températures douces oscillant entre 22° C et 30° C , janvier étant le mois le plus frais ;
- Des pluies éparses et irrégulières suivant un régime méditerranéen sur les versants maritimes. Ces pluies de courte durée et variant d'une année à l'autre provoquent de grandes inondations catastrophiques dans la capitale mal drainée (692,9 mm en 1989 avec un excédent pluviométrique de 435,5 % par rapport à la moyenne). En revanche, il arrive qu'il ne pleuve pas pendant deux à trois ans et cela entraîne une rupture de l'équilibre écologique déjà précaire.
- Des vents de secteur est / nord-est (les alizés) provenant de la cellule anti-cyclonique asiatique qui se prolonge sur l'Arabie et la corne de l'Afrique. Ces vents parviennent à Djibouti après s'être humidifiés lors de leur trajet maritime dans le golfe d'Aden.

**Une saison chaude et sèche de mai à septembre** caractérisée par:

- Des températures élevées fluctuant entre 30° C et 40° C. Les températures les plus élevées sont relevées sur le littoral et à l'ouest d'une ligne Balho / As-Eyla où elles dépassent 35 °C et sont responsables d'une importante évapotranspiration.
- Les pluies de la période chaude (Afar: karma; Somali: karan) suivant un régime tropical sur le versant continental. Ces précipitations sont faibles et consécutives au passage du Front Intertropical (FIT) au nord du pays et donc à l'affrontement entre les moussons atlantique et indienne.
- Un vent de sable violent, chaud et sec soufflant de l'Ouest (le Khamsin) durant cinquante jours.

Les mois de mai, juin et octobre sont les plus secs et marquent une saison de transition avec des vents variables de secteur ouest / nord-ouest (le sabo). Cependant, les régions montagneuses au nord du golfe de Tadjourah (1 000-1 782 m d'altitude), revêtues en partie de forêts assez denses, font exception avec des précipitations conservant une relative régularité grâce à l'apport hydrique sous forme de condensation opérée par certaines plantes (350 à 400 mm dans la forêt du Day), une forte humidité atteignant jusqu'à 90 % et des températures plus clémentes.

La variabilité dans le temps et dans l'espace caractérise le climat de la République de Djibouti. Ainsi dans les régions basses, les conditions climatiques rudes et inhospitalières, l'insuffisance des précipitations voire leur manque (sécheresse de 1980) et, par voie de conséquence la rareté de cours d'eau pérennes, exposent les ressources végétales et animales à de grands risques de dégradation. Ceci explique le fait que l'agriculture soit peu développée et que la principale activité rurale reste le nomadisme pastoral.

### **3.2.2 Cadre géologique et hydrogéologique**

Le relief du territoire djiboutien comme le montre la carte géologique ci jointe essentiellement d'origine volcanique est formé (du plus anciens au plus récent) par :

- une série de les basaltes anciens d'Adolei (et somali), série en discordance sur le socle jurasso-crétacé.
- les épisodes rhyolitiques d'Ali Adde (au sud) et des Mablàs (au nord), roches très altérées en coulées très épaisses.
- la série basaltique du Dalha, série la plus volumineuse (d'une puissance pouvant atteindre 1000m), discordante sur les rhyolites des Mablàs, constituée de très nombreuses strates de 5 à 10 m d'épaisseur, donnant des reliefs tabulaires.
- les basaltes stratoïdes, d'une puissance de milliers de mètres.
- les basaltes initiaux, série initiale fissurale de l'ouverture du Golfe de Tadjourah.
- les séries basaltiques récentes, occupent le rift d'Asal et le Manda Inakir, volcanisme fissural de type océanique.

- Les dépôts sédimentaires récents occupent les zones côtières orientales, entre Obock et Doumêra, au nord du Golfe de Tadjourah, et entre Djibouti-ville et Loyada, au sud du golfe.

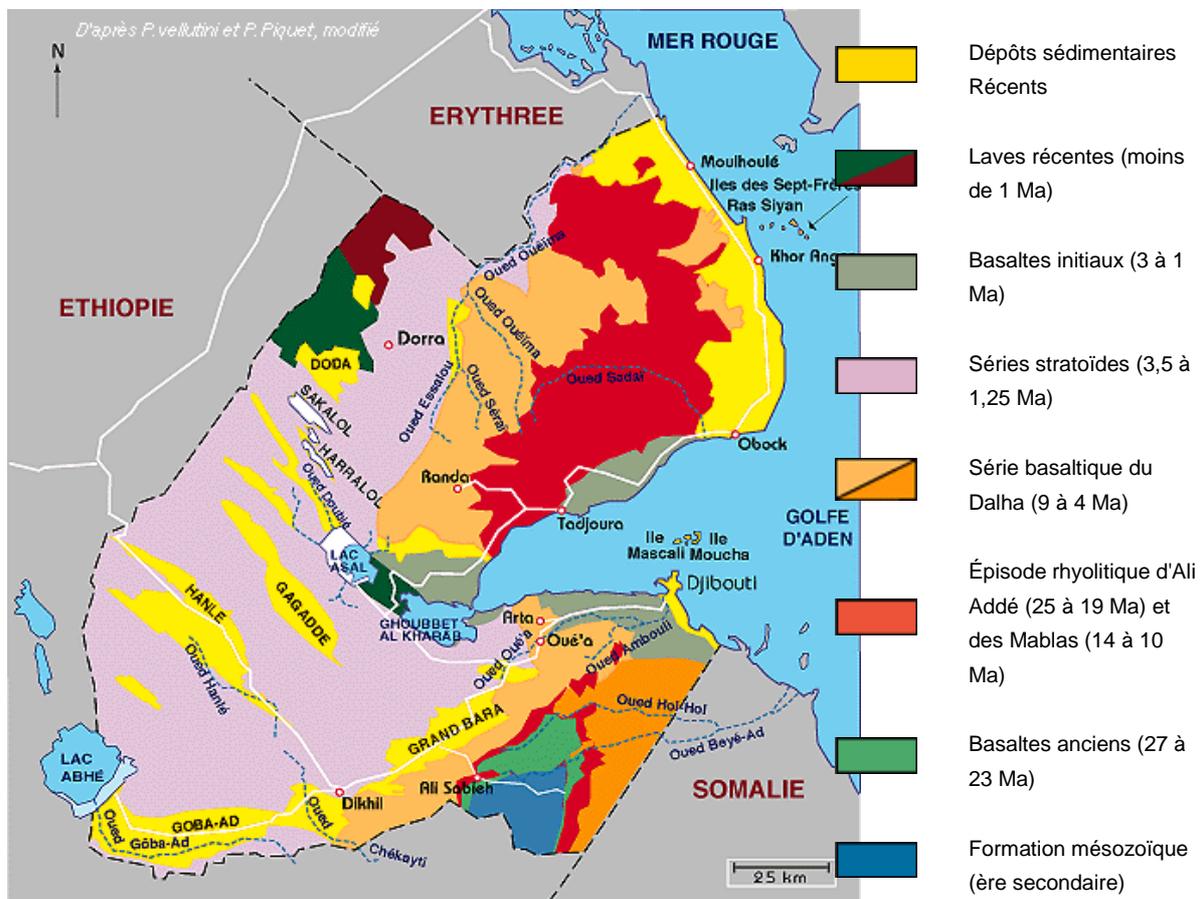


Figure 8 : Carte géologique de Djibouti

Les deux séries qui semblent être aquifères (présence d'une nappe d'eau souterraine) sont la série des basaltes initiaux et la série des dépôts sédimentaires. Cette dernière n'a pas fait l'objet d'aucune prospection hydrogéologique.

L'aquifère basaltique de Djibouti est exploité pour l'alimentation en eau de la ville de Djibouti depuis cinquante ans. Il a fait l'objet de nombreuses études qui ont permis de cerner le fonctionnement hydrodynamique général de l'aquifère.

L'aquifère de Djibouti est formé par des basaltes fissurés et des scories datés de 1 à 9 Ma, intercalés de niveaux sédimentaires. Les observations hydrogéologiques montrent une faible extension des niveaux aquifères. En effet, une série basaltique productive dans un puits peut être stérile dans un autre puits éloigné de seulement quelques dizaines de mètres. Les couches aquifères peuvent avoir des transmissivités de  $5.78 \cdot 10^{-4}$  à  $5.78 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  mais elles sont très locales.

Une quarantaine de forages capte l'aquifère de Djibouti avec une concentration particulière le long du littoral. Les interprétations des pompages d'essai ont donné des valeurs de transmissivité dans les formations aquifères entre  $14 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  et  $3.3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Cet aquifère revêt une importance capitale pour la ville de Djibouti qui exploite cette ressource à hauteur de 15 millions de m<sup>3</sup>/an. Ce taux d'exploitation assez poussé a provoqué une baisse importante par endroit du niveau d'eau de la nappe qui a engendré une

intrusion marine manifestée par une élévation de la concentration des sels minéraux dans les eaux des forages.

Une autre remarque importante est que l'amplitude maximale de la marée peut atteindre 2.5 m mais ne provoque qu'une amplitude maximale inférieure à 0.02 m sur la nappe. Cette observation a été faite sur plusieurs forages piézométriques tel que Naasley à 2 km de la cote et E28 à 5 km. La grande différence enregistrée entre les deux amplitudes prouve aussi que la communication hydraulique entre le continent et la mer n'est pas très importante

### 3.2.3 Cadre hydrographique

Les eaux côtières de Djibouti possèdent une façade maritime d'environ 372 km de côtes et elles se trouvent à la jonction de la mer Rouge et du golfe d'Aden. Du point de vue géologique, la mer Rouge est le résultat d'une fissure qui s'est produite il y a 3 à 4 millions d'années, séparant les pays d'Arabie et ceux d'Afrique. C'est donc un étroit et profond sillon, relié à l'océan Indien par le détroit de Bab El Mandeb, large d'à peine 32 km et dont le fond, en forme de cuvette, atteint au mieux 150 m au centre du détroit. En fait 38 km de la côte djiboutienne allant vers le nord à partir des Iles des Sept Frères appartient à la Mer Rouge, formant le côté ouest du détroit de Bab el Mandeb. Le Golfe de Tadjourah est aussi une conséquence de cette séparation des continents. Avec sa prolongation du Ghoubbet el Kharâb, il est long de 107 km et coupe presque le pays en deux parties, nord et sud.

Le site du projet est situé sur les côtes sud-est du Golfe de Tadjourah. Ce dernier s'étend vers le nord de Khor Ambado à Ras Bir, il est caractérisé par ses pentes volcaniques abruptes entre coupées de quelques plaines côtières et de plages de sable.

La marée est relativement importante dans la zone. Le marnage moyen est de 1,8m avec un max des PM de 3,10m et un min des BM à 0,20m.

Le courant n'est pas important dans la zone, il est entrant du coté sud de gole et sortant du coté nord du golfe de Tadjourah (figure ci-dessous).

Le courant n'excède pas 0,5 m/s.

