

**MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DES RESSOURCES  
HYDRAULIQUES ET DE LA PECHE  
SOCIETE NATIONALE D'EXPLOITATION ET DE  
DISTRIBUTION DES EAUX (SONEDE)**

**ETUDE PREPARATOIRE  
RELATIVE AU  
PROJET DE CONSTRUCTION DE LA  
STATION DE DESSALEMENT D'EAU  
DE MER A SFAX  
EN REPUBLIQUE TUNISIENNE**

**RAPPORT FINAL  
VOL. 1 : RAPPORT PRINCIPAL**

**Août 2015**

**AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION  
INTERNATIONALE**

**NJS CONSULTANTS CO., LTD.  
INGEROSEC CORPORATION  
JAPAN TECHNO CO., LTD.**

GE
CR (4)
15-125



**MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DES RESSOURCES  
HYDRAULIQUES ET DE LA PECHE  
SOCIETE NATIONALE D'EXPLOITATION ET DE  
DISTRIBUTION DES EAUX (SONEDE)**

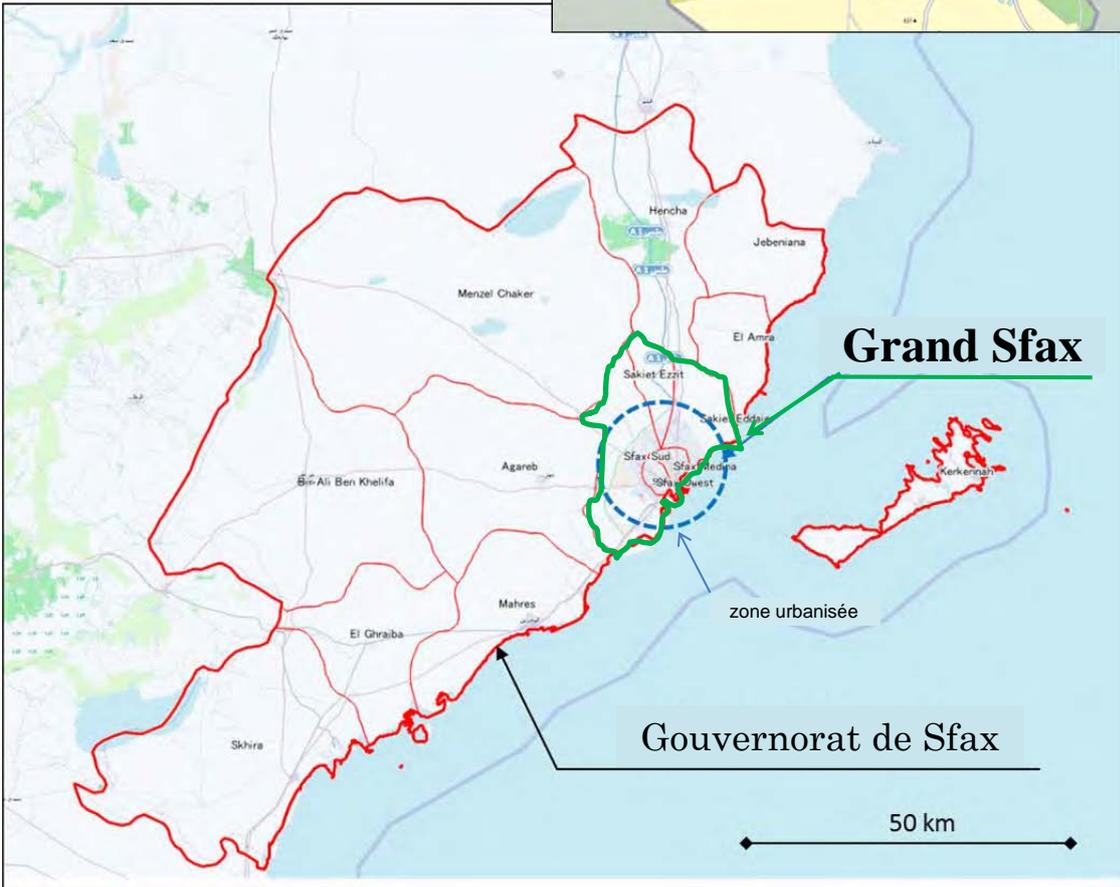
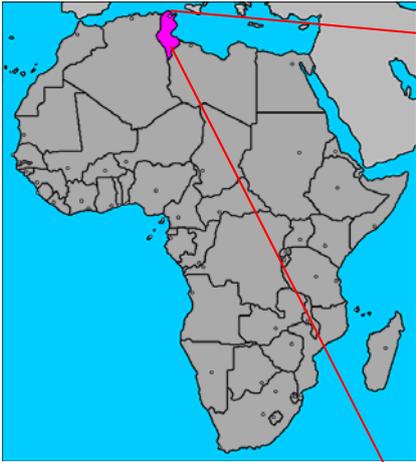
**ETUDE PREPARATOIRE  
RELATIVE AU  
PROJET DE CONSTRUCTION DE LA  
STATION DE DESSALEMENT D'EAU  
DE MER A SFAX  
EN REPUBLIQUE TUNISIENNE**

**RAPPORT FINAL  
VOL. 1 : RAPPORT PRINCIPAL**

**Août 2015**

**AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION  
INTERNATIONALE**

**NJS CONSULTANTS CO., LTD.  
INGEROSEC CORPORATION  
JAPAN TECHNO CO., LTD.**



Plan de Situation

**RAPPORT FINAL  
RAPPORT PRINCIPAL**

**TABLE DES MATIERES**

Plan de Situation	
Table des Matières -----	i
Liste des Tableaux, et Figures -----	vii
Abréviations et Acronymes -----	xvi
Résumé -----	S-1
CHAPITRE 1 OBJECTIFS ET CONTENU DE L'ETUDE-----	1-1
1.1 Historique -----	1-1
1.2 Présentation de l'Etude-----	1-2
1.2.1 Objectif de l'Etude-----	1-2
1.2.2 Portée du Projet -----	1-2
1.2.3 Zone d'étude-----	1-2
1.2.4 Autorités concernées-----	1-4
1.2.5 Equipe d'Etude de la JICA -----	1-5
1.2.6 Calendrier de l'Etude-----	1-5
1.3 Portée de l'Etude-----	1-6
1.3.1 Portée de l'Etude lors de la Phase 1 -----	1-6
1.3.2 Portée de l'Etude lors de la Phase 2 -----	1-7
1.4 Projets antérieurs dans le secteur de l'eau financés par des prêts APD japonais -----	1-8
1.5 Programmes d'autres bailleurs de fonds dans le secteur d'approvisionnement d'eau -----	1-10
CHAPITRE 2 REVUE ET EXPLORATION DES DONNEES EXISTANTES-----	2-1
2.1 Condition naturelle-----	2-1
2.1.1 Météorologie-----	2-1
2.1.2 Topographie et Géographie -----	2-4
2.1.3 Conditions marines -----	2-4
2.1.4 Caractéristiques hydrologiques, hydrogéologiques et géologiques-----	2-6
2.2 Etude des conditions sociales-----	2-7
2.2.1 Situation Sociale et Economique-----	2-7
2.2.2 Population-----	2-7
2.2.3 Principales Industries-----	2-9
2.2.4 Occupation des terres-----	2-9
2.2.5 Développement des infrastructures -----	2-10

2.2.6	Tendance future de la situation économique	2-10
2.2.7	Santé publique	2-10
2.2.8	Etat de l'alimentation électrique	2-11
<b>CHAPITRE 3 PRESENT STATUT DE SERVICE D'ALIMENTATION EN EAU EN TUNISIE</b>		<b>-- 3-1</b>
3.1	Organismes concernés et cadre légal du secteur de l'eau	3-1
3.1.1	Présentation des organismes concernés	3-1
3.1.2	Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE)	3-3
3.1.3	Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux (DGGREE)	3-3
3.1.4	Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques (DGBGTH)	3-4
3.1.5	Commissariats Régionaux de Développement Agricole (CRDA)	3-4
3.1.6	Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE)	3-4
3.1.7	Cadre légal du secteur de l'eau	3-10
3.1.8	Norme relative à la qualité de l'eau de boisson en Tunisie	3-10
3.2	Situation actuelle du secteur de l'eau en Tunisie	3-11
3.2.1	Ressources en eau en Tunisie	3-11
3.2.2	Demande en eau en Tunisie	3-12
3.2.3	Equilibre d'eau en Tunisie	3-12
3.3	Plan futur du Secteur de l'Eau	3-13
3.4	Plan futur en eau pour le secteur agricole	3-15
3.5	Plan futur de l'eau dans le secteur industriel	3-16
<b>CHAPITRE 4 PLAN D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POUR LE GRAND SFAX</b>		<b>4-1</b>
4.1	Etat actuel et plans futurs du secteur de l'eau pour usage domestique	4-2
4.1.1	Etat actuel du secteur de l'eau pour usage domestique	4-2
4.1.2	Ressources en eau disponibles à la consommation dans la région de Sfax	4-3
4.1.3	Situation actuelle et plan d'avenir du secteur de l'eau pour l'agriculture et l'industrie	4-12
4.2	Plan de développement de la SONEDE	4-15
4.3	Pertinence de l'eau de mer en tant que source d'eau	4-21
4.4	Demande et offre dans le système de transfert des eaux du Nord	4-23
4.4.1	Demande en eau dans le système de transfert des eaux du Nord	4-23
4.4.2	Plan d'approvisionnement en eau dans le système de transfert des eaux du Nord	4-32
4.4.3	Examen de la demande et plan d'approvisionnement dans l'étude stratégique	4-33
4.4.4	Problème présenté par le plan d'approvisionnement en eau dans le système de transfert des eaux du Nord	4-36
4.5	Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax	4-37
4.5.1	Demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax	4-37
4.5.2	Approvisionnement en eau dans le Gouvernorat de Sfax	4-40

4.6	Demande et approvisionnement d'eau et dans le Grand Sfax-----	4-40
4.6.1	Système actuel d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax-----	4-40
4.6.2	Demande et offre en eau dans le Grand Sfax-----	4-43
4.6.3	Questions relatives au plan d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax -----	4-48
4.7	Pertinence de la capacité et de l'emplacement de la station de dessalement d'eau de mer du Grand Sfax -----	4-49
4.7.1	Capacité de l'ouvrage -----	4-49
4.7.2	Pertinence de l'emplacement de l'installation -----	4-50
4.7.3	Mesures prise pour remédier au manque d'eau -----	4-51
 CHAPITRE 5 ETUDE DE LA STATION DE DESSALEMENT D'EAU DE MER-----		5-1
5.1	Structure élémentaire de la station de dessalement d'eau de mer -----	5-1
5.1.1	Sélection du processus de dessalement d'eau de mer -----	5-1
5.1.2	Critères de conception de la station de dessalement d'eau de mer -----	5-3
5.1.3	Station de dessalement d'eau de mer-----	5-9
5.2	Site de construction de la station de dessalement d'eau de mer -----	5-13
5.3	Prise d'eau de mer -----	5-14
5.3.1	Système de prise -----	5-14
5.3.2	Choix de la méthode de prise -----	5-15
5.3.3	Plan de base pour l'installation de prise -----	5-15
5.3.4	Estimation du diamètre de la conduite de prise -----	5-19
5.4	Système de rejet des eaux de mer chargées (saumure) -----	5-21
5.4.1	Système de rejet des eaux de mer chargées -----	5-21
5.4.2	Choix de la méthode de rejet pour ce Projet-----	5-23
5.4.3	Principes élémentaires pour le choix d'ouvrages de rejet des eaux charges (saumure)-----	5-24
5.4.4	Estimation du diamètre de la conduite de prise eaux chargées -----	5-24
5.4.5	Simulation de la diffusion des eaux chargées -----	5-25
5.5	Illustration de conduites marines sur fond marin (référence) -----	5-28
5.6	Schéma de l'installation -----	5-31
5.6.1	Points de vue de l'étude pour la surface nécessaire à la station -----	5-32
5.6.2	Les installations situées dans le site de la station de dessalement -----	5-33
5.6.3	Plan général -----	5-36
5.6.4	Relation entre le niveau de l'eau de mer et le site de la station de dessalement-----	5-38
 CHAPITRE 6 PLAN DES OUVRAGES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU -----		6-1
6.1	Plan du réseau de refoulement d'eau -----	6-1
6.1.1	Politique d'aménagement du réseau de refoulement d'eau-----	6-1
6.1.2	Considérations pour le plan du réseau de refoulement d'eau -----	6-3

6.1.3 Plan de distribution d'eau dans le Grand Sfax	6-8
6.2 Installations de refoulement d'eau	6-16
6.3 Plan de la Phase 1 du Projet	6-30
<b>CHAPITRE 7 PLAN D'INSTALLATION ELECTRIQUE</b>	<b>7-1</b>
7.1 Alimentation nécessaire	7-1
7.2 Recevoir Violation et possibilité de l'alimentation	7-1
7.2.1 Ligne de transmission de puissance	7-1
7.2.2 Disponibilité de l'électricité pour le dessalement d'eau de mer	7-2
7.3 Plan d'installation électrique	7-3
7.4 Tarif de l'électricité	7-9
7.5 Coûts de construction pour l'extension d'une ligne d'alimentation électrique de 150kV	7-10
7.6 Répartition des tâches de construction	7-10
7.7 Phase 1 Projet des différents ouvrages électriques	7-10
<b>CHAPITRE 8 CONSIDERATIONS SOCIALES ET ENVIRONNEMENTALES</b>	<b>8-1</b>
8.1 Objectifs des considerations socio-environnementales	8-1
8.2 Catégorie du Projet	8-1
8.3 Composantes du Projet et principaux impacts	8-2
8.4 Environnement naturel et social récepteur du Projet	8-8
8.5 Système et organisation des considérations socio-environnementales en Tunisie	8-12
8.6 Alternatives au Projet (dont l'option zéro)	8-14
8.7 Cadrage et termes de référence de l'étude d'impact	8-14
8.8 Résultats des investigations socio-environnementales	8-28
8.9 Evaluation des impacts	8-35
8.10 Mesures d'atténuation et coûts de mise en oeuvre	8-40
8.11 Plan de surveillance	8-47
8.12 Réunion des parties prenantes	8-52
<b>CHAPITRE 9 ACQUISITIONS DE TERRAIN ET RELOCALISATION</b>	<b>9-1</b>
9.1 Nécessités en acquisitions de terrain et relocalisation	9-1
9.2 Cadre légal tunisien et organisation des considérations socio-environnementales	9-2
9.3 Echelle et étendue des acquisitions de terrains et relocalisation	9-13
9.4 Mise en oeuvre des compensations	9-23
9.5 Mécanismes de gestion des plaintes	9-24
9.6 Organisation pour la mise en oeuvre des considérations sociales	9-26
9.7 Calendrier de mise en oeuvre	9-28
9.8 Coûts et financements	9-29
9.9 Suivi de la mise en oeuvre, formulaire de suivi	9-32

9.10 Explication aux habitants de la ligne de transport électrique-----	9-34
<b>CHAPITRE 10 PLAN DE MISE EN ŒUVRE -----</b>	<b>10-1</b>
10.1 Objectif du Projet-----	10-1
10.2 Zone du Projet -----	10-1
10.3 Présentation du Projet-----	10-1
10.4 Services de consultation -----	10-2
10.5 Coût du projet et planification financière -----	10-5
10.6 Processus de passation de marchés-----	10-9
10.6.1 Sélection pour les services de consultants-----	10-9
10.6.2 Passation des marchés pour les travaux et équipements-----	10-9
10.6.3 Résumé du processus de passation de marchés-----	10-10
10.7 Calendrier d'exécution du Projet -----	10-12
10.8 Coût d'exploitation et de maintenance -----	10-18
10.9 Structure de la mise en œuvre du Projet-----	10-20
10.9.1 Emprunteur -----	10-20
10.9.2 L'entité de la mise en œuvre du Projet-----	10-20
10.9.3 Entité d'exploitation et de maintenance -----	10-23
10.10 Etat financier de la SONEDE -----	10-24
10.11 Tarif de l'eau -----	10-27
10.11.1 Système tarifaire de l'eau -----	10-27
10.11.2 Augmentation du prix de l'eau -----	10-28
10.12 Analyse économique et financière -----	10-29
10.12.1 TRIF -----	10-31
10.12.2 TRIE -----	10-38
10.13 Indicateurs de fonctionnement et d'impact-----	10-50
10.14 Application de la technologie japonaise -----	10-52
10.14.1 Composants de l'usine de dessalement d'eau de mer -----	10-52
10.14.2 Membrane RO-----	10-52
10.14.3 Conduite à haute pression-----	10-53
10.14.4 Matériel de récupération d'énergie -----	10-53
10.14.5 Constructeurs d'usines -----	10-54
10.14.6 Autres installations-----	10-55
<b>CHAPITRE 11 CONFIRMATION DE LA VIABILITE ET DE L'ANALYSE DES RISQUES-----</b>	<b>11-1</b>
11.1 Considérations financières -----	11-1
11.2 Considérations sociales et environnementales-----	11-2
11.3 Considérations liées à l'alimentation électrique-----	11-3
11.4 Risques de retard dans l'exécution du projet et mesures d'atténuation -----	11-4

11.5 Risques et mesures d'atténuation-----	11-4
11.5.1 Risques financiers et mesures d'atténuation -----	11-4
11.5.2 Risques socio-environnementaux et mesures d'atténuation -----	11-5
11.5.3 Risques liés à l'alimentation électrique et mesures d'atténuation-----	11-6
11.5.4 Risques de retard dans la mise en oeuvre du projet et mesures d'atténuation-----	11-7

ANNEXES -----Volume 2

PLANS -----Volume 3

## LISTE DES TABLEAUX, FIGURES

### Tableaux

Tableau 1.2-1	Délégations et communes au sein du Grand Sfax -----	1-3
Tableau 1.4-1	Projets antérieurs dans le secteur de l'eau financés par des prêts APD japonais-----	1-9
Tableau 1.5-1	Programmes d'autres bailleurs de fonds dans le secteur d'approvisionnement en eau	1-10
Tableau 1.5-2	Projets de construction de stations de dessalement au Sud Tunisien avec le soutien de KfW-----	1-12
Tableau 2.1-1	Température moyenne dans le Grand Sfax -----	2-1
Tableau 2.1-2	Pluviométrie moyenne dans le Grand Sfax -----	2-4
Tableau 2.1-3	Données sur la marée -----	2-4
Tableau 2.1-4	Niveau mensuel de la marée (2011-2013)-----	2-4
Tableau 3.1-1	Organismes concernés par le secteur de l'eau au sein ou sous l'autorité du MA -----	3-2
Tableau 3.1-2	Organisation et Activités de la SONEDE (2013)-----	3-5
Tableau 3.1-3	Personnel actuel chargé de l'exploitation et de la maintenance auprès des stations de dessalement (novembre 2013)-----	3-8
Tableau 3.1-4	Présentation du Code de l'Eau -----	3-10
Tableau 3.1-5	Norme relative à la qualité de l'eau de boisson en Tunisie (NT09.14 :1983) -----	3-11
Tableau 3.2-1	Ressources en eau et ressources disponibles à l'usage en Tunisie (2013) -----	3-12
Tableau 3.2-2	Demande en eau en Tunisie (2013) -----	3-12
Tableau 3.2-3	Demande et Ressources en Eau en Tunisie (2013)-----	3-12
Tableau 3.2-4	Equilibre d'eau entre demande et ressources en Tunisie (2013) -----	3-13
Tableau 3.4-1	Projets de construction de barrages récemment achevés et en cours -----	3-15
Tableau 4.1-1	Population et population desservie dans le Gouvernorat de Sfax -----	4-2
Tableau 4.1-2	Offre annuelle en eau au Gouvernorat de Sfax (consommation)-----	4-3
Tableau 4.1-3	Nouveaux puits au Gouvernorat de Sidi Bouzid -----	4-9
Tableau 4.1-4	Valeur réelle des extractions des ressources en eau de Jelma et de Sbeitla -----	4-9
Tableau 4.1-5	Ressources en eau des forages de la SONEDE dans le Gouvernorat de Sfax (2012) --	4-10
Tableau 4.1-6	Programme de nouveaux forages au Gouvernorat de Sfax -----	4-10
Tableau 4.1-7	Eau pour l'industrie fournie par la SONEDE dans le Gouvernorat de Sfax -----	4-13
Tableau 4.1-8	Eau pour l'industrie fournie par des sociétés privées dans le Gouvernorat de Sfax ----	4-13
Tableau 4.1-9	Puits industriels enregistrés au Gouvernorat de Sfax (en 2012)-----	4-14
Tableau 4.2-1	Plans et études actuels en matière de système d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax -----	4-15

Tableau 4.2-2	Station de traitement d'eau et station de traitement d'eau de mer présentées dans l'étude stratégique -----	4-21
Tableau 4.3-1	Extraction des eaux souterraines à Sfax, Jelma et Sbeitla-----	4-22
Tableau 4.4-1	Comparaison de la méthode de projection de la SONEDE dans l'Etude Stratégique et les révisions-----	4-25
Tableau 4.4-2	Consommation d'eau par gouvernorat-----	4-27
Tableau 4.4-3	Taux de la consommation d'eau à partir des ressources propres -----	4-27
Tableau 4.4-4	Consommation ajustée de la consommation d'eau par gouvernorat-----	4-28
Tableau 4.4-5	Taux de performance du réseau par gouvernorat -----	4-28
Tableau 4.4-6	Demande moyenne en eau par gouvernorat-----	4-29
Tableau 4.4-7	Facteurs d'ajustement par gouvernorat -----	4-29
Tableau 4.4-8	Demande maximale en eau par gouvernorat -----	4-30
Tableau 4.4-9	Population administrative et population servie -----	4-31
Tableau 4.4-10	Station de traitement d'eau et station de dessalement d'eau formulées dans l'Etude Stratégique -----	4-32
Tableau 4.4-11	Demande en eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des eaux du Nord -----	4-33
Tableau 4.4-12	Bilan d'eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des eaux du Nord (approvisionnement en eau: installations existantes uniquement)-----	4-33
Tableau 4.4-13	Bilan d' eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des eaux du Nord (approvisionnement en eau: installations existantes + nouvelles installations) -----	4-33
Tableau 4.4-14	Demande et approvisionnement en eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des Eaux du Nord -----	4-35
Tableau 4.5-1	Demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax -----	4-38
Tableau 4.5-2	Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax (approvisionnement en eau: les installations existantes uniquement) -----	4-38
Tableau 4.5-3	Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax (approvisionnement en eau: installations existantes + nouvelles installations) -----	4-38
Tableau 4.6-1	Situation actuelle des conduites de distribution -----	4-43
Tableau 4.6-2	Plan d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax -----	4-44
Tableau 4.6-3	Offre et demande en eau dans le Grand Sfax (approvisionnement en eau: installations existantes uniquement) -----	4-44
Tableau 4.6-4	Offre et demande en eau dans le Grand Sfax (approvisionnement en eau: installations existantes + nouvelles installations) -----	4-45
Tableau 4.6-5	Population dans 7 gouvernorats et consommation par habitant -----	4-47
Tableau 4.6-6	Demande en eau par habitant dans plusieurs pays -----	4-47
Tableau 5.1-1	Energie requise pour le dessalement d'eau de mer par processus-----	5-1

Tableau 5.1-2	Stations de dessalement existantes en Tunisie -----	5-2
Tableau 5.1-3	Qualité de l'eau de mer et conditions de conception -----	5-5
Tableau 5.1-4	Caractéristiques de base des éléments OI -----	5-6
Tableau 5.1-5	Norme relative à l'eau potable en Tunisie relative aux stations de dessalement -----	5-8
Tableau 5.1-6	Conditions de conception relatives à l'eau produite -----	5-8
Tableau 5.1-7	Caractéristiques des méthodes de prétraitement -----	5-11
Tableau 5.2-1	Résultat de la sélection du site pour la station de dessalement -----	5-13
Tableau 5.3-1	Comparaison des systèmes de prise -----	5-14
Tableau 5.3-2	Comparaison des coûts de construction -----	5-20
Tableau 5.4-1	Choix du système de rejet -----	5-23
Tableau 5.4-2	Conditions de température et de salinité -----	5-26
Tableau 5.4-3	Salinité estimée à travers le champ lointain -----	5-27
Tableau 5.6-1	Composantes de la phase 1 du Projet -----	5-33
Tableau 6.1-1	Dimensions standard des réservoirs de la SONEDE -----	6-4
Tableau 6.1-2	Options pour la réduction du pompage des eaux souterraines -----	6-7
Tableau 6.1-3	Volume de distribution par réservoir -----	6-8
Tableau 6.1-4	Capacité des réservoirs (m <sup>3</sup> ) -----	6-9
Tableau 6.1-5	Capacité des réservoirs (heures du volume de distribution maximum par jour) -----	6-9
Tableau 6.1-6	Plan d'acheminement des eaux (maximum journalier, m <sup>3</sup> /d) -----	6-11
Tableau 6.1-7	Concentrations de TDS prévues par réservoir -----	6-12
Tableau 6.2-1	Diamètre des conduites de refoulement -----	6-20
Tableau 6.2-2	Etude des matériaux pour la conduite d'adduction -----	6-20
Tableau 6.2-3	Stations de pompage intermédiaires -----	6-22
Tableau 6.2-4	Mesures anti-bélier -----	6-27
Tableau 6.2-5	Bâches de mélange -----	6-27
Tableau 6.3-1	Eléments du la phase 1 du Projet -----	6-30
Tableau 7.2-1	Demande maximale et énergie de réception -----	7-1
Tableau 7.2-2	Centrales électriques autour du Grand Sfax -----	7-2
Tableau 7.3-1	Équipement d'instrumentation -----	7-6
Tableau 7.3-2	Plan de l'ouvrage de pompage -----	7-7
Tableau 7.3-3	Capacité de générateurs -----	7-8
Tableau 7.4-1	Tarif de la STEG pour l'électricité haute tension -----	7-9
Tableau 7.5-1	Coûts de construction en 150kV pour l'extension des lignes d'alimentation électrique -----	7-10
Tableau 7.7-1	Résumé de la Phase 1 du Projet (travaux électriques) -----	7-11
Tableau 8.3-1	Composantes du projet pour la phase 1 -----	8-2

Tableau 8.4-1	Biodiversité marine en Tunisie en nombre d'espèces -----	8-11
Tableau 8.5-1	Validité de la réglementation tunisienne-----	8-12
Tableau 8.7-1	Cadrage : installations de dessalement-----	8-16
Tableau 8.7-2	Cadrage : installations d'adduction -----	8-20
Tableau 8.7-3	Cadrage : alimentation électrique -----	8-24
Tableau 8.7-4	Résumé des principaux termes de références de l'EIE -----	8-26
Tableau 8.8-1	Résultats des investigations socio-environnementales -----	8-28
Tableau 8.8-2	Température et salinité -----	8-29
Tableau 8.8-3	Méthodes de pêche dans la région de Sfax -----	8-33
Tableau 8.8-4	Vestiges proches du site de la station -----	8-35
Tableau 8.9-1	Evaluation des impacts : installations de dessalement-----	8-35
Tableau 8.9-2	Evaluation des impacts : installations d'adduction-----	8-38
Tableau 8.9-3	Evaluation des impacts : alimentation électrique (ligne haute tension) -----	8-39
Tableau 8.10-1	Suggestion de mesures d'atténuation -----	8-40
Tableau 8.10-2	Coût des mesures d'atténuation-----	8-44
Tableau 8.11-1	Norme NT106-002 pour les rejets en mer-----	8-47
Tableau 8.11-2	Paramètres de surveillance des herbiers marins à <i>posidonia oceanica</i> -----	8-48
Tableau 8.11-3	Plan de surveillance -----	8-50
Tableau 8.11-4	Formulaire de surveillance -----	8-51
Tableau 8.12-1	Programme de la réunion -----	8-53
Tableau 9.1-1	Nécessités en acquisitions de terrain et relocalisation -----	9-1
Tableau 9.2-1	Comparaison des directives JICA et de la loi tunisienne-----	9-7
Tableau 9.3-1	Etat des lieux le long de la conduite d'adduction-----	9-15
Tableau 9.3-2	Population concernée par les acquisitions-----	9-20
Tableau 9.3-3	Largeur de construction et de compensation-----	9-21
Tableau 9.3-4	Domages fonciers et patrimonial relatifs à la construction de l'adduction -----	9-21
Tableau 9.3-5	Résumé des acquisitions et compensations nécessaires pour le Projet-----	9-22
Tableau 9.4-1	Matrice d'allocation des droits à la compensation-----	9-24
Tableau 9.8-1	Prix unitaires des oliviers et arbres fruitiers-----	9-29
Tableau 9.8-2	Coûts liés aux acquisitions de terrain et compensations pour les installations d'adduction-----	9-31
Tableau 9.9-1	Formulaire de suivi des considérations sociales-----	9-33
Tableau 10.3-1	Aperçu du Projet -----	10-1
Tableau 10.4-1	Hommes/Mois requis pour les services -conseils-----	10-3
Tableau 10.4-2	Hommes/Mois requis pour les services-conseils (ventilation) -----	10-3
Tableau 10.4-3	Coût des services de consultation -----	10-4
Tableau 10.5-1	Décassement (La première période) -----	10-6

Tableau 10.5-2	Politique de classification de LCP (partie en monnaie locale) et FCP (partie en monnaie étrangère)-----	10-7
Tableau 10.5-3	Ratio de couverture du prêt -----	10-7
Tableau 10.5-4	Décaissement annuel-----	10-8
Tableau 10.5-5	Ventilation annuelle des coûts du Projet -----	10-8
Tableau 10.6-1	Méthode d'emploi des consultantset type des offres -----	10-11
Tableau 10.7-1	Aperçu sur le calendrier d'exécution du Projet -----	10-12
Tableau 10.8-1	Coût d'exploitation et de maintenance -----	10-18
Tableau 10.8-2	Détaildu coût d'exploitation et de maintenance-----	10-18
Tableau 10.9-1	Membres de l'UGP -----	10-21
Tableau 10.10-1	Etats Financiers (2008-2012)-----	10-25
Tableau 10.10-2	Etats pertes et profits (2008-2012)-----	10-26
Tableau 10.11-1	Structure tarifaire de l'eau en 2014 -----	10-28
Tableau 10.11-2	Charges sur compteur-----	10-28
Tableau 10.11-3	Facture à la consommation -----	10-29
Tableau 10.11-4	Augmentation des frais de consommation et prévisions de profits sur l'exploitation-----	10-29
Tableau 10.12-1	Flux de trésorerie pour TRIF -----	10-33
Tableau 10.12-2	Calcul du TRIF -----	10-34
Tableau 10.12-3	Analyse de sensibilité du TRIF (niveau tarifaire) -----	10-34
Tableau 10.12-4	Analyse de sensibilité du TRIF (augmentation du tarif) -----	10-35
Tableau 10.12-5	Analyse de sensibilité du TRIF (par fluctuation du coût) -----	10-36
Tableau 10.12-6	Comparaison de la tarrification des eaux entre les eaux déssalinées et celles distribuées par la SONEDE -----	10-38
Tableau 10.12-7	Le coût de construction de puits nouvellement réalisés à Sidi Bouzid -----	10-40
Tableau 10.12-8	Le coût de construction de puits nouvellement réalisés à Sfax -----	10-40
Tableau 10.12-9	Plan du nombre d'échantillon de ménages par région-----	10-42
Tableau 10.12-10	Nombre d'échantillons par régions -----	10-42
Tableau 10.12-11	Les abonnés et les non-abonnés-----	10-43
Tableau 10.12-12	Revenu mensuel moyen par secteur -----	10-43
Tableau 10.12-13	La répartition du revenu régional -----	10-43
Tableau 10.12-14	Le paiement moyen des tarifs de l'eau par secteur-----	10-44
Tableau 10.12-15	Source d'eau potable et de l'eau domestique (des réponses multiples)-----	10-44
Tableau 10.12-16	Raison de l'insatisfaction (réponses multiples)-----	10-44
Tableau 10.12-17	Souhait d'améliorer le service (réponses multiples) -----	10-45
Tableau 10.12-18	Disposition à payer en cas d'amélioration de service d'approvisionnement en eau (taux d'augmentation du tarif de l'eau) -----	10-46
Tableau 10.12-19	Volonté de payer des non-abonnés-----	10-47
Tableau 10.12-20	Calcul du TRIE -----	10-48

Tableau 10.12-21	Flux de la trésorerie pour TRIE -----	10-49
Tableau 10.12-22	Analyse de sensibilité du TRIE -----	10-50
Tableau 10.13-1	Fonctionnement et effet des indicateurs du projet d'approvisionnement en eau--	10-51
Tableau 10.13-2	Fonctionnement et effet indicateur de ce projet-----	10-51
Tableau 11.1-1	Tarifification d'eau et d'assainissement pour chaque catégorie -----	11-2
Tableau 11.5-1	Risques financiers et mesures d'atténuation-----	11-5
Tableau 11.5-2	Risques socio-environnementaux et mesures d'atténuation-----	11-6
Tableau 11.5-3	Risques relatifs à l'alimentation électrique et mesures d'atténuation-----	11-7
Tableau 11.5-4	Risques de retard dans l'exécution -----	11-7

## Figures

Figure 1.2-1	Carte administrative du Grand Sfax-----	1-4
Figure 1.5-1	Projets de dessalement en cours et prévus soutenus par le groupe bancaire KfW -----	1-13
Figure 2.1-1	Plage de température entre 2010 et 2013-----	2-2
Figure 2.1-2	Plage d'humidité entre 2010 et 2013-----	2-2
Figure 2.1-3	Changements des vent entre 2010 et 2013 -----	2-3
Figure 2.1-4	Courants actuels à l'Est de la Méditerranée-----	2-5
Figure 2.1-5	Principales rivières -----	2-6
Figure 2.2-1	Changements du PIB et du taux de chômage -----	2-7
Figure 2.2-2	Changement démographique-----	2-8
Figure 2.2-3	PNB Structure des principales industries-----	2-9
Figure 2.2-4	Accès à l'eau améliorée et aux équipements d'assainissement-----	2-10
Figure 2.2-5	Indicateur de santé publique -----	2-11
Figure 2.2-6	Capacité de production d'électricité de la STEG-----	2-12
Figure 2.2-7	Ventes d'électricité par la STEG-----	2-12
Figure 2.2-8	Part des ventes d'électricité pour l'approvisionnement en eau et pour l'assainissement-----	2-13
Figure 3.1-1	Organigramme du Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche-----	3-1
Figure 3.1-2	Organigramme de la DGGREE-----	3-4
Figure 3.1-3	Organigramme de la SONEDE (octobre 2014)-----	3-6
Figure 3.1-4	Organigramme de la Direction de Production d'Eau de la SONEDE -----	3-7
Figure 3.5-1	Principale zones industrielles en Tunisie -----	3-17

Figure 4.1-1	Carte de l'emplacement du système de transfert des eaux du Nord, le gouvernorat de Sfax et le Grand Sfax -----	4-1
Figure 4.1-2	Diagramme schématique des ressources en eaux dans le gouvernorat de Sfax -----	4-4
Figure 4.1-3	Canal de la SECADENORD et stations de traitement des eaux de la SONEDE servant le système d'adduction des eaux du Nord -----	4-5
Figure 4.1-4	Diagramme schématique des canaux de la SECADENORD et des prises d'eau de la SONEDE -----	4-6
Figure 4.1-5	Réseau d'adduction des eaux souterraines de Jelma-Sbeitla -----	4-7
Figure 4.1-6	Diagramme schématique du réseau d'adduction des eaux souterraines de Jelma-Sbeitla -----	4-8
Figure 4.1-7	Eaux acheminées à Sfax mensuellement depuis trois différentes ressources (2006~2012)-----	4-11
Figure 4.1-8	Eaux acheminées à Sfax mensuellement des nappes de Jelma-Sbeitla (2006~2012) --	4-11
Figure 4.2-1	Plan Optimal, 2ème Variante-Solution 2 (F/S Rapport Mission 2: SOLUTION 2V2)-	4-18
Figure 4.2-2	Situation des ouvrages prévus par l'Etude Stratégique-----	4-20
Figure 4.4-1	Diagramme du flux de prévision de la demande en eau de l'étude-----	4-26
Figure 4.4-2	Demande et approvisionnement en eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des eaux du Nord (approvisionnement en eau: installations existantes uniquement) -----	4-34
Figure 4.4-3	Demande et approvisionnement en eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des eaux du Nord (approvisionnement en eau: installations existantes +nouvelles installations)-----	4-34
Figure 4.5-1	Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax (approvisionnement en eau: les installations existantes uniquement) -----	4-39
Figure 4.5-2	Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax (approvisionnement en eau: installations existantes + nouvelles installations) -----	4-39
Figure 4.6-1	Aperçu du réseau d'approvisionnement d'eau dans le Grand Sfax -----	4-41
Figure 4.6-2	Offre et demande en eau dans le Grand Sfax (approvisionnement en eau: installations existantes uniquement) -----	4-46
Figure 4.6-3	Offre et demande en eau dans le Grand Sfax (approvisionnement en eau: installations existantes + nouvelles installations) -----	4-46
Figure 4.7-1	Appareil d'économie d'eau-----	4-53
Figure 5.1-1	Capacité des stations de dessalement vs. processus-----	5-2
Figure 5.1-2	Variation TDS -----	5-3
Figure 5.1-3	Variation de la température-----	5-3
Figure 5.1-4	Variation pH -----	5-4
Figure 5.1-5	Partie de la présentation sur SMAP, et de ses participants -----	5-4

Figure 5.1-6	Qualité de l'eau produite vs. température, salinité et période d'exploitation (45% récupération) -----	5-7
Figure 5.1-7	Equipements du système de membrane-----	5-9
Figure 5.1-8	Diagramme de flux de l'équipement de traitement par membrane -----	5-10
Figure 5.3-1	Méthode voile d'étanchéité-----	5-14
Figure 5.3-2	Prise directe à travers la conduite -----	5-14
Figure 5.3-3	Puits de plage-----	5-15
Figure 5.3-4	Prise dans le fond de mer -----	5-15
Figure 5.3-5	Tour de prise-----	5-16
Figure 5.3-6	Coupe transversale de la mer au point de prise-----	5-16
Figure 5.3-7	Points de prise et de rejet -----	5-16
Figure 5.3-8	Diagramme des conduites de prise et d'évacuation de l'eau chargée -----	5-18
Figure 5.3-9	Schéma de conduite de prise 1 x PEHD et de rejet 1 x PEHD -----	5-20
Figure 5.3-10	Schéma de conduite de prise 2 x PEHD et de rejet 1 x PEHD -----	5-21
Figure 5.3-11	Schéma de conduite de prise en acier x 1, et de rejet en acier x 1 -----	5-21
Figure 5.4-1	Rejet à partir de la côte -----	5-22
Figure 5.4-2	Rejet par le biais de conduites immergées -----	5-22
Figure 5.4-3	Rejet par canal ouvert -----	5-22
Figure 5.4-4	Rejet par tuyau unique -----	5-22
Figure 5.4-5	Plusieurs tuyaux -----	5-23
Figure 5.4-6	Tuyau surélevé -----	5-23
Figure 5.4-7	Illustration d'une tour de rejet de saumure-----	5-24
Figure 5.4-8	Simulation de diffusion de saumure-----	5-25
Figure 5.4-9	Tour de rejet de la saumure-----	5-26
Figure 5.4-10	Image de la diffusion de saumure sur le champ proche -----	5-27
Figure 5.4-11	Diffusion de saumure -----	5-28
Figure 5.5-1	Conduite en acier avec peinture anticorrosion-----	5-29
Figure 5.5-2	Transport de conduites PEHD -----	5-29
Figure 5.5-3	Conduite PEHD, avec lest-----	5-29
Figure 5.5-4	Construction conduites en acier -----	5-29
Figure 5.5-5	Plusieurs types de conduites -----	5-30
Figure 5.5-6	Schéma illustrant l'installation de conduites en mer-----	5-31
Figure 5.6-1	Site approuvé par l'APAL -----	5-32
Figure 5.6-2	Plan détaillé de la station de dessalement -----	5-36
Figure 5.6-3	Plan de la station de dessalement-----	5-37
Figure 5.6-4	Relation entre le niveau de la mer et le site de la station-----	5-38
Figure 6.1-1	Réservoir standard de la SONEDE (Capacité : 5000m <sup>3</sup> ) -----	6-4
Figure 6.1-2	Réseau actuel de refoulement d'eau dans le Grand Sfax (année 2013) -----	6-5

Figure 6.1-3	Plan de distribution des eaux dessalées dans le Grand Sfax (année 2025)-----	6-14
Figure 6.1-4	Plan de distribution de l'eau dessalée sur le Grand Sfax (année 2035) -----	6-15
Figure 6.2-1	Tracés des conduites de refoulement-----	6-17
Figure 6.2-2	Plan de transport de l'eau (Phase 1) -----	6-18
Figure 6.2-3	Plan de transport de l'eau (Phase 2) -----	6-19
Figure 6.2-4	Pompe volute à double aspiration (50Hz)-----	6-23
Figure 6.2-5	Résultat de l'analyse de mesures anti-bélier-----	6-24
Figure 6.2-6	Plan général d'une cheminée d'équilibre unidirectionnelle (plan)-----	6-25
Figure 6.2-7	Plan général d'une cheminée d'équilibre unidirectionnelle (section) -----	6-26
Figure 6.2-8	Plan générale de la chambre de mélange au réservoir PK 11 (plan)-----	6-28
Figure 6.2-9	Plan générale de la chambre de mélange au réservoir PK 11 (section) -----	6-29
Figure 7.2-1	STEG lignes de transport-----	7-2
Figure 7.6-1	Tâches de la construction-----	7-10
Figure 8.3-1	Localisation du projet -----	8-3
Figure 8.3-2	Coupes imagées des conduites (adduction à gauche, prise et rejet à droite)-----	8-4
Figure 8.3-3	Vue en plan des conduites de prise et de rejet -----	8-4
Figure 8.3-4	Têtes de prise et de rejet en mer (image)-----	8-5
Figure 8.3-5	Situation générale de l'usine de dessalement-----	8-5
Figure 8.3-6	Procédé de dessalement par osmose inverse -----	8-6
Figure 8.4-1	Etat des lieux et occupation des terrains au niveau de l'usine de dessalement -----	8-8
Figure 8.4-2	Environnement le long de la conduite d'adduction-----	8-9
Figure 8.4-3	La zone de Thyna et l'emplacement de la conduite d'adduction-----	8-9
Figure 8.4-4	Couverture en <i>posidonia oceanica</i> aux alentours de la tête de rejet -----	8-10
Figure 8.7-1	Activités du comité de suivi-----	8-15
Figure 8.7-2	Calendrier provisoire pour le cadrage, les TdR et l'EIE -----	8-27
Figure 8.7-3	Plan de mise en oeuvre de l'EIE (proposition)-----	8-28
Figure 8.8-1	Modèle de simulation à deux étages -----	8-29
Figure 8.8-2	Schéma de la tête de rejet-----	8-30
Figure 8.8-3	Résultats de la simulation de la dispersion de la saumure -----	8-30
Figure 8.8-4	Salinité en fonction de la distance à la tête de rejet -----	8-31
Figure 8.8-5	Etat des lieux des herbiers <i>de posidonies</i> et <i>cymodocea</i> au niveau du Gouvernorat de Sfax (non-compris Kerkennah) -----	8-31
Figure 8.8-6	Taux de couverture des herbiers vs profondeur d'eau-----	8-32
Figure 8.8-7	Embarcations dans la région de Sfax -----	8-33
Figure 8.8-8	Position du projet et des pipelines de BG -----	8-34
Figure 8.8-9	Position du projet et des vestiges archéologiques -----	8-34
Figure 8.10-1	Replantation de <i>posidonie</i> -----	8-41

Figure 8.10-2	Plan de disposition de récifs artificiels dans le golfe de Gabès -----	8-41
Figure 8.10-3	Plan de disposition de récifs artificiels (exemple) -----	8-42
Figure 8.10-4	Plan de dépôt en mer (exemple) -----	8-42
Figure 8.10-5	Protection anti-turbidité (exemple)-----	8-43
Figure 8.10-6	Port de Mahrès -----	8-43
Figure 8.10-7	Etendue des salines de Thyna (COTUSAL) et état des lieux (9 mai) -----	8-45
Figure 8.10-8	Mesure d'atténuation des salines de Thyna (COTUSAL) (exemple) -----	8-46
Figure 8.10-9	Mesure d'atténuation par réutilisation du rejet de STEP (exemple)-----	8-47
Figure 8.11-1	Photos de <i>Posidonia oceanica</i> et <i>Cymodocea</i> et méthodes de surveillance -----	8-49
Figure 8.12-1	Annonce de la réunion des parties prenantes -----	8-52
Figure 9.1-1	Schéma des acquisitions courantes réalisées par la SONEDE-----	9-2
Figure 9.2-1	Procédure d'acquisition des terrains de la SONEDE-----	9-3
Figure 9.2-2	Exemple de PV de la commission de reconnaissance et conciliation (trad. en anglais) -----	9-4
Figure 9.2-3	Domaine Public Maritime -----	9-12
Figure 9.2-4	Calendrier d'implémentation de la procédure de concession du DPM -----	9-13
Figure 9.3-1	Etendue des acquisitions de terrains -----	9-14
Figure 9.3-2	Communes traversées par le Projet-----	9-15
Figure 9.3-3	Localisation des puits d'essais et situation du puit B12 -----	9-19
Figure 9.3-4	Largeur de construction-----	9-20
Figure 9.3-5	Revenu moyen des ménages autour de Sfax -----	9-23
Figure 9.6-1	Organisation de mise en oeuvre des acquisitions de terrains -----	9-26
Figure 9.6-2	Organisation de la mise en oeuvre des compensations aux activités de pêche -----	9-27
Figure 9.6-3	Organisation et mise en application de l'acquisition du terrain et des compensation par la STEG -----	9-28
Figure 9.7-1	Calendrier de mise en oeuvre des considérations sociales -----	9-29
Figure 9.8-1	Prix unitaire des terrains à l'expropriation à Sfax -----	9-30
Figure 9.10-1	Site de construction de la ligne électrique de 15 km de long -----	9-34
Figure 9.10-2	Questionnaire distribué pour expliquer la ligne électrique-----	9-35
Figure 9.10-3	Réponse du gouverneur au questionnaire -----	9-36
Figure 10.7-1	Calendrier de mise en oeuvre -----	10-14
Figure 10.9-1	Structure du projet de mise en œuvre au cours de la phase de la planification / conception -----	10-22
Figure 10.9-2	Structure du projet de mise en œuvre lors de la phase des travaux -----	10-22
Figure 10.9-3	Organisation de l'exploitation & maintenance de la station de dessalement d'eau de mer de Sfax et installations intermédiaires de pompage -----	10-24
Figure 10.10-1	Décomposition des pertes/profits d'exploitation en 2012 -----	10-27
Figure 10.12-1	Analyse de sensibilité du TRIF (niveau tarifaire) -----	10-35

Figure 10.12-2	Analyse de sensibilité du TRIF (augmentation du tarif)-----	10-35
Figure 10.12-3	Disposition à payer en cas d'amélioration de service d'approvisionnement en eau (augmentation de taux du tarif de l'eau) Distribution -----	10-46
Figure 10.12-4	Expérience des maladies liées à l'eau -----	10-48
Figure 10.12-5	Nom des maladies suspectes d'origine hydrique-----	10-48
Figure 10.14-1	Principaux fabricants sur le marché des usines de dessalement -----	10-54

## ABREVIATIONS ET ACRONYMES

AFD	Agence Française de Développement
ANPE	Agence Nationale de Protection de l'Environnement
APAL	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral
BAD	Banque africaine de développement
C/P	Homologue
CE	Commission Européenne
COD	Demande chimique en oxygène
CPI	Indice des prix à la consommation
CRDA	Commissariats Régionaux du Développement Agricole
DGGREE	Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux
DCIP	Conduite en Fonte ductile
DGRE	Direction Générale des Ressources en Eau
DT	Dinars Tunisiens
EIA	Evaluation de l'impact environnemental
EIB	Banque Européenne d'Investissement
F/S	Étude de faisabilité
FADES	Le Fonds arabe de développement économique et social
GDA	Groupements de Développement Agricole
GDP	Produit national brut
GNI	Revenu national brut
HDPE	Polyéthylène Haute Densité
ICT	Technologies de l'Information et de la Communication
IME	Industries Mécaniques et Electriques
IT/R	Rapport Intérimaire
ITH	Industries du Textile et de l'Habillement
JICA	Agence Japonaise de Coopération Internationale
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
lpcd	litre par habitant et par jour
MA	Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche
MDICI	Ministère du Développement, Investment et de la Coopération Internationale
ND	Non détecté
NT09.14	Norme Tunisiennedel'Eau de Boisson (NT09.14:1983)
NTU	Unité de Turbidité Nephelométrique
OI	Osmose Inverse
ONAS	Office National de l'Assainissement
PC	Pôle de Compétitivité
PNB	Produit national brut

RNB	Revenu national brut
SECADENORD	Société d'exploitation du canal et des adductions des eaux du nord
SONEDE	Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux
STEG	Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz
TDS	Solides Totaux Dissous
TDR	Termes de Référence
TND	Dinars Tunisiens
WHO	Organisation Mondiale de la Santé

## **RESUME**

# **CHAPITRE 1 OBJECTIFS ET CONTENU DE L'ETUDE**

## **1. 1 Objectif de l'Etude**

L'objectif de l'étude est de constituer un Projet éligible à un prêt APD Japonais à conclure avec le Gouvernement Tunisien, représenté par le Ministère des Affaires Etrangères, le Ministère du Développement, l'Investissement et de la Coopération Internationale et le Ministère des Finances en leur qualité d'Emprunteur, et la Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE) en tant qu'agence d'exécution. L'objectif de cette étude est de contribuer à la mise en œuvre de ce Projet dans le cadre d'un prêt APD Japonais en préparant l'étude de faisabilité relative à la station de dessalement d'eau de mer de Sfax, objet de ce rapport.

Par conséquent, les résultats de cette étude constitueront une référence pour l'évaluation du prêt par la JICA, et la portée des travaux prévus dans l'étude seront la base du Projet objet du prêt en yens.

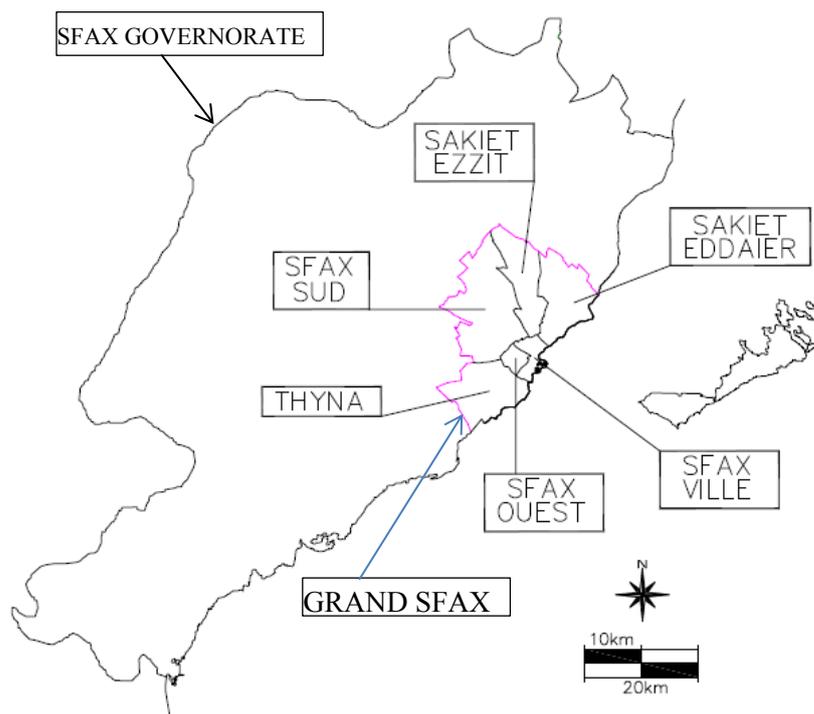
## **1.2 Portée du Projet**

Le Projet porte sur la construction d'une station de dessalement d'eau de mer (capacité de production: 200 000 m<sup>3</sup>/jour. Le prêt APD est prévu pour une capacité de 100 000 m<sup>3</sup>/j, ouvrages de prise et de rejet compris), de conduites de refoulement, d'un réservoir de distribution et des équipements de pompage associés.

## **1.3 Zone d'étude**

La zone de l'étude est le Grand Sfax et ses environs. Sfax est une ville, située à 270 km au sud de Tunis, et représente la capitale du Gouvernorat de Sfax. L'expansion de la ville est expliquée par son développement en tant que ville portuaire, et de son réseau routier multidirectionnel à partir du port. Récemment, une route périphérique a été aménagée marquée par une urbanisation galopante.

Le Grand Sfax comprend la ville de Sfax et cinq (05) délégations : Sfax Ouest, Sfax Sud, Thyna, Sakiet Ezzit et Sakiet Eddaier. Chaque délégation est constituée de secteurs pour un total de quarante trois (43) secteurs sur le Grand Sfax.



Source : Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 1-1 Carte administrative du Grand Sfax**

#### **1.4 Autorités concernées**

Les autorités concernées par l'étude sont les suivantes:

- Organisme homologue: Société Nationale d'Exploitation et de la Distribution des Eaux (SONEDE)
- Autorités associées:
  - 1) Ministère du Développement, de l'Investissement et de la Coopération Internationale (MDICI, fenêtre du Prêt APD Japonais)
  - 2) Ministère des Finances (Emprunteur chargé du remboursement du Prêt APD Japonais)
  - 3) MA, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (Autorité de tutelle de la SONEDE)
  - 4) Ministère des Affaires Etrangères (Relations internationales, Accords avec les pays étrangers)
  - 5) Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
    - Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE, Evaluation de l'Etude d'Impact sur l'Environnement)
    - Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL, approbation des aménagements côtiers)

## **1.5 Calendrier de l'Etude**

L'étude a été effectuée en deux phases comme suit:

- (1) Phase 1 (de septembre à décembre 2013): Confirmation de la nécessité et de la viabilité d'une station de dessalement d'eau de mer.

La phase 1 du Projet a commencé le 13 septembre 2013 alors que le travail sur terrain a été effectué entre le 28 septembre et le 23 novembre suite aux études préparatoires. Au terme du travail de terrain, un travail en régie a été effectué jusqu'au début du mois de janvier 2014.

- (2) Phase 2 (de janvier 2014 à août 2015): Etude de Faisabilité

L'étude de faisabilité fût réalisée entre janvier 2014 et août 2015. Le deuxième travail de terrain a été mené de la mi-janvier jusqu'à début mars 2014. Suite aux travaux effectués au Japon, les réalisations ont été compilées dans le rapport intérimaire 2. Le troisième travail sur terrain a commencé à la mi-avril 2014 et a été mené jusqu'à la mi-juin. Le Projet de rapport de l'étude préliminaire a été rédigé au Japon entre juin et septembre 2014.

Les explications et les discussions portant sur le Projet de rapport de l'étude préliminaire ont eu lieu le 29 septembre 2014. Le rapport final comprenant les révisions qui reflètent les commentaires de la partie tunisienne, a été élaboré et soumis en août 2015<sup>1</sup>.

Le présent rapport a été élaboré en se basant sur les informations collectées jusqu'en juin 2015.

## **CHAPITRE 2 REVUE ET EXPLORATION DES DONNEES EXISTANTES**

### **2.1 Conditions naturelles**

La région du Grand Sfax est située dans la zone centrale du climat semi-aride du pays. La République Tunisienne couvre une superficie de 163 610 km<sup>2</sup>, mais il s'agit d'un climat doux en raison de sa position face à la Méditerranée, en plus il présente plutôt une forte humidité.

#### **2.1.1 Météorologie**

- (1) Température

---

<sup>1</sup> Suite à l'explication du projet de rapport, il a été procédé à la révision de l'équilibre offre et demande en eau et du plan d'affectation des sources d'eau pour refléter les commentaires de la SONEDE et le plan de développement de la station a été également revu pour l'adapter au changement de la répartition du débit. L'équipe a également revu les coûts du projet et son analyse économique et financière.

La température annuelle moyenne enregistrée au cours des 21 dernières années est de 18°C. Le climat est divisé en saison froide étalée entre décembre et février, et une saison chaude en été entre juillet et septembre. Le climat est agréable aussi bien au printemps qu'en automne.

## (2) Humidité

Sous l'influence de la Méditerranée, l'humidité varie entre 50% ~ 70% le long de l'année.

## (3) Vent

Le vent souffle près de 300 jours par an dans des directions variant selon la saison. En hiver, la direction du vent de terre bascule entre Nord et Sud Ouest. En été, la direction du vent de mer varie entre Est et Sud-Est.

## (4) Précipitations

En l'espace de vingt ans (1991-2010), la pluviométrie moyenne dans la région du Grand Sfax a atteint 228,5 mm (contre 464,5 mm à Tunis). La pluviométrie enregistre une moyenne mensuelle de 25 mm entre septembre et avril. La pluie s'arrête à partir de début mai puis la saison ne connaît pratiquement pas de précipitations entre juin et août.

### 2.1.2 Topographie et Géographie

La zone du Grand Sfax est comme un éventail qui se répand à partir du port; elle est située sur un terrain régulier légèrement ondulé en pente vers la mer.

### 2.1.3 Conditions marines

#### (1) Niveau de la marée

Les données relatives à la marée dans le port de Sfax sont comme suit:

**Tableau 2.1-3 Données sur la marée**

	Marée moyenne	Marée maximale	Marée minimale
Niveau au-dessus de la mer (m)	+1,16	+2,15	+0,00

Source : RAPPORT DU CENTRE HYDROGRAPHIQUE ET OCEANOGRAPHIQUE DE LA MARINE NATIONALE DE LA TUNISIE

#### (2) Courant de marée

Le courant de la mer en Méditerranée est généralement très faible, se dirigeant vers l'Est de la Méditerranée à partir de ses régions à l'ouest, dans une zone aride de forte température et un niveau élevé

d'évaporation. Dans la zone maritime de Sfax, les courants actuels se déplacent lentement le long de la côte de Sousse vers Gabès.

### (3) Etude bathymétrique

La côte du Grand Sfax est marquée par une pente légère. Un fond marin de 5m ou moins s'étend de la Chebba au nord de Sfax jusqu'au niveau de l'île Kerkennah. Le fond marin sur un rayon de 5 km autour du golfe de Gabès au sud de Sfax ne dépasse pas les 10 m. Ainsi, il a été nécessaire de draguer un canal de 60 m de large sur 4,5 km de long avec une profondeur de 11 m à partir de l'entrée du port vers le large pour permettre aux grands bateaux d'entrer dans le port de Sfax.

## **2.2 Etude des conditions sociales**

La Banque Mondiale classe la Tunisie dans la tranche supérieure des pays au revenu intermédiaire. En 2013 le PIB de la Tunisie a atteint 46,99 Milliards de dollars avec une croissance de 2,5 %. Le revenu national brut par habitant était de l'ordre de 4 317 \$ mais avec une croissance plus lente. Le taux de chômage global au cours du deuxième trimestre de 2013 était 13,3% alors que le chômage des jeunes était particulièrement élevé. Le taux de chômage connaît des taux relativement élevés depuis un certain temps.

## **2.3 Population**

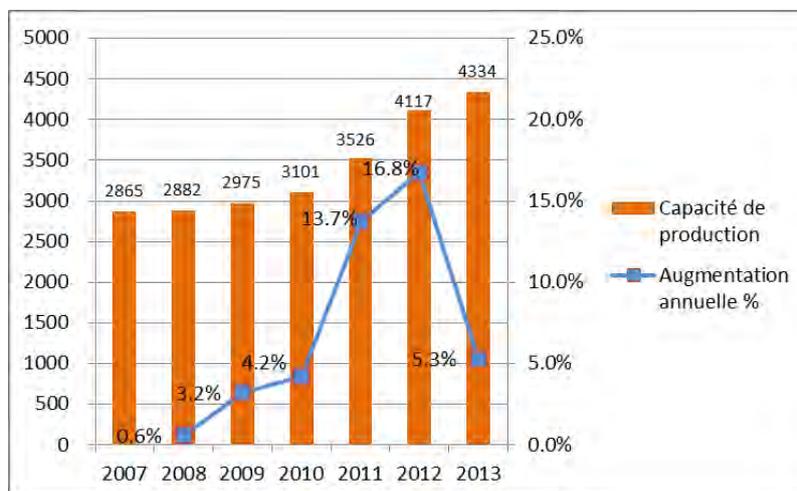
La population tunisienne comptait 10,89 millions de personnes en 2013. 66% de la population habite dans des zones urbaines alors que 34% habite dans les zones rurales. La population active représente 43% de la population alors que la population jeune et active est relativement importante puisqu'elle représente 33% de la population active.

Le Grand Sfax, un terme commun utilisé pour désigner la région du Grand Sfax avec ses 11 routes de contournement, la ville de Sfax Nord et la ville de Sfax Sud, représente la deuxième plus grande ville de Tunisie, une ville commerciale avec une population de près de 620 mille personnes sur une population totale du gouvernorat de 970 mille personnes selon les chiffres de juillet 2013. Un grand nombre d'étudiants habite la Ville de Sfax, dont le nombre avoisine les 50 000 étudiants. La plupart de ces étudiants viennent d'autres régions, et leur nombre diminue d'une façon considérable au cours des vacances d'été. D'autres part, beaucoup de touristes passent leurs vacances en Tunisie mais restent plutôt dans d'autres lieux tels Jerba et Sousse, et ne restent guère à Sfax.

Entre 2003 et 2013, le taux d'accroissement moyen sur les dix dernières années de 1,02% par an. Ce taux est de 0,21% dans le Gouvernorat de Tunis alors qu'il est de 1,37% dans le Gouvernorat de Sfax.

## 2.4 Etat de l'alimentation électrique

STEG est le principal fournisseur d'électricité en Tunisie. Son statut en tant que producteur et fournisseur d'électricité est montré dans les figures 2-1 et 2-2.



Source: Annuaire Statistique de la Tunisie 2007-11, <https://www.steg.com.tn/en/institutionnel/produire.html> (2012-13)

**Figure 2-1 Capacité de production d'électricité de la STEG**



Source: Annuaire Statistique de la Tunisie 2007-2011, <https://www.steg.com.tn/en/institutionnel/produire.html> (2012-13)

**Figure 2-2 Ventes d'électricité par la STEG**

La production électrique de la STEG est en développement depuis 2008 à un rythme relativement soutenu. La production a été de 3 526 MW en 2011 avec une augmentation annuelle moyenne de 13,7%, 4 117 MW en 2012 avec une augmentation de 16,8% et 4 334 MW en 2013 avec une augmentation de 5,3%. La vente d'énergie électrique a, quant à elle connu, une augmentation constante avec une légère baisse en 2011 de 0,3% par rapport à l'année précédente totalisant 12 976 GWh. Ceci peut être expliqué par la stagnation des activités industrielles engendrée par la Révolution du Jasmin. Elle est passée à 14 111 GWh en 2012 puis à 14 380 GWh en 2013.

Les ventes d'énergie électrique en 2007 représentaient 44,6% ( $= (11\,199 \times 10^9) / (2\,865 \times 10^6 \times 24 \times 365)$ ) de la capacité totale de génération. Elles ont diminué à 37,9% ( $= (14\,380 \times 10^9) / (4\,334 \times 10^6 \times 24 \times 365)$ ). Cet état reflète l'amélioration de l'équilibre entre l'offre et la demande en énergie. STEG n'a cessé de faire des efforts pour améliorer cette situation.

## CHAPITRE 3 PRESENT STATUT DE SERVICE D'ALIMENTATION EN EAU EN TUNISIE

### 3.1 Organismes concernés et cadre légal du secteur de l'eau

#### 3.1.1 Présentation des organismes concernés

Le MA développe le cadre de politique général du secteur de l'eau en Tunisie sur la base du Code de l'Eau adopté en 1975. Le MA est l'autorité de tutelle de la SONEDE; alors que le premier élabore la politique et les plans relatifs à l'eau à l'échelle nationale, mais également prend en charge la construction, l'exploitation et l'entretien des grands ouvrages hydrauliques, la SONEDE distribue l'eau potable et l'eau industrielle aux communautés urbaines ainsi qu'aux grandes communautés rurales, selon la politique et les plans élaborés par le MA et utilisant quand nécessaire les structures hydrauliques gérées par le Ministère.

#### 3.1.2 Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE)

La SONEDE a été créée en 1968 en tant qu'organisme public bénéficiant de l'autonomie financière sous la tutelle du MA. La SONEDE est chargée de la distribution de l'eau potable sur l'ensemble du territoire national, de l'exécution d'études et de recherches sur les points de prise d'eau, le transfert, le traitement, le refoulement et la distribution des eaux, ainsi que de l'utilisation, le renouvellement, l'exploitation et l'entretien des ouvrages hydrauliques construits. Une présentation de cet organisme et des activités effectués en 2013 figure dans le tableau 3-1.

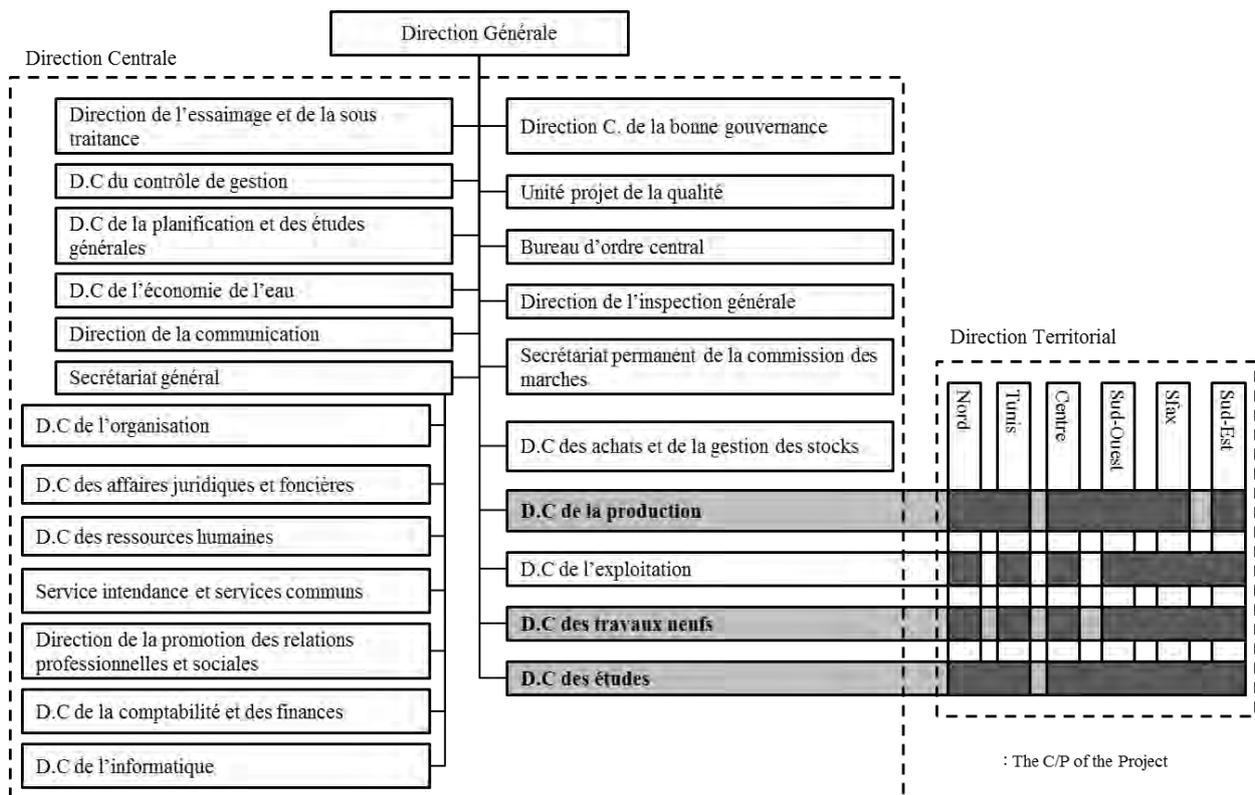
**Tableau 3-1 Organisation et Activités de la SONEDE (2013)**

Désignation	Description	Remarques
Nombre de branchements	2 550 318 branchements	Nombre de personnel pour 1000 connections: 6 818 employés / 2 550 318 connections /1000=2,67
Population servie	9,11 millions	
Volume annuel de production d'eau	609,4 millions m <sup>3</sup>	Détails de la production: - Eaux de surface: 347,2 millions m <sup>3</sup> - Eaux souterraines: 234,4 millions m <sup>3</sup> - Eaux dessalées: 19,7 millions m <sup>3</sup> - Eaux déferrisées: 6,2 millions m <sup>3</sup>
Volume annuel de distribution d'eau	555,5 million m <sup>3</sup>	
Volume annuel des revenus en eau	449,9 millions m <sup>3</sup>	

Désignation	Description	Remarques
Longueur du réseau des conduites	49 500 km	Détail du linéaire des conduites: - Conduites de prise et de refoulement: 9 4004km - Conduites d'adduction et de distribution d'eau: 40 100km
Personnel	Total 6 818 Employés réguliers 6 039 Employés temporaires 779	Répartition des employés à plein temps: - Techniques: 4 505 - Administratifs: 1 534

Source : SONEDE et Equipe d'Etude de la JICA

L'organigramme de la SONEDE est présenté dans la figure 3-1.



Source: SONEDE et Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 3-1 Organigramme de la SONEDE (octobre 2014)**

### 3.2 Equilibre d'eau en Tunisie

Comme le montrent les tableaux 3-2 et 3-4, les ressources en eau en Tunisie dont le TDS ne dépasse pas 3000 mg/L sont les eaux de surface et quelques nappes phréatiques quasiment épuisées, et il ne reste plus que des ressources avec un TDS dépassant les 3000 mg/L. Ainsi les ressources disponibles ne sont pas très utiles à cause de leur taux de salinité. En fait, selon la norme de l'eau en agriculture, le TDS toléré est de 2000 mg/L, sauf que la plupart des ressources encore disponibles ne sont pas conformes à cette norme. La culture des olives pourrait tolérer un TDS d'environ 3000 mg/L, mais avec le temps, la salinité va s'accroître sous terre et même cette valeur sera dépassée.

**Tableau 3-2 Ressources en eau et ressources disponibles à l'usage en Tunisie (2013)**Unité: millions m<sup>3</sup>/an

	Ressources en eau	Eau disponible à l'usage*			
		TDS <1500 mg/L	1500<TDS <3000 mg/L	3000 mg/L <TDS	Total
Eaux de surface	2 700	1 200	400	100	1 700
Eaux souterraines	2 100	300	800	500	1 600
Total	4 800	1 500	1 200	600	3 300

Observations\* : Le MA prévoit de prendre des mesures pour augmenter les quantités d'eau disponibles à l'usage.

Source: Documents du MA

**Tableau 3-3 Demande et Ressources en Eau en Tunisie (2013)**Unité: millions m<sup>3</sup>/an

Usage	Demande	Eaux de surface			Eaux souterraines		
		TDS < 1500 mg/L	1500<TDS <3000 mg/L	3000 mg/L <TDS	TDS < 1500 mg/L	1500<TDS <3000 mg/L	3000 mg/L <TDS
Irrigation	2 160	970	370	0	250	570	0
Eau potable	380	160	0	0	40	110	70
Industries	130	60	20	0	10	40	0
Tourisme	30	10	10	0	0	10	0
Total	2 700	1 200	400	0	300	730	70
Taux utilisé		100%	100%	0%	100%	91%	14%

Source: Documents du MA, Documents de la SONEDE

**Tableau 3-4 Equilibre d'eau entre demande et ressources en Tunisie (2013)**Unité: Millions m<sup>3</sup>/an

Usage	Demande			Eaux disponibles à l'usage			Taux d'utilisation		
	Eaux de surface	Eaux souterraines	Total	Eaux de surface	Eaux souterraines	Total	Eaux de surface	Eaux souterraines	Total
Irrigation	1 340	820	2 160	/	/	/	/	/	/
Eau potable	160	220	380						
Industries	80	50	130						
Tourisme	20	10	30						
Total	1 600	1 100	2 700	1 700	1 600	3 300	94%	69%	82%

Source: Documents du MA, Documents de la SONEDE

### 3.3 Plan futur du Secteur de l'Eau

Le Gouvernement tunisien a élaboré son 12ème plan quinquennal (2010-2014) avant la Révolution de 2011. Ce plan comprend un débit de service d'eau de 100% en zone urbaine et, d'une installation d'usines de dessalement d'eau de mer pour l'amélioration de la qualité de l'eau potable. Ce plan national a été annulé suite à la révolution. Cependant, la SONEDE fonctionne selon le plan national.

Ce Projet consiste à installer une usine de dessalement d'eau de mer afin de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau avec le maintien du taux de service à 100% en milieu urbain. Par conséquent, ce Projet répond à la politique du secteur de l'eau en Tunisie. Le Gouvernement Tunisien œuvre actuellement à mettre en œuvre son nouveau plan de développement économique pour la période 2016 à 2020 avec une croissance annuelle de 7% du PIB.

## CHAPITRE 4 PLAN D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DU GRAND SFAX

### 4.1 Etat actuel et plans futurs du secteur de l'eau pour usage domestique

#### 4.1.1 Etat actuel du secteur de l'eau pour usage domestique

Dans le Gouvernorat de Sfax, la SONEDE est responsable de la distribution de l'eau en milieu urbain et dans les grandes zones rurales alors que la DGGREE (La Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux) du MA veille à la distribution de l'eau dans les zones rurales de petite et moyenne tailles. La population totale et la population desservie dans le Gouvernorat de Sfax entre 2006 et 2012 est présentée dans le tableau 4-1.

**Tableau 4-1 Population et population desservie dans le Gouvernorat de Sfax**

Unité: 1,000 personnes/an

Désignation \ Année		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Population		887,9	900,0	911,3	923,8	936,7	938,7	963,1
Urbaine	Population	570,0	578,9	586,5	595,6	605,0	613,8	624,2
	Population desservie par la SONEDE	570,0	578,9	586,5	595,6	605,0	613,8	624,2
	Taux de couverture	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rurale	Population	317,9	321,1	324,8	328,2	331,7	334,9	338,9
	Population desservie par la SONEDE	179,2	183,8	188,6	192,3	194,4	197,6	199,9
	Population desservie par la DGGR	131,6	134,4	134,6	118,0	119,4	119,1	120,6
	Taux de couverture	97,8%	99,1%	99,5%	94,5%	94,6%	94,6%	94,6%
Taux de couverture dans le Gouvernorat de Sfax		99,2%	99,7%	99,8%	98,1%	98,1%	98,1%	98,1%

Source: Rapport annuel de la SONEDE

L'offre annuelle en eau (consommation) dans le Gouvernorat de Sfax servie par la SONEDE est décrite dans le tableau 4-2.

**Tableau 4-2 Offre annuelle en eau au Gouvernorat de Sfax (Consommation)**

Unité: 1,000m<sup>3</sup>/an

Désignation \ Année		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Eau à usage domestique	Branchement	23 037	24 064	26 164	26 388	28 093	29 138	31 440
	Borne fontaine	1 364	1 560	2 116	1 965	3 072	2.396	2 862
	Total	24 401	25 624	28 280	28 353	31 165	31 534	34 302
Administration & Commercial		3 186	3 278	3 257	3 307	3 428	3.464	3 648
Industriel		2,784	2 817	2 921	2 786	2 963	2 826	3 441
Tourisme		191	199	209	205	189	173	182
Autres		229	246	188	136	138	177	97
Total		30 791	32 164	34 855	34 787	37 883	38 174	41 670

Source: Rapport annuel de la SONEDE

Les taux des différents usagers de la SONEDE en 2012 étaient comme suit : Foyers : 82,3%; bâtiments administratifs et commerciaux : 8,8%; industries : 8,3%; tourisme : 0,4%; autres : 0,2%. Pour ce qui est des industries, ces chiffres ne concernent que les branchements contrôlés par la SONEDE et n'incluent pas les puits privés dont disposent plusieurs industries pour avoir de l'eau. Avec l'accroissement de la population et l'augmentation des activités industrielles, la demande en eau ne cesse d'augmenter. Face à cette pression, la SONEDE devra assumer ses responsabilités pour sécuriser l'approvisionnement en eau à l'ensemble de ses clients.

#### 4.1.2 Ressources en eau disponibles à la consommation dans la région de Sfax

##### (1) Aperçu des ressources en eau

Les ressources en eau utilisées dans le Gouvernorat de Sfax proviennent du système d'adduction des eaux du nord, du réseau des eaux souterraines de Jelma-Sbeitla situés dans le Gouvernorat de Sidi Bouzid, et des nappes phréatiques de Sfax. La Figure 4.1-2 schématise les ressources en eau alimentant le Gouvernorat de Sfax. Le volume total des eaux approvisionnées lors de la période de pointe en 2013 s'est élevé à 201.000 m<sup>3</sup>/jour, et les taux respectifs des sources d'eau étaient les suivants : 42%, 37% et 21%.

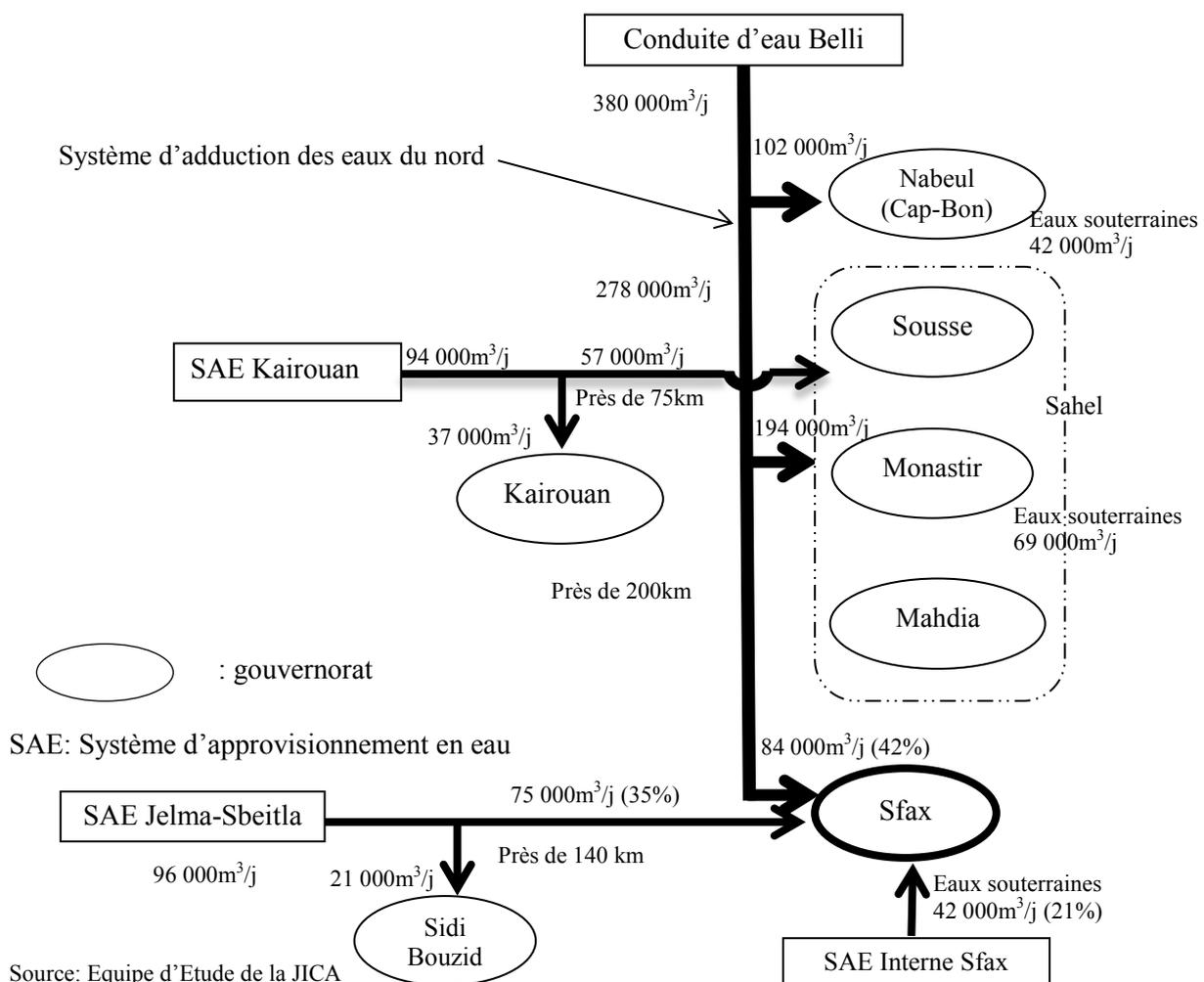


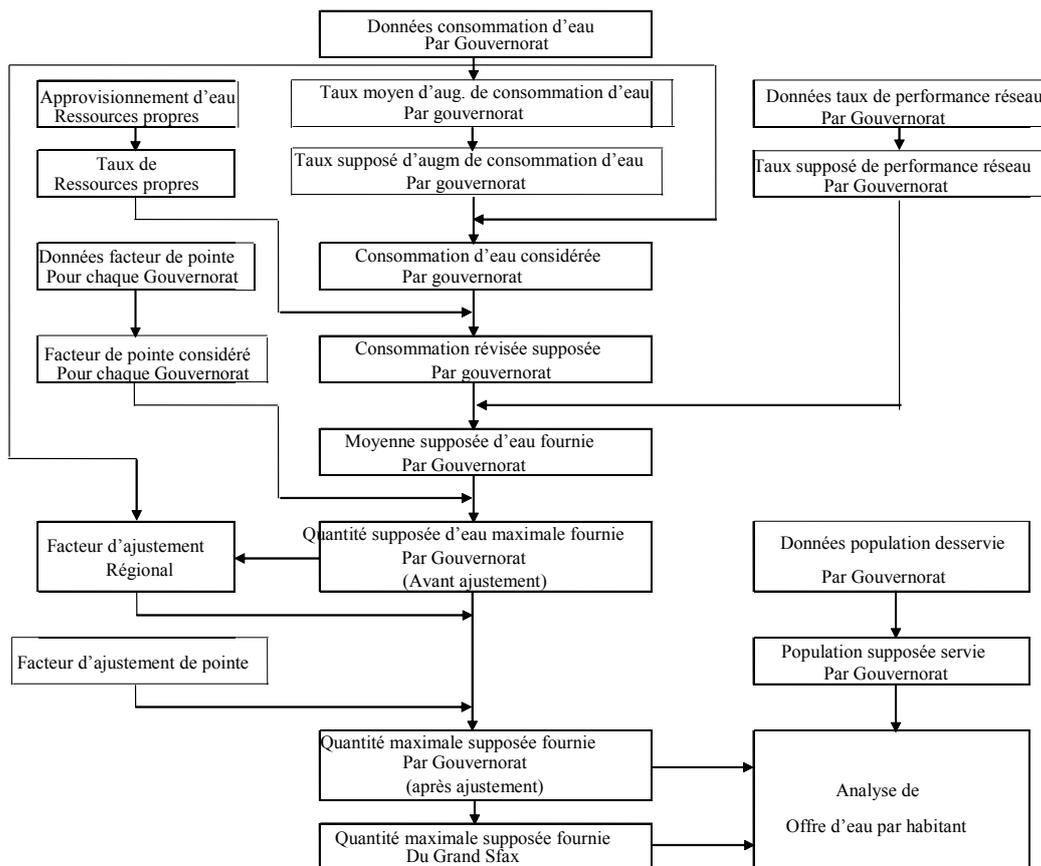
Figure 4 -1 Diagramme schématisé des ressources en eaux dans le gouvernorat de Sfax

## 4.2 Demande et offre dans le système de transfert des eaux du Nord

### 4.2.1 Demande en eau dans le système de transfert des eaux du Nord

La SONEDE a élaboré en 2005 une «Étude de faisabilité sur le système d'approvisionnement en eau dans la région du Centre-Sud" à l'horizon de 2030. L'Étude stratégique a été conduite en réponse à la pénurie d'eau enregistrée en 2013. Cette étude stratégique n'a pas été préparée en accumulant des données de base ou des données relatives à quelques années parce que l'étude de faisabilité avait déjà été élaborée. En plus, le plan établi devait être mis en œuvre de toute urgence. La demande future en eau a été estimée à travers l'analyse statistique des données d'approvisionnement en eau dans sept gouvernorats couvrant le Cap-Bon (Gouvernorat de Nabeul), le Sahel (Sousse, Monastir et Mahdia), Kairouan, Sfax et Sidi Bouzid. L'estimation a été basée sur les hypothèses suivantes:

Dans cette étude, la demande en eau a été revue sur la base de la méthode appliquée dans l'Étude Stratégique tout en la révisant sur la base des paramètres d'ajustement suivants. Ensuite, la pertinence des résultats a été examinée en prenant en compte la consommation calculée par habitant. Le diagramme du flux de prévisions mentionnées ci-haut est montré par la Figure 4-2.



Source : Equipe d'Étude de la JICA

**Figure 4-2 Diagramme du flux de prévision de la demande en eau de l'Étude**

La demande maximale en eau par gouvernorat est montrée dans le tableau 4-3.

**Tableau 4-3 Demande maximale en eau par Gouvernorat**

Unité: m<sup>3</sup>/jour

Year	Nabeul	Sousse	Monastir	Mahdia	Sfax	Kairouan	Sidi Bouzid	Total
2011	134 247	124 110	102 740	71 233	173 425	35 068	19 452	660 274
2012	138 904	127 945	106 027	74 795	179 178	35 616	20 000	682 466
2013	144 384	131 507	109 863	78 630	185 479	36 986	21 096	707 945
2014	149 589	135 616	113 151	82 466	191 507	38 082	21 644	732 055
2015	154 795	139 726	116 438	86 575	198 356	39 178	22 740	757 808
2016	160 274	144 110	120 274	90 685	205 479	39 726	23 562	784 110
2017	166 301	148 493	123 562	95 342	211 781	40 548	24 658	810 685
2018	171 781	153 151	127 397	100 000	219 452	41 370	25 479	838 630
2019	178 082	156 986	131 233	104 932	226 575	41 918	26 301	866 027
2020	184 384	161 918	135 616	110 137	234 521	42 740	27 397	896 712
2021	190 959	166 849	140 000	115 616	242 466	44 110	27 945	927 945
2022	197 808	172 055	144 384	121 644	251 233	45 205	29 589	961 918
2023	205 205	177 260	148 767	127 397	259 452	46 301	30 137	994 521
2024	212 603	182 740	153 425	134 247	268 219	47 945	31 781	1 030 959
2025	219 726	187 945	158 082	141 096	277 260	48 767	32 877	1 065 753
2026	227 671	193 425	163 562	147 671	287 123	49 863	33 425	1 102 740
2027	236 164	199 452	167 945	155 068	296 986	50 959	35 342	1 141 918
2028	244 658	205 753	173 699	163 288	307 123	52 055	36 986	1 183 562
2029	253 425	211 507	179 178	171 507	317 808	53 151	38 082	1 224 658
2030	262 740	217 808	184 658	180 274	328 493	54 247	39 178	1 267 397
2031	272 329	224 384	190 137	189 315	340 822	56 438	41 370	1 314 795
2032	281 918	231 233	196 164	198 904	353 699	57 534	42 466	1 361 918
2033	292 603	238 082	201 918	209 315	366 301	59 726	44 658	1 412 603
2034	303 014	244 932	208 493	219 726	379 726	60 822	46 301	1 463 014
2035	313 699	252 055	214 521	230 685	393 425	63 014	48 219	1 515 616

#### 4.2.2 Plan d'Approvisionnement en eau dans le système de transfert des eaux du Nord

Dans l'étude stratégique, le scénario de la quantité d'approvisionnement en eau pour satisfaire la demande jusqu'en 2030 a été étudiée. Dans le cadre de cette Etude, l'Equipe de la JICA a confirmé les sites d'implantation de ces stations. Au terme des discussions, la SONEDE a indiqué que le projet de construction des réservoirs des stations de traitement de Saida et de Kalaa Kebira connaîtra une année de retard tel que le montre le tableau 4-4. Par ailleurs, la SONEDE aimerait réaliser le projet de la station de dessalement de l'eau de mer de Sfax dans les plus brefs délais.

**Tableau 4-4 Station de traitement d'eau et station de dessalement d'eau formulées dans l'Etude Stratégique**

Nom	Année	Capacité de production	Approvisionnement au Grand Sfax
Réservoir/station de traitement d'eau de Saida et Kalaa Kebira	2020	1 500 L/s (129 600 m <sup>3</sup> /j)	-*
	2024	3 000 L/s (259 200 m <sup>3</sup> /j)	-*
	2029	4 000 L/s (345 600 m <sup>3</sup> /j)	-*
Station de dessalement d'eau de mer	2020	1 157 L/s (100 000 m <sup>3</sup> /j)	1 157 L/s (100 000 m <sup>3</sup> /j)
	2026	2 325 L/s (200 000 m <sup>3</sup> /j)	2 325 L/s (200 000 m <sup>3</sup> /j)

\*: Dans le système du transfert des eaux du nord, l'eau fournie est mélangée avec les autres sources d'eau.

Source: SONEDE, 2014

Le calendrier présenté dans cette étude par la SONEDE est appliqué en tenant compte de la réalisation des réservoirs et des stations de traitement de Saida et de Kalaa Kebira. Cependant, la station de dessalement de l'eau de mer de Sfax est programmée en tenant compte de la période nécessaire par les procédures requises dans le cadre des prêts APD de la JICA. Après examen de ce calendrier, discuté en détail dans le chapitre 10, la réception du Projet est prévue en 2022. La période de la Phase 1 correspond à la période quand la capacité des ouvrages construits produisent 100 000 m<sup>3</sup>/jour, et qui représente la moitié de la capacité finale. Ensuite, la Phase 2 du Projet sera entamée.

Bien que les nouvelles ressources d'eau mentionnées ci-haut seront aménagées, les zones en amont du système d'adduction des eaux du nord connaîtront des difficultés à partir de 2031 du fait de l'augmentation de la demande. Pour cette raison, des sources complémentaires d'eau d'une capacité de 250 000 m<sup>3</sup>/jour seront nécessaires. Cette nouvelle source d'eau doit être aménagée à proximité des zones à forte demande à l'instar du Gouvernorat de Sousse afin d'éviter des transferts de grands volumes d'eau.

#### 4.2.3 Examen de la demande et Plan d'approvisionnement dans l'étude stratégique

La demande et l'approvisionnement en eau ont été passés en revue suivant les conditions prévues dans les points 4.2.1 et 4.2.2. Les résultats sont présentés dans les tableaux 4-5 à 4-7 et la figure 4-3. En outre, la table de calcul pour l'analyse de l'offre et de la demande dans sept Gouvernorats est présentée dans le tableau 4-8.