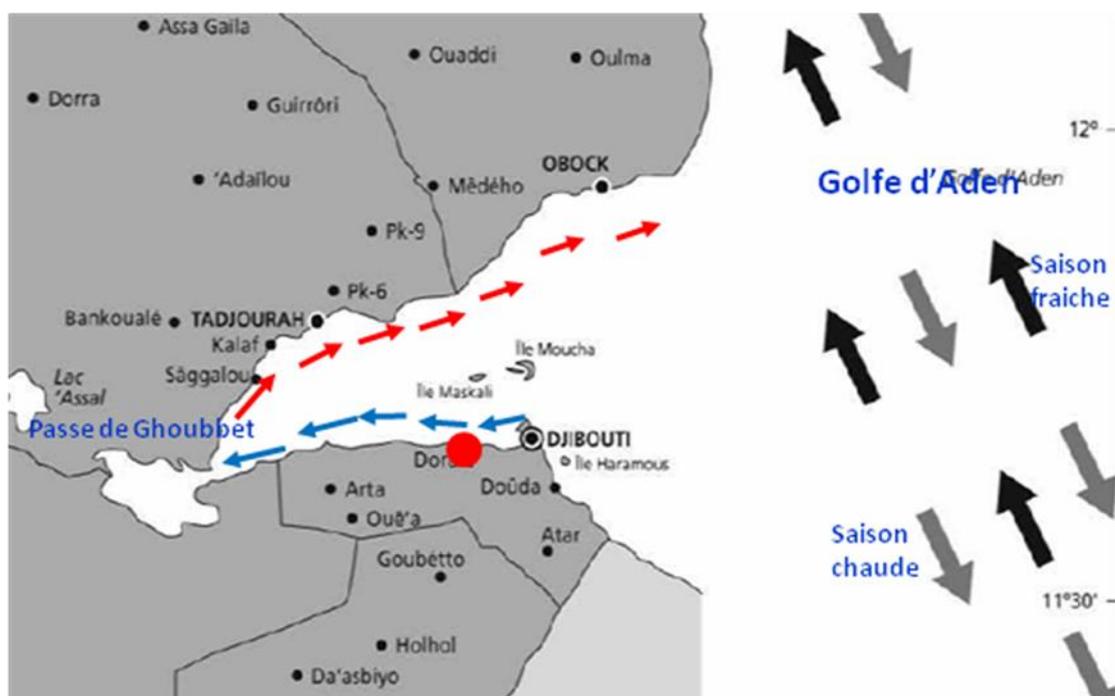


Figure 9 : Carte courantologique de la zone d'étude

### 3.3 Description détaillée du site du projet

#### 3.3.1 Le milieu marin – emprise des conduites sous marines

Le milieu marin est exploré au niveau de la zone d'emprise de la future conduite marine en mer entre la station de pompage et le point de captage en mer. Cette conduite fait un itinéraire total de 800 m.

##### 3.3.1.1 Stations d'exploration

L'exploration est faite au niveau de 5 stations selon une radiale confondue avec le tracé de la conduite. Les stations d'exploration sont espacées d'une distance de l'ordre de 200m.

Les positions des stations d'exploration sont indiquées dans le tableau et la figure suivante :

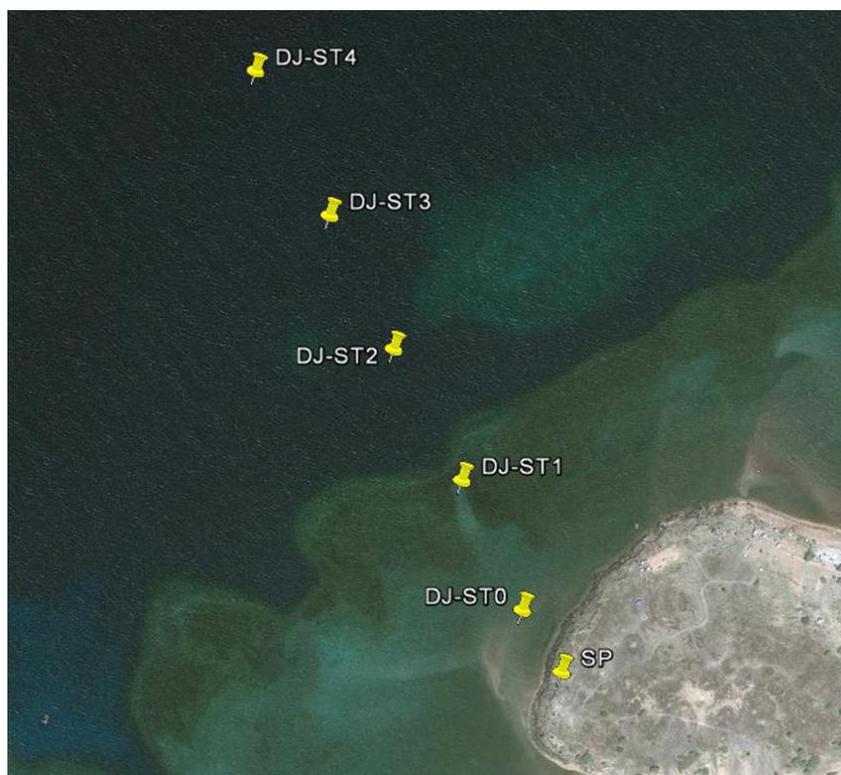


Figure 10 : Situation géographique des stations d'exploration en mer

Coordonnées géographiques des stations d'échantonnage en mer :

Station	X - UTM - WGS84	Y - UTM - WGS84
DJ-SP	288 393	1 282 350
DJ-ST0	288 359	1 282 440
DJ-ST1	288 288	1 282 677
DJ-ST2	288 261	1 282 816
DJ-ST3	288 213	1 283 008
DJ-ST4	288 155	1 283 217

### **3.3.1.2 Les équipements utilisés**

Les équipements utilisés pendant la campagne sont les suivantes :

- Un bateau de 10 m de long ;
- Une perche (tige) métallique ;
- Un marteau ;
- Un GPS pour positionnement ;
- Un écosondeur pour la profondeur ;
- Des ficelles avec un contre poids ;
- Un appareil de photographie sous marine
- Matériel de plongé en mer ;
- Des sacs plastique de prélèvement de sédiment et benthos ;
- Des bouteilles de prélèvement d'eau

### **3.3.1.3 Les prélèvements et constats réalisés**

La procédure d'exploration du site, au niveau de chaque station, a comporté les actions selon la chronologie suivante :

- Positionnement par GPS ;
- Arrêt et ancrage du bateau ;
- Relevé des coordonnées réelles du point d'arrêt par GPS;
- Description sommaire de l'état de la mer et de la transparence des eaux à partir du bateau;
- Descente du plongeur dans l'eau ;
- Marquer la position de la station par un indicateur de référence à la station;
- Prendre 5 photos fixes autour du point de positionnement ;
- Prendre une séquence vidéo de 5mn autour du point de positionnement ;
- Faire une description sommaire du benthos couvrant le fond ;
- Exploration du fond par une tige métalliques dans quelques positions autour du point de stationnement (4 à 5 points espacés de 5 m environ) ;
- Décrire sommairement l'état du fond (réfus, sable, vase, roche, etc....) ;
- Prélèvement d'un échantillon de sédiment de surface ;
- Faire la collecte d'individus de la plus part des espèces de benthos trouvés sur le fond ;
- Prendre un échantillon d'eau à 5m du fond et un échantillon d'eau en surface ;
- Faire une photo dans le bateau des échantillons prélevés de sédiment et de benthos ;
- Faire une description sommaire de l'état du fond et de l'état du benthos.

### 3.3.1.4 Résultats de l'exploration

Les résultats de l'exploration du terrain des stations sont présentés dans les fiches de l'annexe 2 et ils sont récapitulés dans ce qui suit :

Les stations ont été explorées selon le profil morphologique suivant :

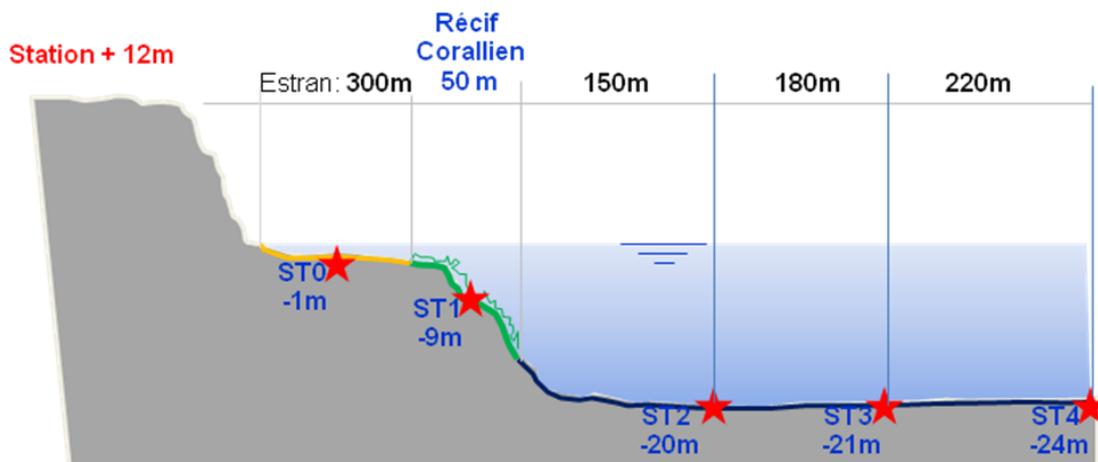


Figure 11 : profil schématique approximatif de la radiale d'exploration

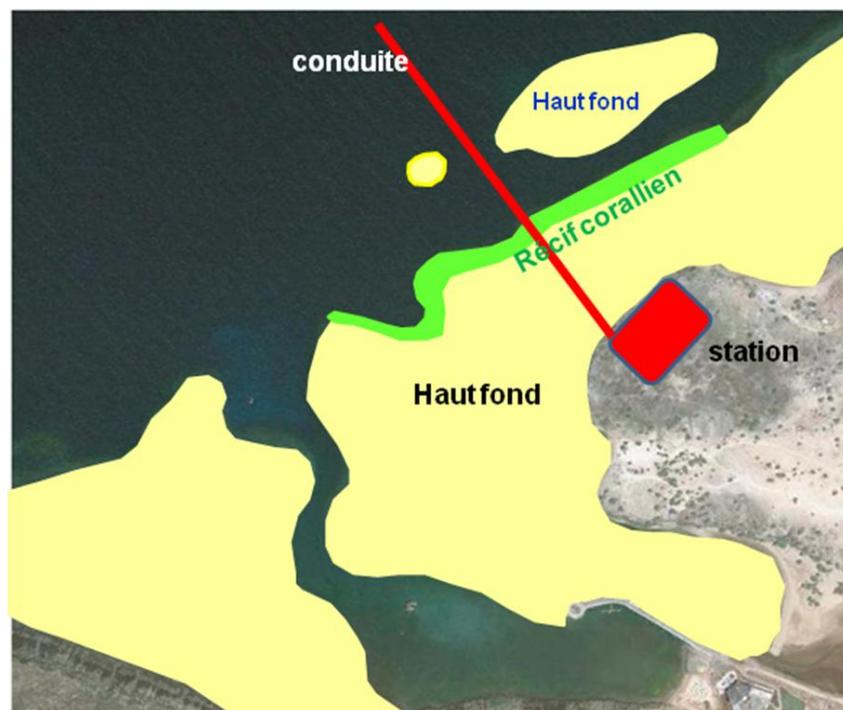


Figure 12 : vue en plan de la morphologie de la zone d'implantation des conduites sous marines

Les travaux d'exploration du fond marin ont permis de montrer la succession de trois faciès différents comme suit :

- **Frange littorale de l'estran** : cette frange couvre la zone de l'estran sur une largeur d'environ 300 m. En marée haute cette frange est mouillée et en marée basse elle est découverte en grande partie. Le fond y est sableux et il est nu. Des tests de lançage manuels ont permis de montrer qu'il existe en dessous du sable de la roche dur. Le refus a été détecté à des profondeurs variables allant dans la plus part des tests réalisées de 1m à plus de 1,5 m selon la position. Cette zone de l'estran ne comporte pas une faune benthique apparente, mais nous avons remarqué la présence de plusieurs traces de terriers enfouis dans le sédiment et des bivalves

accrochées sur les enrochements au pied de la falaise (voir fiche de station ST0 en annexe) ;

- **Frange centrale de la falaise submergée** : D'une largeur de l'ordre de 50m cette zone est formée d'un relief accidenté sous marin en forme d'une falaise sous marine avec une berme variable. On passe d'une côte de -1m à environ -15m au pied de la falaise. Le fond y est rocheux. Au pied de la falaise, un échantillon de sédiment très coquillier a été prélevé. Cette falaise représente un récif corallien où la faune est très riche et elle est très diversifiée. On y trouve plusieurs espèces de coraux, d'éponges, de bivalve etc..... c'est une zone d'attraction de plusieurs espèces de poissons. La production est très forte avec une très bonne transparence (voir fiche de station ST1 en annexe);
- **Frange du large** : A partir du pied de la falaise (à -15m environ), le fond marin descend avec une pente faible jusqu'à une côte de -23m à environ 900 m de la côte. Le fond est sablo – vaseux et ne comporte pas une faune benthique apparente. Toutefois, des traces de terriers enfouis dans le sédiment ont été enregistrées. Des tests de lançages manuels ont été fait par plongé et il n'ont détecté aucun refus de roche en dessous du sédiment sablo vaseux (voir fiche des station ST2, ST3 et ST4 en annexe).