**Tableau 4-5 Demande en eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des eaux du Nord**

	2015	2020	2025	2030	2035
Population	4 469 600	4 731 500	4 993 700	5 255 700	5 517 800
Population desservie	3 732 100	4 014 100	4 296 200	4 578 100	4 860 200
Consommation par hbt (L/personne/jour)	103	114	127	143	161
Taux non domestique (%)	22	22	22	22	22
Moyenne Eau perdue (%)	23,7	23,0	22,4	21,8	22,0
Moyenne journalière de la demande (m <sup>3</sup> /jour)	581 400	687 700	816 700	971 000	1 161 100
Facteur de pointe (Max Jour/Moy Jour)	1,303	1,291	1,305	1,305	1,305
Demande maximale journalière (m <sup>3</sup> /j)	757 800	887 500	1 065 700	1 267 400	1 515 600

\*: Facteur de pointe Moyen (Max. Jour / Moy Jour) des 7 gouvernorats x coefficient d'Ajustement (0,944)

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4-6 Bilan d'eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des Eaux du Nord (Installations existantes uniquement)**

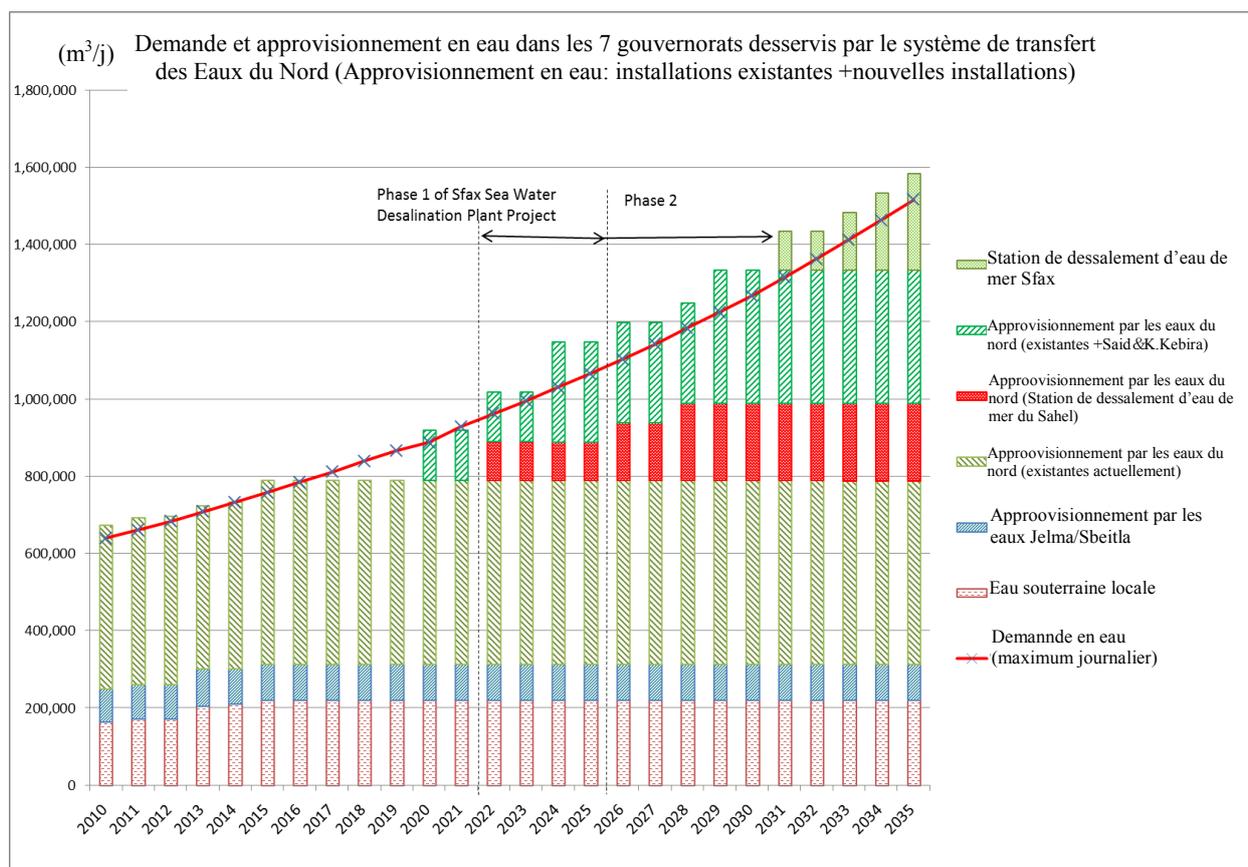
(m <sup>3</sup> /jour)		2015	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Eaux du Nord	467 800	477 600	477 500	477 200	476 800	476 300
	Eaux de Jelma-Sbeitla	91 600	91 600	91 600	91 600	91 600	91 600
	Aquifères locales	221 400	221 400	221 400	221 400	221 400	221 400
	Total	789 800	790 600	790 400	790 100	789 700	789 300
Demande maximale journalière		757 800	887 500	961 800	1 065 700	1 267 400	1 515 600
Bilan		31 900	▲97 000	▲171 400	▲275 600	▲477 700	▲726 400

Source: Equipe d'Etude de la JICA (Note: les arrondis font que le bilan n'est pas la différence exacte volume-demande)

**Tableau 4-7 Bilan d'eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des Eaux du Nord (Installations existantes +nouvelles installations)**

(m <sup>3</sup> /jour)		2015	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Station de dessalement du Sahel	0	0	0	0	250 000	250 000
	Station de traitement de Saida/Kalaa Kebira	0	129 600	259 200	345 600	345 600	345 600
	Station de dessalement de Sfax	0	100 000	100 000	200 000	200 000	200 000
	Eaux du Nord	477 600	477 500	477 200	476 800	476 300	476 300
	Eaux de Jelma-Sbeitla	91 600	91 600	91 600	91 600	91 600	91 600
	Aquifères locales	221 400	221 400	221 400	221 400	221 400	221 400
	Total	789 700	920 200	1 020 000	1 149 300	1 335 300	1 584 900
Demande maximale journalière		757 800	887 500	961 800	1 065 700	1 267 400	1 515 600
Bilan		31 900	32 600	58 200	83 600	67 900	69 200

Source: Equipe d'Etude de la JICA



Source : Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 4-3 Demande et approvisionnement en eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des Eaux du Nord (Approvisionnement en eau: installations existantes +nouvelles installations)**

**Tableau 4-8 Demande et approvisionnement en eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des Eaux du Nord**

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
<b>Nabeul</b>																											
Belli Treatment Plant	4,268	4,398	4,398	4,398	4,398	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798
Local Resources +Tunis Unit	634	611	646	489	596	720	737	735	733	731	730	729	728	727	726	725	724	723	722	721	720	719	718	717	716	715	
Total resources in Nabeul	4,902	5,009	5,044	4,887	4,994	5,518	5,535	5,533	5,531	5,529	5,528	5,527	5,526	5,525	5,524	5,523	5,522	5,521	5,520	5,519	5,518	5,517	5,516	5,515	5,514	5,513	
Qpj	1,503	1,554	1,608	1,671	1,731	1,792	1,855	1,925	1,988	2,061	2,027	2,210	2,289	2,375	2,461	2,543	2,635	2,733	2,832	2,933	3,041	3,152	3,263	3,387	3,507	3,631	
Balance of Nabeul	3,399	3,455	3,436	3,216	3,263	3,726	3,680	3,608	3,543	3,468	3,501	3,317	3,237	3,150	3,063	2,980	2,887	2,788	2,688	2,586	2,477	2,365	2,253	2,128	2,007	1,882	
<b>Kairouan</b>																											
Local resources in Kairouan	1,085	1,085	1,085	1,091	1,091	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	
Qpj	396	406	412	428	441	453	460	469	479	485	495	511	523	536	555	564	577	590	602	615	628	653	666	691	704	729	
Balance of Kairouan	689	679	673	663	650	666	659	650	640	634	624	608	596	583	564	555	542	529	517	504	491	466	453	428	415	390	
<b>Sahel (Sousse+Monastir+Mahdia)</b>																											
Local Resources of Sahel	528	614	614	794	866	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	
Saida/K.Kebira Reservoirs+WTP (1500L/s + 1500L/s + 1000L/s)											1,500	1,500	1,500	1,500	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	
Sahel Desalination Plant (100,000 m3/d+50,000m3/d+50,000m3/d)																						1,157	1,157	1,736	2,315	2,894	
Arrival from Kairouan	689	679	673	663	650	666	659	650	640	634	624	608	596	583	564	555	542	529	517	504	491	466	453	428	415	390	
Arrival from Northern Water	3,399	3,455	3,436	3,216	3,263	3,726	3,680	3,608	3,543	3,468	3,501	3,317	3,237	3,150	3,063	2,980	2,887	2,788	2,688	2,586	2,477	2,365	2,253	2,128	2,007	1,882	
Total resources	4,616	4,748	4,723	4,673	4,779	5,344	5,291	5,210	5,135	5,054	5,577	6,377	6,285	6,185	7,579	7,487	7,381	7,269	7,157	8,042	7,920	8,940	8,815	9,244	9,689	10,118	
Qpj in Sousse	1,398	1,436	1,481	1,522	1,570	1,617	1,668	1,719	1,773	1,817	1,874	1,931	1,991	2,052	2,115	2,175	2,239	2,308	2,381	2,448	2,521	2,597	2,676	2,756	2,835	2,917	
Qpj in Monastir	1,161	1,189	1,227	1,272	1,310	1,348	1,392	1,430	1,475	1,519	1,570	1,620	1,671	1,722	1,776	1,830	1,893	1,944	2,010	2,074	2,137	2,201	2,270	2,337	2,413	2,483	
Qpj in Mahdia	786	824	866	910	954	1,002	1,050	1,104	1,157	1,214	1,275	1,338	1,408	1,475	1,554	1,633	1,709	1,795	1,890	1,985	2,087	2,191	2,302	2,423	2,543	2,670	
Total Qpj in Sahel	3,345	3,449	3,574	3,704	3,834	3,967	4,110	4,253	4,405	4,550	4,719	4,889	5,070	5,249	5,445	5,638	5,841	6,047	6,281	6,507	6,745	6,989	7,248	7,516	7,791	8,070	
Balance of Sahel	1,271	1,299	1,149	969	945	1,377	1,181	957	730	504	1,858	1,488	1,215	936	2,134	1,849	1,540	1,222	876	1,535	1,175	1,951	1,567	1,728	1,898	2,048	
<b>Sidi Bouzid</b>																											
Local resources in Sidi Bouzid	977	1,019	1,019	1,115	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	
Qpj	219	225	231	244	251	263	273	285	295	304	317	323	342	349	368	381	387	409	428	441	453	479	492	517	536	558	
Balance of Sidi Bouzid	758	794	788	871	809	797	787	775	765	756	743	737	718	711	692	679	673	651	632	619	607	581	568	543	524	502	
<b>Sfax</b>																											
Local Resources of Sfax	301	301	301	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	
Sfax Desalination Plant Ph1/2 (100,000+100,000 m3/d)													1,157	1,157	1,157	1,157	1,736	1,736	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	
Arrival from Northern Water	1,271	1,299	1,149	969	945	1,377	1,181	957	730	504	1,858	1,488	1,215	936	2,134	1,849	1,540	1,222	876	1,535	1,175	1,951	1,567	1,728	1,898	2,048	
Arrival from Sbeitla-Jelma	758	794	788	871	809	797	787	775	765	756	743	737	718	711	692	679	673	651	632	619	607	581	568	543	524	502	
Total resources in Sfax	2,330	2,394	2,238	2,331	2,245	2,665	2,459	2,223	1,986	1,751	3,092	2,716	3,581	3,295	4,474	4,176	4,440	4,100	4,314	4,960	4,588	5,338	4,941	5,077	5,228	5,355	
Qpj	1,937	2,007	2,074	2,147	2,217	2,296	2,378	2,451	2,540	2,622	2,714	2,806	2,908	3,003	3,104	3,209	3,323	3,437	3,555	3,678	3,802	3,945	4,094	4,240	4,395	4,554	
Balance of Sfax	393	387	164	184	28	369	81	-228	-554	-871	378	-90	673	292	1,370	967	1,117	663	759	1,282	786	1,393	847	837	833	801	
<b>Total</b>																											
Existing Resources	7,793	8,028	8,063	8,378	8,502	9,140	9,157	9,155	9,153	9,151	9,150	9,149	9,148	9,147	9,146	9,145	9,144	9,143	9,142	9,141	9,140	9,139	9,138	9,137	9,136	9,135	
Saida/K.Kebira Reservoirs+WTP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,500	1,500	1,500	1,500	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	
Desalination (Sfax+Sahel)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,157	1,157	1,157	1,157	1,736	1,736	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315	2,315		
Total Resources	7,793	8,028	8,063	8,378	8,502	9,140	9,157	9,155	9,153	9,151	10,650	10,649	11,805	11,804	13,303	13,302	13,880	13,879	14,457	15,456	15,455	16,611	16,610	17,188	17,766	18,343	
Total Qpj	7,400	7,641	7,899	8,194	8,474	8,771	9,076	9,383	9,707	10,022	10,272	10,739	11,132	11,512	11,933	12,335	12,763	13,216	13,698	14,174	14,669	15,218	15,763	16,351	16,933	17,542	
Global Balance	393	387	164	184	28	369	81	-228	-554	-871	378	-90	673	292	1,370	967	1,117	663	759	1,282	786	1,393	847	837	833	801	

Qpj: Demande maximale journalière en eau  
 Source: Equipe d'Etude de la JICA

### 4.3 Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax

La plus grande quantité d'eau est acheminée à Sfax par le système de transfert des Eaux du Nord et le système d'approvisionnement en eau souterraine Jelma-Sbeitla. Toutefois, il est prévu une augmentation de la consommation dans ces deux régions et dans les zones entre les deux régions et Sfax. Par conséquent, la quantité d'alimentation dont bénéficie Sfax devrait connaître une diminution. En outre, il est prévu que l'eau transmise par le système de transfert des Eaux du Nord, ne puisse atteindre Sfax en l'été, période de consommation de pointe en raison de l'augmentation de la consommation en amont.

La demande et l'offre en eau ont été revus selon les conditions stipulées. Dans ce calcul le facteur d'ajustement ayant été appliqué pour les projections de demande en eau pour les 7 gouvernorats n'est pas appliqué au gouvernorat de Sfax. Les résultats sont présentés dans les tableaux 4-9 à 4-11, et dans la figure 4-4.

**Tableau 4-9 Demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax**

	2015	2020	2025	2030	2035
Population	999 500	1 062 000	1 124 600	1 187 100	1 249 600
Population servie	862 600	925 600	988 600	1 051 600	1 114 700
Consommation par hbt (L/personne/jour)	126	140	156	176	199
Taux non domestique (%)	18	18	18	18	18
Moyenne eau perdue (%)	23	22	21	20	20
Moyenne journalière de la demande (m <sup>3</sup> /jour)	158 100	186 800	220 800	261 600	313 400
Facteur de pointe (Max Jour/Moy Jour)	1,321	1,321	1,322	1,322	1,322
Demande maximale journalière (m <sup>3</sup> /j)	208 800	246 800	291 900	345 800	414 200

\*: Facteur de pointe moyenne (Max jour/Moy. Jour) 1,4 x coefficient d'ajustement (0,944)

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4-10 Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax  
(Les installations existantes uniquement)**

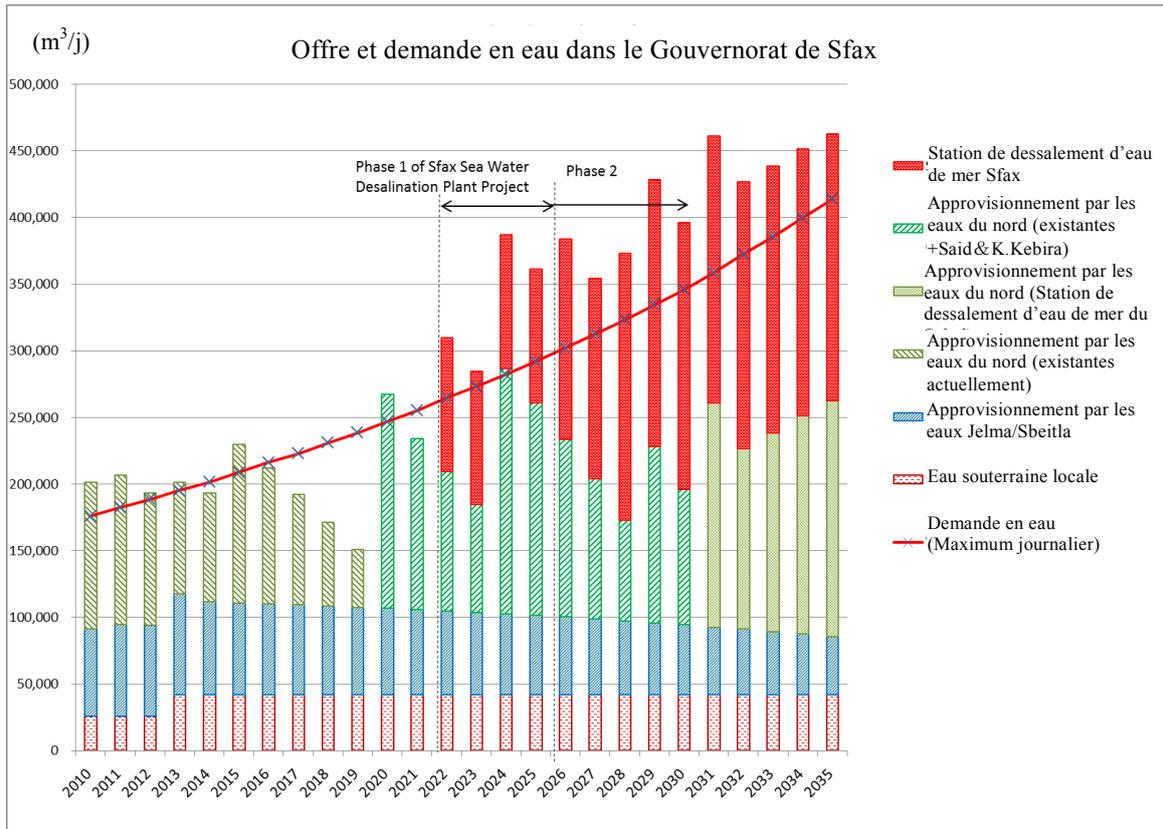
(m <sup>3</sup> /jour)		2015	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Eaux du Nord	30 900	0	0	0	0	0
	Eaux de Jelma-Sbeitla	64 200	62 000	58 700	52 400	43 400	43 400
	Aquifères locales	42 400	42 400	42 400	42 400	42 400	42 400
	Total	137 500	104 500	101 100	94 900	85 800	85 800
Demande maximale journalière		208 800	246 800	264 500	291 900	345 800	414 200
Bilan		21 400	▲109 300	▲160 000	▲190 800	▲250 900	▲328 400

Source: Equipe d'Etude de la JICA (Note: les arrondis font que le bilan n'est pas la différence exacte volume-demande)

**Tableau 4-11 Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax  
(Installations existantes + nouvelles installations)**

(m <sup>3</sup> /jour)		2015	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Station de dessalement de Sfax	0	100 000	100 000	200 000	200 000	200 000
	Eaux du Nord	160 500	105 000	159 800	101 500	176 900	177 000
	Eaux de Jelma-Sbeitla	64 200	62 000	58 700	52 400	43 400	43 400
	Aquifères locales	42 400	42 400	42 400	42 400	42 400	42 400
	Total	267 100	309 400	360 800	396 400	462 700	462 800
Demande maximale journalière		208 800	246 800	264 500	291 900	345 800	414 200
Balance		21 400	20 300	45 000	69 000	50 600	48 500

Source: Equipe d'Etude de la JICA



Source : Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 4-4 Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax  
(Approvisionnement en eau: installations existantes + nouvelles installations)**

#### 4.4 Demande et approvisionnement en eau dans le Grand Sfax

La demande en eau dans le Grand Sfax est estimée selon le ratio de la population du Gouvernorat de Sfax et du Grand Sfax. Parce que les données de distribution n'ont pas été obtenues, la demande a été estimée à l'aide des données des années 2010 et 2012. Le Grand Sfax, où vivent les 2/3 de la population du Gouvernorat de Sfax, est une zone essentiellement urbaine. La population du gouvernorat devrait connaître une augmentation dans l'avenir.

Il faut mentionner les points suivants qui caractérisent le Grand Sfax:

- 1) Sur le chemin vers le Grand Sfax, une certaine quantité d'eau de système de transfert de l'eau du Nord est distribuée au profit de Sfax Nord. L'eau restante est transmise au Grand Sfax.
- 2) Sur le chemin vers le Grand Sfax, une certaine quantité d'eau fournie par le système d'approvisionnement Jelma-Sbeitla dans le gouvernorat de Sidi Bouzid est distribuée dans la partie ouest de Sfax. L'eau restante est transmise au Grand Sfax.
- 3) Le Grand Sfax est une zone essentiellement urbaine mais son approvisionnement en eau ne constitue pas une grande priorité. Le principe de traitement égal de tous les citoyens est ainsi appliqué.

L'offre et la demande ont été revues selon les données citées ci-dessus. Le résultat est présenté dans les tableaux 4-12 à 4-14, et les figures 4-5 et 4-6.

**Tableau 4-12 Plan d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax**

	Actuellement (2012)	Phase 2 (jusqu'en 2025)	Phase 2 (jusqu'en 2030)	Phase 3 (jusqu'en 2035)
1) Région desservie	3 069 ha	3 069 ha	3 069 ha	3 069 ha
2) Population desservie	631 900	737 900	782 100	826 300
3) Approvisionnement maximum par jour	117 200m <sup>3</sup> /j 1 356L/s	187 900 m <sup>3</sup> /j 2 175 L/s	224 400 m <sup>3</sup> /j 2 597 L/s	270 900 m <sup>3</sup> /j 3 135 L/s
4) Moyenne d'approvisionnement par jour	83 700m <sup>3</sup> /j 969L/s	134 200 m <sup>3</sup> /j 1 553 L/s	160 300 m <sup>3</sup> /j 1 855 L/s	193 500 m <sup>3</sup> /j 2 240 L/s
5) Moyenne d'approvisionnement par habitant	132 L/j/personne	182 L/j/personne	205 L/j/personne	234 L/j/personne
6) Taux non domestique (%)	18	18	18	18
7) Moyenne Eau perdue (%)	24	22	21	20
8) Consommation par habitant	91 L/j/personne	126 L/j/personne	144 L/j/personne	165 L/j/personne

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4-13 Offre et demande en eau dans le Grand Sfax  
( Installations existantes uniquement)**

(m <sup>3</sup> /jour)		2015	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Eaux du Nord	95 200	24 700	0	0	0	0
	Eaux de Jelma-Sbeitla	31 000	28 900	21 700	20 600	18 300	15 200
	Aquifères locales	25 100	26 100	26 100	26 100	26 100	26 100
	Total	151 400	78 700	46 800	45 700	43 500	40 300
Demande maximale journalière		133 700	157 900	169 500	187 900	224 400	270 900
Bilan		17 700	▲79 200	▲112 700	▲142 200	▲180 900	▲230 500

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4-14 Offre et demande en eau dans le Grand Sfax  
(Installations existantes + nouvelles installations)**

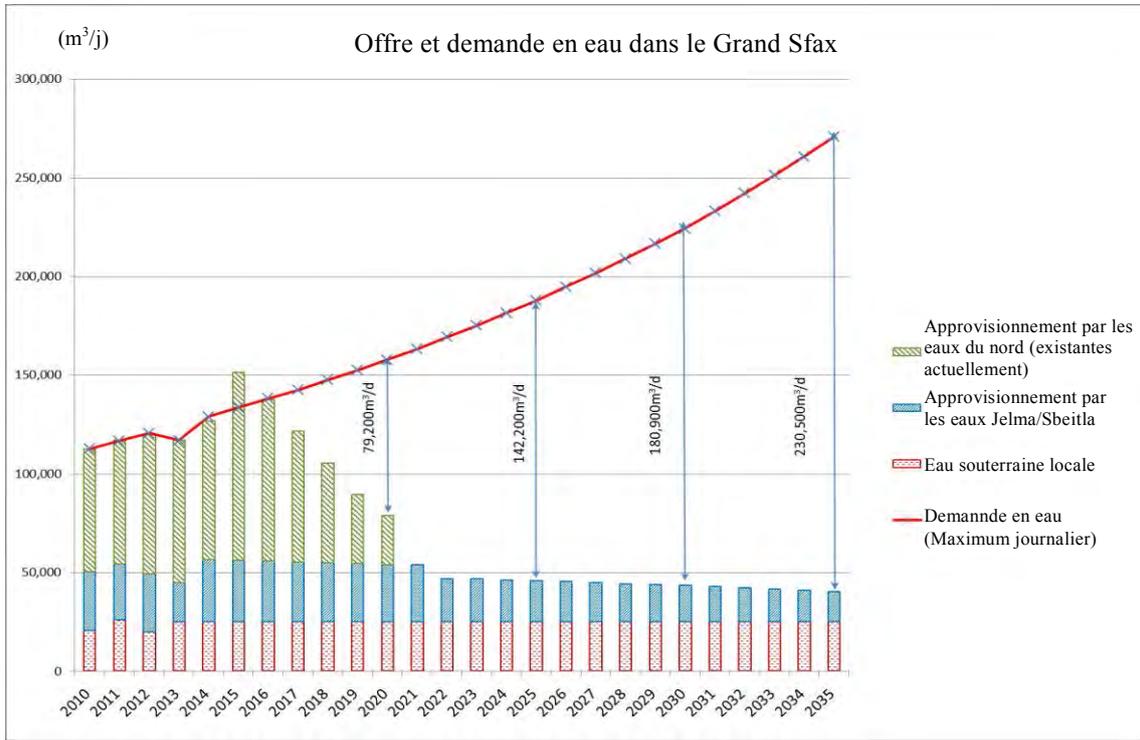
(m <sup>3</sup> /jour)		2013	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Station de dessalement de Sfax	0	0	100 000	100 000	200 000	200 000
	Eaux du Nord	95 200	128 400	65 100	75 100	29 500	67 200
	Eaux de Jelma-Sbeitla	31 000	28 900	21 700	20 600	18 300	15 200
	Aquifères locales	25 100	26 100	26 100	26 100	26 100	26 100
	Total	151 400	182 400	211 900	220 800	272 900	307 600
Demande maximale journalière		133 700	157 900	169 500	187 900	224 400	270 900
Bilan		17 700	24 500	42 400	32 900	48 500	36 700

Source: Equipe d'Etude de la JICA

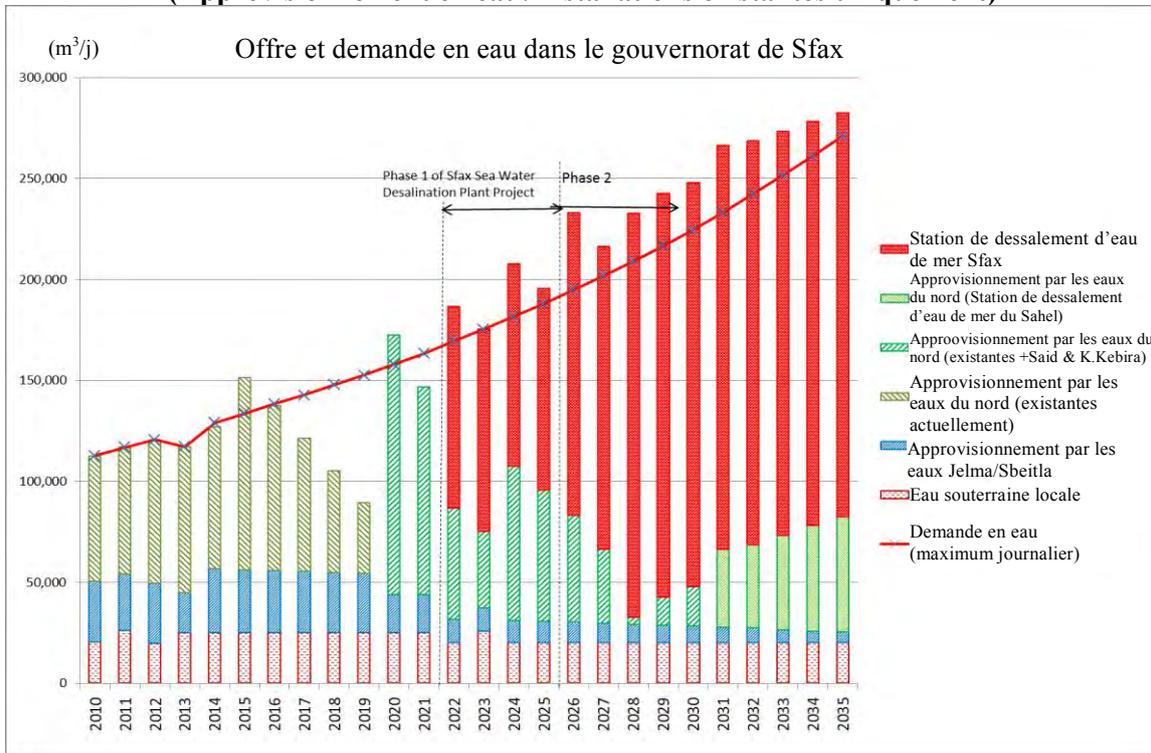
La figure 4-5 montre le bilan de la demande et de l'offre dans le Grand Sfax en cas de non-mise en œuvre de nouvelles installations ou le développement de nouvelles sources d'eau formulées par l'étude stratégique. La prise d'eau pour les installations existantes est estimée avec une adduction maximale. Dans ces conditions, une grande pénurie d'eau est confirmée. La pénurie sera alors respectivement de 79 200 m<sup>3</sup>/j en 2020, 142 200 m<sup>3</sup>/j en 2025, 180 900 m<sup>3</sup>/j en 2030, et 230 500 m<sup>3</sup>/j en 2035.

La figure 4-6 montre le bilan en cas de mise en œuvre de nouvelles installations, ou de développement de nouvelles sources d'eau formulées par l'étude stratégique. Le volume d'approvisionnement en eau montré dans la figure 4-6 est avancé dans le cas où la moitié du volume d'eau pompé dans le Grand Sfax est réduite de la quantité refoulée à travers le système des eaux du nord et la même quantité est réduite du système des eaux souterraines Jelma-Sbeitla. Par conséquent, la quantité offerte en eau

devrait satisfaire la demande des nouvelles installations. Cependant, et comme déjà mentionné, la pénurie se produira entre 2017 et 2019.



**Figure 4-5 Offre et demande en eau dans le Grand Sfax  
(Approvisionnement en eau: installations existantes uniquement)**



**Figure 4-6 Offre et demande en eau dans le Grand Sfax  
(Approvisionnement en eau: installations existantes + nouvelles installations)**

## CHAPITRE 5 ETUDE DE LA STATION DE DESSALEMENT D'EAU DE MER

### 5.1 Structure élémentaire de la station de dessalement d'eau de mer

#### 5.1.1 Sélection du processus de dessalement d'eau de mer

Selon l'énergie requise et un inventaire des installations, il est clairement établi que le processus de membranes OI offre beaucoup plus d'avantages que les autres processus. Sur cette base, la technologie de membranes OI a été choisie pour la station de dessalement prévue.

#### 5.1.2 Critères de conception de la station de dessalement d'eau de mer

Le tableau 5-1 résume les valeurs de conception relatives à la qualité d'eau pour ce Projet.

**Tableau 5-1 Conditions de conception relatives à l'eau produite**

Désignation	SFAX, pour conception	Djerba (référence)	Référence
Qualité d'eau produite (TDS)	500mg/L	400mg/L	
Salinité d'eau de mer (TDS)	Moins de 41 000 mg/L	A 41 210 mg/L	
Température d'eau de mer	Moins de 25 °C	A 20 °C	
Période de garantie <sup>*1</sup> (après eau d'alimentation)	3 années <sup>*2</sup>	3 années	
Taux de récupération	45%	45%	
Bore	2,4 mg/L	1,2 mg/L	Nouvelle norme d'eau potable NT09.14 (2013) : 2,4mg/L
Période de garantie (après eau d'alimentation)	3 années	1 année	
Taux de remplacement de la membrane par an	20%/an <sup>*3</sup>	-	
Capacité de production par unité	25 000 m <sup>3</sup> /jour/unité	25 000 m <sup>3</sup> /jour/unité	
Flux d'eau	13 L/m <sup>2</sup> /h	13 L/m <sup>2</sup> /h	
Consommation en énergie électrique	4,2 kWh/m <sup>3</sup>	4,2 kWh/m <sup>3</sup>	

Notes:

\*1: Période de garantie pour les unités d'OI. Il ne s'agit pas de la période de garantie de la station. La durée de la garantie commence à partir du démarrage de l'essai de garantie de la station.

\*2: En se référant aux spécifications contenues dans le dossier d'appel d'offre relatif au projet de la station de dessalement d'eau de mer de Djerba, la période utilisée est de 3 ans laquelle période est couramment adoptée dans les projets similaires

\*3: La valeur recommandée par les fabricants en se basant sur leurs expériences pratiques

Source: Equipe d'Etude de la JICA

## 5.2 Site de construction de la station de dessalement d'eau de mer

Le site proposé pour la construction de la station de dessalement d'eau de mer a été choisi parmi 7 sites, dont 4 proposés par la SONEDE au début de l'étude et 3 ont été proposés par l'Equipe d'Etude de la JICA après le démarrage de l'Etude tel que mentionné dans le tableau 5-2.

**Tableau 5-2 Résultat de la sélection du site pour la station de dessalement**

No	Emplacement	Sélection primaire		Sélection secondaire		Evaluation de l'APAL	Avis définitif
		Résultat	Avis	Ordre de priorité	Avis		
1	El Amra Nord (Sfax)	non concluant					
2	El Amra Sud (Sfax)	non concluant					
3	Agareb (Sfax)		Passer à l'étape suivante	2	Concertation avec l'APAL	Acceptation	Emplacement sélectionné
4	Chebba Sud (Mahdia)	non concluant					
5	Nakta (Sfax)		Passer à l'étape suivante	1	Concertation avec l'APAL	Rejet	
6	Chebba Nord (Mahdia)		Passer à l'étape suivante	3			
7	Mahres (Sfax)		Passer à l'étape suivante	4			

Source: Equipe d'Etude de la JICA

Au terme de la deuxième évaluation, 2 sites ont été sélectionnés pour l'évaluation finale. Ces 2 sites sont situés à l'intérieur du DPM (Domaine Public Maritime) où l'approbation de l'APAL (Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral) est nécessaire. Le site ayant été classé premier est situé près d'une plage de sable ayant une valeur touristique. Selon l'APAL, le site ne pourra pas être autorisé pour pouvoir conserver la plage. Par ailleurs, l'autre site ne fait partie d'aucun plan et son utilisation a été autorisée. Par conséquent, c'est ce site qui a été choisi pour la station.

L'APAL a étudié le site dans ces moindres détails. Le site a donc été officiellement indiqué ; il est situé au sud-ouest de l'endroit choisi. Sur cette base, tous les ouvrages de la station de dessalement ont été prévus. L'APAL donnera son accord officiel après que l'ANPE donne son approbation sur l'EIE.

## 5.3 Prise d'eau de mer

### 5.3.1 Plan de base pour l'installation de prise

- 1) Méthode de prise : prise directe par le biais d'une conduite.
- 2) Point de prise : les tours de prise et de rejet seront respectivement installées à 3 600 mètres (avec une profondeur de 8 mètres à marée basse) et 4 400 mètres (une profondeur de 10 mètres à marée basse) bien loin au sud de la station de dessalement.
- 3) Volume de prise : 444 400m<sup>3</sup>/j

- 4) Linéaire de la conduite de prise : la longueur de la conduite de prise est de 3 600m, dont 400 mètres sur la côte.
- 5) Perte de charge dans la conduite : Afin d'éviter les excavations profondes sur la côte qui rendent encore plus difficiles les travaux de construction et haussent les coûts, la profondeur de l'excavation au niveau de la fosse de prise a été limitée à moins de 10 m en dessous du niveau du sol. Le fond de la fosse de prise sera à près de 8,5 m au-dessous du niveau du sol dans le cas où le diamètre de la conduite de prise est de 2 m. Par conséquent, la perte de charge de la conduite ne doit pas dépasser près de 1,8m.
- 6) Nombre de conduites : l'approche de base préconise une conduite de prise unique.
- 7) Matériau de la conduites : le PEHD est retenu pour le Projet.
- 8) L'hypochlorite de sodium est injecté pour empêcher la prolifération de crustacés, huitres, algues marines, etc... à l'intérieur de la conduite. Dans cette étude de faisabilité, on prévoit une conduite de 4 pouces de diamètre.
- 9) La construction en haute mer dépend beaucoup des conditions météorologiques et requiert une technologie particulière. La période intervalle entre la Phase 1 et la Phase 2 est de 5 ans. Afin de minimiser les coûts et de réduire les délais de construction, toute la conduite doit être construite en une seule phase.

### **5.3.2 Estimation du diamètre de la conduit de prise**

Le diamètre de la conduite est calculé selon les conditions suivantes :

- Volume de prise : 444 400 m<sup>3</sup>/j
- Perte totale de charge : 2 m approximativement (perte de charge de la conduite : près de 1,8 m)
- Coefficient de rugosité : 0,016
- Formule : Formule de Manning

Les calculs montrent qu'en cas de conduite unique en PEHD, le diamètre doit être de 2 500 mm. Toutefois, il n'y a pas plusieurs fabricants capables de fabriquer des conduites en PEHD dans des diamètres aussi grands et la demande n'est pas grande non plus. En cas de conduite double, il faut prévoir un diamètre de 2 000 mm. Pour un tel diamètre, l'offre est plus variée. La conduite double offre également des avantages au niveau du fonctionnement. Lorsqu'une conduite enregistre des problèmes de fonctionnement, l'autre reste fonctionnelle, la prise d'eau n'est pas interrompue et la station peut alors produire en continu. Pendant la phase 1, une seule conduite peut refouler la totalité du volume pris. Même si le coût est plus élevé, le Projet a opté pour la double conduite pour les raisons sus mentionnées.

## **5.4 Système de Rejet des eaux de mer chargées (saumure)**

### **5.4.1 Principes élémentaires pour le choix d'ouvrages de rejet des eaux chargées (saumure)**

- (1) Système de rejet : rejet sous-marin-rejet en mer (voir annexe pour plus de détails)
- (2) Volume de rejet de saumure : 244 400m<sup>3</sup>/j

(3) Longueur de la conduite de rejet des eaux chargées :

Linéaire totale : 4,4 km, dont 0,4 km sur terre et 4,0 km en mer. La distance entre les tours de prise et de rejet est de 800 m.

(4) Perte de charge dans la conduite :

Eu égard à la perte au niveau du tuyau de rejet et de la conduite, la perte de charge est estimée à 3m H comme prérequis. Par conséquent, la perte de charge de la conduite doit être de 2,1 m.

(5) Nombre de conduites de rejet :

L'approche de base préconise une seule conduite de rejet.

(6) Matériau de la conduite :

Le choix s'est porté sur une conduite en PEHD.

(7) La construction en mer est délicate, il faut donc procéder à l'installation de la conduite de rejet en même temps que l'installation de la conduite de prise.

#### **5.4.2 Estimation du diamètre de la conduite de rejet des eaux chargées**

La perte de charge totale dans la conduite est estimée à 3mH. Avec une telle qualité, très peu d'organismes marins risquent d'adhérer aux conduites. A partir de cette donnée, un coefficient de rugosité de 0,012<sup>2</sup> est appliqué. En conclusion, on obtient un diamètre de 1 800 mm pour les conduites PEHD.

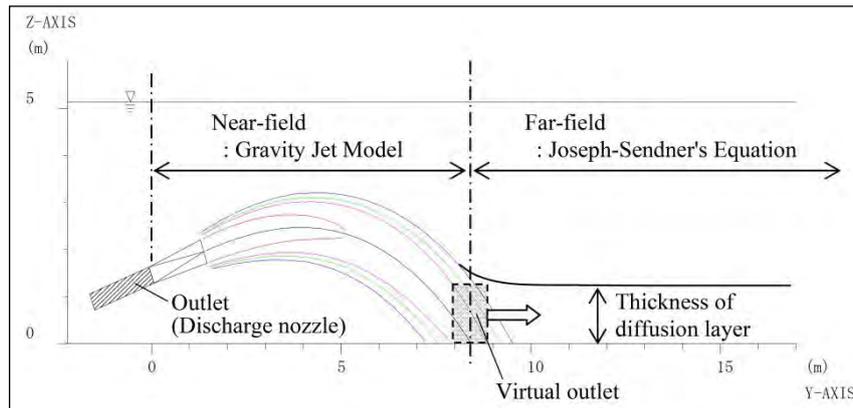
#### **5.4.3 Simulation de la diffusion des eaux chargées**

(1) Généralités

La salinité augmente de près de 1,8 fois (70 500 ~ 74 100 mg/L) par rapport à la salinité initiale de l'eau de mer (près de 39 000 ~ 41 000 mg/L), il est donc nécessaire d'étudier cet aspect en envisageant la dilution et la diffusion.

---

<sup>2</sup> Le coefficient de rugosité de Manning est de 0,010 pour la surface lisse des parois de conduits en plastique. Toutefois, les parois des conduites en HDPE sont légèrement rugueuses et semblent dépasser la valeur de 0,010. Dans la présente étude, la valeur choisie a été de 0,012 sur suggestion de Tokyo Kyuei Co., Ltd. Qui compte une grande expérience en matière de conception et de construction de conduites marines de rejet.



Source: Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5-1 Simulation de diffusion de saumure**

## (2) Résultat de la simulation

### 1) Champ proche: “Modèle Gravity jet” appliqué

La saumure est rejetée et se mélange avec l’eau de mer avec une différence de salinité ou  $\Delta S$  de 33,3,  $\text{psu}^3$  c.à.d 74 300 mg/L. Quand la saumure arrive au fond marin à 12 m de la tour de rejet, elle est diluée jusqu’à ce que  $\Delta S$  devienne près de 7,4  $\text{psu}$  c.à.d 48 400 mg/L.

### 2) Champ lointain : Application de l’équation Joseph-Sendner

Une fois arrivée au fond marin estimé à 12 mètres de la tour de rejet, la saumure est diffusée en continu le long du lit marin. Dans cette zone, la diffusion de la salinité serait comme indiqué dans le tableau 5-3.

**Tableau 5-3 Salinité estimée à travers le champ lointain**

$\Delta S$	Zone impactée (champ lointain) (*1)	Concentration estimée au fond marin (eau de mer : 41 000 mg/L)	Impact sur la Posidonie (*2)
>4	12m (point de chute)	48 400	Pourrait mourir après une longue période
	170m	48 400 ~ 45 000	
>2	381m	45 000 ~ 43 000	Presque pas d’impact
>1	742m	43 000 ~ 42 000	Pas d’impact

(\*1) Cette distance est mesurée à partir du bout du tuyau de rejet.

(\*2) Selon l’ANPE la Posidonie meurt aussitôt entrée en contact avec une eau de mer dont la salinité dépasse 52 000mg/L, meurt en entrant en contact pendant une longue période avec une eau dont la salinité varie entre 52 000~50 000 mg/L. Yolanda Fernandez-Torquemada et al. mentionnent dans leur livre « Estuarine Coastal and Shelf Science » qu’une salinité qui dépasse 46 000 mg/L est en grande partie responsable de la mort de la Posidonie.

Source: Equipe d’Etude de la JICA

<sup>3</sup>  $\text{psu}$ : unité de salinité pratique, 1000mg/L

### (3) Conclusion

- 1) L'impact serait enregistré sur une zone limitée autour du point de rejet mais cette zone est petite. Près de 170 mètres maximum. là où la salinité est diluée jusqu'à 45 000 mg/L.
- 2) Cette hypothèse est basée sur les valeurs maximales. Généralement la salinité présente une concentration plus faible, donc l'impact réel serait moindre.

## 5.5 Schéma de l'installation

### 5.5.1 Les installations situées dans le site de la station de dessalement

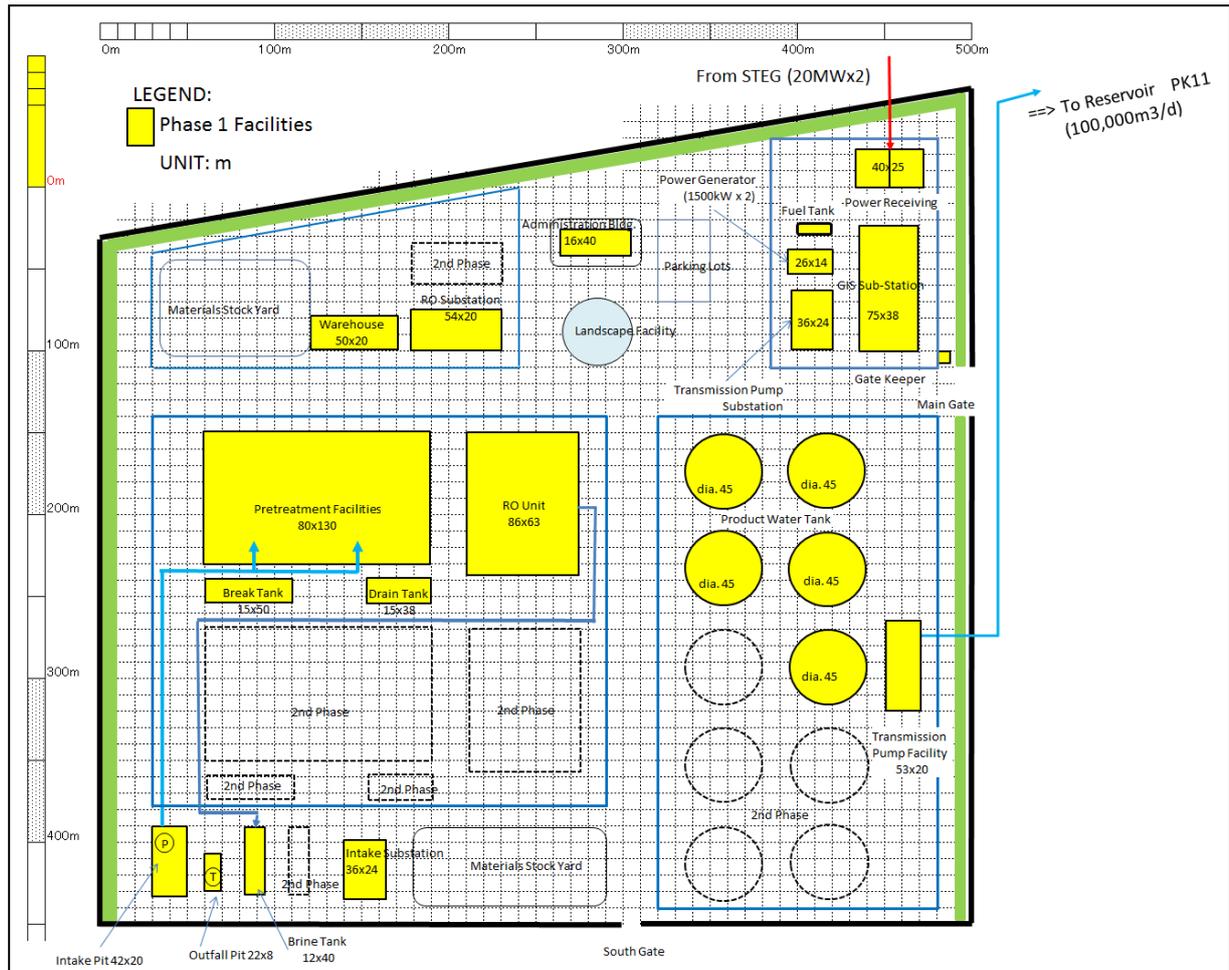
Les ouvrages dont la construction est prévue lors de la Phase 1 sont résumés dans le tableau 5-4.

**Tableau 5-4 Composantes de la Phase 1 du Project**

Ouvrage	Contenu
Conduite de prise de l'eau de mer	<ul style="list-style-type: none"><li>• Volume de captage: 222 200m<sup>3</sup>/j (capacité d'écoulement 444 400 m<sup>3</sup>/j après achèvement de la Phase 2)</li><li>• Matériau de conduite: PEHD</li><li>• <math>\phi</math>2000mm x 2, L=3,6km (enterré, en mer; 3,2km, sur terre; 0,4km)</li><li>• Tête de prise d'eau immergée: 2</li></ul>
Station de dessalement de l'eau de mer	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acquisition de terrain: Près de 20ha</li><li>• Méthode de dessalement: Osmose Inverse (OI) avec membrane</li><li>• Eau dessalée: 100 000m<sup>3</sup>/j</li><li>• Unités OI: 25 000m<sup>3</sup>/jour <math>\times</math> 4 unités</li></ul>
Conduite de rejet de saumure	<ul style="list-style-type: none"><li>• Volume de rejet: 122 200m<sup>3</sup>/j (applicable aux petites capacités de 244 400 m<sup>3</sup>/j en Phase 2)</li><li>• Matériau de conduite: PEHD</li><li>• <math>\phi</math>1800mm, L=4,4km (en mer; 4 km, sur terre;0,4km)</li><li>• Tête de rejet d'eau immergée: 1</li></ul>

### 5.5.2 Plan général

Le plan des installations est présenté dans la figure 5-2.



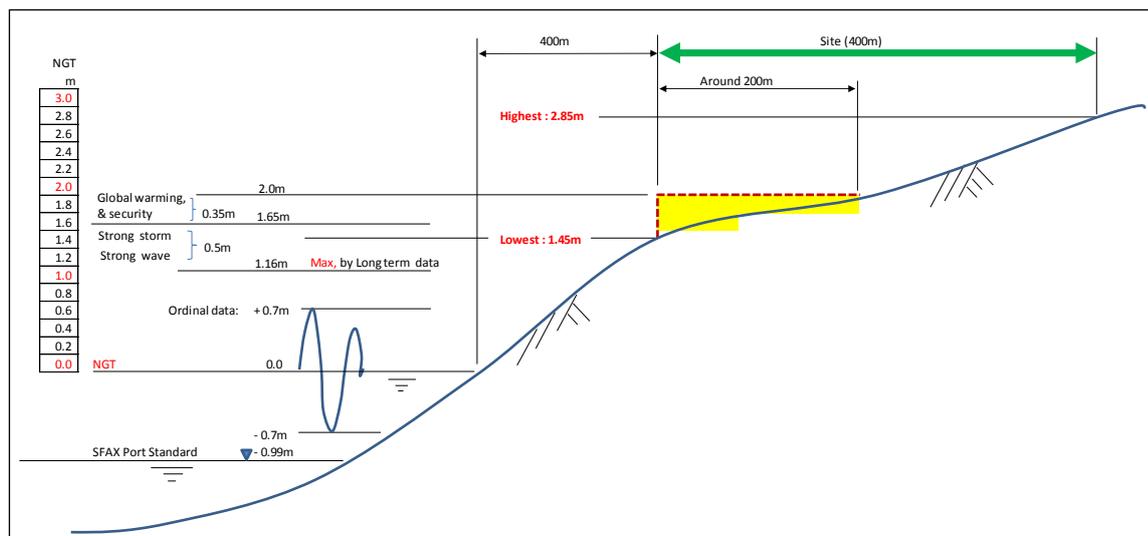
Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 5-2 Plan détaillé de la station de dessalement**

### 5.5.3 Relation entre le niveau de l'eau de mer et le site de la station de dessalement

Quand la hauteur maximale du tableau 2.1-3 est convertie en base NGT, cette hauteur est calculée en tant que +1,16 mètres (= 2,15 - 0,99).

Au vu des vents forts et des vagues très hautes, on a ajouté 0,50 mètres et encore plus, à cause du réchauffement planétaire, le niveau de l'eau pourrait augmenter. Nous avons prévu 0,35 mètres dont d'autres facteurs d'excès. Donc un total de +2 mètres est pris en compte pour assurer une hauteur sécurisée par rapport au niveau de la mer.



Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 5-3 Relation entre le niveau de la mer et le site de la station**

## **CHAPITRE 6 PLAN DES OUVRAGES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU**

### **6.1 Plan du réseau de refoulement d'eau**

#### **6.1.1 Politique d'aménagement du réseau de refoulement d'eau**

##### **(1) Zone d'approvisionnement**

Actuellement, la SONEDE réalise l'augmentation et la réhabilitation des réservoirs ainsi que la réhabilitation et la mise à niveau des réseaux de distribution. Dans la présente étude, la zone d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax correspond à celle du plan établi en 2003.

##### **(2) Amélioration de la qualité d'eau**

A travers ce Projet, la SONEDE vise un TDS de moins de 1500 mg/L et l'amélioration d'autres paramètres pour se conformer à la réglementation tunisienne en matière d'eau potable. Le TDS de l'eau produite dans la station prévue dans ce Projet est de 500mg/L. A partir d'une telle concentration et de la production prévue pour cette phase, le TDS escompté est de 1500 mg/L pour la phase 1 et de 1200mg/L pour la phase 2.

Un autre objectif de la SONEDE est de fournir une eau ayant une teneur homogène en TDS afin d'éviter les plaintes et les réclamations de la part des habitants remettant en cause l'impartialité de la société.

Dans cette étude, la différence entre la qualité des eaux provenant de différents réservoirs ne sera pas aussi aigue dans l'avenir. L'objectif est de réduire cette différence autant que possible tout en optimisant l'exploitation du réseau actuel pour faire l'économie de nouveaux investissements. La différence entre les taux TD minimal et maximal sera de 200% pour la première phase et de moins de 180% lors de la Phase 2.

### (3) Utilisation des ressources existantes

Afin de réduire les coûts de l'investissement initial et les coûts d'exploitation, les capacités des installations existantes sont optimisées suivant les sources d'eau et le réseau de transmission.

#### **6.1.2 Considérations pour le plan du réseau de refoulement d'eau**

(1) Principe de base du transfert d'eau après l'installation de la station de dessalement d'eau de mer à Sfax (Voir figure 6-1).

Le plan de transfert d'eau est examiné en respectant les conditions suivantes:

- Le volume maximum d'approvisionnement par jour est utilisé en tant que capacité prévisionnelle pour les installations.
- Le volume de refoulement entre la station de dessalement d'eau de mer et les réservoirs, ou ensuite entre les réservoirs est définie en fonction du système d'adduction sur toute la zone d'approvisionnement.
- Selon la politique de la SONEDE en matière de service d'eau, la capacité du réservoir doit dépasser de 40% le volume quotidien maximum d'approvisionnement dans la zone concernée<sup>4</sup>.
- Les nouveaux réservoirs seront construits essentiellement dans les sites des réservoirs existants et ils doivent être conformes aux dimensions standard de la SONEDE.

(2) Conditions pour le refoulement de l'eau traitée à partir de la station de dessalement d'eau de mer

- L'altitude du site abritant la station de dessalement d'eau de mer étant plus basse que les sites des réservoirs, l'eau devra être refoulée par pompage.
- Les pompes de refoulement dans la station de dessalement d'eau de mer seront installées dans le même site que celui abritant la station. Les pompes relais seront installées dans les sites des réservoirs existants.
- L'eau de mer dessalée produite sera transférée directement vers le réservoir PK11 qui constitue l'ouvrage essentiel de distribution d'eau dans le Grand Sfax.

---

<sup>4</sup> Politique d'ingénierie de la SONEDE : aucune règle définie

- En ce qui concerne les conduites de refoulement entre les réservoirs, l'eau sera transférée par pompage du réservoir PK11 vers le réservoir Bou Merra, du réservoir PK10 vers le réservoir PK14 et du réservoir PK14 au réservoir Sidi Salah EH.<sup>5</sup>
- Entre le réservoir Sidi Salah EH et le réservoir bas Sidi Salah EB, l'eau sera transférée par gravité.

(3) Conditions de refoulement d'eau à partir du réseau de transfert des eaux du nord

- L'eau provenant du réseau de transfert des eaux du nord est essentiellement transférée vers le réservoir Sidi Salah EH, le réservoir PK14 et le réservoir PK10.
- L'eau est également transférée par gravité au réservoir PK11 à travers la conduite existante entre les réservoirs PK10 et PK11.
- Le réservoir bas Sidi Salah entrera en exploitation en 2016 et l'eau y sera transférée par gravité à partir du réservoir Sidi Salah EH.

(4) Conditions du refoulement d'eau à partir du réseau d'adduction d'eaux souterraines Jelma-Sbeitla

- L'eau provenant du réseau Jelma-Sbeitla est essentiellement transférée vers les réservoirs Bou Merra et PK11. Actuellement, la majeure partie de l'eau distribuée à partir du réservoir de Bou Merra est obtenue à partir des puits se trouvant à Bou Merra après sa déferrisation.
- Il existe des conduites en mesure de transmettre les eaux souterraines Jelma-Sbeitla vers les réservoirs PK10 et PK14 mais ces conduites sont rarement utilisées.

(5) Eaux souterraines dans la zone du Projet

Réduction par 20% du pompage actuel, la moitié de ces quantités sera réduite du système de transfert des eaux souterraines de Jelma Sbeitla et autant du système de transfert des eaux du Nord. Quant à la qualité, la concentration de 1500 mg/L exigée par SONEDE sera bien garantie.

### 6.1.3 Plan de distribution d'eau dans le Grand Sfax

Eu égard aux politiques et éléments cités dans le point 6.1.2, le plan de transmission d'eau a été formulé avec un volume de transmission à partir de chaque source d'eau et pour chaque année jusqu'à l'année cible.

---

<sup>5</sup> Il s'est avéré qu'il serait plus économique de transmettre l'eau par pompage-relais et qu'une grande quantité d'eau des différentes sources doit être mélangée dans un seul endroit pour être transmise vers chaque réservoir afin de mitiger la différence de qualité au niveau de chacun des réservoirs. Ainsi, un réservoir de mélange est prévu au niveau du PK 11 pour mélanger l'eau produite dans la station de dessalement d'eau de mer et l'eau des sources existantes. Grâce à cette méthode, il n'est plus nécessaire d'acquérir un terrain pour le réservoir et le bac de mélange pendant la Phase I.

Le plan stratégique de la SONEDE comprend le volume des besoins en eau pour le gouvernorat de Sfax mais ne comprend pas le plan du volume d'eau pour distribution dans chaque réservoir. Par conséquent, dans la présente étude, le volume de distribution dans chaque réservoir a été prévu sur la base des taux de volume de distribution dans chacun des réservoirs prévus dans le Plan Directeur des Réseaux de Répartition et de Distribution du Grand Sfax et sur la base de la capacité des réservoirs existants. Les volumes de distribution prévus pour chaque réservoir sont illustrés dans le tableau 6-1.

**Tableau 6-1 Volume de Distribution par Réservoir**

Zone	Max. journalier (m <sup>3</sup> /j)	Moyenne journalière (m <sup>3</sup> /j)				
		2013	2021	2025	2030	2035
Distribution faible	PK11	23 602	37 300	43 200	49 700	59 100
	PK10	42 899	48 300	50 100	61 700	73 200
	Sidi Salah EB	-	20 400	27 200	40 100	50 400
Forte distribution	Bou Merra	4 081	13 100	15 100	18 900	23 100
	PK14	31 200	33 700	34 600	36 000	43 100
	Sidi Salah EH	15 248	16 700	17 800	18 000	21 900
Toutes les zones	Grand Sfax	117 030	169 500	188 000	224 400	270 800

Source: Equipe d'Etude de la JICA

La capacité des réservoirs a été examinée sur la base des volumes de distribution montrés dans le tableau 6.1.3 pour atteindre la capacité minimale cible lors de la Phase 1 à environ 6 heures du volume de distribution journalier maximum<sup>6</sup>, ce qui équivaut à 8,4 heures de moyenne journalière de volume minimum de distribution. Les résultats sont montrés dans le tableau 6-2.

**Tableau 6-2 Capacité des Réservoirs (m<sup>3</sup>)**

Zone	Réservoir	2013	2021	2025	2030	2035
Distribution faible	PK11	22 000	22 000	22 000	22 000	24 500
	PK10	20 000	20 000	20 000	30 000	30 000
	Sidi Salah EB	-	5 000	5 000	15 000	20 000
Forte distribution	Bou Merra	1 500	6 500	6 500	9 000	9 000
	PK14	10 000	10 000	10 000	15 000	17 500
	Sidi Salah EH	7 500	7 500	7 500	7 500	10 000
Toutes les zones	Grand Sfax	61 000	71 000	71 000	98 500	111 000

Source: Equipe d'Etude de la JICA

Les concentrations TDS calculées sur la base du plan d'allocation des sources d'eau sont récapitulées au tableau 6-3. Le taux le plus élevé lors de la phase 1 est de 1487 mg/L, et le ratio entre le taux le plus élevé et celui le plus bas est de moins de 200%. La figure 6-1 est un diagramme du plan de refoulement d'eau pour l'année 2025, dernière année prévue pour la phase 1.

<sup>6</sup>: La phase 1 se caractérise par son aspect urgent et par la nécessité de maîtriser les coûts, l'exigence minimale en terme de capacité se situe autour de 6 heures ce qui suffit à équilibrer les fluctuations horaires sur une journée. Pour la phase 2, il est prévu de répondre à l'exigence, i.e. 40% de la moyenne journalière du volume de distribution.

**Tableau 6-3 Concentration TDS prévue par réservoir**

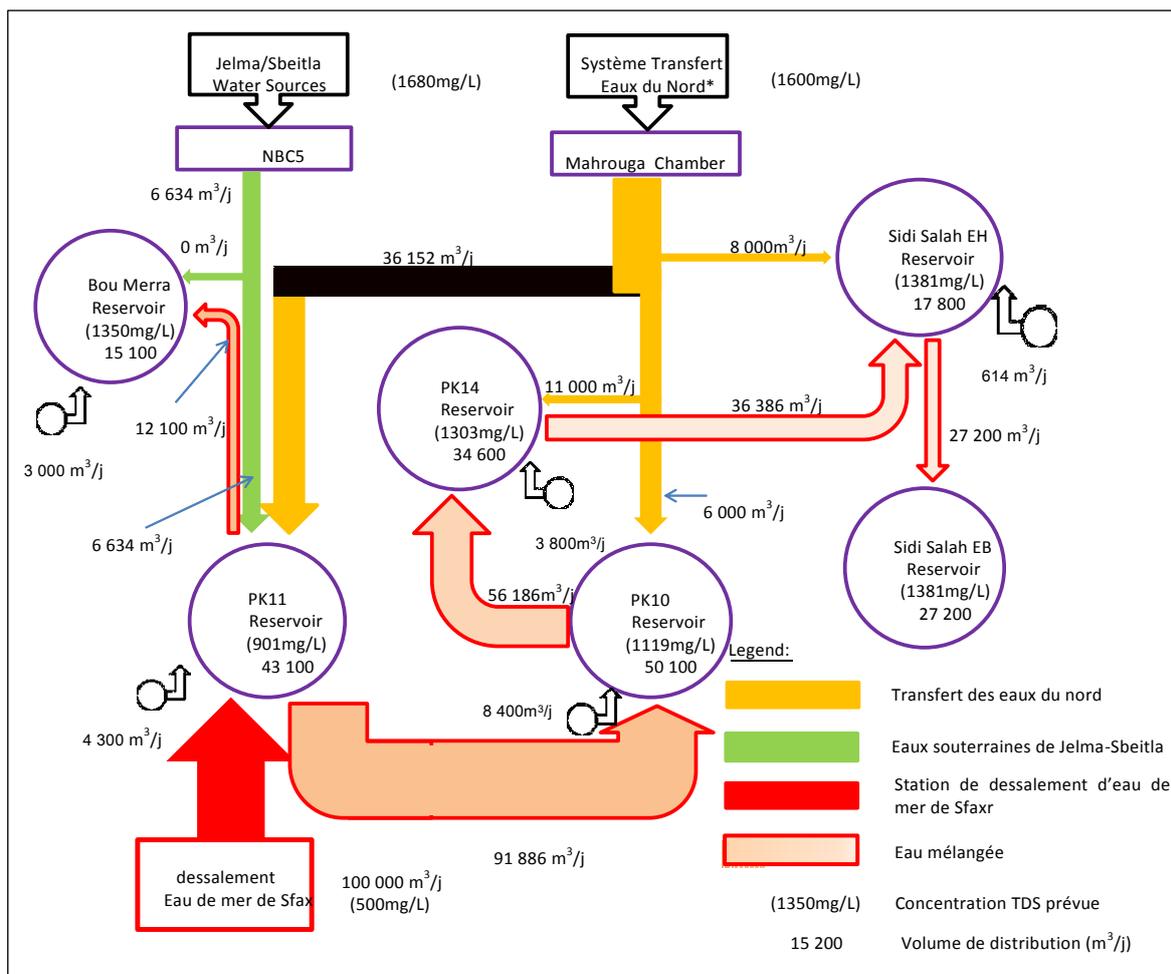
Unité: TDS mg/L、Q m<sup>3</sup>/jour

TDS(mg/l)	Phase 1							
	Réservoir	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
PK11		1 800	1 861	733	888	866	901	
Bou Merrra		2 293	2 243	1 289	1 464	1 344	1 350	
PK10		1 888	1 906	1 215	1 109	1 096	1 119	
PK14		1 822	1 820	1 396	1 283	1 293	1 303	
Sidi Salah EH		1 835	1 810	1 459	1 487	1 378	1 381	
Sidi Salah EB		1 835	1 810	1 459	1 487	1 378	1 381	
la plus haute TDS		2 293	2 243	1 459	<b>1 487</b>	1 378	1 381	< 1 487
le plus bas TDS		1 800	1 810	733	888	866	901	
haute / basse		127%	124%	<b>199%</b>	168%	159%	153%	< 199%
dessalement Q		0	0	90 000	100 000	100 000	100 000	

TDS(mg/l)	Phase 2-1						
	Réservoir	2026	2027	2028	2029	2030	
PK11		709	648	599	587	596	
Bou Merrra		1 171	1 102	1 040	1 013	1 003	
PK10		931	868	755	749	795	
PK14		1 126	1 066	863	930	964	
Sidi Salah EH		1 192	1 134	928	1 015	1 042	
Sidi Salah EB		1 192	1 134	928	1 015	1 042	
la plus haute TDS		<b>1 192</b>	1 134	1 040	1 015	1 042	< 1 192
le plus bas TDS		709	648	599	587	596	
haute / basse		168%	<b>175%</b>	174%	173%	175%	< 175%
dessalement Q		135 000	150 000	180 000	180 000	180 000	

TDS(mg/l)	Phase 2-2						
	Réservoir	2031	2032	2033	2034	2035	
PK11		606	643	685	622	661	
Bou Merrra		995	1 010	1 032	964	985	
PK10		803	831	860	796	830	
PK14		1 020	1 037	1 052	992	1 012	
Sidi Salah EH		1 089	1 119	1 129	1 072	1 087	
Sidi Salah EB		1 089	1 119	1 129	1 072	1 087	
la plus haute TDS		1 089	1 119	<b>1 129</b>	1 072	1 087	< 1 129
le plus bas TDS		606	643	685	622	661	
haute / basse		<b>180%</b>	174%	165%	172%	165%	< 180%
dessalement Q		180 000	180 000	180 000	200 000	200 000	

Source: Equipe d'Etude de la JICA



**Figure 6-1 Plan de distribution des eaux dessalées dans le Grand Sfax (2025)**

Le plan de développement des ouvrages jusqu'en 2035 est présenté ci-dessous. Ce qui est souligné concerne les installations prévues pour la phase 1 du Projet et *les installations indiquées en italique seront développées en dehors du Projet*. La station de dessalement d'eau de mer, les réservoirs de Saida et Kalaa et la station de traitement des eaux devraient être construits selon le plan de la SONEDE.

1) 2022: Juste après la mise en service de la station de dessalement (Phase 1)

- *En 2020 : Mise en service du réservoir de Saida, du réservoir et de la station de traitement de Kalaa Kebira (capacité de 1500 L/sec = 129 600 m<sup>3</sup>/j)*
- En 2022: Entrée en exploitation de la phase 1 de la station de dessalement d'eau de mer à Sfax (capacité: 100 000m<sup>3</sup>/j)
- En 2022: Entrée en exploitation des conduites de refoulement entre la station de dessalement et les 5 réservoirs, PK11, Boumerra, PK10, PK14, et Sidi Salah EH.
- A l'horizon de 2022 : Augmentation de la capacité de Bou Merra par 5 000 m<sup>3</sup> (capacité totale : 6 500 m<sup>3</sup>)

2) 2022 à 2025: Année cible pour la phase 1 du Projet de construction de la station de dessalement d'eau de mer de Sfax (Voir figure 6-1)

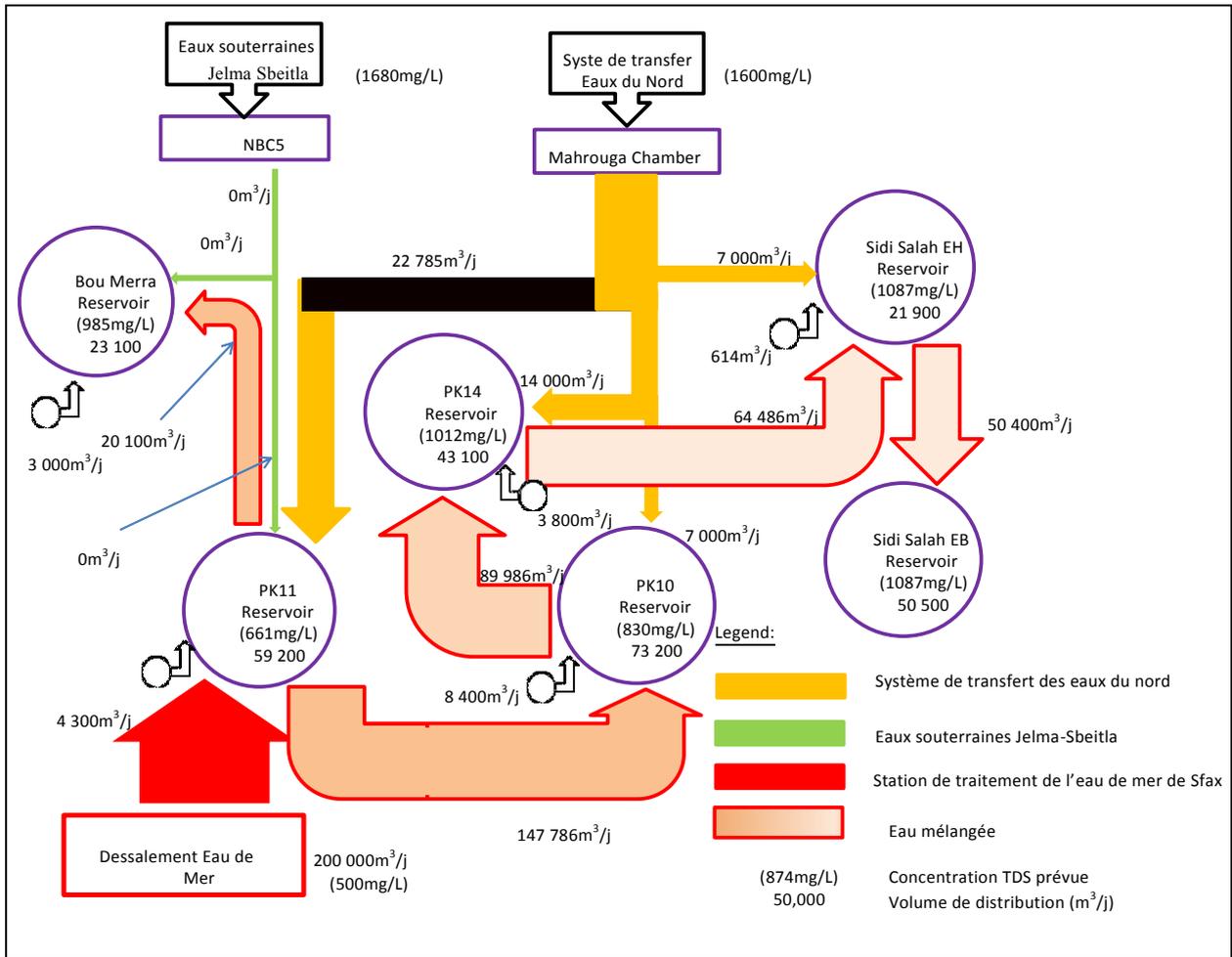
- *A l'horizon de 2024 : augmentation de la capacité de la station de traitement de Kalaa Kebira (capacité totale de 3 000L/sec = 259 200m<sup>3</sup>/j)*
- Vers la fin de 2025: Augmentation de la capacité de la station de dessalement de l'eau de mer de Sfax par 100 000m<sup>3</sup>/j (capacité totale de 200 000m<sup>3</sup>/j. Il est nécessaire d'envisager une augmentation progressive)
- Vers la fin de 2025 : Renforcement de la capacité de Boumerra par 2500m<sup>3</sup> (capacité totale de 9000m<sup>3</sup>)
- Vers la fin de 2025 : Renforcement de la capacité de PK10 par 5 000m<sup>3</sup> (capacité totale de 25 000m<sup>3</sup>)
- Vers la fin de 2025 : Renforcement de la capacité de PK14 par 5 000m<sup>3</sup> (capacité totale de 15 000m<sup>3</sup>)
- Vers la fin de 2025 : Renforcement de la capacité de Sidi Salah EB par 10 000m<sup>3</sup> (capacité totale de 15 000m<sup>3</sup>)

3) 2026 à 2030 : juste avant la mise en service de la station de dessalement du Sahel

- *A l'horizon de 2029 : Renforcement de la capacité de la station de traitement de Kalaa Kebira (capacité de 4 000L/sec = 345 600 m<sup>3</sup>/j)*
- Vers 2030 : Renforcement de la capacité de PK10 par 5000m<sup>3</sup> (capacité totale de 30 000m<sup>3</sup>)
- Vers 2030 : Renforcement de la capacité de Sidi Salah EB par 5 000m<sup>3</sup> (capacité totale de 20 000m<sup>3</sup>)

4) 2031 à 2035: Année horizon pour cette étude (voir figure 6-2)

- *En 2031 : Inauguration de la station de dessalement d'eau de mer du Sahel (capacité de 50 000m<sup>3</sup>/j)*
- En 2032 : Renforcement de la capacité de PK14 par 2 500m<sup>3</sup> (capacité totale de 17 500m<sup>3</sup>)
- En 2032 : Augmentation de la capacité de Sidi Salah EH par 2 500m<sup>3</sup> (capacité totale : 10 000m<sup>3</sup>après)
- En 2033 : Augmentation de la capacité de PK11 par 2 500m<sup>3</sup> (capacité totale de 24 500m<sup>3</sup>)
- *En 2035 : Augmentation de la capacité de la station de dessalement d'eau de mer du Sahel par 200 000m<sup>3</sup>/j (capacité totale de 250 000m<sup>3</sup>/j)*



**Figure 6-2 Plan de distribution de l'eau dessalée sur le Grand Sfax (année 2035)**

Dans ce plan de distribution d'eau relatif à la station de dessalement d'eau de mer, les installations construites lors des phases 1 et 2 entrent en exploitation respectivement entre 2022 et 2026 compte tenu des procédures et exigences du prêt en yen Japonais. Entre 2022 et 2026 et après cette date, il est prévu de faire une extension ou d'installer de nouveaux réservoirs et de construire la station de dessalement. L'extension du réservoir Bou Merra doit être prête d'ici 2021. Ainsi, la phase 1 du Projet de la station de dessalement d'eau de mer de Sfax ou les installations financées par le prêt en Yens Japonais comprend i) la phase 1 de la station de dessalement d'eau de mer, ii) les conduites de refoulement entre la station de dessalement et les réservoirs, iii) les réservoirs pour la réception/mélange de l'eau traitée ou mélangée dans la station de dessalement, iv) un réservoir, v) Les installations de pompage pour le refoulement de l'eau produite vers chaque réservoir et les installations auxiliaires requises dans les installations mentionnées dans les points i) à v). En ce qui concerne les conduites de distribution, il a été jugé inutile de les renforcer lors de la phase 1 du Projet parce que le développement des conduites de distribution a été effectué conformément au Plan Directeur des Réseaux de Répartition et de Distribution du Grand Sfax et le plan de distribution dans le plan de cette étude a, en principe, suivi ledit plan directeur.

Les échéances prévues dans le plan se basent sur les prévisions de la SONEDE sous réserve de changements conformément au calendrier de mise en œuvre du Projet.

## 6.2 Installations de refoulement d'eau

### (1) Pompe de refoulement

Les pompes de refoulement qui transfèrent les eaux produites vers les réservoirs sont installées dans la chambre de pompes située au niveau de la station de dessalement. Deux pompes pour l'usage courant et une pompe de réserve seront installées lors de la Phase 1 pouvant refouler un volume de 100 000 m<sup>3</sup>/jour.

Un espace de la même surface sera réservé pour d'autres pompes à installer lors de la Phase 2. Afin d'éviter le remplacement des pompes, deux pompes de la phase 1 doivent être installées en tant que VSD.

Les altitudes de la station de dessalement et de chaque réservoir, le volume des eaux fournies et les diamètres des conduites de refoulement ont été étudiés, et les caractéristiques des pompes ont été définies comme suit :

#### Pompes de refoulement

Phase 1: Taux d'écoulement; 34,8m<sup>3</sup>/min /pompe, charge hydraulique; 95m, output; 800kW x 2, pompes (+1 pompe de réserve), total 3 pompes (2 pompe en variable-speed drive VSD)

Phase 2: Taux d'écoulement; 34,8m<sup>3</sup>/min/pompe, charge hydraulique; 95m, output; 800kW x 2 pompes (+1 pompe de réserve), total 3 pompes (2 pompes en variable-speed drive VSD)

### (2) Conduites de refoulement

Une conduite de refoulement sera installée pour transférer les eaux produites et les eaux mélangées i) de la pompe de refoulement dans la station de dessalement d'eau de mer à Sfax vers le réservoir PK 11, ii) du réservoir PK 11 vers le réservoir de Bou Merra, iii) du réservoir PK 11 au réservoir PK10, iv) du réservoir PK 10 vers le réservoir PK14, et (v) du réservoir PK14 vers le réservoir Sidi Salah EH.

Le diamètre des conduites a été déterminé suivant le flux de refoulement et la tête de pompe tels que présentés dans le tableau 6-4. Pour ce Projet, le matériau retenu est la fonte ductile.

**Tableau 6-4 Diamètre des conduites de refoulement**

Section	Distance (km)	Volume d'eau refoulée* (m <sup>3</sup> /j, maximum)	Diamètre (mm)
Station de dessalement - PK11	26,3	200 000	1400
PK11 - Bou Merra	2,9	20 100	400
PK11 - PK10	6,1	147 786	1000

PK10 - PK14	4,8	89 986	800
PK14 - Sidi Salah	9,4	64 686	800

\*: Flux maximum jusqu'en 2035

Source : Equipe d'Etude de la JICA

### (3) Stations de pompage intermédiaires

Il est nécessaire d'installer des stations de pompage intermédiaires au niveau des sites de PK10, PK 11 et PK 14 pour refouler l'eau i) de PK11 vers Bou Merra, ii) de PK11 vers PK10 et iii) de PK10 vers PK14 et de iv) PK 14 vers Sidi Salah EH.

**Tableau 6-5 Stations de pompage intermédiaires**

Station de pompage	Taux d'écoulement (m <sup>3</sup> /j,max)	Taux d'écoulement (m <sup>3</sup> /min/unit)	Charge hydraulique (m)	Output (kW/unité)	Phase 1 Numéro (standby)	Phase 1 VSD	Phase 2 Numéro (standby)	Phase 2 VSD
Station de dessalement —PK11	100 000	34,8	(72)	(600)	3(1)	2	-	-
	200 000	34,8	95	800	3(1)	2	3(1)	2
PK11 — Bou Merra	12 100	4,2	(49)	(75)	3(1)	2	-	-
	20 100	7,0	63	132	3(1)	2	-	-
PK11 — PK10	93 973	21,8	(21)	(160)	4(1)	3	-	-
	147 786	34,2	34	355	4(1)	3	-	-
PK10 — PK14	59 773	20,8	(39)	(250)	3(1)	2	-	-
	89 986	31,2	51	450	3(1)	2	-	-
PK14 — Sidi Salah EH	36 386	12,6	(24)	(110)	3(1)	2	-	-
	64 686	22,5	38	250	3(1)	2	-	-

Légende: ligne supérieure: Phase 1, ligne inférieure: Phase 2

Source : Equipe d'Etude de la JICA

### (4) Ouvrages pour prévenir les effets coups de bélier

Les coups de bélier peuvent survenir au niveau des conduites de refoulement si les pompes sont arrêtées à la station de dessalement à cause d'une panne électrique ou autre alors qu'elles pompent de grands volumes d'eau vers les réservoirs lointains. Une mesure pour prévenir contre les coups de bélier doit être prise pour assurer la sécurité des conduites.

L'impact sur le coup de bélier fait aussi l'objet d'analyse dans les autres sections entre i) PK11 et Bou Merra, ii) PK11 et PK10, iii) PK10 et PK14, et iv) PK14 et Sidi Salah EH. Comme l'illustre le tableau 6.2-3, Le coup de bélier peut être évité à travers une chambre d'air ou un volant d'inertie à installer au niveau du dispositif de pompage. Un dispositif de décompression qui sert à équilibrer la pression dans la conduite de refoulement est nécessaire dans le point le plus élevé de la section reliant PK 10 et PK14.

**Tableau 6-6 Mesures anti-béliers**

Section	Débit (m <sup>3</sup> /d, max)	Contre-mesure	Dimension (diamètre x hauteur)	Quantité	Distance par rapport à l'emplacement de la source	Volant d'inertie	Moment d'inertie nécessaire WR <sup>2</sup> (N-m <sup>2</sup> )
Site de la station —PK11	200 000	Cheminée d'équilibre unidirectionnelle	φ10m x15m	2	Approx,13km, 16km	Nécessaire	2 400x4

PK11 —Bou Merra	20 100	Colonne d'air	φ1,5m x1,7m	1	Chambre de pompe	Pas nécessaire	—
PK11—PK10	147 786	Pas nécessaire	—	—	—	Nécessaire	1 300x3
PK10—PK14	89 986	Pas nécessaire	—	—	—	Nécessaire	2 700x2
PK14 —Sidi Salah EH	64 686	Pas nécessaire	—	—	—	Nécessaire	2 500x2

Source : Equipe d'Etude de la JICA

### (5) Réservoir

Selon la description dans le point 6.1.3, il est nécessaire de construire un nouveau réservoir dans le site de Bou Merra avec une capacité de 5 000 m<sup>3</sup>.

- Augmentation de la capacité du réservoir: 5 000m<sup>3</sup> pour la phase 1 du Projet à Bou Merra

### (6) Bâche de mélange

Une bâche de mélange sera construite au niveau de chaque réservoir comme indiqué au tableau 6-7. Ces chambres ont pour rôle de recevoir et mélanger les eaux refoulées par les différentes sources d'eau comme l'indique le tableau suivant.

**Tableau 6-7 Bâches de mélange**

Site du Réservoir	Volume reçu	Ressource d'eau	Dimensions internes (m) */ temps de rétention
PK11	227 086 m <sup>3</sup> /day	Eaux du Nord Eaux souterraines de Jelma-Sbeitla Eaux souterraines de Sfax Eau de mer dessalée	9,0W x 15,0L x 5,0D 4,3 minutes
Bou Merra	23 100 m <sup>3</sup> /day	Eaux souterraines de Sfax Eaux mélangées au PK11	4,0W x 3,0L x 5,0D 3,7 minutes
PK10	163 186 m <sup>3</sup> /day	Eaux du Nord Eaux souterraines de Sfax Eaux mélangées au PK11	7,0W x 10,0L x 5,0D 3,1 minutes
PK14	107 786 m <sup>3</sup> /day	Eaux du Nord Eaux souterraines de Sfax Eaux mélangées au PK10	7,0W x 7,0L x 5,0D 3,1 minutes
Sidi Salah EH	72 300 m <sup>3</sup> /day	Eaux du Nord Eaux souterraines de Sfax Eaux mélangées au PK14	6,0W x 5,0L x 5,0D 3.0 minutes

\* : W; largeur, L ; longueur, D : profondeur de l'eau

Prévu avec une profondeur d'eau maximale de 5m et un temps de rétention minimum de 3 minutes. Il est prévu que PK11 ait une capacité pouvant recevoir un volume d'eau équivalent au besoin en eau de tout le Grand Sfax et avoir la flexibilité de changer le plan de refoulement d'eau.

Source : Equipe d'Etude de la JICA

## 6.3 Plan de la Phase 1 du Projet

Les ouvrages à construire lors de la Phase 1, à l'exception de la station de dessalement d'eau de mer et ses installations connexes, sont récapitulés dans le tableau 6-8.

**Tableau 6-8 Eléments du la Phase 1 du Projet**

Elément	Description
Station de pompage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Station de refoulement x 1 (site de la station de dessalement)</li> <li>• Station de pompage relais x 3 (sites des réservoirs PK10, PK11, PK14)</li> </ul>
Conduite de refoulement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériau: Tuyaux en fonte ductile</li> <li>• <math>\phi 1400\text{mm}</math>: L=26,3km (Station de dessalement - Réservoir PK11)</li> <li>• <math>\phi 1000\text{mm}</math>: L=6,1km (Réservoir PK11 – Réservoir PK10)</li> <li>• <math>\phi 800\text{mm}</math>: L=4,8km (Réservoir PK10 – Réservoir PK14)</li> <li>• <math>\phi 800\text{mm}</math>: L=9,4km (Réservoir PK14 – Réservoir Sidi Salah EH)</li> <li>• <math>\phi 400\text{mm}</math>: L=2,9km (Réservoir PK11 – Réservoir Bou Merra)</li> </ul> <p>Longueur totale : près de 49,5km</p>
Mesures contre le coup de bélier	<p>(Station de dessalement – réservoir PK11)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cheminée d'équilibre 10m (diam) <math>\times</math> 15m (profondeur d'eau) <math>\times</math> 2</li> <li>• Surface nécessaire: 20m <math>\times</math> 30m <math>\times</math> 2 sites</li> <li>• (PK11– Bou Merra)</li> <li>• Chambre d'air <math>\phi 1,5\text{m} \times 1,7\text{m} \times 1</math> (au niveau de PK11)</li> </ul> <p>(Volant d'inertie pour chaque pompe)</p>
Réservoir	Augmenter la capacité du réservoir Bou Merra en ajoutant un réservoir de 5 000m <sup>3</sup> dans l'enceinte existante
Bâche de mélange	<p>Une bâche de mélange dans les sites des réservoirs PK11, PK10, PK14, Bou Merra et Sidi Salah EH;</p> <p>PK11: 9,0W x 15,0L x 5,0D            Bou Merra : 4,0W x 3,0L x 5,0D            PK10: 7,0W x 10,0L x 5,0D            PK14: 7,0W x 7,0L x 5,0D            Sidi Salah EH: 6,0W x 5,0L x 5,0D</p> <p>Dimensions internes : (m) W: largeur, L: longueur, D: profondeur de l'eau</p>

Source : Equipe d'Etude de la JICA

## CHAPITRE 7 PLAN D'INSTALLATION ELECTRIQUE

### 7.1 Alimentation nécessaire

L'énergie requise est de 38,1 MW. La conception du Projet prendre en compte une valeur de 40 MW.

35 MW (station de dessalement de l'eau de mer) + 3,1 MW (pompes de refoulement) = 38,1 MW

### 7.2 Disponibilité de l'électricité pour la station de dessalement d'eau de mer

En réponse à la demande d'information de la SONEDE, la STEG a répondu que la puissance requise de 40 MVA peut être bien fournie à la station de dessalement prévue. L'Equipe d'Etude de la JICA a également confirmé la possibilité de fournir 40 MVA à la station sur la base des conditions de transport d'électricité en Tunisie. En outre, la réception de 150 kV prend en compte les conditions d'approvisionnement.

### 7.3 Plan d'installation Électrique

(1) Station de dessalement d'eau de mer

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

- Au terme de discussions avec la STEG, le système de réception est du type triphasé, avec trois lignes 150 kV 50 Hz et deux lignes à haute tension (système boucle) ;
- Un générateur électrique sera installé pour éviter les coupures électriques. Toutefois, les coupures électriques ne sont pas fréquentes, donc la capacité du générateur sera réduite pour répondre aux besoins de l'exploitation et d'entretien.
- Les ouvrages de réception électrique sont constitués d'unités primaires et secondaires. L'unité primaire est installée à l'entrée du site alors que les unités secondaires seront installées en quatre endroits différents, à savoir au niveau de la prise, de la station de dessalement d'eau de mer (Phase 1), de la station de dessalement d'eau de mer (Phase 2) et des ouvrages de refoulement ;
- L'extension des lignes électriques pour le refoulement à 150 kV sera entreprise par STEG qui est responsable des travaux électriques. La SONEDE paie les frais d'extension au profit de STEG. Le coût des travaux est estimé à 7 283 000 DT.

### 2) Générateur électrique

Un générateur est prévu pour les pompes de refoulement et pour assurer les besoins relativement réduits au fonctionnement et à l'entretien des autres ouvrages. Le type choisi sera du type diesel équipé d'un radiateur. La capacité de génération sera de 2 000 kVA afin de faire fonctionner les deux pompes de refoulement prévues lors de la Phase 1.

### 3) Ouvrage de fonctionnement et de contrôle

Le système de fonctionnement est automatique à partir du centre de commande. Cependant, tous les ouvrages seront conçus pour un fonctionnement manuel d'où l'installation de tableaux de commande manuelle. En outre, un contrôle à distance des principaux ouvrages tels l'ouvrage de prise et les pompes de transmission, sera mis en place au niveau du centre de commande centralisé.

### 4) Appareillages et instrumentation

Les appareils seront installés au niveau de sites spécifiques.

### 5) Ouvrage de fonctionnement et d'entretien

En installant SCADA, un centre de commande dans un bâtiment administratif peut suivre et commander les principaux ouvrages. En outre, le centre peut effectuer i) la gestion des données relatives aux conditions de fonctionnement tels les taux d'écoulement etc. ii) la préparation de rapports quotidiens ou mensuels.

### (2) Ouvrages de pompage

### 1) Aperçu

Trois pompes seront installées dans la station de dessalement pour transmettre l'eau produite dans la station. Trois autres installations de pompage seront prévues dans trois emplacements. L'ouvrage de pompage dans la station de dessalement et les réservoirs mentionnés ci-dessus sont décrits dans le tableau 7-1.

**Tableau 7-1 Plan de l'ouvrage de pompage**

Réservoir	Ouvrage de pompage (nouveau)	Observations
Bâche de production à la station dessalement d'eau de mer (nouvelle installation) Nouvelle : 25 000m <sup>3</sup> (Phase 1) Extension : 25 000m <sup>3</sup> (Phase 2)	Vers réservoir PK11 Phase 1: 34,8m <sup>3</sup> /min x 2 (+1) Phase 2: 34,8m <sup>3</sup> /min x 2 (+1)	Charge : 95m Commande de rotation control : 2 unités Commande de rotation control : 2 unités
Réservoir PK 11 Actuel 22 000m <sup>3</sup>	Vers réservoir Bou Merra Phase 1: 7m <sup>3</sup> /min x 2 (+1) Phase 2: -	Charge : 63m Commande de rotation : 2 unités
	Vers réservoir PK10 Phase 1: 34,2m <sup>3</sup> /min x 3 (+1) Phase 2: -	Charge : 34m Commande de rotation: 3 unités
Réservoir Bou Merra Actuel : 1 500m <sup>3</sup> Extension : 5 000m <sup>3</sup> (Phase 1) Extension : 2 500m <sup>3</sup> (Phase 2)	-	-
Réservoir PK10 Actuel : 20 000m <sup>3</sup> Extension: 10 000m <sup>3</sup> (Phase 2)	Vers réservoir PK14 Phase 1: 31,2m <sup>3</sup> /min x 2 (+1) Phase 2: -	Charge : 51m Commande de rotation : 2 unités
Réservoir PK14 Actuel : 10 000m <sup>3</sup> Extension: 5 000m <sup>3</sup> (Phase 2)	Vers réservoir Sidi Salah Haut Phase 1: 22,5m <sup>3</sup> /min x 2 (+1) Phase 2: -	Charge : 38m Commande de rotation : 2 unités
Réservoir Sidi Salah Haut Actuel : 7 500m <sup>3</sup>	-	-
Réservoir Sidi Salah Bas Nouveau : 5 000m <sup>3</sup> (non compris dans ce Projet) Extension: 15 000m <sup>3</sup> (Phase 2)	-	-

### 2) Ouvrages de réception électrique

Les pompes de refoulement seront installées au niveau des réservoirs PK11, PK10, et PK14. L'alimentation électrique aux réservoirs sera de 30 kV par le biais d'une seule ligne de transport afin de fournir le courant en continu. Le transformateur sera installé avec un voltage alternatif de 400 V. En cas de coupure ou de dysfonctionnement du transformateur, le générateur pourra être utilisé pour fournir l'électricité. Aux réservoirs de Bou Merra, Sidi Salah haut, et Sidi Salah bas, le courant à basse tension sera fourni à travers un appareillage spécifique.

### 3) Générateurs électriques

Les générateurs choisis seront du type diesel avec radiateur. La capacité de chaque générateur est décrite dans le tableau 7-2.

**Tableau 7-2 Capacité de générateurs**

Réservoir	Capacité du générateur
PK11	2 500 kVA
PK10	1 250 kVA
PK14	750 kVA

4) Ouvrages d'exploitation et de contrôle

Des panneaux de commande électrique seront installés au niveau des réservoirs au vu du nombre réduit des branchements. Le système de fonctionnement est automatique en fonction du niveau d'eau dans le réservoir. Toutefois, un système manuel sera conçu pour la salle de commande.

5) Appareillages

L'appareillage au niveau des réservoirs est principalement destiné au calcul des volumes d'eau reçus, des volumes réservés et du niveau d'eau. Dans le cadre de ce Projet, l'EC est calculé en continu à la sortie des réservoirs pour contrôler le niveau TDS. Le niveau d'eau dans les réservoirs est mesuré au moyen de compteur d'eau immergé (type pression), un matériel simple et de haute précision. Les résidus de chlore au réservoir sont surtout mesurés manuellement. Néanmoins, des compteurs de chlore pourraient être installés pour parer aux urgences.

6) Ouvrages de suivi et de contrôle

Les ouvrages de suivi et de contrôle au niveau de la chambre de commande sont conçus pour collecter des données sur i) le niveau d'eau et le taux d'écoulement au niveau de chaque réservoir ii) les conditions de fonctionnement des pompes et iii) système d'alarme à travers le calcul à distance et la communication sans fil. La communication des données est intégrée dans SCADA. Le système sans fil emploie l'UHF.