La figure 14 ci-dessous présente deux profils sur les faciès sédimentologique et sur les faciès écologiques de la radiale explorée.

### 3.3.2 Le site de la station de dessalement et de pompage onshore

Le site de la station de dessalement se trouve sur le flanc supérieur de la falaise à une côte d'environ +12m, Le terrain est nue et il ne présente pas de végétations seulement quelques petites Acacia très dispersées.

Le terrain est rocheux il est formé dans sa totalité par le basalte (figure suivante).



Figure 13 : Etat actuel du site de la station de dessalement

### 3.3.3 Le site de la conduite de transfert et le réservoirs de stockage

La conduite sera réalisée selon les différents tronçons suivants (figure 15) :

- Tronçon de 2 Km suivant une route existante entre Doraleh et le niveau du port des hydrocarbures. La conduite prendra une emprise d'une route existante. Sur les bord de cette route se trouvent quelques Acacias dispersées;
- Tronçon de 3,5 Km, la conduite suivra des reliefs, croise une route expres en face du port des hydrocarbures et suit ensuite des piste dégagées à travers un terrain non aménagé ;
- Tronçon de 2,5 Km, Ce tronçon traverse l'agglomération de Balbala où la concentration des habitation est très dense.

Le réservoir sera construit dans un point haut à proximité du réservoir FARA HAD dans un terrain nu non exploité.

### 3.3.4 Réalisation des lignes électriques

Les lignes électriques seront réalisées sur une longueur de 2 Km environ. Elles vont suivre des routes existantes et la future route qui va accéder à la station de dessalement.



Figure 14 : Niveau de raccordement des lignes électriques





Figure 16 : Description de l'état actuel de l'emprise de la conduite de transfert terrestre

## **4 ANALYSE DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT**

### **4.1 Introduction**

Ce chapitre présente les conséquences prévisibles, directes et indirectes du projet sur l'environnement, dans les limites du périmètre de l'étude.

Les impacts seront étudiés sur la base d'une connaissance parfaite de l'état actuel du périmètre d'influence direct et indirect du projet ainsi que des composantes techniques définies au stade de l'étude de faisabilité technico-économique.

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.

Les composantes techniques du projet comprennent 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 :

Pendant la phase des 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 marin
- La mise en œuvre des conduites de transfert terrestre

Pendant l'exploitation :

- 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 marin
- Les conduites de transfert terrestre
- Le rejet de la saumure en mer

En ce qui concerne les composantes de l'environnement, on se réfère aux 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 tels que milieu physique, milieu biologique, ressources naturelles et milieu social et économique.

## 4.2 Impacts durant les travaux

### 4.2.1 Réalisation des ouvrages de la station de dessalement et de la station de pompage onshore

La station de dessalement sera construite dans un terrain nu non exploité situé en dehors de la zone urbaine de la ville de Djibouti. Le bâtiment principal de la station sera d'une surface de l'ordre **1 800 m<sup>2</sup>**.

La préparation du terrain nécessitera la mobilisation d'engins lourds pour réaliser les travaux de terrassement dans une zone rocheuse. La réalisation de ces travaux n'entraînera la démolition d'aucune construction existante puisque le terrain est nu et il est non exploitable.

Le site où sera implantée la station est situé à une côte de l'ordre de +10m par rapport au niveau moyen de la mer. La plateforme de la station de dessalement sera aménagée à une côte de l'ordre de + 8m, alors que la chambre de la station de pompage sera calée à une côte de l'ordre de - 7 m.

Durant cette phase de travaux, il y aurait excavation de matériaux rocheux selon quantité suivante :

- *Travaux de terrassement de la plateforme de la station de dessalement* : Une surface d'au moins de **1800 m<sup>2</sup>** sera excavée en étage selon la pente du terrain. La quantité totale de déchets d'excavation sera donc de l'ordre de **1 000 m<sup>3</sup>** de matériaux rocheux de différentes tailles ;
- *Travaux de terrassement de la bache d'aspiration de la station de la station* : Le terrassement sera exécuté sur une surface de l'ordre de 15x20=300 m<sup>2</sup> et sur une profondeur de l'ordre de 20 m. La quantité totale de matériaux générés par cette opération serait de l'ordre de **6 000 m<sup>3</sup>** de matériaux rocheux de différentes tailles.

Les matériaux rocheux issus des travaux d'excavation seraient alors de l'ordre de **7 000 m<sup>3</sup>**.

Cette phase de travaux nécessitera la mobilisation d'engins lourds compatibles avec la nature rocheuse du terrain. Parmi ces engins, on distingue :

- Une pelle mécanique ;
- Un brise roche ;
- Une niveleuse.

Durant cette phase de travaux, il y aurait des impacts relatifs à:

- La circulation des engins des travaux ;
- Le bruit causé par les engins et surtout le brise roche durant le déroctage des fondations ;
- L'accumulation des déchets inapte de décapage du terrain naturel ;
- L'accumulation des enrochements de basalte issus des travaux de déroctage des substrats rocheux ;
- Les pertes éventuelles des huiles et du carburant dans le site de stationnement des engins lourds ;
- Les divers déchets et eaux usées issus du quartier vie du chantier

#### 4.2.2 Réalisation des ouvrages maritimes – conduites d'aspiration et de rejet

Ces ouvrages constituent la composante maritime du projet qui serait réalisée en différentes étapes :

- Mobilisation des équipements maritimes ;
- Ouverture de la tranchée de pose ;
- Pose des conduites ;

**Mobilisation des équipements maritimes :** Cette étape consiste à mobiliser les matériaux comportant l'amené des conduites sous marines, d'un ponton et d'une pelle de dragage. Ces équipements nécessiteront un quai d'accostage dans un port proche du site et d'une zone abritée de mouillage pour les périodes d'arrêt du chantier. La navigation et la mobilisation de ces équipements serait effectuée à travers les lignes maritimes existantes et les ports proches du site. En effet, dans la zone du projet, le trafic maritime est très actif vu la présence de trois ports de commerce. A ce niveau, la mobilisation ne poserait pas de problèmes environnementaux durant la période de chantier.

**Ouverture de la tranchée :** Cette phase consiste à ouvrir une tranchée pour abriter les conduites. Cette tranchée sera divisée en deux parties :

- *Tronçon côtier :* C'est la partie de l'estran qui est découverte en basse marée. Une souille de 5m de largeur sera ouverte par un engin terrestre pour abriter les deux conduites : Une d'aspiration (Ø1200mm) et une deuxième de rejet (Ø800mm). Ce tronçon fait un itinéraire de l'ordre de 300m et la souille sera creusée sur une profondeur de l'ordre de 5m ;
- *Tronçon de la falaise :* C'est la partie de transition entre l'estran (haut fond du tronçon précédent) et le large où la profondeur dépasse 15m. Ce tronçon fait un itinéraire de 40 à 60 m environ. Les travaux relatifs à ce tronçon seront exécutés par une pelle montée sur un ponton. Cette zone abrite un récif de corail qui fait une largeur moyenne de 50m environ;
- *Tronçon du large :* Ce tronçon fait un itinéraire de l'ordre de 450m, le terrain est quasiment dénudé et il est dépourvu de faune apparente. Le fond est sablonneux – vaseux et la pente du terrain est très faible. Quelques terriers apparaissent sur le fond de cette zone.

Durant cette étape des travaux, les impacts potentiels sont les suivants :

- *Tronçon côtier :* l'ouverture de la souille de 300 m, va générer une quantité totale de remblais de l'ordre de 7 500 m<sup>3</sup>. Ces remblais seront constitués en partie par le sable marin superficiel et en partie par des enrochements en profondeur;
- *Tronçon central de la falaise :* C'est le tronçon le plus critique du point de vue environnemental, car à ce niveau on va détruire les coraux qui se trouvent sur l'emprise de la souille. En estimant une couverture de 50% du fond des coraux, la surface totale détruite serait de l'ordre de **120 m<sup>2</sup>** ;
- *Tronçon du large.* Sur ce tronçon la conduite sera lestée directement sur le fond. Compte tenu de l'absence de faune et de flore dans cette zone, les impacts seront minimes durant la phase des travaux.

**Pose des conduites :** Durant ces étapes, les impacts de la pose des conduites peuvent se résumer ainsi :

- *Tronçon côtier :* Les deux conduites d'aspiration et de rejet seront posées au fond de la souille qui sera ensuite remblayée avec les matériaux préalablement excavés. Durant cette phase de travaux, il peut y avoir migration des matières en suspension vers les zones des coraux avec les courants locaux ;

- *Tronçon central de la falaise* : La conduite dans ce tronçon sera posée sur une assise dure en enrochements pour la stabiliser. Lors de la pose de la conduite et de la stabilisation par des enrochement, il pourrait y avoir perturbation des coraux de la zones voisines si des précautions ne sont pas prises en compte ;
- *Tronçon du large* : Les impacts correspondant à cette phase de travaux seront Minimales par rapport aux deux étapes précédentes. Il sont réduits à une légère mise en suspension des matériaux du fond lors de la pose de la conduite, des lests et du socle de stabilisation de la tour de prise.

#### **4.2.3 Réalisation de la conduite de transfert terrestre et le réservoir de stockage**

Le projet prévoit la réalisation d'une conduite d'adduction des eaux osmosée de 8Km et la réalisation d'un réservoir de stockage de 5000 m<sup>3</sup> environ.

La conduite sera réalisée selon les différents tronçon suivants :

- Tronçon de 2 Km suivant une route existante entre Doraleh et le niveau du port des hydrocarbures. La conduite prendra une emprise d'une route existante;
- Tronçon de 3,5 Km, la conduite suivra des reliefs, croise une route expresse en face du port des hydrocarbures et suit ensuite des piste dégagées à travers un terrain non aménagé ;
- Tronçon de 2,5 Km, Ce tronçon traverse l'agglomération de Balbala où la concentration des habitation est très dense.

Le réservoir sera construit dans un point haut à proximité du réservoir FARHAD dans un terrain nu non exploité..

#### **4.2.4 Réalisation des lignes électriques**

Les lignes électriques seront réalisée sur une longueur de 2 Km environ. Elles vont suivre les routes existante et la future route qui va accéder à la station de dessalement. Les impacts correspondant à cette composantes, durant les travaux, seront très faibles.

### **4.3 Impacts pendant l'exploitation**

#### **4.3.1 La station de dessalement onshore**

La station de dessalement va créer une nouvelle ressource en eau non conventionnelle qui va renforcer les ressources actuelles qui sont de l'ordre de 27 000 m<sup>3</sup>/jour. Les besoins en eau du pays sont de l'ordre 74 000 m<sup>3</sup>/jour et ils sont susceptibles d'augmenter dans les années futures. La station de dessalement va donc combler un important déficit en eaux potable par la fourniture d'un débit additionnel de 45 000 m<sup>3</sup>/jour.