#### **7.4 Coûts de construction pour l'extension d'une ligne d'alimentation électrique de 150kV**

Les coûts de construction d'une ligne d'alimentation électrique de 150 kV sont décrits au tableau 7-3. Les travaux de construction seront réalisés par STEG. Le montant total des travaux doit être pris en charge par la SONEDE. La durée de la construction devrait être soigneusement examinée pour être complétée avant de procéder au test de la station de dessalement d'eau de mer. STEG a estimé les coûts de construction des ouvrages électriques à 7 283 000 DT comprenant les équipements de base tels les disjoncteurs et la supervision des travaux de construction des équipements secondaires.

**Tableau 7-3 Coûts de construction en 150kV pour l'extension des lignes d'alimentation électrique**

Description	Condition
Longueur d'extension (km)	15
Nombre de lignes	2 lignes (principale + secours)
Coût de l'extension (DNT)	7 283 000

Source: Réponse de la STEG à la SONEDE

### 7.5 Phase 1 Projet des différents ouvrages électriques

Phase 1 – le Projet des ouvrages électriques est résumé dans le tableau 7-4.

**Tableau 7-4 Résumé de la Phase 1 du Projet**

Ouvrage	Caractéristiques
Station de dessalement d'eau de mer	
Sous-station	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triphasée, trois lignes, 150kV 50Hz, deux lignes à haute tension (système à boucle)</li> <li>• Sous-station primaire : 1 unité courante, 1 unité de réserve, total 2 unités, tension primaire 150 kV, tension secondaire 30 kV</li> <li>• Sous-station secondaire 1 : Courante – réserve : 2 batteries de condensation, tension alternative du transformateur : 400 V</li> <li>• Sous station secondaire 2 : Courante – réserve – 2 batteries de condensation – tension alternative du transformateur : 6 kV</li> </ul>
Générateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type diesel avec radiateur : capacité 2 000 kVA</li> </ul>
Ouvrage d'opération et de contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charge réduite: centre de commande</li> <li>• Charge importante : Tableau électrique individuel de commande</li> </ul>
Appareillage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume de prise : compteur de flux électromagnétique</li> <li>• Eaux refoulées : compteur de flux électromagnétique</li> <li>• Pression de transmission : Jauge de pression à diaphragme</li> <li>• Niveau d'eau à la station de dessalement, réservoir : compteur d'eau immergé (type pression)</li> <li>• EC dans l'eau brute : résistance électrique</li> <li>• pH à l'eau de transmission : type électrode de verre</li> <li>• Chlore résiduelle dans l'eau refoulée : Type polarographe</li> <li>• Turbidité dans l'eau refoulée : Imprégnation légère et diffuse</li> <li>• Température: Type thermocouple</li> </ul>
Ouvrage de suivi et de contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Système SCADA</li> </ul>
Facilité de pompage	
Sous-station	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une ligne électrique à haute tension de 30kV</li> <li>• Transformateur, 1 unité, tension secondaire 400 V</li> </ul>
Générateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type diesel avec radiateur : capacité 2 500 kVA, 1 250 kVA, 750 kVA</li> </ul>
Ouvrage d'opération et de commande	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tableau de commande électrique</li> </ul>
Appareillage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume d'entrée : compteur de flux électromagnétique</li> <li>• Eaux refoulées : compteur de flux électromagnétique</li> <li>• TDS: Compteur EC</li> <li>• Niveau d'eau : Type pression</li> </ul>
Ouvrage de suivi et de contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Système SCADA</li> </ul>

## CHAPITRE 8 CONSIDERATIONS SOCIO-ENVIRONNEMENTALES

### 8.1 Catégorie du Projet

La JICA classe le Projet dans la catégorie B parmi ses quatre (04) catégories.

### 8.2 Termes de référence de l'étude d'impact

Sur la base du cadrage, l'Equipe d'Etude de la JICA a préparé et soumis le Projet des TDR de l'EIE à effectuer par un consultant local. La SONEDE a discuté avec l'APAL et l'ANPE la base de ce Projet qu'ils ont approuvé et convenu de travailler sur la version finale des TDR. L'Equipe d'Etude de la JICA a finalisé les TDR puis a soumis un Projet du document à la SONEDE. La SONEDE a fait des consultations auprès de l'ANPE et de l'APAL pour avoir leur accord. Une fois leur accord a été donné, la SONEDE a lancé un appel d'offres avant d'établir un contrat avec un consultant local pour effectuer l'EIE, qui était toujours en cours en juin 2015.

Le résumé des termes de référence de l'EIE établis sur la base du cadrage est donné dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 8-1 Résumé des principaux termes de références de l'EIE**

Objectif	Point à étudier	Méthode d'étude
Approche et cadre de l'étude EIE	①Cadre réglementaire et institutionnel de l'EIE ②Méthodologie de l'EIE, approche, planning, personnel	1-Se référer au rapport de cadrage de l'EIE 2-Se référer aux termes de référence de l'EIE
Etablir l'état de référence de l'environnement naturel et social	①Description de l'environnement récepteur : zone du Projet, environnement naturel terrestre et marin, physique et biologique ②Description de la société : population, santé, effets de genre..	1-Rassembler et synthétiser les données et les rapports disponibles 2-Etudes complémentaires sur site de l'environnement marin : ➤ Qualité de l'eau (y-compris plancton) ➤ Description des herbiers marins ➤ Description de l'écosystème ➤ 4 points d'échantillonnage. 2 points au niveau du Projet (A, B sur la figure) et 2 points sur des zones témoins (C,D). ➤ Echantillonnage en été et en hiver

Objectif	Point à étudier	Méthode d'étude
		
Description du Projet	<ul style="list-style-type: none"> <li>①Description des composantes du Projet</li> <li>②Bilan matière du Projet (input/output)</li> <li>③Méthode de construction et d'opération</li> </ul>	1-Se référer au rapport de l'étude préparatoire de ce Projet (ce rapport)
Evaluation des variantes au Projet et au site de Projet	<ul style="list-style-type: none"> <li>①Variantes au Projet</li> <li>②Variantes au site</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-Se référer au rapport de l'étude préparatoire de ce Projet (ce rapport)</li> <li>2-Effectuer des visites sur sites</li> </ul>
Evaluation des impacts sur l'environnement naturel et social	<ul style="list-style-type: none"> <li>①Evaluer les impacts par rapport aux composantes du Projet (en construction et en opération)</li> <li>②Zone impactée par le rejet de saumure et l'impact sur l'environnement marin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-Consulter les documents du référentiel, vérifier chaque item.</li> <li>2-Calculer la zone influencée par le rejet de saumure</li> <li>3-Consulter les documents à propos de la relation entre salinité et toxicité pour le milieu marin</li> </ul>
Mesures d'atténuation et de compensation et coûts liés	<ul style="list-style-type: none"> <li>①Proposer des mesures d'atténuation et de compensation appropriées à chaque impact</li> <li>②Evaluer les coûts et proposer une organisation pour la mise en œuvre de ces mesures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-Depuis l'évaluation des conditions du site et des caractéristiques de l'impact, concevoir des mesures d'atténuation appropriées</li> <li>2-Etablir des conditions de compensation en accord avec les lois et la réglementation en vigueur</li> <li>3-En consultation avec la SONEDE, définir les coûts et l'organisation pour la mise en œuvre des mesures de compensation.</li> </ul>
Plan de surveillance (monitoring)	①Etablissement d'un plan de surveillance : items à surveiller, normes applicables, institutions concernées, coûts, organisation de mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-Définition des méthodes de surveillance pour chaque item à surveiller</li> <li>2-En consultation avec la SONEDE, établissement d'un plan de surveillance</li> </ul>
Consultation des parties prenantes et de la population	<ul style="list-style-type: none"> <li>①Consultation des parties prenantes et réflexion des résultats sur le Projet</li> <li>②Information des populations locales</li> </ul>	1-Organiser des réunions des parties prenantes sur Sfax avec l'objectif d'expliquer les caractéristiques et les impacts du Projet. Se référer à la réunion des parties prenantes déjà organisée au cours de l'étude préparatoire. Evaluer les différentes propositions et refléter les résultats sur le

Objectif	Point à étudier	Méthode d'étude
		Projet. 2-Organiser des réunions d'information de la population locale avec l'objectif d'expliquer les caractéristiques et les impacts du Projet.

Le calendrier provisoire de mise en œuvre du cadrage, la préparation des termes de références et de l'EIE sont montrés dans la figure 8-1 ci-dessous :

Item	In charge	2014		2015						2016					
		10	~	1	2	3	4	5	6	~	5	6	7	8	9
Cadrage et TdR	SONEDE (JICA Survey Team, ANPE, APAL)	█													
Appel d'offres	SONEDE			▼											
Proposition	Consultant de l'EIE				█										
Choix du consultant	SONEDE					█	█	█	█						
Ordre de commencement	SONEDE								▼						
EIE et consultation du public	EIE consultant									█	█	█			
Soumission du rapport à l'ANPE	SONEDE														▼
Approbation de l'EIE	ANPE														█

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 8-1 Calendrier provisoire pour le cadrage, les TdR et l'EIE**

La mise en œuvre de l'EIE est détaillée dans le tableau 8-2 ci-dessous :

Phase de l'étude	Nombre de mois											Rapports		
	1	2	3	4	5	6	7	8	~	12				
Phase 1 : Cadre, état de référence, Projet	█													Intérim 1
Phase 2 : impacts et mesures d'atténuation				█	█	█								Intérim 2
Phase 3 : plan de surveillance							█	█	█					Draft final
Consultation	█													PV des réunions
Etudes complémentaires sur site	- - - - -											Données de base		

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 8-2 Plan de mise en œuvre de l'EIE (proposition)**

De par le fait que chaque étape et rapport intérimaire sera vérifié par le comité de suivi de l'EIE, on peut s'attendre à ce que l'approbation finale par l'ANPE ne soulève que peu de commentaire supplémentaire ou de réserve particulière.

### 8.3 Résultats des investigations socio-environnementales

A la suite des résultats du cadrage, la caractérisation de l'impact lié au rejet de la saumure a fait l'objet d'une simulation. Par ailleurs les données relatives aux herbiers marins de posidonies dans les environs du Projet ont été collectées et analysées.

Une enquête sociale a été menée afin d'évaluer le degré de satisfaction par rapport aux services en eau potable et les impacts sur la société. Enfin une réunion avec les représentants de l'usine à gaz de British Gaz (ci-après BG) a été organisée qui a permis d'identifier les impacts potentiels du Projet sur les activités de pêche. Ces résultats sont rassemblés dans le tableau 8-2.

**Tableau 8-2 Résultats des investigations socio-environnementales**

Critère	Résultats des investigations
Pollution de l'eau	<p>Simulation de la dispersion de la saumure</p> <p>Afin d'estimer l'impact du rejet sur le milieu, environ 73000mg/L au niveau de la tête de rejet, on étudie la dispersion de la saumure dans l'eau de mer environnante. Pour ce faire, on a recouru à un modèle à deux étages :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. D'abord un modèle de jet gravitaire au niveau du champ proche (une dizaine de mètres autour de la tête de rejet) : ce modèle prend en compte la dilution immédiate au niveau du jet par circulation et mélange avec l'eau environnante. Il donne des informations sur la forme du jet, le point de retombée et l'évolution de la concentration au niveau du jet. Il prend en compte la forme, l'inclinaison du tube, le nombre de tubes, la vitesse de rejet.</li> <li>2. Ensuite un modèle de diffusion sur le champ lointain à 2 dimensions suivant l'équation de Joseph Sendner : le modèle s'appuie sur la concentration du jet au niveau de la retombée calculé par le modèle champ proche et calcule la dilution progressive de la salinité par dispersion le long d'une surface plane. Il prend en compte la quantité totale d'eau rejetée ainsi que la hauteur d'eau et la forme de la surface de dispersion.</li> </ol> <p>Ce genre de simulation est largement utilisé au niveau des études préparatoires d'avant-projet de centrales électriques thermiques conventionnelles ou nucléaires (jet flottant), et de centrale de dessalement (jet retombant) ; et dispose de nombreuses références. C'est aussi un modèle qui a été étudié dans plusieurs laboratoires, y-compris sur maquette, dont la validité et l'exactitude ont été confirmées.</p> <p>Conditions de calcul pour ce Projet</p> <p>La simulation s'est basée sur les conditions défavorables en période estivale (salinité du milieu la plus élevée) tel qu'illustré dans le tableau 8.8.2.</p> <p>Quantité de rejet : :244 440m<sup>3</sup>/jour (capacité maximale, phase 2)</p> <p>Vitesse de rejet : :3m/s</p> <p>Nombre de tubes : :4</p> <p>Diamètre du tube : :0,55m</p> <p>Angle du tube depuis l'horizontale : :45deg</p> <p>Hauteur de rejet depuis le sol (centre tube) : :1,3m</p> <p>Courant : : 0,01m/s (*1)</p> <p>(*1)en l'absence de données plus précises, il est fait l'hypothèse péjorative d'un courant minimal.</p> <p>Angle de rejet : :180deg (*2)</p> <p>(*2)Etant donné que le rejet est légèrement plus lourd que l'eau de mer, il a tendance à s'écouler suivant la plus grande pente. Suivant ce phénomène, une tête de rejet à 180deg est donc adoptée.</p>

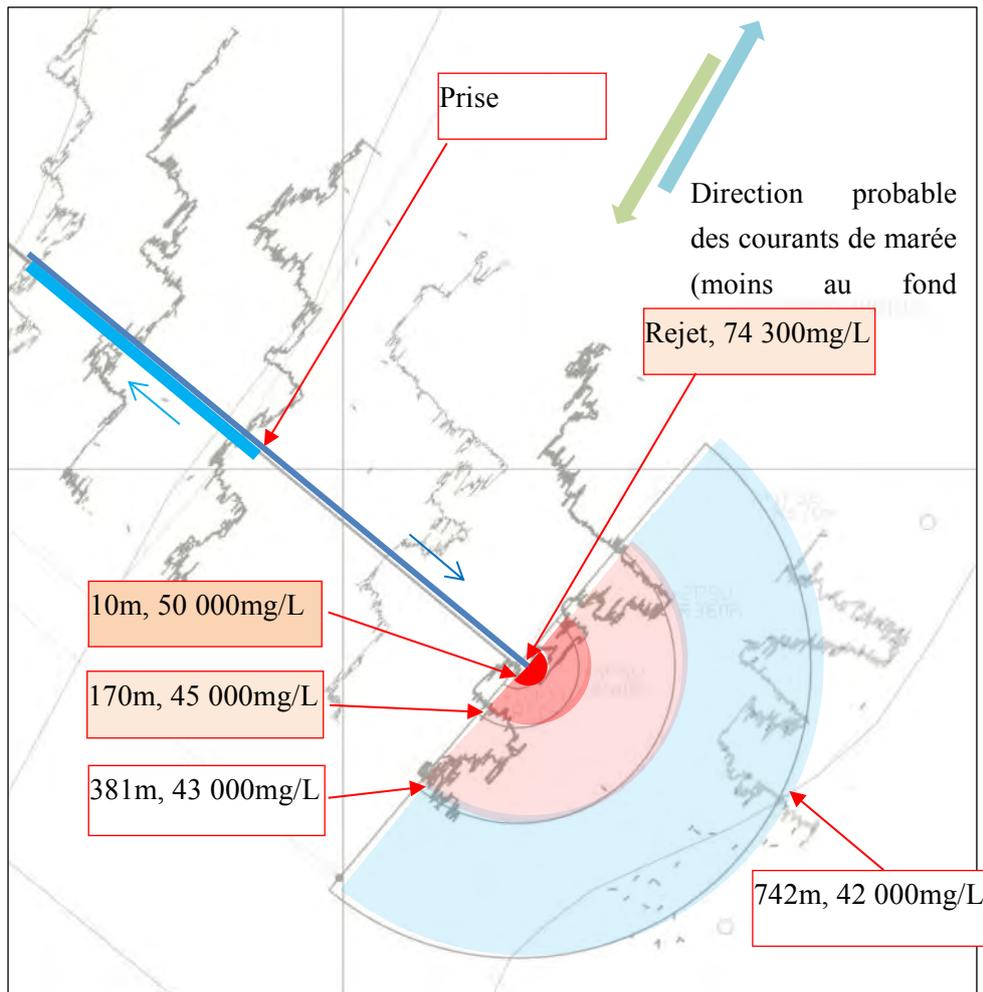
Critère	Résultats des investigations
---------	------------------------------

**Tableau 8-3 Température et salinité**

Mois		Jan-Mars	Avril-Juin	Juil-Août	Sep.-Nov.	Décembre
		Hiver	Printemps	Été	Automne	Hiver
Temp. eau de mer	C	15	25	30	25	15
Temp. rejet	C	15	25	30	25	15
Sali. eau de mer	mg/L	39 000	40 000	41 000	40 000	39 000
Sali. rejet	mg/L	70 800	72 500	74 300	72 500	70 800
Différence	psu	31,8	32,5	33,3	32,5	31,8

Source: Equipe d'Etude de la JICA

Les résultats sont illustrés sur la figure ci-dessous en page suivante :



Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 8-1 Résultats de la simulation de la dispersion de la saumure**

La salinité en fonction de la distance à la tête de rejet est représentée sur le graphe ci-dessous :

Critère	Résultats des investigations												
	<div data-bbox="523 248 1235 591" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>Data points for Figure 8-2</caption> <thead> <tr> <th>Distance</th> <th>Salinité TDS mg/L</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>75000</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>50000</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>45000</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>44000</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>43000</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p data-bbox="528 595 879 622">Source: Equipe d'Etude de la JICA</p> <p data-bbox="475 624 1286 656"><b>Figure 8-2 Salinité en fonction de la distance à la tête de rejet</b></p>	Distance	Salinité TDS mg/L	1	75000	10	50000	100	45000	200	44000	500	43000
Distance	Salinité TDS mg/L												
1	75000												
10	50000												
100	45000												
200	44000												
500	43000												
Habitats naturels	<p data-bbox="355 683 802 710">Etat des lieux des herbiers de posidonies</p> <p data-bbox="355 712 1406 833">Les données concernant l'état des herbiers de posidonies (et cymodocae) sur le gouvernorat de Sfax ont été fournies gracieusement par l' INSTM (K.Ben Mustapha) sur la base de l'étude Banque Mondiale de 2008. L'analyse SIG de ces données permet de dresser l'état des lieux ci-dessous :</p> <p data-bbox="355 835 1406 898">Sur le gouvernorat de Sfax, l'état de lieux des herbiers de posidonies se dresse de la façon suivante :</p> <ul data-bbox="355 900 1406 1048" style="list-style-type: none"> <li>▪ Aire de couverture : env. 130 000ha (zone verte ci-dessus, englobant les zones sondées)</li> <li>▪ Taux de couverture moyen (hypothèse basse) : 40% =&gt; surface des herbiers = 0,4x130 000 = 52 000ha</li> <li>▪ Taux de couverture moyen (hypothèse haute) : 60% =&gt; surface des herbiers = 0,6x130 000 = 78 000ha</li> </ul> <p data-bbox="355 1052 1011 1081">Relation entre le taux de salinité et la survie de la posidonie</p> <p data-bbox="355 1084 1406 1263">La relation entre le taux de salinité et la survie de la posidonie a été étudiée dans « Fernandez-Torquemada, Y., Sanchez-Lizaso, "Effects of salinity on leaf growth and survival of the Mediterranean seagrass Posidonia oceanica", 2005 ». Selon cette source, la survie de l'herbier n'est pas possible au-delà de 50 000mg/L. Néanmoins, on peut considérer que dès 45 000mg/L le milieu est nocif sur le long terme. C'est ainsi que l'on peut dresser l'étendue de l'impact du Projet sur les herbiers de posidonie :</p> <ul data-bbox="355 1265 1406 1509" style="list-style-type: none"> <li>▪ Impact dû à la construction de la conduite de prise et de rejet : 34m (largeur de l'excavation) ×4000m(longueur moyenne de la conduite)×80%(taux de couverture des herbiers au niveau de la conduite) = 11,2ha (note : une récupération partielle est possible au-dessus de la conduite sur les années suivantes)</li> <li>▪ Impact dû au rejet de saumure : salinité &lt; 45000mg/L =&gt; rayon &gt; 200m =&gt; surface impactée : <math>3,1416 \times 200^2 / 2 \times 80\% = 5ha</math> (le choix du taux de couverture à 80% est péjoratif pour ce calcul car il augmente la surface impactée)</li> </ul> <p data-bbox="355 1543 930 1572">Effets du dessalement à l'échelle du Golfe de Gabès</p> <p data-bbox="355 1574 1406 1637">Au niveau du Golfe de Gabès, 4 projets de stations de dessalement d'eau de mer sont en cours :</p> <ul data-bbox="355 1639 866 1758" style="list-style-type: none"> <li>▪ Sfax (ce Projet) : 200 000m<sup>3</sup>/jour à terme</li> <li>▪ Djerba : 75 000m<sup>3</sup>/jour à terme</li> <li>▪ Zarat : 100 000m<sup>3</sup>/jour à terme</li> <li>▪ Kerkennah : 6 000m<sup>3</sup>/jour à terme</li> </ul> <p data-bbox="355 1760 1294 1789">C'est donc un total de 381 000m<sup>3</sup>/jour au niveau du Golfe de Gabès à l'horizon 2030.</p> <p data-bbox="355 1792 1406 2000">L'étendue du Golfe de Gabès est d'environ 12 000km<sup>2</sup> et si l'on prend une évaporation annuelle moyenne de 1,788m/an (réf. Institut National de la Météorologie), alors on obtient un volume d'eau évaporée de 12 000 000,000m<sup>2</sup> x 1,788m / 365jour = 58 800 000m<sup>3</sup>/jour. 3) Le dessalement d'eau de mer représentera donc à terme 381 000 / 58 800 000 = 0,6% de l'évaporation au niveau du Golf de Gabès (en faisant péjorativement abstraction des apports supplémentaires en eau douce constitués par les rejets des stations d'épuration suite à l'augmentation des quantités d'eaux distribuées, par ailleurs toutes choses égales). Par</p>												

Critère	Résultats des investigations																																
	<p>conséquent, au-delà de l'impact au niveau du point de rejet, son influence sur le système écologique du Golfe de Gabes est relativement faible.</p> <p>Enfin, le Projet le plus proche de la station de Sfax est celui de Kerkennah situé à environ 40km, donc les eaux de rejet des deux stations ne se rencontreront pas et leur influence combinée sur le système écologique est négligeable dû à l'effet de dilution.</p>																																
Moyens de subsistance, pauvreté, vulnérabilité	<p>Activités de pêche côtière à proximité du site de la station de dessalement</p> <p>En 2004 la pêche du Gouvernorat de Sfax représentait 47% de l'activité tunisienne, et le port de Sfax est le plus important port de pêche tunisien (avec une prise annuelle d'environ 15000t). Les méthodes de pêche pratiquées à Sfax sont présentées dans le tableau ci-dessous.</p> <p style="text-align: center;"><b>Tableau 8-4 Méthodes de pêche dans la région de Sfax</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Méthode</th> <th>Embarcation</th> <th>Cible</th> <th>Zone</th> <th>Statut</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ramassage côtier</td> <td>-</td> <td>Crustacés, mollusques</td> <td>Plage, littoral</td> <td>Autorisée</td> </tr> <tr> <td>Pêche à la ligne</td> <td>Barques à voile ou motorisée (1 à 2 pêcheurs)</td> <td>Seiche, daurade</td> <td rowspan="2">Herbiers de posidonies (Prof.2à10m)</td> <td>Autorisée</td> </tr> <tr> <td>Pêche au filet (statique)</td> <td>Barques à voile ou motorisée (2 à 5 pêcheurs)</td> <td>Poulpe, seiche, crevette, daurade, sole</td> <td>Autorisée</td> </tr> <tr> <td>Piégeage</td> <td>Barques à voile ou motorisée (1 à 2 pêcheurs)</td> <td>Poulpe, mulet</td> <td rowspan="3">Canal Sfax-Kerkennah (Prof.&gt;10m)</td> <td>Autorisée</td> </tr> <tr> <td>Pêche à la senne tournante</td> <td>Bateau motorisé (6 à 8 pêcheurs)</td> <td>Thon, sardine</td> <td>Autorisée (Prof.&gt;20m)</td> </tr> <tr> <td>Pêche au mini-chalut (« kiss »)</td> <td>Barques à voile ou motorisée (1 à 6 pêcheurs)</td> <td>Poulpe, seiche, crevette, daurade, sole</td> <td>Interdite</td> </tr> </tbody> </table> <p>Source : rapport SMAPIII, ville de Sfax (étude d'impact : rapport sur l'environnement marin)</p> <p>Impact de la construction des conduites de prise et de rejet sur les activités de pêche, l'exemple de British Gaz</p> <p>A proximité du site de la station se trouve l'usine à gaz de British Gaz (ci-après BG). Concernant les pipelines gaziers qui relient les plateformes offshore d'extraction à l'usine, les remarques suivantes peuvent être faites :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Suivant les coordonnées des pipelines, ceux-ci ne traversent pas le projet de l'usine de dessalement ni les conduites en mer :</li> <li>2) A l'occasion de la construction d'un nouveau pipeline en 2008, les problèmes suivants sont apparus : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La direction de déplacement des barques à voile étant conditionnée par le vent, la limite constituée par la zone de construction du pipeline ne permettait plus l'accès à certaines zones de pêche.</li> <li>2. La pêche par ramassage est pratiquée dans la zone du Projet par les femmes de la région. Du fait de l'augmentation de la turbidité lors des opérations d'excavation en mer, la qualité des coquillages a été affectée réduisant les ventes.</li> </ol> </li> <li>3) Afin d'agir sur ces différents problèmes, BG a mise en place une campagne de compensation dont le résumé est le suivant : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pendant la période de la construction des 5 premiers kilomètres du pipeline, paiement d'une compensation pour les populations touchées sur une base mensuelle.</li> <li>2. Par barque ou bateau, 300 DT pour le capitaine et 150 DT pour les équipiers.</li> <li>3. Environ 30 DT pour les ramasseuses.</li> </ol> </li> <li>4) 4 personnes de BG ont été occupées pendant 6 mois à hauteur de 30% sur ces problèmes.</li> </ol> <p>On prévoit des travaux de nature similaire pour les conduites de prise et de rejet de la station. Afin de prévenir tout problème, il apparaît donc nécessaire de consulter les pêcheurs et la population locale, expliquer les méthodes de construction, et définir un programme de</p>	Méthode	Embarcation	Cible	Zone	Statut	Ramassage côtier	-	Crustacés, mollusques	Plage, littoral	Autorisée	Pêche à la ligne	Barques à voile ou motorisée (1 à 2 pêcheurs)	Seiche, daurade	Herbiers de posidonies (Prof.2à10m)	Autorisée	Pêche au filet (statique)	Barques à voile ou motorisée (2 à 5 pêcheurs)	Poulpe, seiche, crevette, daurade, sole	Autorisée	Piégeage	Barques à voile ou motorisée (1 à 2 pêcheurs)	Poulpe, mulet	Canal Sfax-Kerkennah (Prof.>10m)	Autorisée	Pêche à la senne tournante	Bateau motorisé (6 à 8 pêcheurs)	Thon, sardine	Autorisée (Prof.>20m)	Pêche au mini-chalut (« kiss »)	Barques à voile ou motorisée (1 à 6 pêcheurs)	Poulpe, seiche, crevette, daurade, sole	Interdite
Méthode	Embarcation	Cible	Zone	Statut																													
Ramassage côtier	-	Crustacés, mollusques	Plage, littoral	Autorisée																													
Pêche à la ligne	Barques à voile ou motorisée (1 à 2 pêcheurs)	Seiche, daurade	Herbiers de posidonies (Prof.2à10m)	Autorisée																													
Pêche au filet (statique)	Barques à voile ou motorisée (2 à 5 pêcheurs)	Poulpe, seiche, crevette, daurade, sole		Autorisée																													
Piégeage	Barques à voile ou motorisée (1 à 2 pêcheurs)	Poulpe, mulet	Canal Sfax-Kerkennah (Prof.>10m)	Autorisée																													
Pêche à la senne tournante	Bateau motorisé (6 à 8 pêcheurs)	Thon, sardine		Autorisée (Prof.>20m)																													
Pêche au mini-chalut (« kiss »)	Barques à voile ou motorisée (1 à 6 pêcheurs)	Poulpe, seiche, crevette, daurade, sole		Interdite																													

Critère	Résultats des investigations
	compensation adéquat.
Patrimoine culturel	La carte des vestiges présents dans la zone du Projet établie sur la base du répertoire de l'INP (l'Institut National du Patrimoine) est montrée ci-dessous.

Source: Equipe d'Etude de la JICA

#### 8.4 Evaluation des impacts

Suivant les résultats de la partie 8.3 ci-dessus, les différents impacts du Projet sont évalués pour chaque composante d'évaluation tel que décrit dans le tableau 8-5 :

**Tableau 8-5 Evaluation des impacts : installations de dessalement**

Catégories		Critères d'impact	Evaluation		Confirmation		Justification
			Phase de construction	Phase d'exploitation	Phase de construction	Phase d'exploitation	
Pollution	1	Pollution de l'air / poussières	C	D	D	D	En construction : - Aucun terrassement ou travail de revêtement de grande envergure n'est prévu, les terrains environnants sont des champs, des routes ou des plages, les poussières sont issues des terrains locaux, il n'y a donc pas d'impact particulier.
	2	Pollution de l'eau	C-	C-	D	D	En construction : - La turbidité va augmenter temporairement du fait des travaux d'excavation en mer, cependant cette turbidité étant issue des sédiments existants, il ne s'agit pas d'une pollution de l'eau de mer (les impacts sur les activités de pêche sont décrits plus bas) En exploitation: - Du fait de la dilution du rejet, la salinité retombe à +1000mg/L (soit +2%) de la salinité naturelle à environ 750m de la tête de rejet, il ne s'agit donc pas d'une situation dangereuse pour les activités humaines. (Selon la norme NT106-002, dans le cas de rejet en mer, les concentrations en Na et Cl ne sont pas limitées, voir tableau 8.11-2). (les impacts sur les habitats naturels sont décrits plus bas) - En tenant compte de la capacité nominale des 4 stations de dessalement d'eau de mer prévues dans le golfe de Gabès, la prise d'eau cumulée sera d'environ 0,6% de la perte d'eau par évaporation à l'échelle du golfe, il n'y aura donc pas d'impact à ce niveau.
Environnement	10	Habitats naturels	B-	C-	B-	B-	En construction : - Du fait des travaux d'excavation en

Caté- gories		Critères d'impact	Evaluation		Confirmation		Justification
			Phase de constru- ction	Phase d'explo- itation	Phase de constru- ction	Phase d'explo- itation	
naturel et risques naturels							mer, environ 11,2ha d'herbiers marins de posidonies seront perdus, ce qui générera un impact sur le milieu marin, cependant en comparaison des 52 000ha d'herbiers vivant le long de la côte sfaxienne, il ne s'agit pas d'un impact à grande échelle, et une récupération partielle sera possible sur le long terme au-dessus des conduites. - Le taux de couverture des herbiers dans la zone des conduites est d'environ 60% à 80%, un dépôt de déblai d'excavation dans la zone risquerait de générer des pertes d'herbiers supplémentaires, c'est pourquoi l'impact dépend du choix du site de dépôt des 102,000m3 de déblais en excès. En exploitation : - La zone d'impact définitive du rejet est estimée à 5,0ha environ, cependant en comparaison des 52 000ha d'herbiers vivant le long de la côte sfaxienne, il ne s'agit pas d'un impact à grande échelle.
	11	Hydrologie	C-	D	D	D	En construction : - Après l'excavation, les conduites sont apportées sur le site par flottaison, et mises en place par tronçon au fond de la fouille, il n'y aura donc pas d'impact sur les courants marins.
Environne- ment humain et société	14	Moyens de subsistance, pauvreté, vulnérabilité	C-	D	B-	D	En construction : - Suivant l'expérience de British Gas, il est possible que la construction des conduites génère un impact sur les activités de pêche.
	16	Economie locale / emploi	B+	B+	B+	B+	En construction : -Augmentation de l'emploi local; - Possibilité de contrats en sous-traitance avec des fournisseurs locaux En exploitation: - Possibilité de recrutement au niveau de la station - Opportunités de sous-traitance avec des fournisseurs locaux
	18	Ressources en eau	D	B+/C+	D	B+/D	En exploitation : - Même si certaines maladies liées à l'eau (calculs rénaux) peuvent être identifiées, le lien de cause à effet avec la qualité de l'eau distribuée n'est pas établi.
	19	Infrastructures publiques et services	D	B+	D	B+	En exploitation : - Le Projet améliorera la quantité et la qualité de l'eau potable

Caté- gories	Critères d'impact	Evaluation		Confirmation		Justification	
		Phase de constru- ction	Phase d'explo- itation	Phase de constru- ction	Phase d'explo- itation		
	sociaux						
	22	Conflits locaux d'intérêts	D	B+	D	B+	En exploitation: - L'ouvrage du Projet est situé au Grand Sfax qui en tirera tous les profits - Ce Projet réduira l'exploitation des eaux provenant du nord ce qui aura un effet positif pour la prévention de conflits entre les régions.
	23	Patrimoine historique et culturel	C-	D	D	D	En construction : - Tel que montré sur la figure 8.8-9, aucun vestige n'est présent sur le site de la station. Les conduites d'adduction étant le long de routes existantes, la probabilité de découvrir des vestiges est très faible. Enfin les fondations des pylônes électriques sont très réduites (4 pieux de 0.8 m de diamètre) en surface et le tracé est modifiable en case de découverte importante. - Du fait que les résultats des forages géotechniques n'aient rencontré aucune strate dure sur la zone du Projet, la probabilité d'un vestige archéologique étendu est très limitée.
	25	Genre	D	C+	D	D	En exploitation : - Le Projet permettra certes une augmentation de la production et donc de la possibilité de branchement, cependant le taux de branchement à l'eau potable sur Sfax est très élevé, les éventuels impacts positifs sur la condition féminine seront donc très limités.
	28	Santé professionnell e /sécurité sur le lieu de travail	D	C-	D	D	En exploitation : - Les stations de la SONEDE en opération utilisent déjà des produits chimiques similaires, le personnel a donc déjà l'expérience dans la gestion des fuites et des aléas.
Autres	30	Effets transfrontalier s ou changement climatique	D	C-	D	D	En exploitation : - La consommation tunisienne en électricité pour l'année 2013 a été de 14 379GWh ( <a href="https://www.steg.com.tn">https://www.steg.com.tn</a> ), la consommation de la station : 143GWh représentera donc 1% et moins de la consommation nationale, l'augmentation des émissions de CO <sub>2</sub> à l'échelle nationale est donc très limitée.

A+/-: Un impact significatif positif/négatif est prévisible

B+/-: Un impact positif/négatif est prévisible dans une certaine mesure

C+/-: L'impact n'est pas connu (des études complémentaires sont à menées pour affiner l'évaluation)

D: Aucun impact n'est envisagé

**Tableau 8-6 Evaluation des impacts : installations d'adduction**

Caté- gories		Critères d'impact	Evaluation		Confirmation		Justification
			Phase de construc- tion	Phase d'explo- itation	Phase de construc- tion	Phase d'explo- itation	
Pollution	1	Pollution de l'air / poussières	C	D	D	D	En construction : - Aucun terrassement de grande envergure n'est prévu, les terrains environnants sont des champs, le littoral et une route, les poussières sont issues des terrains locaux, il n'y a donc pas d'impact particulier.
Environnement naturel et risques naturels	12	Morphologie et géologie	C-	D	D	D	En construction : - La construction des conduites d'adduction générera 60 000m <sup>3</sup> de déblais en excès, cependant une partie pourra être réutilisée sur le site de la station de dessalement qui nécessite un remblaiement. Par ailleurs, plusieurs sites de dépôt à proximité de Sfax sont disponibles, donc il n'y aura donc pas d'impact notable sur les sols.
Environnement humain et société	16	Economie locale / emploi	B+	B+	B+	B+	En construction : -Augmentation de l'emploi local; - Possibilité de contrats en sous-traitance avec des fournisseurs locaux En exploitation: - Opportunités de sous-traitance avec des fournisseurs locaux
	17	Utilisation des sols et des ressources locales	C-	D	B-	D	En construction : - De façon générale, les conduites seront installées dans l'emprise des routes existantes, toutefois des acquisitions de terrain seront nécessaires à plusieurs endroits et pour les ballons anti-béliers.
	19	Infrastructures publiques et services sociaux	D	B+	D	B+	En exploitation : - Le Projet améliorera la quantité et la qualité de l'eau potable
	21	Répartition des bénéfices, équité sociale	B+	B+	B+	B+	En exploitation: - L'ouvrage du Projet est situé au Grand Sfax qui en tirera tous les profits
	22	Conflits locaux d'intérêts	D	B+	D	B+	En exploitation: - L'ouvrage du Projet est situé au Grand Sfax qui en tirera tous les profits - Ce Projet réduira l'exploitation des eaux provenant du nord ce qui aura un effet positif pour la prévention de conflits entre les régions.

A+/-: Un impact significatif positif/négatif est prévisible

B+/-: Un impact positif/négatif est prévisible dans une certaine mesure

C+/-: L'impact n'est pas connu (des études complémentaires sont à menées pour affiner l'évaluation)

D: Aucun impact n'est envisagé

**Tableau 8-7 Evaluation des impacts : alimentation électrique**

Catégories		Critères d'impact	Evaluation		Confirmation		Justification
			Phase de construction	Phase d'exploitation	Phase de construction	Phase d'exploitation	
Pollution	1	Pollution de l'air / poussières	C	D	D	D	En construction : - 40 pylônes électriques seront installés. Ce travail nécessite l'usage de grues et des véhicules de transport. Il n'y aura pas de grands travaux de déblayage et le site est entouré d'une toutes et de fermes. A part la poussière, il n'y aura aucun impact sur l'environnement.
Environnement humain et société	14	Moyens de subsistance, pauvreté, vulnérabilité	C-	D	B-	D	En construction : - Avec l'acquisition de terrains de 10 mx 10 m chacun pour les pylônes électriques et un espace supplémentaire pour les travaux de construction, il est fort probable d'avoir des impacts sur les terres agricoles comme il sera nécessaire d'abattre des oliviers.
	17	Utilisation des sols et des ressources locales	C-	D	B-	D	En construction : - L'acquisition de terres de 10 mx 10 m chacun pour des tours de transmission de puissance. Y compris l'espace supplémentaire pour les travaux de construction, il ya une forte possibilité d'impacts sur les terres agricoles.
	24	Paysage	D	C-	D	D	En exploitation : - Le site archéologique de Thyna est à plus de 10km et la médina en centre ville est encore plus éloignée, la ligne est située dans des champs d'olivier, son impact visuel sur les zones touristiques est donc très limité. Le tracé de la ligne traverse des champs sans aucun impact sur le paysage.

A+/-: Un impact significatif positif/négatif est prévisible

B+/-: Un impact positif/négatif est prévisible dans une certaine mesure

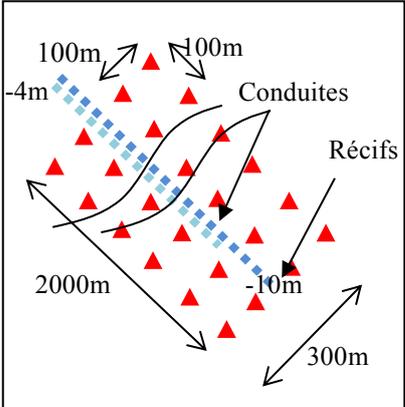
C+/-: L'impact n'est pas connu (des études complémentaires sont à menées pour affiner l'évaluation)

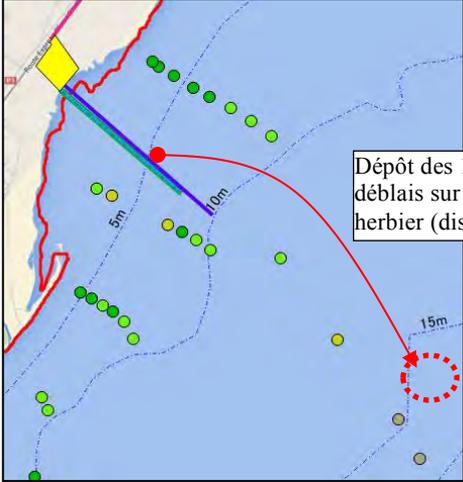
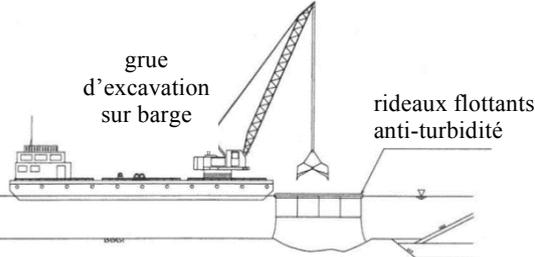
D: Aucun impact n'est envisagé

### 8.5 Mesures d'atténuation et coûts de mise en œuvre

Pour chaque impact ayant été évalué à B- dans la partie 8.4 précédente, les mesures d'atténuation suivantes sont proposées.

**Tableau 8-8 Suggestion de mesures d'atténuation**

No.	Impact	Mesures d'atténuation	Entité de mise en œuvre	Entité de surveillance	Coûts
En construction					
1	Pertes des herbiers marins lors de l'excavation des conduites de prise et de rejet (~12ha)	<p>Afin de protéger efficacement les herbiers marins et les écosystèmes connexes, on peut disposer des récifs artificiels sur la zone du Projet. Ces récifs sont aussi une protection contre la pêche au mini-chalut. De plus cette technique de valorisation des ressources est déjà mise en œuvre par la DGPA dans le golfe de Gabès.</p> <p>Un exemple de disposition des récifs le long des conduites pour ce Projet est proposé ci-dessous :</p>  <p>Source : Equipe d'Etude JICA</p> <p><b>Figure 8-5 Plan de disposition de récifs artificiels (exemple)</b></p> <p>On a donc <math>4 \times 21 = 84</math> récifs, chaque récif est constitué de 8 blocs de béton de 1t ce qui donne <math>84 \times 8 \text{ t} = 672 \text{ t}</math> soit <math>280 \text{ m}^3</math> de béton armé. On estime le taux d'armatures à <math>100 \text{ kg/m}^3</math> soit 28t. Le coût d'<math>1 \text{ m}^3</math> de béton est de 477USD et les armatures mise en place 673USD/t. On obtient donc un coût estimatif d'environ <math>280 \times 477 + 28 \times 673 \sim 152\,000 \text{ USD}</math> pour une zone protégée de 60ha.</p> <p>En conclusion: Les mesures d'atténuation envisageables pour les herbiers sont: 1) le replantage artificiel 2) la mise en place de récifs artificiels. Etant donné les expériences existantes dans le golfe de Gabès, la mise en place de récifs artificiels est une solution qui paraît réalisable et adaptée et est donc sélectionnée dans le cadre de ce rapport.</p>	Entreprise de construction	SONEDE / INSTM / ANPE	JPY 18,18 Millions (15 000 USD)
2	Impact du dépôt des déblais en excès (~50 000m <sup>3</sup> )	Il est souhaitable de déposer les déblais en excès sur une zone sans herbiers marins, Tel qu'illustré sur la carte ci-dessous.	Entreprise de construction	SONEDE / INSTM / ANPE	JPY 60,76 millions (508 000 USD)

No.	Impact	Mesures d'atténuation	Entité de mise en œuvre	Entité de surveillance	Coûts
		 <p data-bbox="440 790 762 817">Source : Equipe d'Etude JICA</p> <p data-bbox="440 822 874 887"><b>Figure 8-6 Plan de dépôt en mer (exemple)</b></p> <p data-bbox="440 909 957 999">Les coûts de transport et de mise en dépôt s'élevant à environ 5USD/m<sup>3</sup>, les coûts sont de 101 600m<sup>3</sup> × 5USD/m<sup>3</sup> = 508 000USD.</p> <p data-bbox="440 1003 944 1088">Note : une étude détaillée du recouvrement en herbiers de la zone peut permettre de réduire cette distance.</p>			
3	Impact de la construction des conduites sur les activités de pêche	<p data-bbox="440 1099 957 1368">Après une explication détaillée des méthodes de construction auprès des pêcheurs de la zone, on peut mettre en œuvre une protection anti-turbidité, et suivant le besoin un plan de compensation financière. Un exemple de protection anti-turbidité est montré ci-dessous. En considérant des coûts unitaires pratiqués au Japon on arrive à JPY200millions pour une protection toute longueur.</p>  <p data-bbox="440 1637 740 1664">Source : Equipe d'Etude JICA</p> <p data-bbox="440 1668 916 1733"><b>Figure 8-7 Protection anti-turbidité (exemple)</b></p> <p data-bbox="440 1756 963 1995">Le port de pêche le plus près de la zone est celui de Mahrès à environ 10km au Sud-Ouest. On suppose que 20 bateaux et 100 ramasseuses sont concernés par la pêche dans la zone des conduites, et que la période nécessaire à l'excavation dans la zone littorale est de 6 mois, celle nécessaire à la pose des conduites est de 1 an. On se base sur l'exemple de BG, on</p>	<p data-bbox="992 1099 1128 1395">Explications des méthodes et mesures anti-turbidité : Entreprise de construction</p> <p data-bbox="992 1429 1098 1518">Compensation : SONEDE</p>	SONEDE / UTAP	<p data-bbox="1310 1099 1414 1245">Mesures anti-turbidité: JPY200 millions</p> <p data-bbox="1310 1279 1414 1458">Compensations : JPY9,89 millions (TND 162 000)</p>

No.	Impact	Mesures d'atténuation	Entité de mise en œuvre	Entité de surveillance	Coûts
		arrive aux estimations suivantes pour le montant des compensations : 12 mois × 20 bateaux × (300 DT+2×150 DT) + 6 mois × 100 personnes × 30 DT = 162 000 DT.			
4	Acquisitions des terrains pour les installations d'adduction et la ligne haute tension	L'acquisition des terrains et les compensations sont à effectuer selon la loi tunisienne 2003-26.	Direction juridique et des acquisitions foncières de la SONEDE et de la STEG	SONEDE / MA	Voir le chapitre 9.
<b>En exploitation</b>					
5	Impact permanent du rejet sur les herbiers marins	L'impact autour de la tête de rejet apparaît inévitable. Les mesures d'atténuation seront donc des mesures d'accompagnement effectuées en dehors du site de rejet. Les mesures envisagées sont 1) le replantage artificiel 2) l'installation de récifs artificiels. Pour les mêmes raisons que citées plus haut, l'installation de récifs artificiels est préférée. Le plan d'installation proposé est montré sur la figure 8-5 et les coûts sont estimés à 152 000 USD. De plus, du fait du caractère permanent de l'impact, la surveillance des herbiers marins devient nécessaire. Un plan de surveillance est proposé dans la partie 8.6.	-	-	-

Source : Equipe d'Etude JICA

Les mesures d'atténuation proposées ci-dessus représentent un investissement d'environ JPY 250 millions hors acquisitions foncières comme le montre le tableau 8-9. Ce coût constitue une partie du Projet. Si on considère que le coût total du Projet est 50 milliards de Yens les coûts d'atténuation représentent alors 0,6% du montant du Projet.