Le renforcement du potentiel en eau potable aura aussi un effet sur la qualité des eaux potables actuellement desservies dans le réseau de l'ONEAD. Ceci va encourager les Djiboutiens à consommer l'eau desservie dans le réseau public et par suite une exploitation meilleure des eaux.

La mise en exploitation de la nouvelle station de dessalement pourrait aussi changer les habitudes des Djiboutiens par la réduction de la consommation des eaux minérales et l'augmentation de la consommation des eaux du réseau public.

## 4.3.2 Les conduites sous marines d'aspiration et de rejet

### 4.3.2.1 Les conduites

Pour les trois tronçons marins :

- *Tronçon côtier* : Les deux conduites d'aspiration et de rejet seront ensouillées dans le fond marin et par suite, ils n'auraient aucune relation avec l'environnement durant la période d'exploitation;
- *Tronçon central de la falaise*: Le tronçon central sera stabilisé par des enrochements immergés selon une pente convenable. Les enrochements noyés dans cette zone active, constituent un substratum solide pouvant favoriser le développement de fouling et éventuellement la reconstitution des coraux enlevés. Il y aurait également une attraction préférentielle d'une faune et flore très diversifiée ;
- *Tronçon du large* : Pour ce tronçon la conduite sera lestée sur le fond avec des blocs artificiels. La conduite et les blocs constituent aussi des substrats solides favorables au développement du fouling et à l'attraction d'une faune et flore très diversifiée.

### 4.3.2.2 La tour d'aspiration des eaux brutes

La tour de prise sera munie d'un grillage à mailles rectangulaire 5x10cm<sup>2</sup>, la vitesse du courant de passage à travers cette grille sera de l'ordre de 0,2m/s. Cette tour sera en elle-même un récif artificiel favorable au développement d'un fouling et d'une faune et flore très diversifiées.

### 4.3.2.3 La tour de rejet de la saumure

Le débit de rejet de la saumure sera de 55 000 m<sup>3</sup>/jour. La qualité de la saumure va dépendre essentiellement de celle des eaux brutes, du taux de conversion de la station et des produits utilisés dans le process du dessalement.

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 des eaux de la saumure seront élevées suite à l'opération de dessalement. Si par exemple on a un taux de conversion de 45 %, la qualité des eaux de rejet serait comme suit :

Paramètres	Unité	Eau brute	Eau de rejet
Solides totaux	(mg/l):	40 000	73 000
TDS	(mg/l):	36 000	65 455
MES	(mg/l):	3	5
conductivité	(microS/cm):	52 000	94 545
alcalinité	(mg/l CaCO <sub>3</sub> ):	110	200
dureté	(mg/l CaCO <sub>3</sub> ):	5 300	9 636
Na	(mg/l):	11 000	20 000
Mg	(mg/l):	1 100	2 000
Ca	(mg/l):	300	545
K	(mg/l):	520	945
Cl	(mg/l):	18 800	34 182
Sulfates	(mg/l):	2500	4 545

A ces paramètres, il y aurait de la matière organique ajoutée à cette saumure. Cette matière organique provient en fait des eaux de lavage des filtres qui sont drainées avec la saumure.

L'eau de lavage des filtres est chargée essentiellement par les matières en suspension et le plancton marin qui sont retenus dans le filtre.

Juste au niveau du point de rejet la salinité serait de 73g/l et en s'éloignant du point de rejet, elle diminue rapidement en fonction de la profondeur du rejet et des conditions hydrodynamiques environnantes.

Les principaux travaux réalisés pour des rejets de ce type (salinité 73g/l et débit de 55 000 m<sup>3</sup>/jour) ont montré que la salinité dans le milieu récepteur ne peut en aucun cas dépasser un rayon de 100 m autour du point. Donc la salinité serait légèrement supérieure à sa valeur normale dans un rayon qui ne dépasse pas, dans les conditions les plus défavorables, un rayon de 100m.

Les conditions de rejet et de dispersion sont les suivantes :

- L'eau salée est rejetée à une côte de 2 m au dessus du fond (-18 m);
- L'eau salée lourde plonge vers le bas;
- Le panache salin est dévié vers l'ouest dans le sens du courant dominant;
- Le panache est limité à la couche inférieure;
- La montée de la salinité vers le haut est très faible, elle s'effectue uniquement par diffusion;
- A une distance d'environ 50 à 100m, du point de rejet, on retrouve la salinité normale de l'eau.

Les préoccupations principales sont relatives à la sensibilité de la faune et de la flore existante dans un rayon de 100m autour du rejet. Pour ce qui concerne la faune, on distingue deux types : soit mobile au fixe. Pour ce qui concerne la faune mobile (requin baleine, tortue, etc...), elle aura la possibilité de fuir et de s'éloigner du point de rejet. Pour ce qui concerne la faune fixe (ex. les coraux), ou la flore, il faut que le point de rejet soit placé à une distance d'au moins 100 m de la zone des récifs de coraux.

#### **4.3.3 La conduite de transfert terrestre et le réservoir de stockage**

La conduite de transfert serait d'une longueur de 8Km dont une grande va traverser des piste existantes à travers dans des zones dénudées en dehors des urbanisations. Le dernier tronçon de cette conduite va traverser l'agglomération de Belbala. Le réservoir serait aussi implanté dans un point haut à Belbala à proximité du réservoir Farhat.

Durant l'exploitation, la conduite pourrait être confrontée à des piquages clandestins ce va générer des pertes d'eau.

#### **4.3.4 Les lignes électriques**

L'alimentation de la station en énergie électrique serait effectuée par des lignes terrestres ou souterraines qui vont suivre des routes et accès qui mènent à la future station de dessalement. L'impact durant l'exploitation est relatif aux dispositifs de sécurité des riverains et des habitations limitrophes aux lignes électriques.

## 5 CONFORMITE DU PROJET A LA REGLEMENTATION EN VIGUEUR

### 5.1 Les documents de base

Le Plan d'Action Nationale pour l'Environnement 2001-2010(PANE) : Il constitue le cadre stratégique de référence en matière de planification environnementale. , il accorde un rang de priorité élevé à l'intégration de la dimension environnementale dans le processus de planification macro-économique du pays.

Convention internationale sur la conservation de la biodiversité : La République de Djibouti a élaboré une monographie nationale de la diversité biologique ainsi qu'une stratégie et un plan d'action pour la conservation de la biodiversité. Dans le même lancée, il a été élaboré : le *Plan de Gestion Intégrée de la Zone Côtière de la Communication Internationale sur les Changements climatiques*.

### 5.2 Cadre législatif de la gestion environnementale

**Norme de rejet dans le milieu marin.** La réglementation Djiboutienne n'a pas fixé jusqu'à ce jour des normes de rejets dans le milieu maritimes ;

**Loi cadre sur l'environnement :** La loi n°106/AN/004<sup>ème</sup> portant Loi-Cadre sur l'Environnement en République de Djibouti dispose en son article 5 que « l'environnement et l'évaluation environnementale doivent être pris en compte dans toutes les actions de développement » et que « toute utilisation des ressources de l'environnement peut donner lieu à une étude d'impact ».

La loi-cadre stipule que tout déchet provenant d'une unité industrielle ou semi industrielle de transformation doit être soit traité avant rejet ou entreposage de manière à se conformer aux valeurs limites autorisées, soit entreposés dans un site d'élimination ou d'entreposage approuvé par le ministère chargé de l'environnement. En plus, la loi-cadre met en exergue les substances toxiques ou dangereuses qui peuvent « avoir à court ou long terme, un effet de destruction des conditions d'équilibre du milieu ; mettre en danger les conditions de vie de la population ; perturber les facteurs de conservation des espèces ». La Loi-cadre met un accent particulier sur la protection des milieux (eaux continentales, eaux maritimes et sols).

**Le décret N°2011-029/PR/MHUEAT** portant révision de la procédure d'étude impact environnemental et définition du champ d'application et les modalités d'exécution de l'étude d'impact environnemental. Ce décret exige la réalisation d'une étude d'impact par le promoteur et devrait être soumise à l'autorité compétente pour approbation. L'article 11 de ce décret spécifie les contenues des études d'impact.

### 5.3 Cadre institutionnel de gestion environnementale

**Le Ministère de l'Habitat, Urbanisme, Environnement et Aménagement du Territoire :** Le MHUEAT a pour mission : (i) de préparer et mettre en œuvre la politique environnementale (ii) de coordonner la mise en œuvre de la politique gouvernementale en matière d'environnement et d'en assurer le suivi de sa mise en œuvre ; (iii) d'assurer de la participation des services publics, privés et des secteurs associatifs impliqués dans la gestion de l'environnement ; (iv) de veiller au respect des règles de bonne gestion et des normes tant nationales qu'internationales quand celles-ci s'appliquent, et d'assurer l'intégration de l'environnement dans les activités économiques à travers la procédure d'étude d'impact environnemental ; (v) d'engager des poursuites judiciaires contre toute

personne physique ou morale qui serait rendue responsable de la pollution ou de la dégradation de l'environnement. Le MHUEAT est appuyé dans sa mission par plusieurs directions techniques, dont la DATE.

**Le Comité National pour l'Environnement (CNE)** : La Loi cadre sur l'environnement crée un Comité National pour l'Environnement chargé de définir les axes de la politique environnementale et de faciliter la coordination des actions de l'Etat dans le domaine de l'environnement. Ce comité est assisté par un Comité Technique pour l'Environnement (CTE).

**La Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (DATE)** : Dans le domaine des EIE, cette direction a pour mission de veiller à l'application des dispositions relatives aux EIE. Elle prépare, pour le Ministre chargé de l'Environnement, les avis et décisions relatifs aux EIE. En termes de capacités, la DATE ne dispose pas suffisamment d'environnementalistes pour assurer à la fois la supervision scientifique et technique ainsi que le contrôle de conformité et de légalité des procédures de réalisation des EIE des projets de développement en général, ce qui limite sa capacité d'intervention.

## 6 PROGRAMME DE SENSIBILISATION ET D'INFORMATION

### Le programme d'information et de sensibilisation a couvert :

Des institutions publiques :

- La Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (DATE)
- L'EDD
- La capitainerie des ports
- Les affaires maritimes

Et le public.

**La Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement** : L'entretien avec les responsables de cette institution a permis de cadrer le projet dans son cadre réglementaire. L'approbation de l'étude d'impact devrait passer par deux étapes. La première est relative à la présentation de la problématique du projet avec les termes de référence de l'étude d'impact sur l'environnement. Ce premier document sera présenté au ministère pour un premier accord de principe préliminaire, suite auquel une étude d'impact détaillée sera présentée en deuxième étape. Les responsables de la DAT ont attiré l'attention des consultants sur quelques espèces marines protégées et en particulier le requin baleine et la tortue. Dans ce cadre un document sur la Monographie Nationale de la Diversité Biologique de Djibouti a été fourni par la DAT au consultant.

La deuxième partie de l'entretien a été effectuée avec le Directeur de l'Habitat et de l'Urbanisme qui a affirmé que le site d'implantation de la station de dessalement ne présente pas de contraintes avec les préoccupations de l'aménagement du territoire.

**L'EDD** : l'entretien avec le premier responsable de cette institution a permis de discuter les différentes potentialités pour le raccordement de la station au réseau électrique locale. Les principaux points discutés durant cet entretien sont les suivants :

- En face du terminal pétrolier, il y a possibilité de monter un poste transfo de 30 MW à proximité de la ligne 63 KV pour l'alimentation de la station de dessalement.
- Il est recommandé de construire 2 lignes d'alimentation avec un poste de transformation à partir de la ligne 63KV pour être mieux sécurisé.
- La ligne aérienne sera plus chère que la ligne sous terraine et elle sera moins sécurisée que la ligne sous terraine.
- Pendant l'année, il y a 50 jours de vent chauds qui apportent des poussières fines (en général durant Juillet et Aout).
- L'Emprise de servitude pour les lignes aériennes est d'au moins 6m de largeur.
- En cas d'ouverture d'une route d'accès à la station de dessalement, il vaut mieux mettre le réseau d'alimentation électrique en souterrain. Il sera moins cher que la ligne aérienne.
- Pour le sous terrain, la distance minimale entre les conduites d'eau et les câbles électriques doit être plus de 50 cm. La profondeur minimale dans le sol doit être plus de 90cm à partir du TN. Le remblais en sable sur le câble doit être de 40cm.
- Les normes de l'EDD pour l'emplacement des lignes électriques sont relatives à la sécurité des gens.

**La capitainerie du port de Djibouti** : l'entretien avec Monsieur le capitaine du port de Djibouti a porté sur les principales caractéristiques hydrographiques et océanographiques de la zone du projet et en particulier :

- Le site du projet ne se trouve pas sur les lignes de trafic de la navigation maritime et par suite les ouvrages projetés ne présentent aucune interférence avec la navigation maritime;
- Le courant dominant dans la zone du projet est dans le sens Est vers l'ouest et il est dans ce sens sur toute la rive sud du golfe de Tadjourah ;
- Le courant marin s'inverse sur les rives nord du golfe de Tadjourah ;
- La vitesse moyenne du courant est de l'ordre de 0,5 m/s ;
- Le marnage moyen est de 1,8m avec un max des PM à 3,10 m Hydro et un min 0,2 m Hydro ;
- La houle est relativement faible dans la zone du projet ;
- Les vents dominants en hivers sont frais et proviennent de l'est et du nord-est
- Les vents de l'été sont chauds et ils proviennent de l'ouest. Ils sont connus sous le nom des vents des Khamsines (50 jours de Juin à Août).

**Les affaires maritimes** : Les discussions ont eu lieu essentiellement sur les procédures de balisage des ouvrages maritimes projetés. La procédure sera comme suit :

- Le maître d'ouvrage devrait aviser la Direction des affaires maritimes sur le type des ouvrages maritimes projetés ;
- La Direction des affaires maritimes présente au maître de l'ouvrage le type de balisage à adopter pour le projet ;
- Un plan de recollement, des ouvrages maritimes et du système de balisage adoptés, devrait être fourni à la Direction des affaires maritimes pour que cette dernière puisse mettre à jour les cartes maritimes utilisées.

### **Consultations avec le public :**

Durant les travaux d'exploration du site terrestre et marin des entretiens on eu lieu avec des citoyens des zones touchées directement par le projet et en particulier la zone Doralèh, la zone portuaire et l'agglomération de Balabala. Les entretiens ont visé une sensibilisation des gens sur l'importance du projet et en particulier :

- Le projet devrait augmenter le potentiel de Djibouti en eau potable et il prévoit une amélioration de la qualité des eaux desservies;
- Les eaux desservies seront de bonne qualité et ils seront directement exploitables en tant qu'eau de boisson ;
- La composante environnementale marine est prise en compte dans la conception du projet.

## **7 MESURES D'ATTENUATION ET DE REMEDIATION**

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 ;

### **7.1 Mesure d'atténuation pendant la période des travaux**

#### **7.1.1 Construction des ouvrages de la station de dessalement et de la station de pompage onshore**

Au démarrage de cette phase du projet, il est proposé de choisir un site de stationnement des engins et des équipements de chantier dans un espace relativement éloigné du bord de la mer. Ce site devrait être matérialisé et clôturé par une digue d'encloture. Il sera aménagé pour abriter tous les équipements du chantier.

Le site sera aménagé de façon à comporter:

- un espace réservé pour la vidange des huiles ;
- un espace de stockage des carburants et des huiles ;
- des futs de collectes les divers déchets solides industriels du chantier ;
- des futs de collecte des divers huiles usés et de vidange ;
- des futs de collecte des déchets organiques divers.

Les divers déchets collectés devraient être transportés périodiquement aux décharges appropriés de la ville de Jibouti.

Durant cette phase de travaux, il y aurait excavation de matériaux rocheux d'une quantité totale de l'ordre de **7 000 m<sup>3</sup>**.

Ces matériaux seront sélectionnés entre matériaux inertes inexploitable et matériaux rocheux réutilisables.

Les matériaux inertes formés par les terres arables de décapage seront réutilisés pour le nivellement et le comblement des points bas du chantier.

Les matériaux rocheux utilisables seront stockés dans un site approprié pour pouvoir les réutiliser en que matériaux de stabilisation de la conduite en mer.

#### **7.1.2 Réalisation des ouvrages maritimes – conduites d'aspiration et de rejet**

Dés le démarrage du chantier marin, il est proposé de baliser la zone d'intervention pour éviter la navigation dans la zone du projet.

**Mobilisation des équipements maritimes :** Pour la mobilisation des équipements maritimes, il sera procédé à une étroite collaboration avec les autorités portuaires de Djibouti. Des quais spéciaux des ports locaux seront utilisés pour le stationnement des grands engins marins flottants. Une aire spéciale dans la zone du projet sera réservée pour le mouillage temporaire des équipements. Cette zone de mouillage sera balisée et choisie avec la concertation des autorités portuaires locales.

**Tronçon côtier :** Les travaux correspondant à ce tronçon côtier comportent l'ouverture d'une souille de 300 m de longueur et de 5 m de largeur. ce qui va générer une quantité totale de remblais de l'ordre de 7 500 m<sup>3</sup>. Les mesures suivantes seront appliquées :

- Une grande partie de cette tranche sera exécutée par un engin terrestre les basses marées dans la zone de l'estran. Cette méthode a l'avantage de faciliter le tri des matériaux d'excavation et de séparer les matériaux sablonneux et les matériaux rocheux réutilisables.
- Ces matériaux seront stockés provisoirement dans une zone proche du rivage en dehors de la zone de l'estran ;
- Après la pose de la conduite, les parties proches des rivages seront remblayées par le sédiment sablonneux ;
- En avançant vers la zone proche du récif coralien, la partie superficielle de la souille sera reblayée par les enrochements. Ces derniers vont permettre la reconstitution de la faune benthique sur le substrat solide.

**Tronçon central de la falaise corallienne :** C'est le tronçon le plus critique du point de vue environnemental. Ce tronçon sera exécuté par des engins flottants. Pour ces travaux, on utilise une pelle montée sur un ponton. Une partie du récif corallien sera détruite pour la préparation de l'assise des conduites. Pour cela on propose une méthode qui permet la reconstitution du récif corallien comme suit :

- Avant de procéder à la préparation de l'assise de la conduite, il est proposé de faire une prospection détaillée de la zone de l'emprise des branches des diverses espèces pour pouvoir les bouturer après la pose de la conduite. Une méthode de bouture est présentée ci-dessous ;
- Préparer le substratum de la conduite avec le maximum de précaution de façon à ne pas altérer les espaces coralliens limitrophes à l'emprise de la conduite ;
- L'assise de la conduite sera constituée par les enrochements de basalte extraits de la zone du chantier ;
- Pose de la conduite selon une pente convenable ;
- La conduite sera stabilisée par des enrochements de basalte extraits de la zone de chantier. La réutilisation des enrochements basaltiques du site offre une opportunité en faveur de la reconstitution des coraux.

### **Comment réaliser une bouture saine des coraux**

La première opération consiste à sélectionner valablement le pied à bouturer; il faut bien entendu un corail sain, en pleine forme et qui ne montre aucun signe de faiblesse et encore moins de détresse! Munissez-vous également de gants le mucus des coraux peut créer des allergies!.

En ce qui concerne les coraux durs, comme les acroporas, seriatoporas,... Prévoyez une petite pince ou une tenaille (après avoir sorti le corail de l'eau si cela est possible) pour casser le corail au niveau de la branche que vous souhaitez bouturer.

Ensuite prévoyez une pâte d'époxy, celle-ci va vous permettre de cimenter la bouture sur son support. L'idéal est un support possédant un petit trou dans lequel on peut insérer la bouture. Vous y glissez un peu de pâte que vous avez malaxée pour que la réaction se déclenche. Le mélange se durcira progressivement. Cela vous laisse 10 à 20 minutes pour

réaliser la fixation de la bouture sur son support. Ensuite, il vous suffit de replacer votre bouture dans un endroit bien brassé et bien éclairé (en fonction des besoins du corail).

### ***Tronçon du large***

Sur ce tronçon la conduite sera lestée directement sur le fond. Pour la constitution des assises des divers ouvrages tels que la tour de prise et les lests, il est recommandé de réutiliser des rochers basaltiques de la zone pour favoriser la constitution d'un fouling qui va permettre la filtration des eaux en faveur du projet.

### **7.1.3 Réalisation de la conduite de transfert terrestre et le réservoir de stockage**

Le projet prévoit la réalisation d'une conduite d'adduction des eaux osmosées de 8Km et la réalisation d'un réservoir de stockage de 2000 m<sup>3</sup> environ.

La conduite sera réalisée selon les différents tronçons suivants :

- Premier tronçon de 2 Km : il est proposé de suivre la route existante de Doraleh. A proximité du site, il est proposé d'ouvrir la route d'accès à la station du côté sud du centre de formation en cours de construction car l'emprise du côté mer ne permet plus le passage;
- Deuxième tronçon de 3,5 Km, la conduite suivra les pistes existantes et des terrains nus. Au niveau du croisement de la route, il est proposé de procéder à un passage par fonçage ;
- Tronçon de 2,5 Km, Ce tronçon traverse l'agglomération de Balbala où la concentration des habitations est très dense. Il est proposé de suivre les passages larges loins des habitations denses. Durant les travaux, il est proposé de faire participer les habitants de Balbala aux travaux pour les sensibiliser à préserver la conduite d'adduction des eaux potables.

### **7.1.4 Réalisation des lignes électriques**

Les lignes électriques seront réalisées sur une longueur de 2 Km environ à partir de la ligne principale au niveau du port des hydrocarbures. Il est proposé de suivre la route existante de Doraleh et de continuer la ligne selon l'accès de la station derrière le nouveau centre de formation.

## **7.2 Mesures d'atténuation pendant l'exploitation**

### **7.2.1 La station de dessalement onshore**

La fourniture de l'eau potable est bénéfique pour le pays. A ce niveau, il est proposé de lancer des campagnes de sensibilisation des citoyens sur l'importance de cette nouvelle ressource d'eau potable.

**Aspect paysager de la station :** La construction de la station nécessitera des mesures d'accompagnement pour intégrer le projet dans son environnement naturel. Les ouvrages particuliers ne devraient pas être remarquables de l'extérieur de la station. Il faut respecter une certaine hauteur à ne pas dépasser comme pour la tour de contrôle de la station, Les espaces libres du site seraient plantés par des arbres adaptables avec la région tels que Acacia et toutes autres végétations pouvant s'adapter avec la station de dessalement.