**Table 8-9 Coût des mesures d'atténuation**

Mesures d'atténuation	Coût	Coût (équivalent Yen) (1 USD=JPY119,6) (1 DT=JPY61,02)	Désignation
Récifs artificiels	USD152 000	JPY18 179 000	Coût de construction
Dépôt des matériaux en excès	USD508 000	JPY60 757 000	Coût de construction
Prévention de la turbidité	JPY200 million	JPY200 000 000	Coût de construction
Compensation aux pêcheurs	TND162 000	JPY9 890 000	Compensation

### 8.6 Plan de surveillance

Ce Projet impactant principalement l'environnement marin, il est nécessaire de surveiller l'état des herbiers marins et la qualité de l'eau de mer. En Tunisie, la norme NT106-002 régleme les rejets

dans l'environnement naturel.

La surveillance de la qualité de l'eau pendant la construction des conduites s'effectuera par des mesures mensuelles de la turbidité (ainsi qu'également le pH, la température et la conductivité électrique) le long des conduites (1 endroit) et au niveau de la plage (1 endroit). Après le démarrage de l'exploitation, on effectuera les mesures de la qualité de l'eau au point de rejet pour les items de la norme présentés ci-dessus (deux fois par an pour la première année, une fois par an pour les deux années suivantes en un endroit).

**Tableau 8-10 Plan de surveillance**

Aspect environnemental	Critères	Lieu	Fréquence	Entité responsable
Phase de construction				
Qualité d'eau	Turbidité, PH, Température, conductivité électrique	Le long de la conduite et long de la côte Total 2 endroits	Tous les mois	SONEDE
Habitats naturels (Herbiers de posidonie)	Critères du tableau 8-11	2 endroits à proximité de la conduite et 1 endroit à proximité du lieu de dépôt Total 3 endroits	Deux fois par an	SONEDE (+INSTM)
Phase d'exploitation				
Qualité d'eau	Critères du Norme NT106-002 pour les rejets en mer	A proximité de la tour de rejet 1 endroit	Deux fois pour la première année, une fois par an pour les deux années suivantes	SONEDE
Habitats naturels (Herbiers de posidonie)	Critères du tableau 8-11	Récifs artificiels (1 endroit), point de rejet, 200m à partir du rejet, 1000m à partir du rejet Total 4 endroits	Quatre fois pour la première année et deux fois par an pour les deux années suivantes	SONEDE (+INSTM)

Source : Equipe d'Etude JICA

**Tableau 8-11 Paramètres de surveillance des herbiers marins à *posidonia oceanica***

Paramètre	Remarque
Pression Herbivore (Herb)	L: % de feuilles avec herbivores
Recouvrement algues invasives	T: % recouvrement de ces algues tel <i>C.racemosa</i> sur 3 transects de 20m
Recouvrement de l'herbier (Cover)	T: % Taches d'herbiers vivants sur 3
Recouvrement mattes mortes	T: % de mattes mortes sur 3 transects de 20 m
Densité des faisceaux transects	T: Nombre de faisceaux vivants par quadrat de 40x40 cm <sup>2</sup> au hasard
Rhizomes plagiotropes (Pl rhi)	T: % par quadrat (3) de 40x40 cm <sup>2</sup> au hasard
Biomasse des faisceaux	Poids sec des feuilles sans épiphytes (gr/faisceaux)
Surface des feuilles par faisceaux (Shoot FS)	L: Superficie des feuilles (LAI) (cm <sup>2</sup> shoot21)
Longueur et largeur des feuilles (Leaf L)	L: moyenne par type de feuilles et par faisceaux (cm)
Autres	-

Source : INSTM, Ben Mustapha

Afin de présenter efficacement les résultats de la surveillance, il serait utile d'utiliser le formulaire de surveillance.

## **8.7 Réunion des parties prenantes**

Si la réglementation tunisienne ne spécifie pas formellement l'obligation de consultation dans l'implémentation des projets, c'est une pratique déjà courante et qui est de plus recommandée par les directives de la JICA. Afin de tenir compte des avis des personnes concernées par le Projet, la tenue d'une réunion des parties prenantes a été souhaitée par le comité de pilotage du Projet.

Cette réunion s'est tenue lorsque les composantes du Projet ont pu être fixées. L'objet étant d'expliquer les grandes lignes du Projet ainsi que les travaux de cadrage de l'étude d'impact. Les participants sont venus des organisations concernées (ANPE, APAL, ONAS, ANGED...), des autorités locales (la ville de Sfax, le Gouvernorat, association des pêcheurs, association des agriculteurs) ainsi que des organisations non-gouvernementales. La politique relative à l'acquisition de terrains et à la compensation a été expliquée verbalement. L'invitation à la réunion a été annoncée sur des posters et affiches au siège de la SONEDE, à l'université et au siège du Gouvernorat.

Les commentaires ci-dessus sont reflétés dans le Projet de la manière suivante :

- Plusieurs institutions sont déjà impliquées dans la préparation de l'EIE (ANPE, APAL, INSTM, etc), mais lors de l'implémentation de l'EIE l'université de Sfax et les antennes locales de l'ANPE, APAL et INSTM pourront être impliquées.
- L'expérience de BG implique la mise en œuvre au niveau de la construction d'une collaboration avec les pêcheurs locaux et l'UTAP pour expliquer les méthodes de construction et définir un programme de compensation le cas échéant.
- Le développement du Projet s'accompagne de mesures d'amélioration du système existant tout en évaluant le système de manière globale et intégrée.

Lors de l'implémentation de l'EIE (courant 2015), des réunions des parties prenantes et d'information de la population organisées par la SONEDE auront lieu au niveau des communautés concernées par le Projet. Il serait opportun d'organiser ces réunions d'information et d'explication dans les lieux concernés par l'acquisition de terrains ou par les travaux de construction, c.à.d à Mahres (un site), Agareb (deux sites) et à Sfax Sud (deux sites). Lors de ces réunions, il faut expliquer et discuter la teneur du Projet (y iclu l'installation de la ligne électrique), le calendrier d'exécution, la procédure d'acquisition des terrains, le plan de compensation et la date butoir concernant les compensations.

## **CHAPITRE 9 ACQUISITION DE TERRAIN ET REINSTALLATION**

### **9.1 Besoins en acquisition de terrains et réinstallation**

Les besoins en expropriation et en réinstallation, pour ce Projet sont résumés dans le tableau 9-1. Ce Projet ne nécessitera pas de déplacement de personnes, et ne nécessitera pas d'acquisition de terrains à

grande échelle.

**Tableau 9-1 Nécessités en acquisitions de terrain et réinstallation**

Composante	Utilisation	Besoins en acquisition de terrain	Besoins en réinstallation
Conduite de prise	Domaine public maritime (terrain public)	L'utilisation du domaine public maritime, est conditionnée par l'obtention d'une autorisation spéciale (voir en 8.2)	Aucun
Conduite de rejet			
Station de dessalement (Procédé OI)			
Conduite d'adduction	Généralement dans l'emprise des routes existantes (terrain public) avec possibilités d'acquisition de certains terrains privés	Procédure normale auprès de l'autorité en charge de la voirie ou des concessionnaires de réseaux. Possibilités d'acquisitions de terrains sur certaines portions.	Ce Projet a été conçu de façon à éviter le déplacement de populations (ajustement du tracé des conduites et de l'emplacement des ouvrages) .
Station de pompage	Dans les limites du site de la station de dessalement ou dans les sites des réservoirs existants (terrain public)	Aucun	
Ballon anti-bêlier/cheminées d'équilibre	Selon le choix définitif des sites, possibilités d'acquisition de terrains privés	Possibilités d'acquisitions de terrains	
Réservoirs de distribution	Dans les sites des réservoirs existants	Aucun	
Ligne électrique	Terrain agricole (privé)	Possibilité d'acquisition de terrains ; responsabilité de la SONEDE	

Source: Equipe d'Etude de la JICA

Dans cette étude, les surfaces foncières à acquérir ainsi que le patrimoine agricole (oliviers) impacté, sont estimés comme suit dans le tableau 9-2 :

Les terrains nécessaires pour les 40 pylônes est de 4 000m<sup>2</sup>. Toutefois, pour les travaux de construction, il faut disposer temporairement d'une superficie additionnelle de 20m x 20m. La compensation doit donc couvrir une surface totale de 10m×10m + 20m×20m = 500m<sup>2</sup> pour chaque pylône. Pour un total de 40 pylônes, il faut compter, 40 pylônes × 500m<sup>2</sup>/pylône = 20 000m<sup>2</sup>, par conséquent, 2ha×25oliviers/ha= 50 oliviers feront l'objet d'une compensation. Concernant la compensation pour les terrains sous la ligne électrique, la superficie est de 10m x 15 km = 15 ha, donnant 375 oliviers. Cependant la compensation, si nécessaire, sera tout-à-fait minime puisque les activités agricoles pourront continuer sous la ligne. Comme déjà mentionné, le coût pour l'acquisition des terrains et pour la compensation sera supporté par la SONEDE.

Comme déjà mentionné, la surface totale des terrains à acquérir sera de 3,41 ha au maximum, y-compris les terrains nécessaires à la ligne électrique, et la compensation concerne une clôture longue de 1 235m et 536 oliviers tel qu'indiqué dans le tableau 9-3.

**Tableau 9-2 Dommages fonciers et patrimonial relatifs à la construction de l'adduction**

Foncier							
Article	Localité	Type	Surface			Total (m <sup>2</sup> )	
			Long.(m)	Larg.(m)	Surf.(m <sup>2</sup> )		
No.1	Mahres	Industrie	275	8	2 200	2 200	
No.2	Agareb	Agricole	1 320	8	10 560	10 560	
No.3	Sfax Sud	Industrie	155	8	1 240	17 294	
No.4		Industrie	100	8	800		
No.5		Agricole	970	8	7 760		
No.6		Industrie	205	8	1 640		
No.7		Agricole	31	17	527		
No.8		Agricole	31	17	527		
B12		Agricole	600	8	4 800		
Bâtiments							
Article	Localité	Type	Long.(m)			Total (m)	
No.1	Mahres	Clôture	275			275	
No.2	Agareb	Clôture	150			150	
No.3	Sfax Sud	Clôture	155			810	
No.4		Clôture	100				
No.5		Clôture	350				
No.6		Clôture	205				
Patrimoine agricole							
Article	Localité	Type	Long.(m)	Larg.(m)	Surf.(m <sup>2</sup> )	Nombre	Total
No.2	Agareb	Oliviers (25/ha)	1 320	15	19 800	50	50
No.5	Sfax Sud		970	15	14 550	37	61
No.7			31	17	527	2	
No.8			31	17	527	2	
(B12)			600	13	7 800	20	

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 9-3 Résumé des acquisitions et compensations nécessaires pour le Projet**

Description	Conduites d'adduction			Ligne électrique	Total
	Mahres	Agareb	Sfax Sud		
Foncier (m <sup>2</sup> )	2 200	10 560	17 294	4 000	34 054
Structures (clôture, m)	275	150	810	-	1 235
Plantation (Nombre d'oliviers)	-	50	61	50+375	536

Source: Equipe d'Etude de la JICA

## 9.2 Coûts et financement

### (1) Coûts liés aux acquisitions

Les coûts liés aux acquisitions sont évalués suivants le tableau 9-2. Les coûts unitaires des oliviers et autres arbres fruitiers sont évalués à 120 DT/arbre suivant un autre dossier d'expropriation fourni par la direction des affaires juridiques et foncières de la SONEDE. La clôture est évaluée à 50DT/m.

Par ailleurs, les coûts au mètre carré des terrains le long de la conduite d'adduction, ont été fournis par la direction régionale de la SONEDE à Sfax.

**Tableau 9-4 Coûts liés aux acquisitions de terrain et compensations pour les installations d'adduction**

Foncier						
Article	Localité	Type	(TND)			Total (TND)
			Surface(m <sup>2</sup> )	Prix u.	Total	
No.1	Mahres	Industrie	22 00	25	55 000	55 000
No.2	Agareb	Agricole	10 560	30	316 800	316 800
No.3	Sfax Sud	Industrie	1 240	35	43400	546 750
No.4		Industrie	800	35	28 000	
No.5		Agricole	7 760	35	271 600	
No.6		Industrie	1 640	35	57 400	
No.7		Agricole	527	25	13 175	
No.8		Agricole	527	25	13 175	
(B12)		Agricole	4 800	25	120 000	
Pylône électrique	Sur la base du plan de la STEG	Agricole	4 000	30	120 000	120 000
Bâtiments						
Article	Localité	Type	Long.(m)	Prix	Total	Total
No.1	Mahres	Clôture	275	50	13 750	13 750
No.2	Agareb	Clôture	150		7 500	7 500
No.3	Sfax Sud	Clôture	155		7 750	40 500
No.4		Clôture	100		5 000	
No.5		Clôture	350		17 500	
No.6		Clôture	205		10 250	
Patrimoine agricole						
Article	Localité	Type	Nombre	Prix	Total	Total
No.2	Agareb	Oliviers (25/ha)	50	120	6 000	6 000
No.5	Sfax Sud		37		4 440	7 320
No.7			2		240	
No.8			2		240	
(B12)			20		2 400	
Pylône électrique	Basé sur plan STEG				425	

Note 1) Prix de 2014

Note 2) Mahares, Agareb, Sud Sfax

Source: Equipe d'Etude de la JICA

Pour chaque localité, les coûts totaux s'élèvent à 68 750DT à Mahres, 330 300 DT à Agareb, 594 570 DT à Sfax Sud, et le grand total est de 993 620TND.

Les coûts ci-dessus comprennent les coûts liés au terrain, aux structures et aux plantations, en comparaison avec des coûts similaires dans la région, il s'agit donc du coût de remplacement total.

Le coût des terrains à l'endroit des pylônes de la ligne étant estimé à 120 000 DT (acquisition de terrains) + 51 000 DT (oliviers) = 171 000 DT. La SONEDE prendra en charge ces coûts.

(2) Compensations aux activités de pêche

Tel que décrit dans le tableau 8-9, le coût des compensations aux activités de pêche s'élève à 162 000 DT.

### (3) Budget et financement pour les considérations sociales

Le budget total nécessaire pour les compensations aux expropriations et aux activités de pêche s'élève à  $993\,620 + 171\,000 + 162\,000 = 1\,326\,620$  DT. Ce Projet étant mis en œuvre par la SONEDE, le financement est la responsabilité de la SONEDE et pourrait être prévu sur le budget de la direction des affaires juridiques et foncières.

### 9.3 Suivi de la mise en œuvre, formulaire de suivi

Le calendrier général du Projet dépendant de la mise en œuvre des considérations sociales considérations dont l'acquisition du terrain et les compensations en rapport avec la ligne électrique, le suivi de la mise en œuvre doit être effectué par l'unité de gestion du projet (UGP) sur la base du formulaire de suivi.

### 9.4 Explication aux habitants de la ligne de transport électrique

En plus de son soutien à la réunion des parties prenantes, l'Equipe d'Etude de la JICA a aussi aidé la SONEDE à expliquer et à collecter les opinions des habitants concernant la ligne électrique de la station de dessalement. La collecte des opinions a été effectuée grâce à des questionnaires et une étude sur terrain décrits ci-après :

Le contenu des documents distribués est le suivant : une carte générale, un questionnaire, un aperçu du Projet, la politique relative à l'acquisition de terrains, et un barème de compensation relatif à la construction de la ligne électrique.

Puisque le gouvernorat de Sfax représente la plus haute autorité administrative du Gouvernorat de Sfax sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur, SONEDE devait contacter les sous régions à travers ce Gouvernorat. La SONEDE a donc envoyé les questionnaires au siège du Gouvernorat et lui a demandé de les livrer aux représentants des différentes sous-régions. Le Gouvernorat de Sfax a fait part de sa réponse en stipulant qu'il n'y avait aucune objection de la part de la ville de Sfax, de Sfax Ouest et de Thyna, et que le Gouverneur n'avait aucune objection quant à la construction de cette ligne.

L'enquête sociale sera effectuée par la SONEDE lors de la conception détaillée de la ligne électrique qui sera réalisée par STEG. La zone d'étude et les habitants seront identifiés par cette enquête, et ensuite, les parcelles à acquérir et le plan de compensation seront déterminés. En outre la SONEDE organisera des réunions de consultation avec les habitants de la zone de passage de la ligne pour expliquer les politiques relatives à l'acquisition de terrains et à la compensation, et ainsi confirmer la non objection de la population.

## CHAPITRE 10 PLAN DE MISE EN ŒUVRE

### 10.1 Objectif du Projet

L'objectif du Projet est de contribuer à l'amélioration de la condition de vie des Tunisiens, et notamment les habitants du Grand Sfax, par le renforcement de la stabilisation de la capacité d'approvisionnement en eau ainsi que l'amélioration de sa qualité à travers la mise en œuvre d'une station de dessalement d'eau de mer.

### 10.2 Présentation du Projet

Dans ce Projet, les équipements à installer sont i) une station de dessalement d'eau de mer d'une capacité de 200 000 m<sup>3</sup>/j et les installations nécessaires à son exploitation, ii) les conduites de refoulement entre la station de dessalement d'eau de mer et les réservoirs existants, iii) les stations de pompage pour le refoulement et stations intermédiaires ainsi que les installations nécessaires à l'exploitation, iv) les réservoirs, v) les installations électriques alimentées par le réseau de distribution de la STEG.

L'ensemble du plan et de la phase 1 du Projet est comme suit:

**Tableau 10-1 Aperçu du Projet**

Ouvrages	Plan d'ensemble	Phase 1 du Projet (prêt en Yen)
(Lot 1) Conduite de prise d'eau de mer (Achat/Construction)	Prise d'eau: 444 000m <sup>3</sup> /j, longueur: 3,6km (conduite enterrée dans le fond marin), diamètre de la conduite: 2000 mm x 2 Lignes, Conduite PEHD	(Construction de l'ensemble du plan) Prise: 222 200m <sup>3</sup> /j, longueur 3,6 km (conduite enterrée en mer; 3,2km, en terre 0,4km),diamètre de la conduite 2 000mm x 2 lignes, conduite PEHD
Station de dessalement d'eau de mer (Achat/Construction)	Quantité de production : 200 000m <sup>3</sup> /j, membrane OI, récupération: 45 %, production d'eau: TDS < 500mg/L, pompes de transmission	(Construction d'une station de production de100 000m <sup>3</sup> /j) Production: 100 000m <sup>3</sup> /j, membrane OI, récupération: 45%, Concentration en TDS de l'eau produite: <500mg/L, installation de pompe de transmission
De rejet de saumure (Achat/Construction)	Evacuation: 244 400m <sup>3</sup> /d, longueur: 4,4km (conduite enterrée dans le fond marin), diamètre: 1800mm, Conduite PEHD, eau chargée de TDS: environ 73 000mg/L	(Construction de l'ensemble du plan) rejet: 122 200m <sup>3</sup> /j, longueur: 4,4km (Conduite enterrée en mer; 4,0km, à terre;0,4km), diamètre: 1 800mm, conduite PEHD, concentration en TDS: environ 73 000mg/L
(Lot 2) Conduites de refoulement (Achat)	Pièces spéciales nécessaires pour les conduites de refoulement du Lot 4	(Achat pour la totalité du plan ) Pièces spéciales nécessaires pour les conduites de refoulement du Lot 4, fonte ductile, diamètre: 400 - 1400 mm, longueur: environ 49,5km Sous-lot: 2-1 : dia. 1400mm et 1000mm 32,5 km Sous-lot: 2-2 : dia. Moins de 1000mm 17,0 km
(Lot 3)		

Ouvrages	Plan d'ensemble	Phase 1 du Projet (prêt en Yen)
Vannes et autres équipements (Achat)	Vannes et autres équipements nécessaires pour la conduite de refoulement du Lot 4	(Achat pour la totalité du plan ) Vannes nécessaires pour la conduite de refoulement du Lot 4, diamètre 400-1400 mm et longueur : environ 49,5 km
(Lot 4) Conduite de refoulement (Construction)  Ouvrages anti- bélier (Achat/Construction)	Conduite en fonte, diamètre : 400 – 1400 mm, longueur : 49,5 km  Construction de cheminées d'équilibre unidirectionnelles dans 2 endroits le long de la conduite de refoulement et installation de volants d'inertie et autres dispositifs au niveau des stations de pompage	(Construction pour l'ensemble du plan ) Conduite en fonte ductile , diamètre: 400–1400mm, longueur: 49,5km  (Construction pour l'ensemble du plan) Construction de cheminées d'équilibre unidirectionnelles dans 3endroits le long de la conduite de refoulement et installation de volants d'inertie et autres dispositifs au niveau de toutes les stations de pompage
(Lot 5) Réservoir (Achat/Construction)	Nouveaux réservoirs d'une capacité totale de 45 000 m <sup>3</sup> à l'endroit des réservoirs existants, réservoirs de réception d'eau et de mélange dans 5 endroits	(Construction des ouvrages nécessaires pour la Phase 1) Nouveau réservoir de 5 000 m <sup>3</sup> au niveau du réservoir existant (Bou Merra), Réservoirs de réception et de mélange en 5endroits PK11: 9,0W x 15,0L x 5,0D Bou Merra : 4,0W x 3,0L x 5,0D PK10: 7,0W x 10,0L x 5,0D PK14: 7,0W x 7,0L x 5,0D Sidi Salah EH: 6,0W x 5,0L x 5,0D (m) W: largeur, L: longueur, D: profondeur de l'eau
(Lot 6) Station intermédiaire de pompage (Achat/Construction)	3 emplacements à l'endroit des réservoirs existants.	(Travaux architecturaux et de génie civil: Construction pour l'ensemble du plan, travaux mécaniques et électriques : installation de l'ouvrage nécessaire pour la phase 1) 3 emplacements dans le site des réservoirs existants
(Lot 7) Ligne d'alimentation électrique (Achat/Construction)	Ligne de réception de la ligne d'alimentation électrique de la STEG pour la station de dessalement	(Construction pour l'ensemble du plan) Ligne de réception de la ligne d'alimentation électrique de la STEG pour la station de dessalement. La SONEDE est disposée à inclure le coût de l'assistance technique de la STEG dans le lot 7. Cette assistance va concerner le travail de réception et de transformation électriques pour le lot 1 et les travaux de connexion des installations pour le lot 6.

### 10.3 Services de consultation

Par conséquent, nous recommandons que les services-conseils couvrent les phases de conception détaillée y inclu l'élaboration des cahiers de charge, (Lots 1 et 6), assistance à l'appel d'offres et de suivi des travaux. Un résumé des services de consultation requis par le Projet est donné ci-après :

#### (1) Lots objets de services-conseils

Tous les lots (du lot 1 au Lot 7)

(2) Durée des services de consultation

- Conception détaillée: 12 mois
- Assistance à l'appel d'offres: 15 mois
- Suivi des travaux de construction: 60 mois (pour le Lot 1. 36 mois pour les travaux de construction, 12 mois pour les essais de garantie et 12 mois pour la période de garantie)

Total: 87 mois

(3) Hommes/mois requis en matière de consultation

Les Hommes/mois requis en matière de consultation sont comme suit:

**Tableau 10-2 Hommes/Mois requis pour les services –conseils**

Unité: hommes-mois

	Conception détaillée	Assistance à l'appel d'offres	Suivi de la construction	Total
Personnel étranger	77,0	36,0	190,5	30,5
Personnel local	84,0	16,0	406,5	506,5
Personnel local de soutien	149,0	61,0	491,0	701,0
Total	310,0	113,0	1 088,0	1 511,0

(4) Coût des services de consultation

Le coût des services de consultation est 2 486 millions de yens japonais composé de monnaie étrangère de 951 millions de Yens Japonais et en monnaie locale de 25 millions de DT, et le coût de base. Le détail est indiqué dans le tableau 10-3.

**Tableau 10-3 Coût des services-conseils**

US\$ 1,000 = Yen 119,6, DT 1,000 = Yen 61,02

Article	Unité	Qté.	Portion étrangère		Portion locale		Combiné Total (Yen)	
			(Yen)		(DT)			
			Taux	Montant	Taux	Taux		
				('000)		('000)	('000)	
A	Rémunération							
1	Professionnel (A)	H/M	303,5	2 895 000	878 633	0	0	878 633
2	Professionnel (B)	H/M	506,5	0	0	16 000	8 104	494 506
3	Personnel d'appui (C)	H/M	701,0	0	0	12 000	8 412	513 300
	Sous-total de A		1 511,0				16 516	1 886 439
B	Coût direct							
1	Vol international	Voyage	103	650 000	66 950	0	0	66 950
2	Vol intérieur	Voyage	0		0	0	0	0
3	Voyage domestique	Voyage	103		0	250	250	1 571
4	Voyage International -dépenses	Voyage	103	50 000	5 150	0	0	5 150
5	Allocation de logement (A)	Mois	304		0	8 000	8 000	148 157
6	Allocation de logement (B)	Mois	207		0	4 800	4 800	148 352
7	Allocation de logement (C)	Mois	0		0	0	0	0
8	Location de véhicule	Mois	297		0	10 000	10 000	181 229
9	Location de bureau	Mois	63		0	4 000	252	15 377
10	Communications internationales	Mois	77		0	1 000	77	4 699

11	Communications domestiques	Mois	75	0	500	38	2 288
12	Fourniture de bureau(papier et autres)	Mois	75	0	1 000	75	4 577
13	Fourniture de bureau et équipement	LS	1	0	40 000	40	2 441
14	Préparation de rapports	Mois	77	0	2 000	154	9 397
15	Enquête topographique	LS	1	0	100 000	100	6 102
16	Etude du sol	LS	1	0	50 000	50	3 051
17	Analyse de la qualité de l'eau	LS	1	0	3 000	3	183
	Sous-total de B			72 100		8 643	599 523
	Total			950 733		25 159	2 485 962

#### 10.4 Coût du Projet et planification financière

Le montant total du coût du Projet est JPY 5 587 millions, dont JPY 26 696 millions en devises étrangères et DT 424 millions de en monnaie locale. Le montant total des articles éligibles au prêt APD est JPY 44 013 millions. La partie non éligible au financement par prêt APD telle que les coûts administratifs, le coût d'acquisition du terrain et les frais de compensation doit être couverte par la SONEDE sur ses fonds propres. Les éléments de passation des marchés et la répartition des devises et en monnaie locale sont indiqués au tableau 10-4.

**Tableau 10-4 Décaissement (Première phase)**

Désignation		FC	LC	Total
		mil.Yen	mil.DT	mil.Yen
<b>A. PARTIE ELIGIBLE</b>				
I )	Achat / Construction	22 165	312	41 174
	Lot 1: Construction de la Station de dessalement *Conception/construction	14 163	191	25 826
	Lot 2-1: Conduites diamètre de 1400 mm et 1000 mm	2 189	4	2 432
	Lot 2-2: Conduites diamètre de moins de 1000 mm	436	1	484
	Lot 3: Vannes&accessoires	511	1	568
	Lot 4: Pose de conduites	40	48	2 940
	Lot 5: Construction de réservoir	0	5	307
	Lot 6: Construction de station de pompage *Conception/construction	1 565	14	2 405
	Lot 7: Ligne électrique	0	7	444
	Coût de base pour le financement de la JICA	18 904	270	35 406
	Augmentation des prix	2 206	26	3 807
	Aléas physiques	1 055	15	1 961
II )	Services de consultants	1 095	29	2 839
	coût de base	951	25	2 486
	Augmentation des prix	82	2	196
	Aléas physiques	49	1	128
	<b>Total ( I + II )</b>	<b>23 260</b>	<b>340</b>	<b>44 013</b>
<b>B. PARTIE NON ELIGIBLE</b>				
a	Achat / Construction	0	0	0
	Coût de base pour le financement de la JICA	0	0	0
	Augmentation des prix	0	0	0
	Aléas physiques	0	0	0
b	Acquisition de terrain	0	1	88
	Coût de base	0	1	81
	Augmentation des prix	0	0	3
	Aléas physiques	0	0	4
c	Coûts administratifs	0	22	1 323
d	TVA	0	60	3 647
e	Taxe à l'importation	0	1	80

Désignation		FC	LC	Total
		mil.Yen	mil.DT	mil.Yen
f.	Intérêt lors de la construction	3 348	0	3 348
	Intérêt lors de la construction (Const.)	3 347	0	3 347
	Intérêt lors de la construction (Consultant)	2	0	2
g.	Commission d'ouverture	88	0	88
Total (a+b+c+d+e+f+g)		3 436	84	8 574
<b>C. TOTAL (A+B)</b>		26 696	424	52 587
<b>D. Partie financement de la JICA (A)</b>		23 260	340	44 013

US \$1,00 = Yen 119,6, DT1,000 = Yen 61,02

Notes: Le total peut ne pas être égal à la somme des différents éléments sous l'effet de l'arrondissement.

Source: Equipe d'Etude de la JICA

Les conditions de calcul des coûts du Projet seront comme suit :

- 1) Base des prix unitaires: Mai 2015
- 2) Taux de change: DT1,000 = JPY 61,02, USD 1,00 = JPY 119,6 (Mai 2015)
- 3) Aléas physiques: Coût du Projet 5%, honoraires Consultant 5%
- 4) Hausse des prix:

Coût du Projet	LC: 1,5 %	FC: 1,8 %
Honoraires du Consultant	LC: 1,5 %	FC: 1,8 %

LC représente le taux d'inflation de l'IPC et du taux de change
- 5) Taxe: TVA 18% (Construction/achat), 12 % (Consultant)
- 6) Taxe à l'importation : Le taux pris en compte dans cette étude est de 0,36 %.
- 7) Frais administratifs: 3 % du coût total du Projet sur la base de l'expérience dans d'autres Projets similaires
- 8) Intérêts lors de la construction: Coût du Projet 1,7 %, Honoraires de Consultant 0,01 % (intérêt sur emprunt). Toutefois, il est possible que le Gouvernement Tunisien préfère le paiement en espèces, l'IDC n'est donc pas inclus dans le montant du prêt mais dans le coût total du Projet.
- 9) Commission d'ouverture: 0,2 % du prêt  
(0,1% sera rétroactivement appliqué au lieu de 0,2 % dans le cas où tout décaissement est complété dans la période de versement initial)
- 10) Catégorisation entre la part en monnaie locale (*Local Currency Portion* = LCP) et la part en monnaie étrangère (*Foreign Currency Portion* = FCP)  
Les prix unitaires de construction et d'achat sont catégorisés en LCP et FCP sur la base des informations et des données obtenues auprès des entreprises locales, sur l'expérience de la SONEDE et sur les devis des fabricants.

Le montant total des articles éligibles au prêt APD est JPY 44 013 millions ce qui représente 83.7 % du coût total du projet estimé à JPY 52 587 millions. Puisque le taux plafond pour l'usage du prêt par rapport au coût total du projet est de 85% pour la Tunisie, tous les articles éligibles seront donc couverts par le prêt APD. Le taux de prêt et le plan de financement annuel sont décrits ci-après :

**Tableau 10-5 Ratio de couverture du prêt**

Unité: Million JPY

Coût total du Projet	Prêt APD	Fonds propres	Ratio du Prêt
52 587	44 013	8 574	83,7%

**Tableau 10-6 Décaissement annuel**

Unité Million JPY

Année	Coût du Projet	Prêt APD	Auto-financement
2015	88	0	88
2016	0	0	0
2017	725	610	115
2018	364	283	80
2019	6 238	5 571	667
2020	10 976	9 579	1 397
2021	10 769	9 292	1 477
2022	10 082	8 541	1 541
2023	9 668	8 083	1 584
2024	2 809	1 900	909
2025	869	153	716
Total	52 587	44 013	8 574
Ratio	100,0%	83,7%	16,3%

Source: Équipe d'Etude la JICA

**10.5 Processus de passation de marchés****10.5.1 Sélection pour les services de consultants**

Les consultants employés pour le Projet de prêt APD seront retenus par la liste restreinte selon le processus suivant recommandé par les directives de la JICA :

- 1) Préparation de la liste restreinte
- 2) Appel à propositions
- 3) Soumission des propositions
- 4) Ouverture et évaluation des offres techniques
- 5) Ouverture et évaluation des offres financières
- 6) Négociation du contrat, attribution du contrat

**10.5.2 Passation des marchés pour les travaux et équipements**

La Phase I du Projet est divisée en 7 lots eu égard de la composante des installations et de la catégorie des articles. Dans les Projets de construction, un contrat clé en mains (conception/construction) est le plus approprié pour les Lots 1 et 6, alors qu'un contrat à prix unitaires (BoQ) est recommandé pour les Lots 2, 3, 4, et 5.

- 1) Lot 1: Station de dessalement d'eau de mer

- Achat et construction de la prise d'eau de mer, de la station de dessalement d'eau de mer, de la conduite de rejet l'eau de mer chargée, des installations du pompage de refoulement.
- Sélection des entrepreneurs par un contrat conception-construction via AOI
- Après les travaux, l'entreprise doit effectuer un Essai de Garantie de 12 mois.

2) Lot 2: Achat de matériel pour la conduite de refoulement

- Achat de matériel de conduite de refoulement
- Sélection d'un fournisseur pour l'achat des matériaux par AOI
- Ce lot compte deux sous-lots afin de maintenir la concurrence et cela comme suit:  
Sous-lot 2-1; diamètre de 1400 mm et 1000 mm  
Sous-lot 2-2; diamètre de moins de 1000 mm
- Les appels d'offres pour les lots 2-1 et 2-2 seront lancés en même temps. Les soumissionnaires peuvent faire des offres pour un seul lot ou pour les deux lots en même temps.

3) Lot 3: Achat de vannes et pièces spéciales

- Achats de vannes et pièces spéciales pour les conduites de refoulement
- La sélection du fournisseur d'équipements se fera par AON

4) Lot 4: Construction de la conduite de refoulement

- Construction de conduite de refoulement sur une longueur de 49,5 km, et d'ouvrages anti-bélier en 2 endroits
- Sélection d'une entreprise pour un contrat en prix unitaires via AOI

5) Lot 5: Construction des réservoirs

- Construction d'un réservoir, et de 5 réservoirs de réception et de mélange aux endroits des cinq réservoirs existants
- Sélection d'une entreprise pour un contrat en prix unitaires via AON

6) Lot 6: Construction des ouvrages de pompage

- Construction d'une installation de pompage dans trois endroits
- Sélection d'une entreprise pour un contrat de conception/construction via AOI

7) Lot 7: Construction de la ligne d'alimentation électrique

- Construction de la ligne de réception d'alimentation de réseau de distribution électrique de la STEG pour l'alimentation de la station de dessalement d'eau de mer

- Contrat direct avec la STEG. La construction sera exécutée dans le cadre d'un contrat de gré à gré entre la SONEDE et la STEG qui prendra en charge la construction. Les coûts de construction étant les coûts du projet, ils sont éligibles au financement par prêt APD.
- La SONEDE est disposée à inclure le coût de l'assistance technique de la STEG dans le lot 7. Cette assistance va concerner le travail de réception et de transformation électriques pour le lot 1 et les travaux de connexion des installations pour le lot 6. Les coûts nécessaires de l'assistance pour le lot 1 sont comptabilisés dans le lot 7. Toutefois, le coût de l'assistance pour le lot 6 n'est pas comptabilisé dans les coûts du Projet parce que les travaux du lot 6 vont nécessiter une tension relativement faible par rapport à celle nécessitée par la station de dessalement et la SONEDE a déjà effectué plusieurs travaux de ce type dans le passé. Même si la SONEDE doit se concerter avec la STEG à propos dudit travail, il a été jugé que le coût de cette assistance ne sera pas suffisamment grand pour faire partie des coûts du Projet.

(AOI : Appel d'offres international , AON: Appel d'offres national )

L'emploi des consultants, le processus de passation de marchés de travaux, et les coûts du Projet pour chaque lot sont résumés dans le tableau 10-7.

**Tableau 10-7 Méthode d'emploi des consultants et type des offres**

Lot	Désignation	Type de l'offre	Type du contrat	Coût de base*		Emploi du consultant				Type de DTAO#
				DNT (1000DT)	Equivalent en Yen (1000Yen)	Conception détaillée	Plan de conception	Assistance appel d'offres	Suivi construction	
Lot 1:	Travaux de construction de la station de dessalement d'eau de mer	PQ-AOI	Conception-Construction	423 245	25 826 438	-	Prêt JICA	Prêt JICA	Prêt JICA	1, 2
Lot 2-1:	Achat de conduites (1400 et 1000)	AOI	Prix unitaires	39 860	2 432 246	Prêt JICA	-	Prêt JICA	Prêt JICA	3
Lot 2-2:	Achat de conduites (moins de 1000)	AOI	Prix unitaires	7 931	483 946	Prêt JICA	-	Prêt JICA	Prêt JICA	3
Lot 3:	Achat de vannes et pièces spéciales	AON	Prix unitaires	9 301	567 541	Prêt JICA	-	Prêt JICA	Prêt JICA	-
Lot 4:	Pose de la conduite de refoulement	AOI	Prix unitaires	48 179	2 939 856	Prêt JICA	-	Prêt JICA	Prêt JICA	4
Lot 5:	Construction de réservoir	AON	Prix unitaires	5 023	306 503	Prêt JICA	-	Prêt JICA	Prêt JICA	-
Lot 6:	Construction de stations de pompage	AOI	Conception-Construction	39 420	2 405 399	-	Prêt JICA	Prêt JICA	Prêt JICA	2
Lot 7:	Construction de la ligne d'alimentation électrique	Contrat direct avec la STEG		7 283	444 409	STEG	-	-	STEG**	4
CS:	Services de consultants	Liste restreinte	Durée	40 740	2 485 962	Prêt JICA		Prêt JICA	Prêt JICA	5
	Total			620 982	37 892 300					

Notes. \* :L'augmentation des prix et les aléas physiques sont exclus. Taux de change: 61,02 Yen/DT

\*\* : A surveiller par le consultant

DTAO#: Documents Type d'Appel d'Offres de la JICA à appliquer

- 1: Documents Type d'Appel d'Offres, JICA
- 2: Documents Type d'Appel d'Offres -EQUIPMENTS (Station), JICA
- 3: Documents Type d'Appel d'Offres -BIENS (Goods), JICA
- 4: Documents Type d'Appel d'Offres -TRAVAUX, JICA
- 5: Demande de propositions, JICA

Source : PV de réunion sur le Projet de construction de la Station de Dessalement d'eau de mer de Sfax, entre la JICA, le Gouvernement tunisien et la SONEDE en date du 6 février 2015.

## 10.6 Calendrier d'exécution du Projet

Le tableau 10-8 et la figure 10-1 présentent un processus du Projet de prêt avec calendrier. La phase du Projet est répartie en phase d'avant travaux et en phase Travaux. Le tableau 10-8 indique le calendrier du Lot 1, qui représente une étape cruciale du Projet.

**Tableau 10-8 Aperçu sur le calendrier d'exécution du Projet**

Activités du Projet	Période nécessaire (mois)	Date prévue
1. Nantissement d'un prêt (possibilité d'entamer le processus documentaire entre l'organisme d'exécution et la JICA)		2015.12
2. Echange de notes pour un prêt		2016.3
3. Contrat de prêt		2016.3
4. Etude d'Impact sur l'Environnement EIE	12	2015.6 - 2016.5
5. Approbation de l'EIE		2016.9
6. Sélection des consultants	24	2015.7 – 2017.6
7. Services-conseils (pour les Lots 1 à 7)	87	2017.7 – 2024.9
7.1 Conception détaillée (Lots 1 à 6)	(12)	2017.7 – 2018.6
7.2 Assistance au processus d'appel d'offres (Lots 1 à 6)*	(15)	2018.7 – 2019.9
7.3 Suivi des travaux (Lots 1 à 7)	(60)	2019.10 – 2024.9
8. Sélection des entreprises (Lot 1)	23	2017.11 – 2019.9
9. Travaux de construction (Lot 1) (y compris Essai de Garantie**)	48	2019.10 – 2023.9
10. Fin des travaux (Lot 1)		2023.10
11. Période de Garantie	12	2023.10 – 2024.9

\*: Pour les Lots 1 et 6, la conception préliminaire et la préparation des dossiers d'appel d'offres qui correspondent au contrat conception/construction. Pour les Lots 2 et 3, préparation des documents d'appel d'offres pour l'acquisition d'équipements et de matériaux. Pour les Lots 4 et 5, la conception détaillée et préparation des dossiers d'appel d'offres relatives au contrat de travaux. Préparation des documents de pré-qualification et évaluation des documents PQ soumis également effectués lors de cette période du Lot 1.

\*\* : Essai de Garantie (Garantie de bonne exécution): Un test effective par l'Entreprise après la fin des travaux de construction. Une réception provisoire par SONEDE sera faite avant le début du test. Les coûts nécessaires à l'énergie électrique et aux frais seront couverts par les coûts de construction. Les coûts de l'alimentation et des produits chimiques seront estimés et inclus dans l'appel d'offres selon les conditions décrites dans le cahier de charges, et seront payés lors du test sur la base des dépenses réelles. La durée du test sera de 12 mois et les ouvrages seront transférés à la SONEDE après la fin du test. La période de garantie couvre encore 12 mois après réception des ouvrages par la SONEDE.

	2014			2015			2016			2017			2018			2019			2020			2021			2022			2023			2024			Month													
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S		O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
<b>Etude de faisabilité par Equipe JICA</b>	[Yellow bar]																																				20										
<b>Fact Finding / évaluation</b>	[Yellow bar]																																				14										
<b>Engagement</b>	[Yellow bar]																																				1										
<b>Signature de l'échange de notes (E/N)</b>	[Yellow bar]																																				1										
<b>Signature de l'Accord de Prêt ( L/A )</b>	[Yellow bar]																																				1										
<b>Procédure EIE (24) SONEDE</b>	[Yellow bar]																																				24										
Préparation des TDR et DAO (4)	[Yellow bar]																																				4										
Appel d'Offres et soumission des offres (1)	[Yellow bar]																																				1										
Evaluation et approbation par le comité (2)	[Yellow bar]																																				2										
Commentaires par la commission de marchés et préparation du Contrat (1)	[Yellow bar]																																				1										
Execution de l'EIE et soumission du Rapport (12)	[Yellow bar]																																				12										
Organisation de la réunion des parties prenantes (1)	[Yellow bar]																																				1										
Evaluation et approbation du Rapport EIE par SONEDE (1)	[Yellow bar]																																				1										
Evaluation et approbation du Rapport EIE par l'ANPE (3)	[Yellow bar]																																				3										
<b>Sélection du Consultant (24) (Common)</b>	[Yellow bar]																																				24										
Lettre d'Intention & Soumission de la Liste Restreinte (S/L) (8)	[Yellow bar]																																				8										
Préparation de de l'Appel à Candidatures, Lettre d'Invitation, et S/L (3)	[Yellow bar]																																				3										
- Non objection de la JICA (1)	[Yellow bar]																																				1										
Appel d'Offres(2)	[Yellow bar]																																				2										
Dépouillement technique par SONEDE (2)	[Yellow bar]																																				2										
Commentaires de la JICA (1)	[Yellow bar]																																				1										
Approbation du HAICOP (1)	[Yellow bar]																																				1										
Non objection de la JICA (1)	[Yellow bar]																																				1										
Dépouillement financier par la SONEDE (2)	[Yellow bar]																																				2										
Commentaires de la JICA (1)	[Yellow bar]																																				1										
Approbation du HAICOP (1)	[Yellow bar]																																				1										
Non objection de la JICA (1)	[Yellow bar]																																				1										
Elaboration et signature du Contrat (2)	[Yellow bar]																																				2										
Non objection de la JICA (1)	[Yellow bar]																																				1										
<b>Suivi des travaux (87) (Common)</b>	[Yellow bar]																																				87										
Conception préliminaire & Préparation du Dossier d'Appel d'Offres (Lot1, Lot6) (12)	[Yellow bar]																																				12										
Conception détaillée & Préparation du Dossier d'Appel d'Offres(Lots 2, 3, 4, et 5) (12)	[Yellow bar]																																				12										
Exécution des appels d'offres d'assistance (15) (Common)	[Yellow bar]																																				15										
Exécution de surveillance des travaux (60) (Common)	[Yellow bar]																																				60										

Figure 10-1 Calendrier de mise en œuvre (1/4)



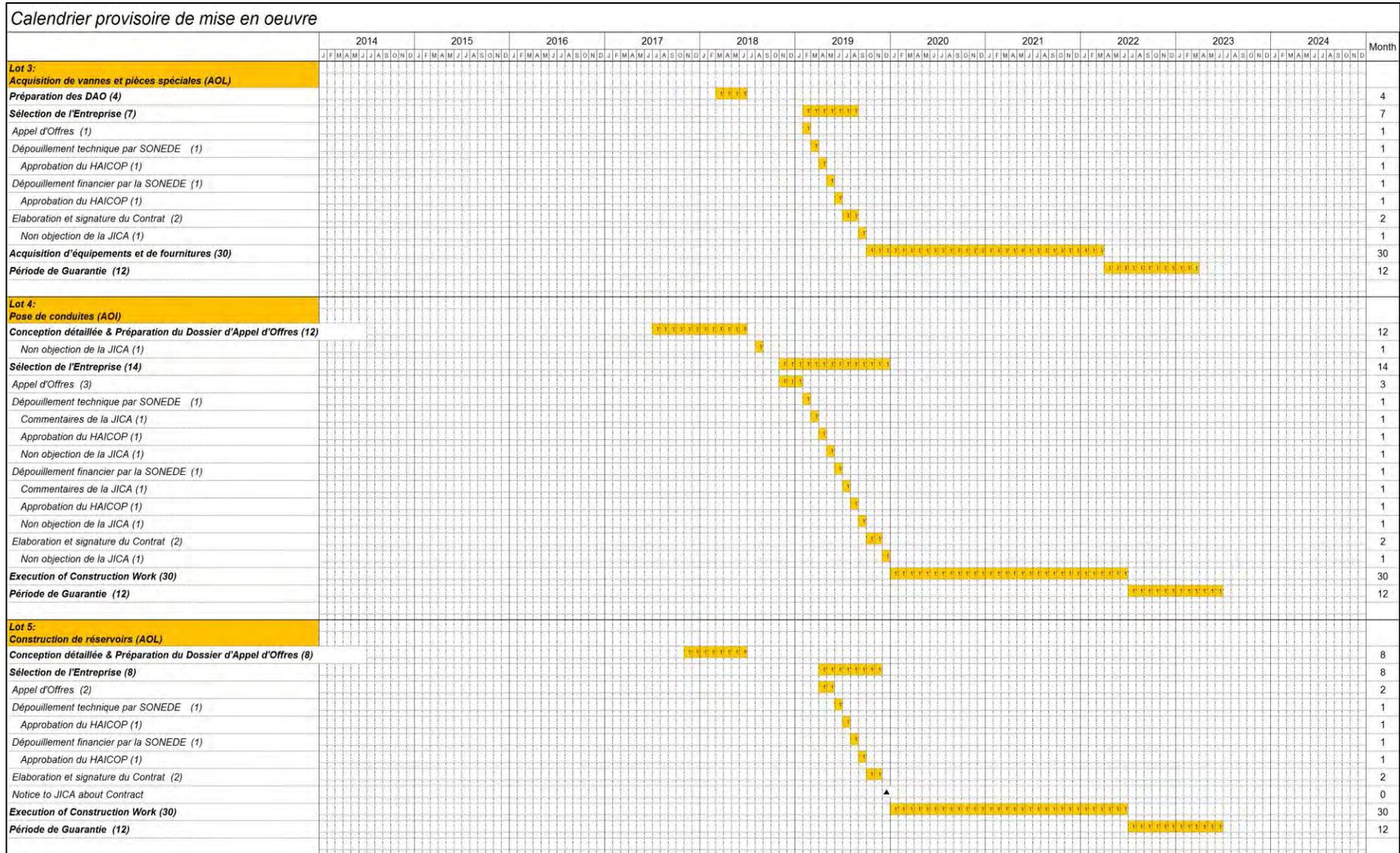


Figure 10-1 Calendrier de mise en œuvre (3/4)



## 10.7 Coût d'exploitation et d'entretien

Le coût d'exploitation et d'entretien comporte tous les frais engendrés par l'exploitation et l'entretien de la station de dessalement sur la base des données recueillies sur des stations de dessalement existantes. L'amortissement a été exclu parce qu'il ne s'agit pas de mouvement de trésorerie.