**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 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);

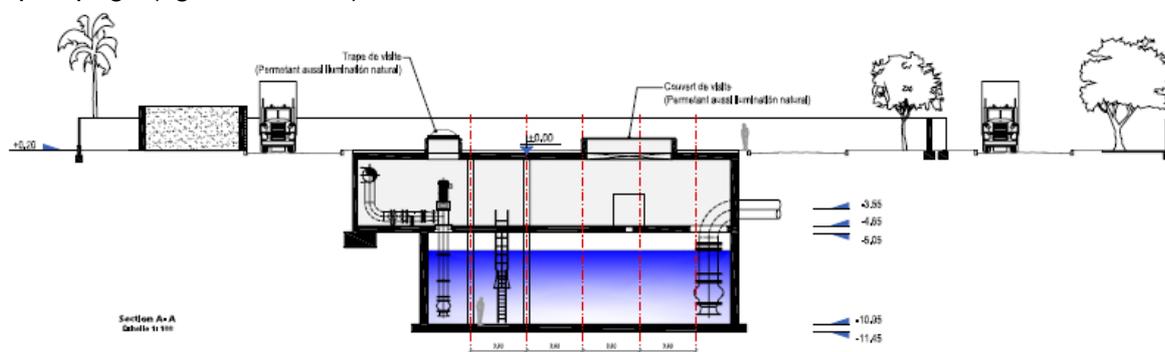


Figure 17 : Station de pompage totalement enfouillée en dessous du TN pour éviter la perception du bruit à l'extérieur

## 7.2.2 Les conduites sous marines d'aspiration et de rejet

### 7.2.2.1 Balisage des conduites

Les conduites devraient être balisées aux niveaux des quatre points suivants:

- Au niveau de l'enracinement de la conduite au pied de la falaise terrestre ;
- Au niveau du tronçon central du récif corallien ;
- Au niveau du point de rejet de la saumure ;
- Au niveau de la tour de prise des eaux brutes de la conduite d'aspiration.

Le balisage devrait être réalisée avec une étroite concertation des services portuaires locaux (les affaires maritimes). Après installation des batisses, un recollement devrait être fourni et remis aux autorités (les affaires maritimes) pour la mise à jour des cartes maritimes.

### 7.2.2.2 La tour d'aspiration des eaux brutes

La tour de prise sera munie d'un grillage à mailles rectangulaire 5x10cm<sup>2</sup>, la vitesse du courant de passage à travers cette grille sera de l'ordre de 0,2m/s. Cette tour sera en elle-même un récif artificiel favorable au développement d'un foouling et d'une faune et faune très diversifiés.

Il est recommandé de réaliser des entretiens périodiques par plongé sous marines, en cas d'utilisation de produits chlorés pour tuer le foouling, il faut le faire durant le captage de façon à s'assurer à que tout le chlore injecté soit aspiré à l'intérieur de la station de dessalement. Il n'est pas permis d'injecter du chlore qui se libère en mer.

### 7.2.2.3 La tour de rejet de la saumure

Des mesures seront respectées pour le choix du site du point de rejet :

- Le point de rejet devrait être choisi à une distance minimale de **150 m** des récifs des coraux. Cette mesure est indispensable de façon à ne pas varier la salinité dans la zone de développement des coraux ;
- Le rejet sera effectué à une côte maximale de **-18m** par rapport au niveau de la mer. Ceci permettra de limiter le panache salin aux couches profondes et de limiter sa monté au niveau du développement des coraux (de -2 à -15m) ;

- Le rejet graduel par des diffuseurs pour améliorer la dilution des eaux saumâtres et de diminuer la zone d'influence de la salinité. 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 aux chapitres précédents, le rejet est effectué par le biais d'une série de 12 diffuseurs répartis sur une longueur de 50 m environ au large à une profondeur de -18 m. (figure suivante).

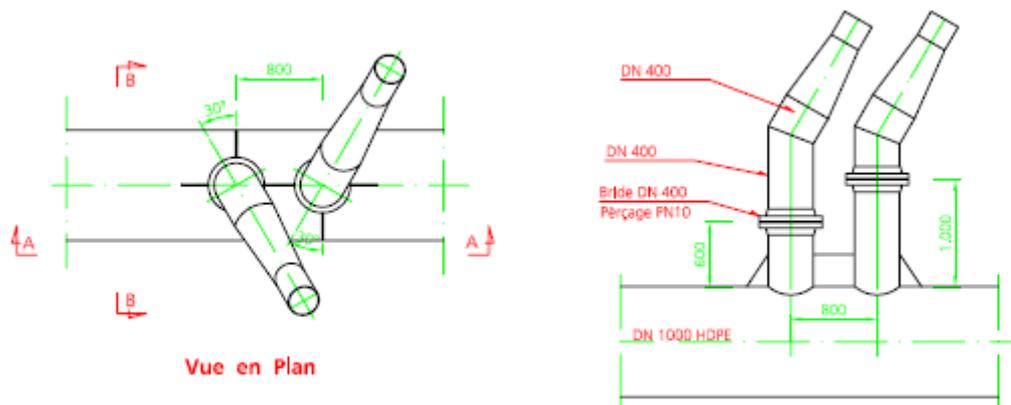


Figure 18 : Diffuseurs prévus pour le rejet de la saumure

### 7.2.3 La conduite de transfert terrestre et le réservoir de stockage

La conduite de transfert serait d'une longueur de 8Km dont une grande va traverser des piste existantes à travers dans des zones dénudées en dehors des urbanisations. Pour éviter les piquages clandestins, il est proposer de :

- De bénéficier les habitants de Balbala de l'alimentation individuelles ;
- De réaliser des fontaines publiques dans les zones à forte concentration ;
- De réaliser des campagnes de sensibilisation sur l'importance de la préservation des eaux potables.

### 7.2.4 Les lignes électriques

Les lignes électriques devraient entretenus périodiquement par les services de l'EDD.

## 8 ESTIMATION DES COÛTS DES MESURES D'ATTENUATION

### Mesures d'atténuation au niveau de l'investissement

Composante environnementale	Mesures proposées	Coût en 1000 Euro
Protection de la mer	Réalisation d'une conduite de rejet terrestre sur une longueur de 500 m de 800 mm de diamètre ensouillé dans le fond marin et équipé de diffuseurs pour améliorer la dispersion.	1 200
Récif corallien	Reconstitution du récif corallien par un système de bouturage	100
Environnement terrestre	Gestion des divers déchets terrestres des conduite et du site de la station	50
Coût total des mesures au niveau de l'investissement		<b>1 350</b>
% par rapport au coût total de l'investissement		<b>2,5 %</b>

### Coût des mesures pendant l'exploitation

Mesures proposées	Coût en 1000 Euro/an
Le suivi périodique de : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La qualité des eaux de mer brutes pompées ;</li> <li>▪ L'état des installations de captage et de rejet de la saumure ;</li> <li>▪ La qualité des eaux de saumure rejetées en mer</li> <li>▪ La qualité des eaux marines ;</li> <li>▪ Le couvert végétal dans la zone de rejet de la saumure.</li> </ul>	50

L'exploitant ONEAD est responsable de la mise en œuvre des actions proposées dans ce plan de gestion.

## 9 PLAN DES GESTION ENVIRONNEMENTAL

### 9.1 Le projet

Le projet consiste à réaliser une station de dessalement de capacité **45 000 m<sup>3</sup>/jour** pour renforcer le potentiel en **eau potable** de la republique de Djibouti. Il vise la satisfaction des besoins de Djibouti en une eau potable pour l'horizon 2020.

Le projet comporte la réalisation de:

1. **Une station de dessalement on shore** de capacité 45 000 m<sup>3</sup>/jour dans le site de Doraleh comportant la station de pompage d'eau de mer et les étages de traitement;
2. **Des ouvrages maritimes**: 1 conduite d'aspiration d'eau de mer de 800m et de Ø1200mm et une conduite de rejet de 500m et de Ø800mm;
3. **Un réseau de transfert des eaux osmosées** comportant une conduite de refoulement de 8Km et de Ø800mm et un réservoir de stockage de 5000m<sup>3</sup> à proximité du réservoir Farhat à Belbela;
4. **Une alimentation électrique** en boucle sur une longueur totale de 6 Km par piquage à proximité du port des hydrocarbures.

Le coût d'investissement total est de l'ordre de 60 millions D'euro. Le coût marginal de production de l'eau potable dessalée à long terme est de l'ordre de 0,768 Euro/m<sup>3</sup> en supposant une part de don dans le financement de 50 % et un tarif de l'énergie électrique de 0.1 €/KWh.



Figure 19 : Composantes techniques du projet

## 9.2 Bilan des rejets liquides et des déchets solides

### 9.2.1 Bilan hydraulique de la station

Le bilan hydraulique de la station de dessalement est schématisé sur le diagramme synoptique suivant :

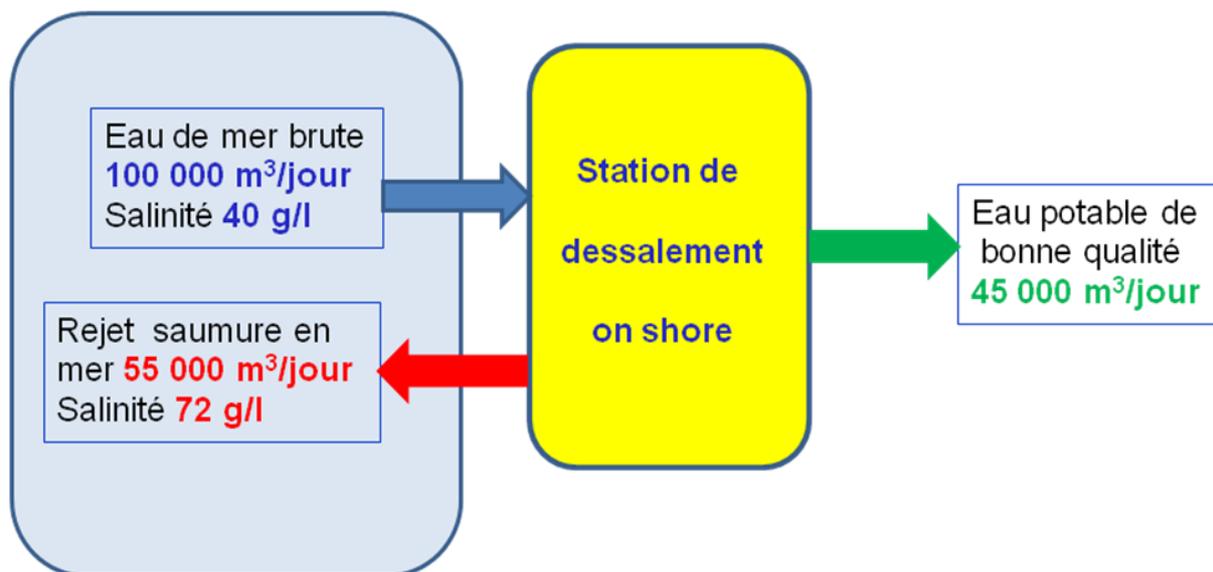


Figure 20 : Bilan hydraulique de la station de dessalement

### 9.2.2 Bilan qualitatif

Avec un taux de conversion de 45 %, l'opération de dessalement consiste à concentrer les sels contenus dans l'eau de mer brute dans 55% du volume pompé.

Paramètres	Unité	Eau brute	Eau de rejet
Solides totaux	(mg/l)	40 000	73 000
TDS	(mg/l)	36 000	65 455
MES	(mg/l)	3	5
conductivité	(microS/cm)	52 000	94 545
alcalinité	(mg/l CaCO <sub>3</sub> )	110	200
dureté	(mg/l CaCO <sub>3</sub> )	5 300	9 636
Na	(mg/l)	11 000	20 000
Mg	(mg/l)	1 100	2 000
Ca	(mg/l)	300	545
K	(mg/l)	520	945
Cl	(mg/l)	18 800	34 182
Sulfates	(mg/l)	2 500	4 545

### 9.2.3 Les déchets solides

**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 :

#### Bilan des déchets solides générés pendant la période des travaux

Type de déchets	Nature des déchets	Quantité en m <sup>3</sup>
Déchets de terrassement des fondations des ouvrages de la station de dessalement et de la station pompage d'eau de mer.	Déchets inertes et roches de basalte	7 000
Produits d'excavation en mer de la souille d'excavation pour la pose de la conduite d'amené et de la conduite de rejet de la saumure.	Sédiment marins coquilliers et roches de basalte	7 500

**Phase d'exploitation :** Les déchets solides sont générés par les différents types de consommations par la station de dessalement à savoir :

- Les cartouches filtrantes usées qui représentent un déchet de la station et dont le nombre est **de l'ordre de 5 000 unités par an** ;
- Les modules d'osmose inverse usés qui seront en moyenne de **4410 modules** tout les cinq ans.

### 9.3 Les enjeux du projet

Les enjeux du projet se focalisent autour des deux volets principaux:

- **Un volet social et économique** : relatif à la création d'une nouvelle ressource d'eau non conventionnelle pour satisfaire les besoins en eaux de la ville de Djibouti à l'horizon 2020 ;
- **Un volet naturel** : relatif au milieu marin et en particulier la présence, à proximité du rejet, d'un récif coralien, qui peut être considéré comme étant l'un des meilleurs des zones côtières.

## 9.4 Plan de gestion Environnemental

### Gestion des déchets solides générés pendant la période des travaux

Type de déchets	Quantité en m <sup>3</sup>	Plan de gestion
Déchets de terrassement des fondations des ouvrages de la station de dessalement et de la station pompage d'eau de mer.	7 000	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trie entre matériaux inertes inexploitable et matériaux rocheux réutilisables.</li> <li>▪ Les matériaux inertes formés par les terres arables de décapage seront réutilisés pour le nivellement et le comblement des points bas du chantier.</li> <li>▪ Les matériaux rocheux utilisables seront stockés dans un site approprié pour pouvoir les réutiliser en que matériaux de stabilisation de la conduite en mer.</li> </ul>
Produits d'excavation en mer de la souille d'excavation pour la pose de la conduite d'amené et de la conduite de rejet de la saumure.	7 500	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une grande partie de cette tranche sera exécutée par un engin terrestre.</li> <li>▪ Triage des matériaux d'excavation en vue de séparer les matériaux sablonneux et les matériaux rocheux réutilisables.</li> <li>▪ Stockage provisoire des matériaux d'excavation dans une zone proche du rivage en dehors de la zone de l'estran ;</li> <li>▪ Après la pose de la conduite, les partie proches du rivages seront remblayées par le sédiment sablonneux ;</li> <li>▪ Exploration du récif corallien par plongé et sélection de quelques espèces pour bouture après travaux ;</li> <li>▪ En avançant vers la zone proche du récif corallien, la partie superficielle de la souille sera reblayée par les enrochements.</li> <li>▪ Préparation d'un substrat solide favorable pour la reconstitution du récif corallien sur les rochers.</li> </ul>

### Gestion des déchets solides générés pendant la période d'exploitation

Type de déchets	Quantité en unités par an	Plan de gestion
Les cartouches filtrantes usées	5 000	Transport et mise dans la décharge Municipale de Djibouti
Les modules d'osmose inverse usés	4410	Transport et mise dans la décharge Municipale de Djibouti

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, 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 5 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 la ville.

## 9.5 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 la saumure rejetées en mer
- La qualité des eaux marines ;
- L'état du récif corallien.

### 9.5.1 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<sup>++</sup>)
- Magnésium (Mg<sup>++</sup>)
- Sodium (Na<sup>++</sup>)
- Potassium (K<sup>+</sup>)
- Carbonates (CO<sub>3</sub><sup>--</sup>)
- Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)
- Chlorures (Cl<sup>-</sup>)
- Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>--</sup>)
- Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>--</sup>)
- Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)
- Résidu sec (RS)
- Oxyd. au KmnO<sub>4</sub>
- 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.

### **9.5.2 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 dans la zone de l'estran et de la falaise;
- Le fooling sur la crépine et les diffuseurs de rejet ;
- Les repères de signalisation;
- Les grilles d'aspiration ;
- Les diffuseurs ;

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.

### **9.5.3 Qualité des eaux de rejet de la saumure**

L'eau de la saumure sera contrôlée selon une fréquence mensuelle des paramètres suivants :

Analyses physico-chimiques :

- pH
- Salinité ;
- Conductivité ;
- MES
- Composantes azotées ;
- Composantes phosphatées

### **9.5.4 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 (3 stations).

Les paramètres à contrôler sont les suivants :

- Température ;
- Salinité ;
- Conductivité ;
- pH ;
- Oxygène ;
- Nitrates ;
- Phosphates ;
- Azote total ;
- MES ;
- Chlorophylle A ;
- Transparence.

Le contrôle de la qualité des eaux de mer sera réalisé chaque trimestre.

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 des courants dominants. 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.

#### **9.5.5 L'état des récifs corallien**

Le couvert végétal sera contrôlé systématiquement (à l'échelle bi-annuelle) sur un tronçon d'au moins 500m sur la falaise centré sur le point croisement avec la conduite de rejet. Les paramètres à contrôler sont :

- L'état de re constitution des coraux au niveau de la traversée de la conduite avec la falaise ;
- L'état des coraux dans les tronçon limitrophes à la conduite ;

L'état sera contrôlée par scaphandrier avec de photo vidéo.

#### **9.6 Mécanismes de mise en œuvre du PGE**

Le plan de gestion environnemental comporte deux parties :

- Des actions pendant la période des travaux ;
- Un plan de suivi pendant la période d'exploitation.

Les actions du PGE ainsi que les mesures d'atténuation de la période des travaux seront comptabilisées dans le coût d'investissement du projet et par suite elles seront réalisées par le constructeur de la station de dessalement en les incluant dans le dossier d'appel d'offre de construction.

Les actions du plan de suivi environnemental seront réalisées par **l'exploitant de la station** de dessalement qui devrait fournir des rapports périodiques trimestriels pour les quatre composantes du suivi environnemental suivantes :

- 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 la saumure rejetées en mer
- La qualité des eaux marines ;
- L'état du récif corallien.

Les rapports trimestriels seront fournis d'une manière périodique par l'exploitant aux services concernés du Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Environnement.

## **10 Annexe 1 : Termes de référence de l'étude océanographique**

### **10.1 Préambule**

Pour satisfaire les besoins en eau potable, à l'horizon 2015, de la république Djiboutienne, cette dernière envisage, avec l'appui de l'Union Européenne, la réalisation d'une station de dessalement d'eau de mer d'une capacité de **45 000m<sup>3</sup>/jour**.

Le projet a fait l'objet d'une étude de faisabilité technique qui a défini, le site d'implantation de la station, les choix techniques des procédés de dessalement ainsi que les différents ouvrages annexes maritimes et terrestres.

Il ressort de l'étude de faisabilité que la mise en œuvre de station nécessitera la réalisation d'ouvrages maritimes de captage et de rejet en mer comprenant :

- une conduite d'aspiration d'eau de mer de 800m de longueur et de Ø1200mm et ;
- une conduite de rejet de saumure 450m longueur et de Ø800mm.

Par les présentes termes de références, on envisage réaliser une étude océanographique de la zone marine où seront implantés les ouvrages maritimes.

### **10.2 Objectifs**

Les présentes termes de référence spécifient les modalités de réalisation de l'étude océanographique de la zone du projet en vue:

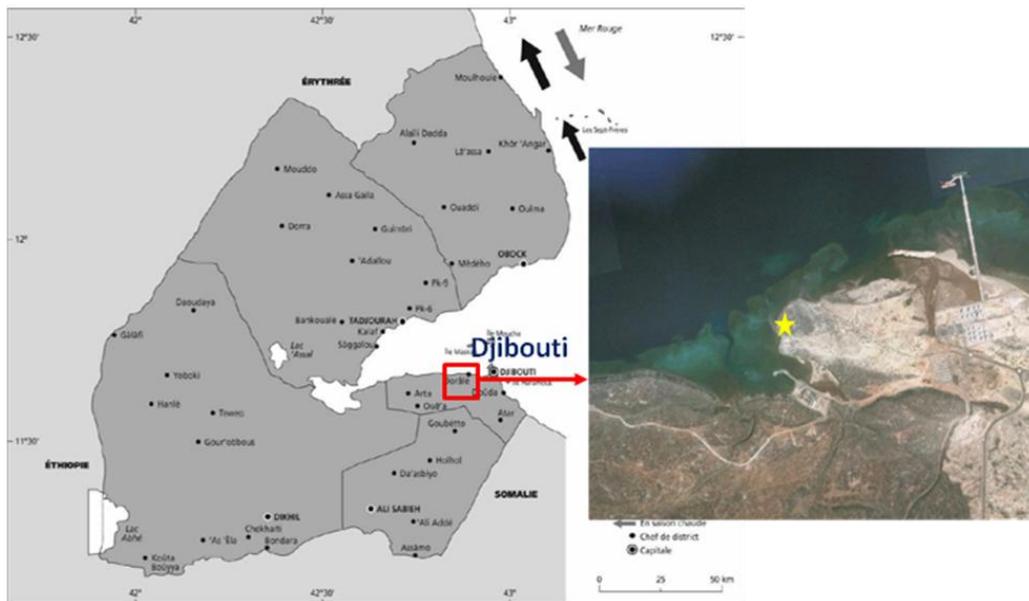
- D'évaluer les conditions océanographiques actuelles de la marée, des courants et de la houle dans la zone du projet de réalisation des ouvrages maritimes de la station de dessalement de la ville de Djibouti ;
- D'évaluer avec précision la position du point de rejet de la saumure de telle façon à assurer de bonnes conditions d'aspiration des eaux de mer d'une part, et d'éviter le retours des eaux salées vers le récif corallien d'autre part.

### **10.3 Situation et présentation du projet**

La station de dessalement sera installée sur les berges sud du golfe de Tadjourah à Doraleh dans un site côtier situé à environ 10 km ouest de la ville de Djibouti. Le captage de l'eau de mer pour alimentation de la station de dessalement sera effectué du golfe de Tadjourah.

Le site d'implantation de la station de dessalement aura les coordonnées approximatives suivantes (WGS84UTM):

- X = 288 400
- Y= 1 282 400



Situation géographique du projet

L'eau sera aspirée par une conduite de 800 m de longueur et de 1200m de diamètre à une profondeur de l'ordre de 23m (Débit 100 000 m<sup>3</sup>/jour et salinité 40g/l).

Une saumure de 73g/l sera rejetée à une profondeur de 20 par une conduite d'une longueur de l'ordre de 450m et de 800 mm de diamètre (débit 55 000 m<sup>3</sup>/jou).

## 10.4 Consistance de l'étude

L'étude comportera trois parties :

- Une étude bibliographique sur les données océanographiques existantes ;
- Une campagne de mesure des courants dans la zone du projet ;
- Une étude de la modélisation des courants et de la dispersion de la saumure.

### 10.4.1 Etude bibliographique

Cette première étape de l'étude consiste à collecter toutes les données disponibles de la zone du projet sur :

- Les données météorologiques (Forces du vent, directions, pression atmosphérique, température de l'aire, périodes de retours des vents, etc....) ;
- Les données de la marée (type de la marée, périodes, amplitudes, harmoniques, marée max, marée min, etc....)
- Les données sur le niveau de la mer avec la prise en compte de la marée et des diverses autres phénomènes locaux (les surcôtes, les décôtes, les seiches, la houles, etc....) ;
- Les données sur les courants avec la prise en compte de ceux générés par la marée, le vents et les divers autres phénomènes locaux et régionaux ;
- Les données sur la houle.

Le consultants devrait consulter toutes les institutions nationales et internationales en vue de collecter toutes les données disponibles. Parmi ces institutions, on cite en particulier à titre indicatif et non exhaustif ;

- Les direction des ports de Djibouti et de du port des conteneurs ;
- Les affaires maritimes ;
- Le SHOM ;
- Les divers sites internet ayant des données sur la zone du projet ;
- Etc...