Le coût de l'exploitation et de l'entretien de cette station de dessalement d'eau de mer et des systèmes d'approvisionnement en eau est de 36 990 400 DT/année et de 1,013DT/m<sup>3</sup> par unité d'eau produite comme indiqué dans le tableau 10-9.

**Tableau 10-9 Coût d'exploitation et d'entretien**

						Unité: DT/an
Ouvrage	Puissance	Produits Chimique	Membrane OI	Personnel	Autres	TOTAL
Station de dessalement d'eau de mer	24 893 400	2 717 000	2 898 000	570 000	1 703 000	32 781 400
Ouvrage d'alimentation en eau	1 840 000	0	0	75 000	195 000	2 110 000
Installation de pompe de relais	1 438 000	0	0	195 000	466 000	2 099 000
TOTAL	28 171 400	2 717 000	2 898 000	840 000	2 364 000	36 990 400

Source: Équipe d'Etude la JICA

## 10.8 Structure de la Mise en Ouvre du Projet

### 10.8.1 Emprunteur

L'emprunteur du Projet de prêt est le Gouvernement Tunisien. Le contact administratif est représenté par le Ministère du Développement, de l'Investissement et de la Coopération Internationale.

### 10.8.2 Entité de Mise en Œuvre du Projet

La SONEDE mettra en œuvre le Projet ; plus précisément la Direction Centrale des Etudes sera en charge de la planification / la conception et la passation de marchés (jusqu'à la conclusion de contrat) ; la Direction Centrale des Travaux Neufs sera en charge de la construction. En outre, certains experts participeront, en tant que personnel d'appui, au suivi de l'aspect financier du Projet.

Au stade de la planification et la conception, les directions centrales au siège ainsi que la direction/structure régionale de la Direction Centrale des Etudes participeront ensemble à la mise en œuvre du Projet. Les divisions du siège comprennent la Division des Processus de Traitement des Eaux, la Division du Génie Civil, la Division de l'Hydrologie, la Division de la Topographie, la Division Préparation et Suivi des Soumissions et la Direction de Dessalement et Impact Environnemental. La Division/Structure régionale comprend la Direction centre-sud qui couvre la

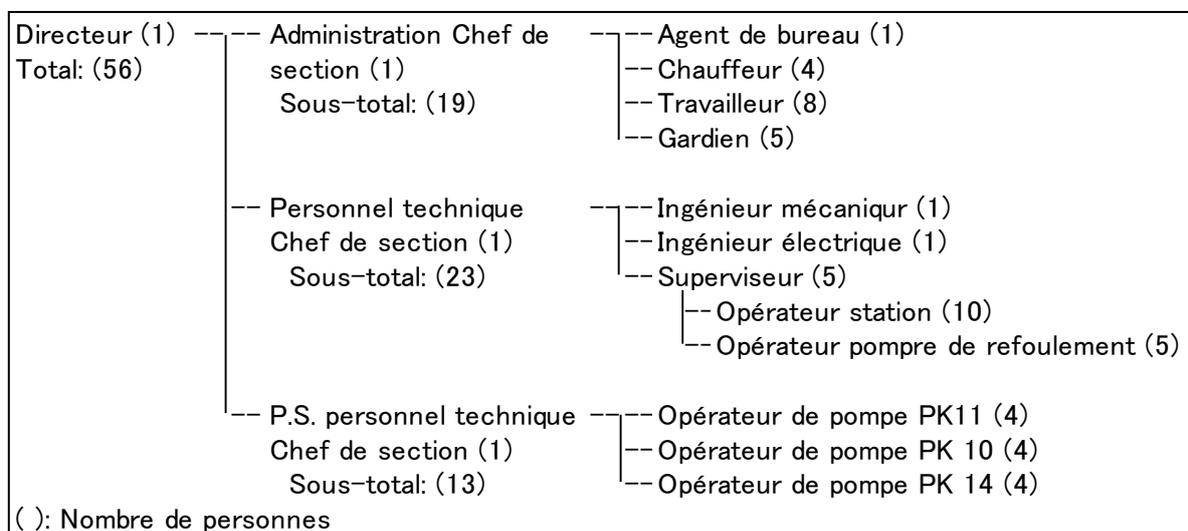
Division de l'Hydrologie du sud-est, la Division de l'Équipement de la région centre et sud et la Division Génie Civil.

Au stade des travaux, les deux divisions du siège et de la structure régionale du Sud participeront à la mise en œuvre du Projet. Les divisions du siège comprennent la Division préparation des marchés et suivi des Projets alors que la structure régionale Sud est représentée par la Division Hydrogéologie, la Direction Technique, la Division de la Topographie, la Division de la Gestion du Site et la Division de l'Évaluation et des Études.

Il est de pratique courante dans les projets de grande envergure de mettre en place une Unité de Gestion du Projet (UGP) au sein de la SONEDE pour la coordination du projet afin de faciliter une mise en œuvre harmonieuse. Il a été convenu que l'UGP mise en place dans le cadre du projet de construction de la station de dessalement de Djerba financé par l'AFD et la KfW, sera également en charge de ce projet ainsi que du projet de la station de dessalement de Gabès qui sera financée par la KfW.

### 10.8.3 Entité d'exploitation et d'entretien

La figure 10-2 illustre l'organisation du groupe d'exploitation et d'entretien des ouvrages du Projet.



Source: Equipe d'Étude la JICA

**Figure 10-2 Organisation de l'exploitation & maintenance de la station de dessalement d'eau de mer de Sfax et installations intermédiaires de pompage**

### 10.9 Analyse Économique et Financière

Les résultats de l'analyse financière (TRIF) et de l'analyse économique (TRIE) sont présentés ci-dessous.

### 10.9.1 TRIF

Le calcul du TRIF sur la base du coût du Projet, de l'exploitation et des coûts d'entretien et du bénéfice de la période d'évaluation.

#### (1) Coût d'opportunité du capital

Le coût d'opportunité du capital est fixé à 4,77% sur la base du taux d'intérêt moyen de la Banque Centrale de Tunisie en Mai 2015.

#### (2) Calcul du TRIF

Le bénéfice net, qui est calculé sur la base des conditions mentionnées ci-dessus, qui est aussi basé sur le coût de l'exploitation et la maintenance des stations de dessalement et le prix de l'eau aux niveaux actuels sera négatif tel que indiqué ci-après et TRIF ne peut être calculé. Cependant, le niveau du tarif actuel en Tunisie est nettement inférieur à 4% du revenu disponible que les organisations internationales doivent utiliser comme référence et également comme évaluation des hausses tarifaires donc l'analyse du TRIF avec plusieurs modèles de niveau tarifaire comme une analyse de sensibilité.

La base de calcul pour chaque élément du flux de trésorerie est comme suit :

#### Coût du Projet

Utiliser les éléments suivants du tableau 10-4.

- I) Achats / Construction et II) Services de consultation avec aléas physiques de 5% (non comptabilisés s'il n'y a pas de charge de dépenses d'investissement)
- Frais d'administration (comptabilisés même s'il n'y a pas de charge de dépenses d'investissement)
- Acquisition de terrains (comptabilisée même s'il n'y a pas de charge de dépenses d'investissement)
- TVA (comptabilisée même s'il n'y a pas de charge de dépenses d'investissement)
- L'augmentation des prix et l'IDC ne sont pas comptabilisés.

#### Coût d'exploitation et de Maintenance

Utilisation des montants des tableau 10-9. Cependant 10% sont considérés comme des charges fixes et 90% sont ajustés en fonction des volumes d'eau produits.

Les coûts de fonctionnement et d'entretien =  $36\,990\,400 \times (0,1 + 0,9 \times (\text{production annuelle d'eau} / (100\,000 \times 365)))$ .

Les coûts O&M pour la période d'Essai de Garantie c.à.d. une année à partir d'octobre 2022, est comprise dans les coûts de construction. Par conséquent, les coûts O&M pour 2023 sont comptabilisés sur la base de trois mois entre octobre et décembre.

### Ventes (Revenu)

Le montant des ventes est calculé en multipliant la production<sup>7</sup> d'eau par le tarif considéré. La production d'eau pendant l'année d'essai à partir d'octobre 2022 a été comptabilisée en tant que ventes. Pour l'augmentation des tarifs, il est prévu de l'appliquer de manière progressive sur 5 ans à partir de 2022. Au delà de 2026, l'on suppose que les installations de la première phase seront entièrement opérationnelles.

### (3) Analyse de sensibilité

La sensibilité est analysée dans des deux cas. Un cas inclut le coût du Projet (TRIF avec CAPEX) l'autre cas exclut le coût du Projet (sans CAPEX). En fait, la SONEDE ne prendra en charge que les coûts de fonctionnement et d'entretien. Donc le résultat de TRIF sans CAPEX donnera la valeur pratique. Les résultats des calculs figurent dans le tableau 10-10.

**Tableau 10-10 Calcul du TRIF**

Unité: JPY

Niveau tarifaire (Projet) <sup>*1</sup>	0,382TND/m <sup>3</sup>	1,154TND/m <sup>3</sup>	1,258TND/m <sup>3</sup>	2,022TND/m <sup>3</sup>	3,035TND/m <sup>3</sup>
Niveau tarifaire (SONEDE) <sup>*2</sup>	0,382TND/m <sup>3</sup>	0,418TND/m <sup>3</sup>	0,423TND/m <sup>3</sup>	0,458TND/m <sup>3</sup>	0,505TND/m <sup>3</sup>
Base de calcul	Sans CAPEX	Sans CAPEX	Sans CAPEX	Avec CAPEX	Avec CAPEX
Coût du Projet	4 680 560 928	4 680 560 928	4 680 560 928	44 467 475 906	44 467 475 906
Opération et maintenance <sup>*3</sup>	49 017 529 664	49 017 529 664	49 017 529 664	49 017 529 664	49 017 529 664
Ventes <sup>*4</sup>	18 322 625 771	53 712 005 950	58 479 487 218	93 456 296 903	139 939 239 263
Bénéfices bruts <sup>*3</sup>	▲ 35 375 464 822	13 915 358	4 781 396 625	17 132 499	46 454 233 693
TRIF (%)	—	0,02%	4,79%	0,00%	4,77%

\*1: Dans le case d'augmentation tarifaire de l'eau dessalée.

\*2: Dans le cas de l'augmentation des tarifs de toutes les eaux fournies par SONEDE. Voir 10.9.1 (4)

\*3: Total de 36 ans

\*4: Ventes d'eau des eaux produites le long de la vie du Projet (36 ans).

Source: Equipe d'Etude de la JICA

Le TRIF est négatif lorsque le tarif de l'eau est à 0,382DT/m<sup>3</sup> mais il devient égal à 0,02% lorsque le tarif est à 1,154 DT/m<sup>3</sup>. Si le tarif est augmenté pour arriver à 1,258DT/m<sup>3</sup>, le TRIF devient 4,79%, dépassant le coût d'opportunité du capital. Mais ce résultat ne repose que sur les coûts d'exploitation et d'entretien et n'inclus pas CAPEX. Si les dépenses d'investissement (CAPEX) sont inclus, et le niveau tarifaire est élevé à environ 3,035DT/m<sup>3</sup>, le TRIF dépassera le coût d'opportunité du capital.

<sup>7</sup> Moyenne de production journalière d'eau (production journalière maximale / 1,4) x 365 jours

**Tableau 10-11 Analyse de sensibilité du TRIF (Niveau tarifaire)**

Tarif (DT/m <sup>3</sup> )	1,154	1,200	1,258	1,500	1,750	2,022	2,250	2,500	2,750	3,035
sans CAPEX	0,02%	2,41%	4,79%	11,85%	17,18%	21,96%	25,44%	28,86%	31,95%	35,16%
avec CAPEX	-10,54%	-9,05%	-7,67%	-4,14%	-1,86%	0,00%	1,29%	2,53%	3,63%	4,77%

Source: Équipe d'Etude de JICA

(4) Impact sur l'ensemble des activités de la SONEDE

Le Tableau 10-12 présente les tarifs d'eau en cas d'augmentation de prix pour l'ensemble du réseau de distribution d'eau de la SONEDE. Par exemple, pour couvrir les coûts d'O&M (opération et entretien) et obtenir un TRIF positif sans CAPEX, le tarif d'eau doit être porté à 0,418 DT/m<sup>3</sup> à l'horizon 2026 du tarif actuel de 0,382 DT/m<sup>3</sup>. Pour dépasser le coût d'opportunité sur capital (4,77%) sans CAPEX, le niveau tarifaire doit être augmenté à 0,423 DNT/m<sup>3</sup> vers 2026.

Dans le calcul de TRIF, on fait l'hypothèse que le tarif est augmenté régulièrement sur une période de 5 ans tel que détaillé dans le tableau 10-12.

**Table 10-12 Comparaison de la Tarification d'Eau entre les Eaux Dessalées et celles Distribuées par la SONEDE**

Tarif d'eau	Condition	An	Unité:DT/m <sup>3</sup>					
			2021	2022	2023	2024	2025	2026
0,413	Pas de coût initial Couvrant les coûts O&M TRIF > 0	Tarif*	0,382	0,388	0,394	0,401	0,407	0,413
		I, Taux**	8,1% (1,57%/p,a,)					
0,418	Sans CAPEX Couvrant les coûts O&M TRIF > 0	Tarif*	0,382	0,389	0,397	0,404	0,411	0,418
		I, Taux**	9,4% (1,81%/p,a,)					
0,423	Sans CAPEX Couvrant les coûts O&M TRIF > Opportunity Cost of capital 4,77%	Tarif*	0,382	0,390	0,398	0,406	0,415	0,423
		I, Taux**	10,70% (2,05%/p,a,)					
0,458	Avec CAPEX Couvrant les coûts O&M TRIF > 0	Tarif*	0,382	0,397	0,412	0,428	0,443	0,458
		I, Taux**	19,9% (3,69%/p,a,)					
0,505	Avec CAPEX Couvrant les coûts O&M TRIF > coût d'opportunité sur capital 4,77%	Tarif*	0,382	0,407	0,431	0,456	0,480	0,505
		I, Taux**	32,2% (5,72%/p,a,)					

\*: Prix moyen de l'eau nouvellement produite par la station de dessalement d'eau de mer, en plus des eaux produites par la SONEDE, 1 551 000 m<sup>3</sup>/jour (566 071 000 m<sup>3</sup>/an) est le sujet.

\*\* Taux d'augmentation entre les prix de 2026 et 2021

## 10.9.2 TRIE

Le TRIE est calculé avec le facteur des coûts économiques et des avantages économiques convertis en valeur monétaire des avantages sociaux

### (1) TRIE

Le TRIE est calculé sur la base des avantages définis ci-dessus. Le TRIE est de 12,08% et ce taux est plus élevé que le taux d'actualisation sociale qui est égal à 10 % et par conséquent, suffisamment d'avantages économiques peuvent être attendus. Le résultat du calcul du taux de rentabilité économique et l'état des flux de trésorerie sont montrés dans le tableau 10-13.

**Tableau 10-13 Calcul du TRIE**

		Unité : JPY
Coût Total	Coût du Projet	40 983 078 860
	Coût O&M	49 017 529 664
Avantage Total	Avantage (Avantage Economique)	215 266 870 311
Coût Total		125 266 261 787
TRIE (%)		12,08%

Source: Équipe d'Etude JICA

Le flux de trésorerie a été calculé sur la base suivante:

### Coût du Projet

Éléments suivants utilisés dans le tableau 10-4

- I) Acquisition / Construction et II) Services de conseil avec la contingence physique 5%
- Coût d'administration
- Exclure la hausse des prix escalade, l'acquisition de terres, la TVA et IDC
- Utilisation SCF 0.98 pour la monnaie locale

### Coût du fonctionnement et de l'entretien

- Le montant dans le tableau 10-9 converti en JPY est utilisé. L'on suppose que 10% de ce montant constituent des coûts fixes alors 90% sont variables proportionnellement au volume de production d'eau.

### Prix économique de l'eau

- En se basant sur l'enquête sociale, l'on avance le chiffre 4,488 DT/m<sup>3</sup> comme prix économique du volume d'eau produite par la station de dessalement d'eau de mer<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Production annuelle d'eau = Moyenne journalière de production x 365 days, Moyenne journalière de production d'eau = Production maximale journalière d'eau / 1,4.

## (2) Analyse de sensibilité

L'Analyse de sensibilité est réalisée pour une augmentation des coûts de 10%, une baisse de l'avantage économique de 10% et un retard d'un an. Le TRIE devient 12,08% dans le cas de base, dépassant de loin le taux de 10% d'actualisation sociale. Il est donc prévu d'avoir suffisamment d'avantages économiques. Dans d'autres conditions, le TRIE dépasse également le taux d'actualisation sociale de 10 % et des avantages économiques suffisantes peuvent être prévus.

**Tableau 10-14 Analyse de sensibilité du TRIE**

Cas	BASE	CAPEX +10%	Avantage -10%	1 année de Retard
TRIE	12,08%	10,93%	10,47%	10,79%

Source: Equipe d'Etude JICA

### 10.10 Indicateurs de fonctionnement et d'impact

Il a été procédé à la sélection, en tant qu'indicateur opérationnel, du volume d'approvisionnement, le taux d'utilisation de l'installation et la qualité de l'eau. En outre, le fonctionnement de la station de dessalement va permettre de réduire la concentration TDS de l'eau distribuée. La SONEDE est disposée à la ramener en dessous de 1500 mg/L, chose réellement possible et faisable. Ce facteur est donc défini en tant qu'indicateur de fonctionnement.

**Tableau 10-15 Indicateurs de suivi du Projet**

Indicateur	Procédé permettant d'établir l'indicateur	Timing	Référence (2013)	Cible (2025*)
Quantité d'eau desservie (m <sup>3</sup> /Jour)	Volume d'approvisionnement maximum par jour = (approvisionnement maximum par jour parmi les volumes d'approvisionnement sur une année)	Annuel		100 000m <sup>3</sup> / Jour (capacité maximale de la station de dessalement d'eau de mer)
Taux d'utilisation de l'usine (maximum) (%)	Taux d'utilisation de l'usine (maximum) =(approvisionnement maximum en eau quotidiennement) / (capacité de la station) ×100	Annuel		100% (taux maximal d'utilisation)
Qualité de l'eau	Concentration TDS de chaque réservoir	Annuel	1 852 – 2 257 mg/L	Moins de 1500 mg/L

\* : 2 ans après l'achèvement des installations en 2023

Source: équipe d'Etude de la JICA

## **CHAPITRE 11 CONFIRMATION DE LA VIABILITE ET DE L'ANALYSE DES RISQUES**

La nécessité d'installer une station de dessalement d'eau de mer a été discutée dans le Chapitre 4. Pour une telle installation, des considérations d'ordre financier, environnemental et énergétique sont à traiter. Ce chapitre est consacré à l'examen de ces aspects. En outre, les risques et les mesures d'atténuation sont également discutés sur la base des informations relativement limitées à ce stade.

### **11.1 Considérations financières**

Pour ce Projet de construction d'une station de dessalement d'eau de mer, le Gouvernement Tunisien assume la responsabilité des coûts de construction initiaux, et la SONEDE n'est donc pas tenue de prendre en considération le coût initial dans son montage financier. Néanmoins, les coûts d'exploitation et de maintenance devront être couverts par les moyens propres de la SONEDE. Les coûts d'exploitation et de maintenance de la station de dessalement étant élevés par rapport aux autres processus courants de traitement de l'eau, et afin d'augmenter ses revenus, la SONEDE devra prendre différentes mesures sans lesquelles les frais élevés d'exploitation et de maintenance de la station de dessalement ne pourront pas être couverts.

La SONEDE a appliqué la structure uniforme de tarification d'eau à l'échelle nationale, et si le coût élevé de ce Projet est pris en charge par l'ensemble des clients de la SONEDE, le tarif d'eau nécessaire devrait être de 0,413 DT/m<sup>3</sup>. Ce niveau tarifaire nécessite une augmentation d'à peu près 0,031DT/m<sup>3</sup> (8,1%) par rapport au tarif actuel. Le taux du prix d'eau représente 0,67% des revenus disponibles, et ce après l'augmentation.

### **11.2 Considérations sociales et environnementales**

Il existe deux catégories de problèmes environnementaux causés par la mise en œuvre du Projet : des problèmes marins et des problèmes sur terre.

Etant donné que les conduites de prise et d'évacuation seront posées en mer, elles auront un impact environnemental direct sur le milieu aquatique marin. Actuellement, les algues marines poussent en face des sites candidats pour héberger la station de dessalement d'eau de mer. Ces algues peuvent favoriser l'existence de certaines créatures marines. L'enquête de terrain n'a jusque là montré l'existence d'aucune créature autre que les algues. Selon les autorités chargées du volet environnemental, aucun souci particulier ne devrait être envisagé à ce propos. La prochaine EIE permettra de clarifier ce point et les conduites de prise et d'évacuation posées en fond de mer empêcheront la pousse des algues de manière temporaire lors de la période de construction. A cet égard, il sera nécessaire de limiter l'impact, autant que possible, pendant la durée des travaux. Il va

falloir transplanter les algues temporairement dans le site des travaux pendant la durée de la construction et les remettre en place à la fin du chantier.

Etant donné que les travaux de construction de la station de dessalement seront effectués sur un terrain défriché le long de la côte, il n'y aura pas un impact environnemental significatif à l'exception du trafic causé pendant les travaux. Par ailleurs, les conduites de refoulement seront installées le long des routes principales sur une longue distance, les travaux de construction des conduites impacteront sérieusement le trafic. Même si un tel effet se limite à la période des travaux, il faut quand même penser à des mesures pour minimiser l'impact sur la circulation.

### **11.3 Considérations liées à l'alimentation électrique**

Le besoin en énergie électrique pour la station prévue est de 40 MW lors de la phase finale du Projet. A la question de la SONEDE par rapport à la disponibilité de 40 MW, la STEG n'a pas clarifié la transmission électrique bien qu'ayant demandé le paiement d'une nouvelle station d'alimentation électrique avec une sous-station.

### **11.4 Risques de retard dans l'exécution du Projet et mesures d'atténuation**

Dans le cas où ce calendrier accuse un retard, le Grand Sfax connaîtrait une pénurie en eau à partir de 2017 jusqu'à l'achèvement du Projet.

Le calendrier peut connaître des retards pour diverses raisons. Les procédures à suivre pour la réalisation du projet sont nombreuses et un petit retard au niveau de chaque procédure peut au final constituer un grand retard. Les approbations et les autorisations pour les travaux de construction à obtenir auprès des autorités compétentes, comme par exemple les travaux d'installation d'une conduite au travers des routes, exigent souvent beaucoup de temps. Pour le projet en question, l'UGP qui sera établie au sein de la SONEDE sera chargée de piloter les relations et les contacts avec les autorités compétente et ce en coopération avec les départements concernés de la SONEDE.

En plus du Projet de construction de la station de dessalement d'eau de mer de Saida, il est prévu d'achever, à l'horizon de 2020, la première phase du Projet pour le réservoir de Saida et le réservoir de Kalaa Kebira & la station de traitement des eaux comme il est prévu d'achever la deuxième phase à l'horizon de 2024. Si ce Projet accuse un retard, le Grand Sfax risque de connaître de sérieux problèmes en matière d'approvisionnement en eau.

## 11.5 Risques et mesures d'atténuation

**Tableau 11-1 Risques financiers et mesures d'atténuation**

Risques financiers	Cause des risques	Mesures d'atténuation
Coût initial des ouvrages de dessalement d'eau de mer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hausse des coûts de construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmenter l'apport de l'Etat</li> <li>Revoir les travaux de construction</li> </ul>
Coût de fonctionnement et de maintenance de la station de dessalement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hausse de la quantité d'eau à cause du processus de production à coût unitaire élevé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Envisager l'augmentation des tarifs</li> <li>Revue des frais d'adduction et des frais de personnel</li> <li>Compression des frais de fonctionnement y compris le recours à l'externalisation</li> <li>Baisse dans le taux d'utilisation du processus de production à coût unitaire élevé avec économie d'eau<sup>9</sup></li> </ul>
Opposition des habitants à l'augmentation des tarifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hausse rapide des prix</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relations publiques et explications aux habitants sur la révision des prix</li> <li>Explication des avantages liés à la station de dessalement d'eau de mer</li> <li>Explications sur l'économie d'eau</li> </ul>
Risques socio-environnementaux	Cause des risques	Mesures d'atténuation
Impact social : <ul style="list-style-type: none"> <li>Impact sur la vie des riverains pendant les travaux de construction</li> <li>Poursuites judiciaires et autres affaires dans le cas où les habitants de la région s'opposent à la station de dessalement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le plan de développement d'approvisionnement d'eau n'est pas socialement adapté.</li> <li>Manque d'actions de relations publiques.</li> <li>Echec des négociations.</li> <li>Impact sur les activités économiques (par exemple : Impact de la conduite de prise/ évacuation sur la pêche, bruit au niveau de la station de pompage, congestion au niveau du trafic à cause des travaux de construction ).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vérification de la nécessité du Projet</li> <li>Explication aux habitants et relations publiques</li> <li>Installation des conduites de refoulement ou de stations de pompage le long des routes ou sur un terrain public pour éviter les zones résidentielles et en prenant en considération la faisabilité technique et économique</li> <li>Mobiliser un budget suffisant pour l'acquisition du terrain</li> </ul>
Impact significatif sur l'environnement naturel : <ul style="list-style-type: none"> <li>Non approbation de l'EIE</li> <li>Impact sur les activités économiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impact des conduites de prise et d'évacuation sur l'environnement marin au niveau du littoral (changement au niveau de la salinité, changement des courants , creusage pour l'installation de la conduite, etc.)</li> <li>Augmentation du volume des eaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Choix du site avec le moindre impact sur l'environnement marin</li> <li>Optimisation du plan à travers la simulation du fonctionnement de la conduite de prise/évacuation</li> <li>Vérification de l'impact sur les activités économiques suite au</li> </ul>

<sup>9</sup> Les frais de fonctionnement de la station de dessalement Chatan à Okinawa au Japon qui a une capacité de 40 000 m<sup>3</sup>/j a été en moyenne de 25% pendant 10 de fonctionnement depuis son démarrage en 1997 jusqu'en 2006. En 2011, ce taux a été de 12,3%. Ce chiffre est expliqué comme suit: une consommation énergétique élevée de 6,17 kWh/m<sup>3</sup> et le développement d'autres ressources hydriques après l'achèvement de la station. Pour la station de dessalement Umi-no-nakamichi Nata à Fukuoka au Japon avec une capacité de 50 000 m<sup>3</sup>/j, ce chiffre a été de 78% en 2011 à cause du manque d'eau de surface et de la pénurie en eau à cause d'autres travaux. Mais ce taux a également été élevé pour d'autres années allant de 60% à 83% depuis son démarrage en 2005. Malgré sa consommation énergétique élevée qui se situe à 5,87 kWh/m<sup>3</sup>, bien plus élevé que la consommation de la station voisine de Ushikubi ne dépassant pas 0,18 kWh/m<sup>3</sup>, cette station continue à avoir des coûts de fonctionnement importants à cause la capacité limitée d'approvisionnement en eau de surface.

	usées à cause de l'augmentation de l'approvisionnement en eau et expansion de la pollution vers les eaux du domaine public.	<p>changement dans le milieu naturel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promotion du plan de développement du système d'assainissement.</li> </ul>
Risques au niveau de l'alimentation électrique	Causes	Mesures d'atténuation
Coupure de courant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque de générateurs électriques d'appoint</li> <li>• Accidents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensifier les installations de force (mesures dans la station) .</li> <li>• Un système à deux lignes d'arrivée</li> <li>• Alimentation en haute tension.</li> <li>• Des réservoirs de grande capacité pour l'eau produite.</li> <li>• Installer des générateurs de réserve pour les pompes de refoulement.</li> </ul>
Risques de retard dans l'exécution	Cause	Mesures d'atténuation
Retard dans l'exécution du Projet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retard dans l'établissement de l'unité d'gestion du Projet</li> <li>• Retard dans la conclusion du contrat de prêt</li> <li>• Retard dans la préparation du dossier d'appel d'offres</li> <li>• Retard dans l'approbation de diverses procédures par la HAICOP</li> <li>• Retard dans l'ouverture des plis</li> <li>• Annulation de l'appel d'offres</li> <li>• Retard causé par les diverses procédures de la JICA</li> <li>• Retard dans acquisition du terrain</li> <li>• Retard de l'approbation pour l'exécution des travaux par les autorités compétentes autorités</li> <li>• Retard dans les travaux maritimes à cause des conditions climatiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une approche ferme de pilotage et de coordination avec les autorités compétentes par l'unité d'exécution du Projet.</li> <li>• Assurer un nombre suffisant de personnel pour l'unité d'exécution du Projet</li> <li>• Recourir à des consultants</li> <li>• Elaborer un dossier d'appel d'offres approprié et clair.</li> <li>• Elaboration d'un plan de construction flexible.</li> </ul>

**CHAPITRE 1**  
**OBJECTIFS ET CONTENU DE L'ETUDE**

# CHAPITRE 1 OBJECTIFS ET CONTENU DE L'ETUDE

## 1.1 Historique

La moitié de la République Tunisienne, appelée ci-après Tunisie, est située en milieu semi-aride et la moyenne de sa pluviométrie est légèrement en dessous de 500 mm et par conséquent les eaux souterraines contribuent à 40% des besoins en eau.

Le système d'approvisionnement en eau en Tunisie s'est développé en harmonie avec une croissance économique soutenue<sup>1</sup>, et couvre actuellement 97,8% de la population soit près de 100% en milieu urbain et 93,4% en milieu rural (SONEDE, 2012). En Tunisie, c'est le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche, ci-après désigné par "MA" qui décide de la politique nationale relative au secteur de l'eau. L'approvisionnement de l'eau potable en milieu rural au moyen de bornes publiques et de potences est sous la tutelle du MA alors que la SONEDE (Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux) est responsable de la desserte d'eau potable en milieu urbain et dans quelques zones rurales à travers des branchements privés et à usage domestique, comme elle est chargée de l'entretien du réseau d'adduction et de distribution.

La région du Grand Sfax est la deuxième plus grande zone urbaine en Tunisie avec une population avoisinant les 621 000 personnes<sup>2</sup> (Janvier 2013); elle est située dans le Gouvernorat de Sfax (population estimée à 963 000 en Janvier 2013). Le volume des eaux distribuées dans cette région s'élève à 190 000 m<sup>3</sup>/jour sur la zone couverte par la SONEDE avec une population servie de l'ordre de 810 000 en 2012. A cause d'une augmentation rapide de la population, atteignant un taux de croissance moyen de 1,37% par an durant les 10 dernières années entre 2003 et 2013, il est prévu qu'une grave pénurie d'eau pourrait avoir lieu en 2018, d'où la nécessité de développer une nouvelle source d'eau. Le gouvernorat de Sfax dépend, pour son approvisionnement en eau, des eaux de surface transmises à partir de la région nord, des eaux souterraines de la région centre-ouest ainsi que de sa propre eau souterraine. Il est prévu cependant, que l'alimentation en eau à partir d'autres régions, sera diminuée en raison de l'exigence de conservation des eaux souterraines au centre ouest, et l'augmentation de la demande dans les régions amont. Les ressources en eau dans le gouvernorat de Sfax proviennent à hauteur de 42% du système d'adduction des eaux du nord, 37% de la région du centre-ouest à partir des nappes aquifères de Jelma et Sbeitla, et 21% des eaux souterraines propres au Gouvernorat de Sfax.

Pour faire face à cette situation, il est nécessaire de développer des ressources en eau et de leurs infrastructures connexes exclusivement pour le Gouvernorat de Sfax. La SONEDE a étudié la possibilité de construire une station de dessalement d'eau de mer à Sfax dans le cadre d'une étude de faisabilité pour l'approvisionnement en eau dans la région du sud effectuée en 2005. Dans cette étude, un plan d'approvisionnement en eau de la région, dont le Gouvernorat de Sfax a été formulé pour satisfaire la

---

<sup>1</sup> Environ 4% de taux de croissance annuel moyen du PIB durant les 15 dernières années, y compris 2011, quand la révolution a éclaté avec une récession de l'économie de -1,94%.

<sup>2</sup> [http://www.ins.nat.tn/en/serie\\_annuelle.php?Code\\_indicateur=0201060](http://www.ins.nat.tn/en/serie_annuelle.php?Code_indicateur=0201060)

demande en eau dans les régions du centre et du sud. Cependant, il n'a pas été possible de mettre en œuvre l'ensemble des plans pour des raisons budgétaires.

Dans ces conditions, l'approvisionnement en eau lors de la période de pointe de l'été 2012 a connu une grave pénurie dans les régions du sud de la Tunisie, y compris à Sfax, du fait de la réduction temporaire des quantités d'eau transférées du Nord. Cette pénurie en eau a été l'occasion pour confirmer la pertinence du plan régional d'approvisionnement en eau prévu dans l'étude de faisabilité. Pour résoudre ce problème, la SONEDE a préparé le plan stratégique en Avril 2013 pour renforcer la capacité d'approvisionnement et améliorer la qualité d'eau à l'horizon de l'année 2030. Dans l'étude, une priorité absolue est accordée à l'amélioration des ressources d'eau pour le Grand Sfax et à l'augmentation de la capacité d'approvisionnement à travers l'introduction du dessalement d'eau de mer en tant que mesure efficace, pratique et immédiate pour faire face au manque des ressources en eau.

Dans le contexte décrit ci-dessus, la réalisation du projet de construction d'une station de dessalement d'eau de mer en banlieue de Sfax est prévue sur la base du plan contenu dans l'étude et c'est en réponse à la requête présentée par le Gouvernement Tunisien que la JICA et la SONEDE ont discuté des termes de références (TDR) pour l'Etude Préparatoire du Projet, et cette étude a été menée sur la base de ces TDR.

## **1.2 Présentation de l'Etude**

### **1.2.1 Objectif de l'Etude**

L'objectif de l'étude est de constituer un projet éligible à un prêt APD Japonais à conclure avec le Gouvernement Tunisien, représenté par le Ministère des Affaires Etrangères, le Ministère du Développement, l'Investissement et de la Coopération Internationale et le Ministère des Finances en leur qualité d'Emprunteur, et la SONEDE en tant qu'agence d'exécution. L'objectif de cette étude est de contribuer à la mise en œuvre de ce projet dans le cadre d'un prêt APD Japonais en préparant l'étude de faisabilité relative à la station de dessalement d'eau de mer de Sfax, objet de ce rapport.

Par conséquent, les résultats de cette étude constitueront une référence pour l'évaluation du prêt par la JICA, et la portée des travaux prévus dans l'étude seront la base du projet objet du prêt en yens.

### **1.2.2 Portée du Projet**

Le projet porte sur la construction d'une station de dessalement d'eau de mer (capacité de production : 200 000 m<sup>3</sup>/jour. Le prêt APD est prévu pour une capacité de 100 000 m<sup>3</sup>/j, ouvrages de prise et de rejet compris), de conduites de refoulement, d'un réservoir de distribution et des équipements de pompage associés.

### **1.2.3 Zone d'étude**

La zone de l'étude est le Grand Sfaxet et ses environs. Sfax est une ville, située à 270 km au sud de Tunis,

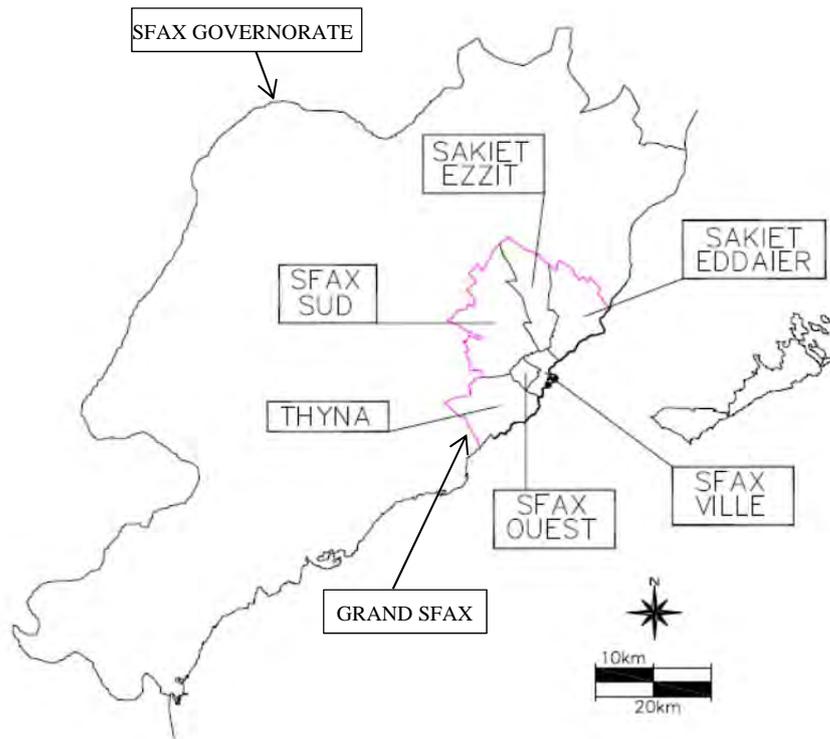
et représente la capitale du Gouvernorat de Sfax. L'expansion de la ville est expliquée par son développement en tant que ville portuaire, et de son réseau routier multidirectionnel à partir du port. Récemment, une route périphérique a été aménagée marquée par une urbanisation galopante.

Le Grand Sfax comprend la ville de Sfax et cinq (05) délégations : Sfax Ouest, Sfax Sud, Thyna, Sakiet Ezzit et Sakiet Eddaier. Chaque délégation est constituée de secteurs pour un total de quarante trois (43) secteurs sur le Grand Sfax.

**Tableau 1.2-1 Délégations et communes au sein du Grand Sfax**

Délégation	Secteur	Délégation	Secteur
Sfax Ville	Sfax Medina	Sfax Sud	Bouzaien
	15-Novembre		El Afrane Nord
	Ain Cheikhrouhou		El Ain
	Bab B'har		El Aouabed
	Bassatine		El Khazzanet
	Cite Attaouidhi		Gremda
	Cite Khiri		Ouyoun El Mayel
	Merkez Bacha		El Hajeb
	Merkez Gaddour	Sidi Abid	
	Mohamed Ali	Tyna	
	Rbat	Bouacida	
	Sidi Abbes	Cedra	
	Sfax Ouest	El Alia	Sakiet Ezzit
El Hadi		Sakiet Ezzit	
Hay El Bahri		Sidi Salah	
Hay El Habib		Teniour	
Merkez Chaker		Bderna	
Oued Ermal		Cite Bourguiba	
Sokra		El Khairia	
		Sakiet Eddaier	Merkez Kaaniche
			Merkez Sebi
			Sakiet Eddaier
			Seltania
			Sidi Mansour

Source: Délégation; L'Institut National de la Statistique: INS, Secteur: Equipe d'Etude de la JICA



Source : Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 1.2-1 Carte administrative du Grand Sfax**

#### 1.2.4 Autorités concernées

Les autorités concernées par l'étude sont les suivantes:

- Organisme homologue: Société Nationale d'Exploitation et de la Distribution des Eaux (SONEDE)
- Autorités associées:
  - 1) Ministère du Développement, de l'Investissement et de la Coopération Internationale (MDICI, fenêtre du Prêt APD Japonais)
  - 2) Ministère des Finances (Emprunteur chargé du remboursement du Prêt APD Japonais)
  - 3) Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (Autorité de tutelle de la SONEDE)
  - 4) Ministère des Affaires Etrangères (Relations internationales, Accords avec les pays étrangers)
  - 5) Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
    - Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE, Evaluation de l'Etude d'Impact sur l'Environnement)
    - Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL, approbation des aménagements côtiers)

### **1.2.5 Equipe d'Etude de la JICA**

L'Equipe d'Etude de la JICA est constituée des experts suivants:

- |      |                       |   |
|------|-----------------------|---|
| (1)  | M. Takafumi Kiguchi   | Chef d'Equipe / Planification d'approvisionnement en eau                          |
| (2)  | M. Junichi Kamimura   | Conception d'ouvrages de dessalement d'eau de mer                                 |
| (3)  | M. Tadao Funamoto     | Conception d'ouvrages d'adduction et de distribution                              |
| (4)  | M. Tetsuji Niwano     | Etude des ressources en eau   |
| (5)  | M. Yoshinari Fujiwara | Conception d'ouvrages mécaniques 1  |
| (6)  | M. Ryuta Kudo         | Conception d'ouvrages mécaniques 2  |
| (7)  | M. Toru Watanabe      | Conception d'ouvrages électriques 1   |
| (8)  | M. Akira Miura        | Conception d'ouvrages électriques 2   |
| (9)  | M. Takashi Nakagawa   | Etude des conditions naturelles   |
| (10) | M. Daisuke Yashiro    | Contrats et devis estimatifs  |
| (11) | M. Yasuo Nakada       | Analyses économiques et financières   |
| (12) | M. Sebastien Arnaud   | Aspects environnementaux et sociaux   |
| (13) | M. Toshihiko Tamama   | Aspects institutionnels et organisationnels                                       |
| (14) | M. Ryosuke Ohta       | Coordination / Assistant à la conception de stations de dessalement d'eau de mer. |

### **1.2.6 Calendrier de l'Etude**

L'étude a été effectuée en deux phases comme suit:

- (1) Phase 1 (de septembre à décembre 2013): Confirmation de la nécessité et de la viabilité d'une station de dessalement d'eau de mer.

La phase 1 du projet a commencé le 13 septembre 2013 alors que le travail sur terrain a été effectué entre le 28 septembre et le 23 novembre suite aux études préparatoires. Au terme du travail de terrain, un travail en régie a été effectué jusqu'au début du mois de janvier 2014.

- (2) Phase 2 (de janvier 2014 à août 2015): Etude de Faisabilité

L'étude de faisabilité fût réalisée entre janvier 2014 et août 2015. Le deuxième travail de terrain a été mené de la mi-janvier jusqu'à début mars 2014. Suite aux travaux effectués au Japon, les réalisations ont été compilées dans le rapport intérimaire 2. Le troisième travail sur terrain a commencé à la mi-avril 2014 et a été mené jusqu'à la mi-juin. Le projet de rapport de l'étude préliminaire a été rédigé au Japon entre juin et septembre 2014.

Les explications et les discussions portant sur le projet de rapport de l'étude préliminaire ont eu lieu le 29 septembre 2014. Le rapport final comprenant les révisions qui reflètent les commentaires de la partie

tunisienne, a été élaboré et soumis en août 2015<sup>3</sup>.

Le présent rapport a été élaboré en se basant sur les informations collectées jusqu'en juin 2015.

### **1.3 Portée de l'Etude**

#### **1.3.1 Portée de l'étude lors de la Phase 1**

La Phase 1 a été dédiée à la collecte et l'examen des informations disponibles, au travail sur terrain et visite des lieux ainsi qu'à la collecte et à l'analyse des informations et des données pour confirmer la nécessité et la viabilité du projet de construction d'une station de dessalement d'eau de mer et pour choisir des sites potentiels à la construction de cette station. En outre, la capacité appropriée de la station et le site adéquat, ont été recommandés après avoir examiné l'année cible et la demande future en eau. Les principaux éléments de l'étude sont comme suit :

Les principales activités de l'étude ont été les suivantes:

(1) Revue et examen des informations disponibles

- 1) Étude des conditions naturelles (météorologie, topographie, terrains, hydrologie, hydrogéologie, , etc.)
- 2) Étude des conditions sociales (situation socio-économique et population, commerce et industrie, utilisation des terres, infrastructures, rendement économique)
- 3) Étude des conditions environnementales (lois et règlements concernant l'environnement, hygiène publique, etc.)