#### 10.4.2 Campagne de mesure océanographique

Cette mission consiste à réaliser une campagne de mesure du courant et du niveau de la marée par un courantomètre fixe installé sur le fond au niveau la future position approximative du point de rejet (voir figure ci-dessous).

Le courantomètre serait placé pendant une durée de **un mois** à une une profondeur de 20m et il devrait mesurer en continue les paramètres suivants :

- Le niveau de l'eau par rapport à un niveau de référence (Zéro hydro ou le Nivellement Général de Djibouti) ;
- La vitesse et la direction du courant tout les 2 m sur toute la colonne d'eau.

Les données du courantorantomètre devraient être bien analysées par le consultants en vue de :

- Compléter l'étude océanographique réalisée sur la base des données bibliographiques de l'étape précédente;
- Fournir les données de calibrage de la modélisation de l'étape suivante.



Position approximative de la station des mesures du courant  
X= 288 261 Y= 1 282 816 (UTM-WGS84)

#### 10.4.3 Modélisation des courants et de la dispersion

Cette étape vise à optimiser la position du point de rejet entre la tour de captage des eaux de mer et le récif corallien.

Les conditions de choix du point de rejet seront choisies de façon à ce que la salinité de l'eau au niveau du point ce captage et du récif corallien ne soit pas influencée par le rejet de la saumure. Les conditions seront les suivantes :

- La tour d'aspiration serait installée à une distance de l'ordre de 800 m de la côte et à une profondeur de de 23m :

- Le récif corallien se trouve à une distance de l'ordre de 300 m de la côte et il se développe entre les profondeurs de 1,5m à 15m environ.
- Le point de rejet serait choisi entre les deux positions à une profondeur de 20m environ.

L'étude devrait être réalisée par un modèle hydrodynamique 3D et un modèle de dispersion de la saumure qui tiennent compte de la différence de densité entre la saumure de salinité (73 g/l) et l'eau de mer brute de salinité 40g/l environ.

Le modèle hydrodynamique devrait être appliqué pour les scénarios les plus probables de la marée et du vent. Au moins trois scénarios devront être étudiés par le modèle à savoir :

- La situation la plus défavorable (vent calme et marée faible de mortes eaux) ;
- Situation moyenne ;
- Situation favorable.

Le consultant devrait justifier le choix du domaine d'application du modèle et des scénarios d'études en s'appuyant sur les étapes précédentes de l'étude.

Le modèle devrait donner avec précision :

- La variation spatiale de la vitesse du courant (module et direction) et de la salinité dans la zone du projet ;
- La variation temporelle de la vitesse du courant (module et direction) et de la salinité dans la zone du projet ;
- La variation verticale de la vitesse du courant et de la salinité de l'eau.

Le consultants devrait présenter dans son offre le ou les modèles qu'il compte utiliser avec des notices explicatives accompagnées des principaux projets réalisés avec ce modèle.

## **10.5 Durée de l'étude et moyens mis en œuvre**

La durée de l'étude serait de deux mois dont un mois sera consacré pour la campagne des mesures des courants par un courantomètre fixe installé en mer.

Le consultants peut confier la campagne des mesures des courants à une société ou un tiers spécialiste dans les mesures océanographiques en mer.

Le consultant devrait fournir un expert senior international Océanographe ayant les qualifications suivantes :

- Niveau de Formation : Master 2 ou équivalent ;
- Discipline : Océanographie physique ;
- Expérience essentielle: 15 ans d'expériences en étude dans le domaine de l'océanographie physique ;
- Expérience supplémentaire: ayant réalisé au moins trois études de modélisation hydrodynamique en milieu marin ou lagunaire dont une en 3D pour un émissaire de rejet en mer d'une saumure ;
- Langue : Français obligatoire.

## 10.6 Produits

Le consultant devrait présenter un document complet sur format word de 60 pages (sans les annexes) comportant :

- Un résumé exécutif ;
- Une étude bibliographique des données océanographiques et météorologiques collectées ;
- Une analyse des résultats de la campagne des mesures des courants ;
- Une étude de la modélisation hydrodynamique et de la dispersion de la saumure pour les différents scénarios ;
- Recommandations et justifications des choix des positions des points de captage des eaux de mer brutes et du rejet de la saumure.

En annexe

- Les résultats bruts de la campagne des mesures des courants en mer ;
- Une présentation théorique des modèles utilisés ;
- Les résultats bruts de la modélisation.

## Annexe 1 – Liste des personnes rencontrées

Institutions	Personnes rencontrées
Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (DATE)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dini ABDALLAH : Monsieur le secrétaire général de l'Environnement, tél. 358522, 352436, Email <a href="mailto:dini_omar@yahoo.fr">dini_omar@yahoo.fr</a></li><li>• Ismail Nour : Le chef de bureau des EIE télé 849504 Email (<a href="mailto:distri_play@yahoo.fr">distri_play@yahoo.fr</a>)</li><li>• Hussein Rirache Robceh : Directeur de l'Aménagement et du Territoire et de l'Environnement tél. 844848 Email : <a href="mailto:housseinrirach@yahoo.fr">housseinrirach@yahoo.fr</a></li><li>• Mohamed ali Houcine Samir: Direction de l'Habitat et de l'Urbanisme tél. 356034-359167 Email(<a href="mailto:lyfousa@yahoo.fr">lyfousa@yahoo.fr</a>)</li></ul>
ONEAD	<ul style="list-style-type: none"><li>• Youssef Murgan : Directeur Général <a href="mailto:oneaddir@intnet.dj">oneaddir@intnet.dj</a></li><li>• Jean Michel ROOX : Conseillé technique tél. 250224, 837923 Email (<a href="mailto:conseildg@oneadjibouti.org">conseildg@oneadjibouti.org</a>)</li><li>• Ahmed FOUED :</li></ul>
EDD – Electricité De Djibouti	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ismail DIALLO : Directeur projet interconnexion EDD tél. 356448, 810546 Email (<a href="mailto:dialloedd@edd.dj">dialloedd@edd.dj</a>)</li></ul>
Capitainerie du port de Djibouti	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mohamed MOUSSA ABAR : Commandant du port de Djibouti, tél. +253 354001, fax +253 357078, Mobile 810874, Email : <a href="mailto:mohamed.abar@port.dj">mohamed.abar@port.dj</a></li></ul>
Les affaires maritimes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ali MERAH CHEHEM DAOUD, tél +253 812543 Email : <a href="mailto:miirah@epnet.dj">miirah@epnet.dj</a></li></ul>
CERD	<ul style="list-style-type: none"><li>• Jalludin MOHAMED</li><li>• Sai Ismael Aualel</li></ul>
Ministère des Finance	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fato ABDOULT ADER</li></ul>

Elaboration de l'étude de faisabilité du projet d'investissement de production d'eau potable par dessalement d'eau de mer  
approvisionné en énergie renouvelable: volet "dessalement eau de mer"

## **Annexe 2 : Fiches de la campagne d'exploration du site**

**Elaboration de l'étude de faisabilité du projet d'investissement de production d'eau potable par dessalement d'eau de mer**  
**FICHE DE PRELEVEMENT DE BENTHOS ET DE SEDIMENT**  
**Prélèvements effectués le 11/02/2012**

288 359

1 282 440

**Station DJ-ST0**

<b>Barque</b>	10 m	<p style="text-align: center;"><b>Situation DJ-ST0</b></p> 
<b>Mode. Prél.</b>	Direct à sec	
<b>Coord. (WGS84)</b>	X= 38 288 359 Y= 1 282 440	
<b>Heure</b>	16H00	
<b>Prof. (m)</b>	Marée basse	
<b>Transp. (m)</b>	-	
<p>Station située sur un haut fon à environ 100 m de côte.</p> <p>Zone de l'estran, prélèvement effectué à sec, Fond sableux nu faune endogée dans sédiment, Traces de terrier</p> <p>Sédiment gris noir fin</p>		
		
		

**Elaboration de l'étude de faisabilité du projet d'investissement de production d'eau potable par dessalement d'eau de mer**  
**FICHE DE PRELEVEMENT DE BENTHOS ET DE SEDIMENT**  
 Prélèvements effectués le 14/02/2012

**Station DJ-ST1**

<b>Barque</b>	10 m	<p align="center"><b>Situation DJ-ST1</b></p> 
<b>Mode. Prél.</b>	plongé	
<b>Coord. (WGS84)</b>	X=38 288 288 Y= 1 282 677	
<b>Heure</b>	09H50	
<b>Prof. (m)</b>	2 à 10 m	
<b>Transp. (m)</b>	Fond visible	
<b>température</b>	26°C	
<p>Echantillonnage réalisé au niveau du récif corallien sur le flanc d'une falaise sous marine. Faune et flore très diversifiée, plusieurs espèces de coraux, très bonne transparence.                  Récif corallien en très bon état sur le flanc de la falaise sous marine</p>		
		
		
		
		
		

**Elaboration de l'étude de faisabilité du projet d'investissement de production  
d'eau potable par dessalement d'eau de mer  
FICHE DE PRELEVEMENT DE BENTHOS ET DE SEDIMENT  
Prélèvements effectués le 14/02/2012**

**Station DJ-ST2**

<b>Barque</b>	10 m	<b>Situation DJ-ST2</b> 
<b>Mode. Prél.</b>	plongé	
<b>Coord. (WGS84)</b>	X=38 288 261 Y= 1 282 816	
<b>Heure</b>	1055H50	
<b>Prof. (m)</b>	20 m	
<b>Transp. (m)</b>	Fond invisible	
<b>température</b>	27°C	
<p>Fond dénudé, absence de faune et flore apparente, présence de terriers Sédiment sableux vaseux Sédiment fin Fond mou, lançage avec tige métallique de 1,5 m sans refus.</p>		
		
<p><b>Sédiment sablo – vaseux</b></p>		
		
		<p><b>Fond terriers</b></p>

**Elaboration de l'étude de faisabilité du projet d'investissement de production d'eau potable par dessalement d'eau de mer**  
**FICHE DE PRELEVEMENT DE BENTHOS ET DE SEDIMENT**  
**Prélèvements effectués le 14/02/2012**

**Station DJ-ST3**

<b>Barque</b>	10 m	<b>Situation DJ-ST3</b> 
<b>Mode. Prél.</b>	plongé	
<b>Coord. (WGS84)</b>	X=38 288 213 Y= 1 283 008	
<b>Heure</b>	09H10	
<b>Prof. (m)</b>	21m	
<b>Transp. (m)</b>	Fond invisible	
<b>température</b>	27°C	
Fond nu, absence de faune et flore apparente, lange manuel jusqu'à 1,( sans refus).		
		
<b>Sédiment sablo-vaseux</b>	Fond nu, absence de faune et flore apparente	

**Elaboration de l'étude de faisabilité du projet d'investissement de production d'eau potable par dessalement d'eau de mer**  
**FICHE DE PRELEVEMENT DE BENTHOS ET DE SEDIMENT**  
**Prélèvements effectués le 14/02/2012**

**Station DJ-ST4**

<b>Barque</b>	10 m	<p align="center"><b>Situation DJ-ST4</b></p> 
<b>Mode. Prél.</b>	plongé	
<b>Coord. (WGS84)</b>	X=38 288 155 Y= 1 283 217	
<b>Heure</b>	08H25	
<b>Prof. (m)</b>	23 m	
<b>Transp. (m)</b>	Fond visible	
<b>température</b>	28°C surface, 27°C fond	
<p>Sédiment sableux coquilliers, très riche en débris de coquilles, présence d'un récif à 30m est de la position de la station.</p> <p>Lançage manuel 1,5 m sans refus</p>		
 <p align="center"><b>Sédiment coquillier</b></p>		 <p align="center">au niveau de la station</p>
		 <p align="center">Echantillon à 30 m est de la station</p>