(2) Collecte et analyse des informations de base pour la conception du projet

- 1) Volume de la demande d'eau et volume d'offre d'eau dans le Grand Sfax
- 2) Volume d'eau disponible dans le Grand Sfax
- 3) Equipements de l'eau potable au Grand Sfax
- 4) Autres projets d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax
- 5) Sites candidats pour accueillir la station de dessalement de l'eau de mer du Grand Sfax
- 6) Installations et ouvrages d'eau disponibles dans la région du Grand Sfax
- 7) Stations de dessalement existantes
- 8) Structure organisationnelle du secteur de l'eau
- 9) Tarification de l'eau potable
- 10) Etats financiers de la SONEDE
- 11) Energie électrique disponible
- 12) « Projet de construction de la Station de Dessalement d'Eau de Mer à Jerba » dossier d'appel d'offres

---

<sup>3</sup> Suite à l'explication du projet de rapport, il a été procédé à la révision de l'équilibre offre et demande en eau et du plan d'affectation des sources d'eau pour refléter les commentaires de la SONEDE et le plan de développement de la station a été également revu pour l'adapter au changement de la répartition du débit. L'équipe a également revu les coûts du projet et son analyse économique et financière.

### (3) Vérification de la nécessité et des risques du projet

- 1) Etat actuel et problèmes du secteur de l'eau : eau à usage domestique, eau à usage agricole et eau à usage industriel.
- 2) Politiques et plans d'avenir du secteur de l'eau : eau à usage domestique, eau à usage agricole et eau à usage industriel.
- 3) Capacité requise pour répondre aux besoins en eau à usages domestique, agricole et industriel.
- 4) Plans de développement des ressources en eau de la SONEDE pour augmenter le volume d'approvisionnement en eau
- 5) État actuel d'aménagements et projets entrepris sur le réseau existant de distribution
- 6) État de l'assistance fournie par d'autres bailleurs de fonds
- 7) Projets d'aménagement des installations d'eau potable de la SONEDE (dont les stations de dessalement de l'eau de mer)
- 8) Comparaison entre la station de dessalement de l'eau de mer et d'autres ressources alternatives d'eau et vérification des risques
- 9) Examen de l'impact de l'aménagement d'une station de dessalement de l'eau de mer sur la tarification de l'eau.
- 10) Orientations et politique de la Tunisie
- 11) Examen des mesures d'atténuation des risques et recommandations

### (4) Rédaction/discussion du rapport intérimaire (IT/R)1

#### **1.3.2 Portée de l'étude lors de la Phase 2**

Le choix du meilleur site parmi les différents sites potentiels identifiés lors de la Phase 1 et la préparation du plan du projet ont été les principaux éléments du Rapport Intérimaire n°2. Une fois le contenu du Rapport Intérimaire n°2 a été confirmé par la SONEDE et la JICA, la conception préliminaire et le calcul des devis estimatifs ont été effectués, suivis par l'élaboration du Rapport de l'Etude Préparatoire sous la forme d'une étude de faisabilité comprenant le plan d'exécution et l'évaluation du projet.

Les principales activités de l'étude lors de cette phase sont les suivantes:

#### (1) Planification du projet

- 1) Plan d'approvisionnement en eau dans la région du Grand Sfax.
- 2) Production d'eau requise pour la station de dessalement de l'eau de mer
- 3) Choix du site pour le projet de construction de la station de dessalement
- 4) Comparaison des différentes méthodes de dessalement d'eau de mer (osmose inverse ou détente et évaporation multi-étagée, etc.)
- 5) Détermination du mode de prise d'eau de mer
- 6) Détermination du mode de rejet de l'eau de mer chargée
- 7) Choix de l'emplacement de la station de pompage
- 8) Choix des sites des réservoirs
- 9) Plan de fonctionnement du système

- 10) Calcul de la superficie du terrain nécessaire pour l'implantation du Projet
  - 11) Etude de la législation et des démarches légales pour l'acquisition de terrains
- (2) Rédaction/discussion du Rapport Intérimaire (IT/R) 2
  - (3) Conception Préliminaire du projet
    - 1) Identification de la portée du projet
    - 2) Conception préliminaire des installations de prise d'eau de mer, de dessalement et d'évacuation des eaux chargées, de la station de pompage, de la conduite de refoulement et des réservoirs
    - 3) Confirmation des procédures officielles et légales nécessaires, et des démarches d'acquisition de terrains
  - (4) Evaluation des principaux impacts sociaux et environnementaux du projet, préparation des mesures d'atténuation et d'un plan de suivi
  - (5) Estimation du coût du Projet
  - (6) Elaboration du plan de mise en œuvre du projet
    - 1) Plan de financement
    - 2) Plan d'exécution
    - 3) Calendrier d'exécution du Projet
    - 4) Plan d'établissement des contrats
    - 5) Organisation pour la mise en œuvre du Projet
    - 6) Plan d'exploitation et d'entretien
    - 7) Elaboration des Termes de Référence (TOR) des consultants
    - 8) Analyse économique et financière
    - 9) Autres considérations
  - (7) Evaluation du projet
  - (8) Recommandation sur les indicateurs de fonctionnement et de performance
  - (9) Recommandations
  - (10) Préparation du Rapport Final de l'étude préparatoire (avant-projet)
  - (11) Explication/discussion du Rapport Final de l'étude préparatoire (avant-projet)
  - (12) Rédaction/soumission du Rapport Final

#### **1.4 Projets antérieurs dans le secteur de l'eau financés par des prêts APD japonais**

Les projets antérieurs financés par des prêts APD japonais dans le secteur de l'eau en Tunisie sont présentés dans le Tableau 1.4-1.

En outre, le Gouvernement Japonais a octroyé une subvention pour financer un projet de dessalement

d'eaux souterraines dans une région de Ben Guerdane, Gouvernorat de Mednine, et une station de dessalement, ayant une capacité de 1 800 m<sup>3</sup>/jour, y a été construite. Ladite station a été mise en service en Juin 2013.

**Tableau 1.4-1 Projets antérieurs dans le secteur de l'eau financés par des prêts APD japonais**

En date du 31 août 2014

Année	Description du Prêt APD	Description du projet	Etat actuel
1994	N° Prêt: TS – P6 Projet : Projet d'approvisionnement en eau et d'amélioration des conditions d'assainissement dans les régions du sud Signature du prêt : 1995.03.31 Montant du prêt(en millions de Yen): 7577	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Construction d'ouvrages d'alimentation en eau et d'assainissement dans des sites touristiques au sud de la Tunisie : Jerba, Zarzis, et d'autres régions.</li> <li>● Les sites alimentés en eau étaient : Jerba, Zarzis, Ben Guerdane, Medenine, et Tataouine alors que le projet d'assainissement a concerné la zone touristique à l'est de Jerba.</li> <li>● Le projet d'alimentation en eau comprenait : une station de dessalement des eaux souterraines (15 000 m<sup>3</sup>/jour x 2 stations), 15 forages, 5 réservoirs de distribution, 169 km de conduites d'adduction, 91 km de conduites de distribution, et d'autres ouvrages. Projet achevé en février 2003.</li> </ul>	DA.
1999	N° Prêt: TS – P19 Projet : Projet d'approvisionnement d'eau potable en milieu rural Signature du prêt : 2000.03.23 Montant du prêt (en millions de Yen):3352	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Dans des zones rurales de 17 gouvernorats, des infrastructures d'approvisionnement en eau de petite taille, services et marchés pour la fourniture de matériel et les travaux de construction.</li> </ul>	DA.
2002	N° Prêt: TS – P24 Projet : Projet d'approvisionnement d'eau potable en milieu rural (II) Signature du prêt : 2003.03.31 Montant du prêt (en millions de Yen):4495	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fond de prêts pour l'aménagement et l'amélioration d'ouvrages d'alimentation en eau, achat d'équipements (pompes et conduites), et des services de consultation auprès de cent communautés démunies choisies dans le cadre du 10ème Schémas d'Approvisionnement d'Eau en milieu rural mis en œuvre par le Gouvernement Tunisien.</li> </ul>	DA.
2006	N° Prêt: TS – P28 Projet : Projet d'approvisionnement de l'eau potable en milieu rural de Jendouba Signature du prêt : 2006.05.23 Montant du prêt (en millions de Yen):5412	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Site du projet : zones rurales du Gouvernorat de Jendouba et une partie du Gouvernorat de Beja au Nord Ouest. Conduites d'adduction et de distribution, une station de traitement d'eau, 12 réservoirs de distribution, 9 ouvrages de pompage, un ouvrage brise charge.</li> </ul>	EC
2011	N° Prêt: TS – P36 Projet : Projet d'aménagement des réseaux d'approvisionnement en eau dans des communautés locales Signature du prêt : 2012.02.17 Montant du prêt (en millions de Yen): 6 094	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Réhabilitation et extension des ouvrages existants d'approvisionnement en eau, y compris travaux de génie civil, achat de conduites en fonte ductile ainsi que d'autres équipements pour des projets répartis sur 19 Gouvernorats. Des ouvrages de distribution à Sfax étaient également couverts par ce projet.</li> </ul>	EC.

Etat actuel: DA; Décaissement achevé, EC; En cours

Source : Equipe d'étude de la JICA, Décembre 2014

## 1.5 Programmes d'autres bailleurs de fonds dans le secteur d'approvisionnement en eau

La SONEDE est également en train d'exécuter et de planifier les programmes suivants avec l'appui d'autres bailleurs de fonds internationaux.

**Tableau 1.5-1 Programmes d'autres bailleurs de fonds dans le secteur d'approvisionnement en eau**

Bailleurs / Projet	Description du projet	Etat actuel	
<b>KfW Bankengruppe</b>			
1	Projet de construction de stations de dessalement dans le Sud Tunisien	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Soutien à la construction de stations de dessalement dans les régions du sud de la Tunisie.</li> <li>● Basé sur les résultats de l'étude qui avait été réalisée en 2003, dans la Phase1 du projet (PNAQ1), la construction de dix stations de dessalement sera achevée en Octobre 2015.</li> <li>● Pour la phase 2 du projet (PNAQ2), l'étude a commencé depuis 2011 grâce à un appui sous forme de subvention d'aide. Actuellement, le rapport de l'EIE et le rapport final de l'étude sont en cours de finalisation. Il est prévu de construire six stations de dessalement à partir de 2015.</li> </ul>	EC
2	Station de dessalement de Jerba à Medenine	<ul style="list-style-type: none"> <li>● A Djerba, Gouvernorat de Médenine, une station de dessalement d'eau de mer de 50 000m<sup>3</sup>/jour avait été prévue dans une étude financée par une subvention de l'Union Européenne. La SONEDE a modifié les plans pour passer à une capacité de 75 000m<sup>3</sup>/jour.</li> <li>● Il est prévu de bénéficier d'un appui financier de la part de KfW et de l'Agence Française de Développement (AFD). Le contrat des travaux de construction a été conclu le 8 septembre 2014 avec SONEDE pour Emprunteur.</li> </ul>	EC
3	Station de dessalement de Zarrat à Gabès	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Une étude pour la construction d'une station de dessalement d'une capacité de 100 000 m<sup>3</sup>/j à Zarrat à Gabès a été entamée en Septembre 2012 avec le soutien technique du Fond Africain d'Assistance au Secteur Privé de la Banque Africaine de Développement (BAD).</li> <li>● Quant à la mise en œuvre du projet, la SONEDE a l'intention de lancer le projet vers la fin de l'année 2014 avec le soutien financier de la KfW. Jusqu'à Novembre 2014, les détails de ce financement n'ont pas encore été finalisés.</li> </ul>	NF.
4	Station de dessalement de Kerkanah à Sfax	<ul style="list-style-type: none"> <li>● La SONEDE prévoyait d'entamer une étude en 2013 pour la construction d'une station de dessalement d'une capacité de 6 000 m<sup>3</sup>/j à Kerkennah dans le Gouvernorat de Sfax. Le soutien de KfW est envisagé pour cette étude.</li> </ul>	NF.
5	Projet d'Approvisionnement en Eau des Zones Rurales III ; 2009-2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Approbation, en 2009, d'un programme pour l'approvisionnement en eau des zones rurales.</li> <li>● Le programme fournira l'eau potable à 49 nouveaux groupes représentant une population de 52536 habitants répartis sur 14 Gouvernorats à travers : <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'extension des réseaux actuels, des travaux de génie civil, et l'installation des équipements ;</li> <li>- Acquisition de 80 000 mètres de matériaux de conduites</li> <li>- Mise en œuvre d'un programme de maîtrise de l'énergie</li> <li>- Mise en œuvre d'un système d'information géographique</li> </ul> </li> <li>● Coût du projet : 21 MEUR</li> </ul>	EC

Bailleurs / Projet	Description du projet	Etat actuel
<b>Agence Française du Développement (AFD)</b>		
1	Projet d'Approvisionnement en Eau des Zones Rurales III ; 2009-2016	EC
2	Programme de sécurisation des capacités de production et d'adduction d'eau potable de la SONEDE : 2012-2016	EC
3	Alimentation en eau potable rurale : 2013 – 2017	EC
<b>Groupe de la Banque Mondiale</b>		
1	Approvisionnement en eau potable de centres urbains-Supplémentaire	EC
2	Construction d'une conduite d'adduction et du réservoir de Saida, de la conduite d'adduction et du réservoir de Kalaa Kebira, et de la station de traitement de l'eau	NF.
<b>Fonds Arabe pour le Développement Economique et Social (FADES)</b>		
1	Construction d'un réservoir Saida et d'un réservoir à Kalaa Kebira	NF.

Etat actuel: EC; En cours, N.F; Arrangement financier n'a pas été finalisé.

Source : Equipe d'étude de la JICA en date de décembre 2014

Les projets de dessalement en cours et ceux encore prévus et qui seront financés par KfW sont indiqués au Tableau 1.5.2 et à la Figure 1.5-1.

**Tableau 1.5-2 Projets de construction de stations de dessalement au Sud Tunisien avec le soutien de KfW**

No.	Site		Eau brute	Capacité (m <sup>3</sup> /jour)	Projet*	Etat
1	Tozeur	Tozeur	Saûmatre	6,000	a, PNAQ1	Achèvement prévu en Oct. 2015
2		Nafta	Saûmatre	4,000	a, PNAQ1	Achèvement prévu en Oct. 2015
3		Hezoua	Saûmatre	800	a, PNAQ1	Achèvement prévu en Oct. 2015
4	Kebilli	Kebili	Saûmatre	6,000	a, PNAQ1	Achèvement prévu en Oct. 2015
5		Douz	Saûmatre	4,000	a, PNAQ1	Achèvement prévu en Oct. 2015
6		Souk Lahad	Saûmatre	4,000	a, PNAQ1	Achèvement prévu en Oct. 2015
7	Gabes	Matmata	Saûmatre	4,000	a, PNAQ1	Achèvement prévu en Oct. 2015
8		Mareth	Saûmatre	5,000	a, PNAQ1	Achèvement prévu en Oct. 2015
9	Medenine	Beni Khedache	Saûmatre	800	a, PNAQ1	Achèvement prévu en Oct. 2015
10	Gafsa	Belkhir	Saûmatre	1,600	a, PNAQ1	Achèvement prévu en Oct. 2015
11	Tozeur	Degueche	Saûmatre	2,000	a, PNAQ2	Début de construction prévu en 2015
12	Sidi Bouzid	Mazouna, etc....	Saûmatre	3,000	a, PNAQ2	Début de construction prévu en 2015
13	Medenine	Ben Guerdane	Saûmatre	9,000	a, PNAQ2	Début de construction prévu en 2015
14	Gafsa	Gafsa Est	Saûmatre	9,000	a, PNAQ2	Début de construction prévu en 2015
15		Gafsa Ouest	Saûmatre	6,000	a, PNAQ2	Début de construction prévu en 2015
16	Kebili	Bechlli, etc...	Saûmatre	2,000	a, PNAQ2	Début de construction prévu en 2015
17	Medenine	Djerba	Eau de mer	75,000 <sup>*2</sup>	b	Contract signé en Sept. 2014
18	Gabes	Zarat	Eau de mer	100,000	c	Quête de financement
19	Sfax	Kerkennah	Eau de mer	6,000	d	Au niveau des plans

Saûmatre: Eaux souterraines saûmatres

\*:Projet :

- a: Projet de construction de stations de dessalement au sud tunisien, Phase 1 (PNAQ1), Phase 2 (PNAQ2)
- b: Station de dessalement de Djerba, Medenine
- c: Station de dessalement de Zarat, Gabes
- d: Station de dessalement de Kerkennah, Sfax

<sup>\*2</sup>: La capacité initiale est de 50 000 m<sup>3</sup>/jour extensible pour arriver dans l'avenir à 75 000 m<sup>3</sup>/jour

Source: Conseil d'Administration de la SONEDE du 06/08/2013, confirmé et mis à jour par SONEDE (Mars 2015)



Liste des stations de dessalement

No.	emplacement		Capacité (m <sup>3</sup> /j)
1	Tozeur	Tozeur	6,000
2		Nafta	4,000
3		Hezoua	800
4	Kebili	Kebili	6,000
5		Douz	4,000
6		Souk Lahad	4,000
7	Gabes	Matmata	4,000
8		Mareth	5,000
9	Medenine	Beni Khedache	800
10	Gafsa	Belkhir	1,600
11	Tozeur	Degueche	2,000
12	Sidi Bouzid	Mazouna...	3,000
13	Medenine	Ben Guerdane	9,000
14	Gafsa	Gafsa Est	9,000
15		Gafsa Ouest	6,000
16	Kebili	Bechlli...	2,000
17	Medenine	Djerba	75,000
18	Gabes	Zarat	100,000
19	Sfax	Kerkennah	6,000

Figure 1.5-1 Projets de dessalement en cours et prévus soutenus par le groupe bancaire KfW

**CHAPITRE 2**  
**REVUE ET EXPLORATION DES DONNEES**  
**EXISTANTES**

## CHAPTRE 2 REVUE ET EXPLORATION DES DONNEES EXISTANTES

### 2.1 Conditions naturelles

La région du Grand Sfax est située dans la zone centrale du climat semi-aride du pays. La République Tunisienne couvre une superficie de 163 610 km<sup>2</sup>, mais il s'agit d'un climat doux en raison de sa position face à la Méditerranée, en plus il présente plutôt une forte humidité.

#### 2.1.1 Météorologie

##### (1) Température

La température annuelle moyenne enregistrée au cours des 21 dernières années est de 18°C. Le climat est divisé en saison froide étalée entre décembre et février, et une saison chaude en été entre juillet et septembre. Le climat est agréable aussi bien au printemps qu'en automne.

**Tableau 2.1-1 Température moyenne dans le Grand Sfax**

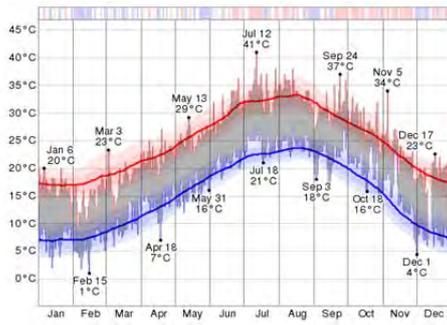
Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy.
Moyenne haute température en °C	16	17	18	21	24	28	31	31	29	25	20	17	23
Température moyenne en °C	11	12	14	16	20	23	26	27	25	21	16	12	18
Moyenne basse température en °C	6	7	9	11	15	19	21	22	21	17	11	7	14

Source : Weatherbase

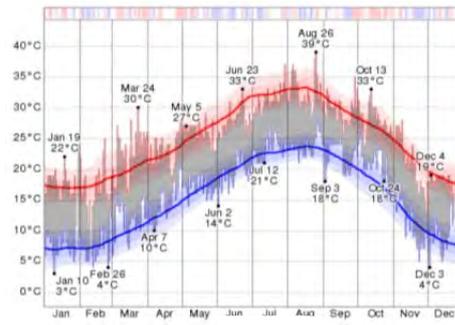
La Figure 2.1-1 montre les marges minimales et maximales de la température entre 2010 et 2013. La moyenne de la température la plus basse est de 6° en janvier. La température la plus basse a été enregistrée le 10 janvier 2012 avec 1°. La moyenne des températures les plus élevées est de 31°C en août. La température la plus élevée était de 41°C et a été enregistrée le 12 juillet 2010.

##### (2) Humidité

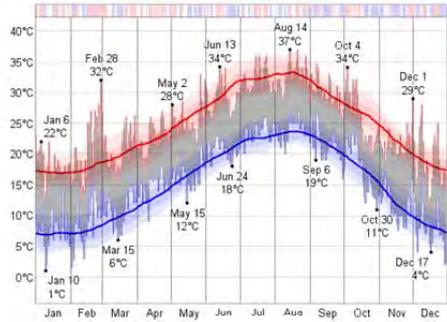
Sous l'influence de la Méditerranée, l'humidité varie entre 50% ~ 70% le long de l'année. La figure 2.1-2 est une illustration des taux d'humidité entre 2010 et 2013.



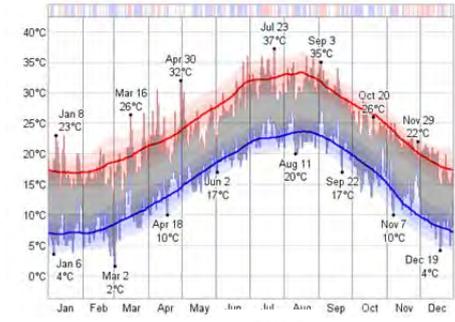
2010



2011



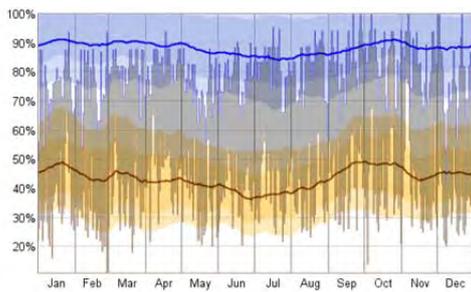
2012



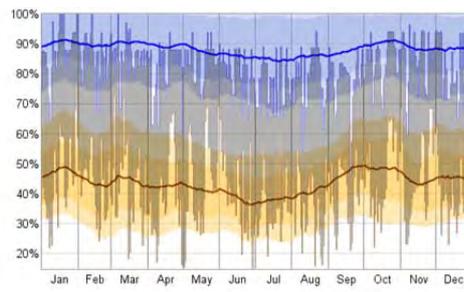
2013

Ligne rouge : Moyenne des températures maximales, Ligne bleue : Moyenne des températures minimales  
Source : WeatherSpark

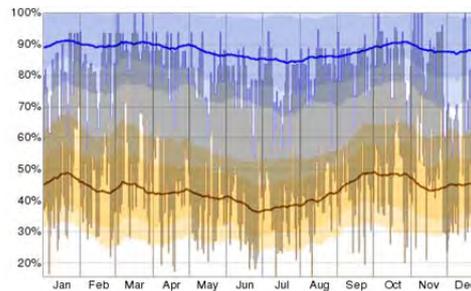
**Figure 2.1-1 Plage de température entre 2010 et 2013**



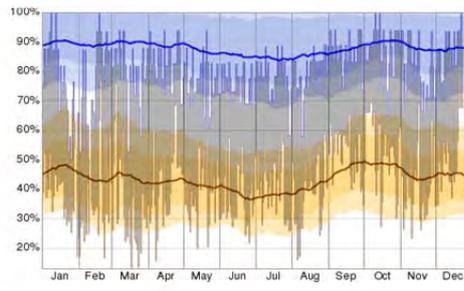
2010



2011



2012



2013

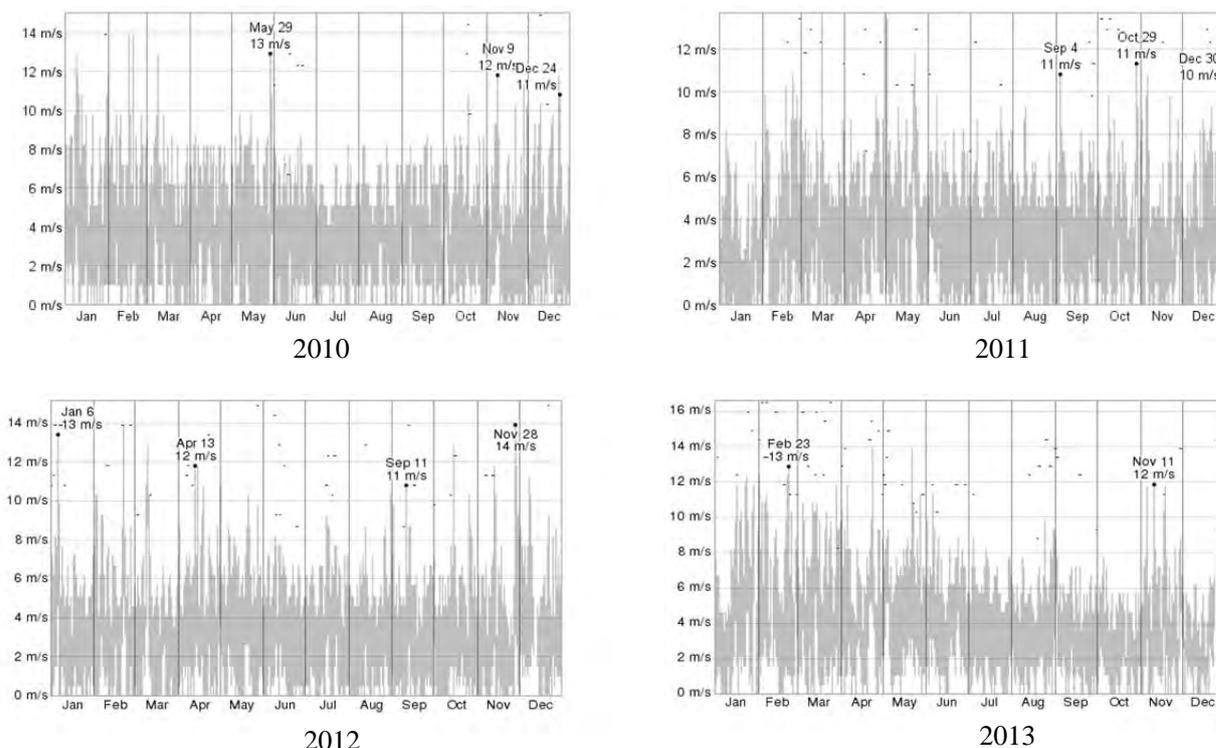
Ligne bleue : Moyenne d'humidité maximale, Ligne marron : Moyenne d'humidité minimale  
Source : WeatherSpark

**Figure 2.1-2 Plage d'humidité entre 2010 et 2013**

### (3) Vent

Le vent souffle près de 300 jours par an dans des directions variant selon la saison. En hiver, la direction du vent de terre bascule entre Nord et Sud Ouest. En été, la direction du vent de mer varie entre Est et Sud-Est.

La Figure 2.1-3 montre les marges de rafales de vent au cours de la période 2010-2013.



Ligne grise : Changement quotidien de la vitesse du vent, Point bleu : Vitesse maximale du vent durant la journée

Source : WeatherSpark

**Figure 2.1-3 Changements des vents entre 2010 et 2013**

Le mois le plus venteux a été le mois de mai avec une vitesse moyenne de vent de 5 m/s. Quand au mois avec le moins de vent, c'était Octobre avec une moyenne de vitesse de vent de 3 m/s. la rafale de vent la plus forte a été enregistrée le 22 mai 2013 avec une vitesse de 22 m/s.

### (4) Précipitations

En l'espace de vingt ans (1991-2010), la pluviométrie moyenne dans la région du Grand Sfax a atteint 228,5 mm (contre 464,5 mm à Tunis). La pluviométrie enregistre une moyenne mensuelle de 25 mm entre septembre et avril. La pluie s'arrête à partir de début mai puis la saison ne connaît pratiquement pas de précipitations entre juin et août.

**Tableau 2.1-2 Pluviométrie moyenne dans le Grand Sfax**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Total	Moyenne mensuelle
Moyenne des précipitations mm	32,3	14,1	25,7	20,6	17,4	4,6	0,3	3,1	33,0	25,0	23,7	28,6	228,5	19,0

Source : Office National des Mines

### 2.1.2 Topographie et Géographie

La zone du Grand Sfax est comme un éventail qui se répand à partir du port; elle est située sur un terrain régulier légèrement ondulé en pente vers la mer.

### 2.1.3 Conditions marines

(1) Niveau de la marée

Les données relatives à la marée dans le port de Sfax sont comme suit:

**Tableau 2.1-3 Données sur la marée**

	Marée moyenne	Marée maximale	Marée minimale
Niveau au dessus de la mer (m)	+1,16	+2,15	+0,00

Source : RAPPORT DU CENTRE HYDROGRAPHIQUE ET OCEANOGRAPHIQUE DE LA MARINE NATIONALE DE LA TUNISIE

Les changements mensuels du niveau maximum de la marée sur les trois dernières années sont illustrés dans le tableau suivant. La marée la plus haute a été de 2,0 m et la plus basse a été de 0,1 m au cours des 3 dernières années.

**Tableau 2.1-4 Niveau mensuel de la marée (2011-2013)**

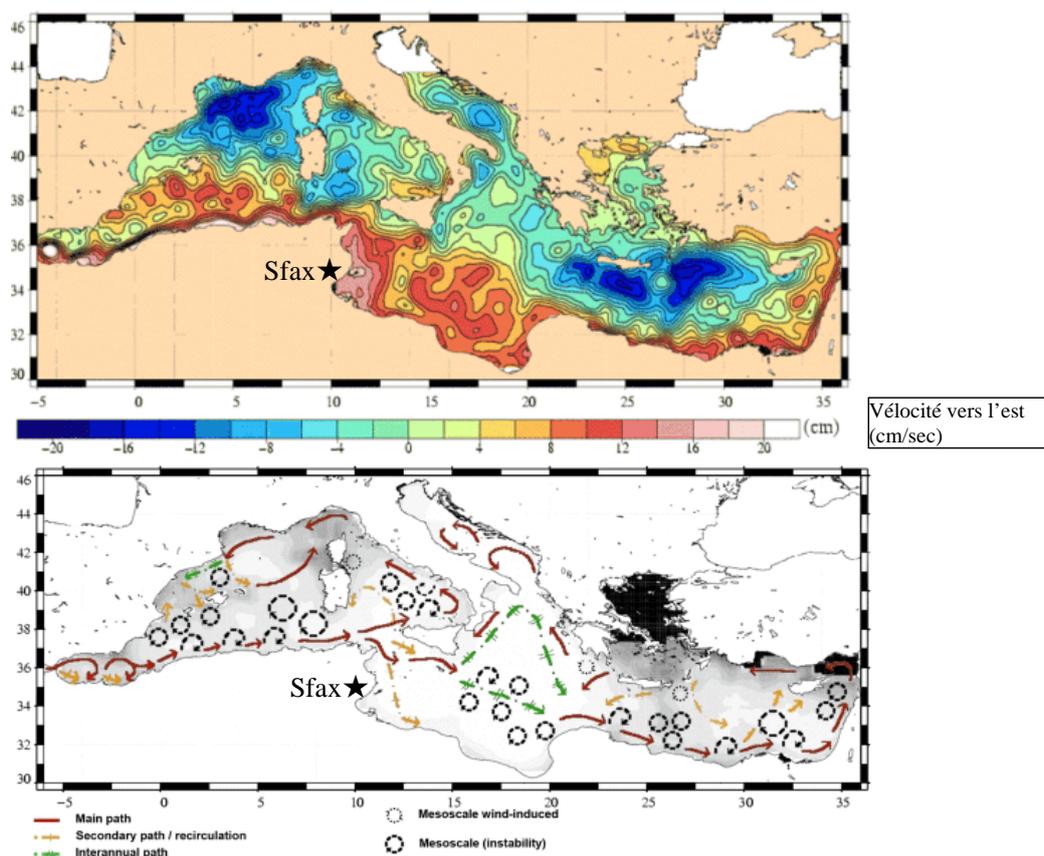
		Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
2011	Jour	1/21	2/19	3/20	4/18	5/17	6/15	7/31	8/29	9/28	10/27	11/25	12/25
	Max	1,8m	1,9m	1,9m	1,9m	1,8m	1,7m	1,8m	1,9m	2,0m	1,9m	1,9m	1,8m
	Min	0,2m	0,1m	0,1m	0,2m	0,2m	0,3m	0,2m	0,2m	0,2m	0,2m	0,3m	0,3m
2012	Jour	1/23	2/9	3/9	4/7	5/6	6/4	7/4	8/19	9/17	10/16	11/13	12/14
	Max	1,8m	1,9m	1,9m	1,9m	1,8m	1,8m	1,7m	1,9m	1,9m	2,0m	1,9m	1,9m
	Min	0,3m	0,2m	0,1m	0,1m	0,2m	0,3m	0,3m	0,2m	0,2m	0,2m	0,3m	0,3m
2013	Jour	1/12	2/10	3/28	4/26	5/25	6/24	7/23	8/21	9/19	10/5	11/3	12/3
	Max	1,8m	1,8m	1,9m	1,8m	1,8m	1,8m	1,8m	1,9m	1,9m	1,9m	1,9m	1,9m
	Min	0,3m	0,2m	0,3m	0,3m	0,3m							

※0m réfère à la ligne 0 dans le port de Sfax.

Source : Tableau des marées à Sfax

## (2) Courant de marée

Le courant de la mer en Méditerranée est généralement très faible, se dirigeant vers l'Est de la Méditerranée à partir de ses régions à l'ouest, dans une zone aride de forte température et un niveau élevé d'évaporation. Dans la zone maritime de Sfax, les courants actuels se déplacent lentement le long de la côte de Sousse vers Gabès.



(en haut : vitesse du courant ; en bas : direction du courant)

Source: AVISO+

**Figure 2.1-4 Courants actuels à l'Est de la Méditerranée**

## (3) Etude bathymétrique

La côte du Grand Sfax est marquée par une pente légère. Un fond marin de 5m ou moins s'étend de la Chebba au nord de Sfax jusqu'au niveau de l'île Kerkennah. Le fond marin sur un rayon de 5 km autour du golfe de Gabès au sud de Sfax ne dépasse pas les 10 m. Ainsi, il a été nécessaire de draguer un canal de 60 m de large sur 4,5 km de long avec une profondeur de 11 m à partir de l'entrée du port vers le large pour permettre aux grands bateaux d'entrer dans le port de Sfax.

## (4) Qualité de l'eau

La situation marine de la zone côtière du Grand Sfax est généralement calme, peu profonde, permettant la pêche de poisson et de crevette, la pêche au filet, la pêche des coquillages, etc.... Par ailleurs, le Grand Sfax compte une grande zone industrielle qui longe la côte. Les usines de purification du phosphore, de production d'huile d'olive et de traitement de métaux qui se situent dans la zone côtière de Sfax rejettent une eau polluée contenant des huiles et des métaux (Ni, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, Fe), engendrant une pollution. Le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), engendré par les bactéries sulfato-réductrices du sulfate de calcium (CaSO<sub>4</sub>) dans les sédiments du fond marin aggrave tout particulièrement la pollution marine. Le sulfate de calcium (CaSO<sub>4</sub>) est contenu dans les eaux usées rejetées par le processus de purification de la roche du phosphate dans l'usine de purification du phosphore..

Pour palier à cette situation, le projet TAPARURA a été lancé pour « purifier » le littoral du Grand Sfax. Ce projet financé en majeure partie par la Banque Européenne d'Investissement (BEI) est opérationnel depuis 2006. Le remplacement du sable et le dragage du fonds de mer sont conduits avec succès dans le cadre de ce projet. Cependant, le nettoyage s'est limité jusque là à la zone nord du Grand Sfax. Il est prévu de s'étendre à la zone sud mais les plans spécifiques ne sont pas encore tracés.

Les résultats de l'analyse de la qualité de l'eau effectuée dans le cadre cette étude sont présentés dans le paragraphe 5.1.2

#### 2.1.4 Caractéristiques hydrologiques, hydrogéologiques et géologiques

Selon la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE), la pluviométrie annuelle moyenne en Tunisie s'élève à 36 milliards de m<sup>3</sup>/an dont 12,6 milliards de m<sup>3</sup>/an (35%) qui s'évaporent et 18,6 milliards m<sup>3</sup>/an sont évacués en mer à travers les rivières. Par conséquent, le volume hydrique disponible est de 4,8 milliards m<sup>3</sup>/an.

En ce qui concerne les sources d'eau, 2,43 milliards sont stockées dans les barrages, alors que les rivières et les réservoirs d'irrigation offrent 0,27 milliards m<sup>3</sup>/an pour l'irrigation. En outre, les ressources hydrologiques souterraines s'élèvent à 2,1 milliards m<sup>3</sup>/an utilisées notamment pour l'eau potable, l'irrigation et l'arrosage, l'industrie et d'autres usages encore.

Par ailleurs, il n'existe pas de grandes rivières ou d'autres sources majeures dans le Gouvernorat de Sfax, d'où l'impossibilité de compter sur des eaux de surface de la région. En plus, l'exploitation des eaux souterraines est soumise à un contrôle sévère du fait de la diminution de cette ressources par des prises non contrôlées. Par conséquent, il n'a pas été possible de



Source : [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Medjerda\\_river\\_drainage\\_basin-fr.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Medjerda_river_drainage_basin-fr.svg)

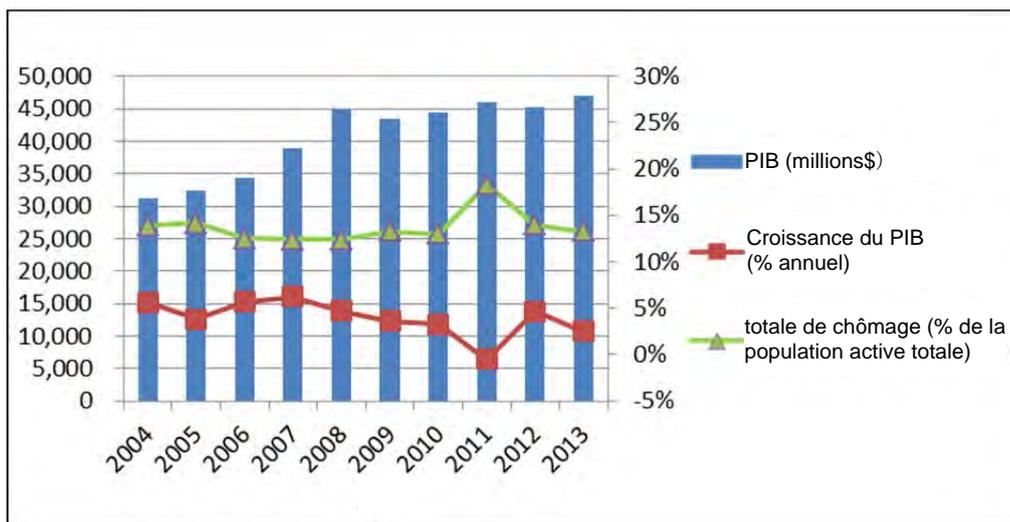
**Figure 2.1-5 Principales rivières**

compter sur les eaux souterraines comme une source possible d'eau et la région doit se rabattre sur les eaux traitées provenant du nord et sur des eaux souterraines de basse salinité (1 000 mg/L ~1 800 mg/L) provenant de Jelma-Sbeitla et sur les eaux traitées fournies par le réseau du nord. Au fait, chaque réservoir est muni d'un forage, tous caractérisées par leur forte salinité (3 100 mg/L ~ 3 200 mg/L) et leur forte teneur en fer. Les eaux de forage ne peuvent pas être potables sans traitement ou dilution avec des eaux pures.

## 2.2 Etude des conditions sociales

### 2.2.1 Situation Sociale et Economique

La Banque Mondiale classe la Tunisie dans la tranche supérieure des pays au revenu intermédiaire. En 2013 le PIB de la Tunisie a atteint 46.99 Milliards de dollars avec une croissance de 2.5 %. Le revenu national brut par habitant était de l'ordre de 4 317 \$ mais avec une croissance plus lente. Le taux de chômage global au cours du deuxième trimestre de 2013 était 13.3% alors que le chômage des jeunes était particulièrement élevé. Le taux de chômage connaît des taux relativement élevés depuis un certain temps.



Source : <http://api.worldbank.org/v2/en/country/tun?downloadformat=excel>

Figure 2.2-1 Changements du PIB et du taux de chômage

### 2.2.2 Population

La population tunisienne comptait 10,89 millions de personnes en 2013. 66% de la population habite dans des zones urbaines alors que 34% habite dans les zones rurales. La population active représente 43% de la population alors que la population jeune et active est relativement importante puisqu'elle représente 33% de la population active.

Le Grand Sfax, un terme commun utilisé pour désigner la région du Grand Sfax avec ses 11 routes de contournement, la ville de Sfax Nord et la ville de Sfax Sud, représente la deuxième plus grande ville de Tunisie, une ville commerciale avec une population de près de 620 mille personnes sur une population

totale du Gouvernorat de 970 mille personnes selon les chiffres de juillet 2013. Un grand nombre d'étudiants habite la ville de Sfax, dont le nombre avoisine les 50 000 étudiants. La plupart de ces étudiants viennent d'autres régions, et leur nombre diminue d'une façon considérable au cours des vacances d'été. D'autres part, beaucoup de touristes passent leurs vacances en Tunisie mais restent plutôt dans d'autres lieux tels Jerba et Sousse, et ne restent guère à Sfax.

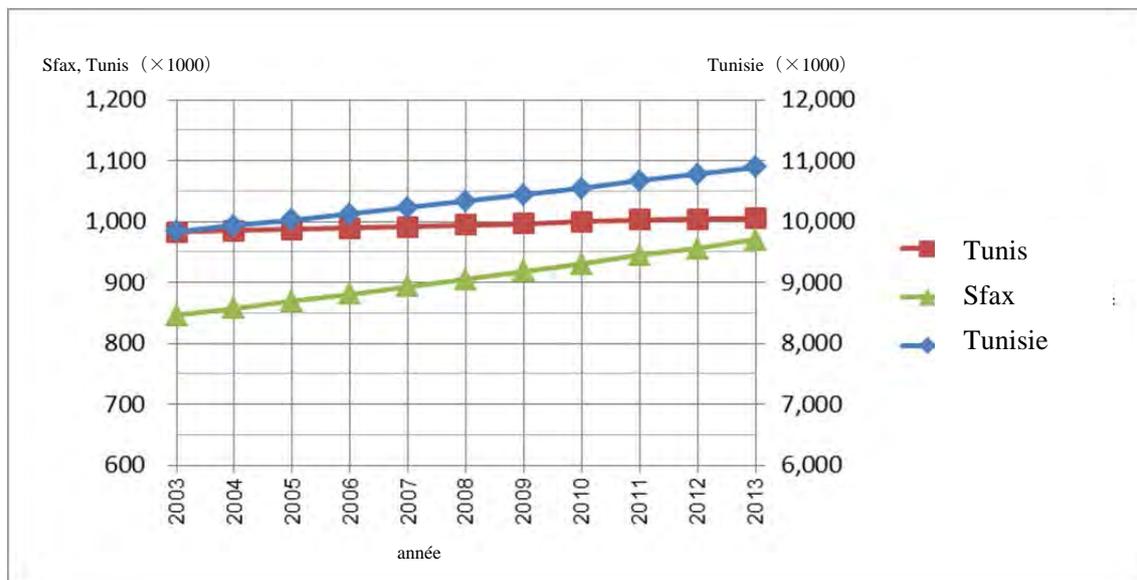
Entre 2003 et 2013, le taux d'accroissement moyen sur les dix dernières années de 1,02% par an. Ce taux est de 0,21% dans le Gouvernorat de Tunis alors qu'il est de 1,37% dans le Gouvernorat de Sfax. le tableau 2.2-2 illustre l'historique de la croissance démographique en Tunisie et dans les gouvernorats de Tunis et de Sfax.

**Tableau 2.2-1 Changement démographiques en Tunisie et des Gouvernorats de Tunis et de Sfax**

Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Taux de croissance 2003-2013
Total	9,839.8	9,932.4	10,029.0	10,127.9	10,225.1	10,328.7	10,439.6	10,547.0	10,673.8	10,776.4	10,886.5	1.02%
Tunis	983.2	985.3	986.7	989.0	991.3	993.9	996.4	999.7	1,002.9	1,003.7	1,004.5	0.21%
Sfax	846.5	857.1	869.4	881.0	893.0	905.0	918.5	930.1	944.5	955.5	969.8	1.37%

\*: Taux moyen de croissance annuelle au cours de la période 2003-2013

Source: [http://www.ins.nat.tn/en/serie\\_annuelle.php?Code\\_indicateur=0201060](http://www.ins.nat.tn/en/serie_annuelle.php?Code_indicateur=0201060)



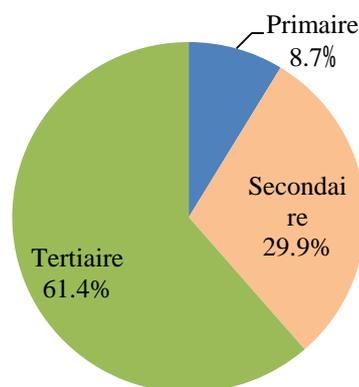
source: [http://www.ins.nat.tn/en/serie\\_annuelle.php?Code\\_indicateur=0201060](http://www.ins.nat.tn/en/serie_annuelle.php?Code_indicateur=0201060)

**Figure 2.2-2 Changement démographique**

### 2.2.3 Principales Industries

L'économie tunisienne reposait en 2013 sur les industries primaires (8,7%), secondaires (29,9%) et tertiaires (61,4%). Le secteur tertiaire qui comprend le tourisme, les transports et les TIC occupe une importance particulière. Les principaux produits agricoles sont les olives et les céréales, le textile étant le principal produit industriel, alors que le phosphate constitue le produit phare des industries minières. Le pétrole brut et le gaz sont bien produits, mais la Tunisie demeure un pays importateur car ses

ressources n'arrivent pas à combler ses besoins, par conséquent le tourisme et les services représentent la locomotive de l'économie tunisienne.



Source: <http://data.worldbank.org/country/tunisia>

**Figure 2.2-3**  
**PNB Structure des principales industries**

Sfax est la deuxième ville après Tunis et diverses industries ont été développées. Il existe plus ou moins 2300 usines et ateliers de fabrication employant près de 204 000 personnes, ce qui représente 37% de la main d'œuvre industrielle en Tunisie, ou 3 fois celle de Monastir, le deuxième gouvernorat industriel en Tunisie. Parmi eux, plus de 700 entreprises manufacturières emploient 10 salariés ou plus. Les principales activités sont le textile et l'habillement, l'agroalimentaire, les industries mécaniques et les industries chimiques. Il existe également plus de 20 000 détaillants et plus de 800 grossistes, alors que 70 entreprises au moins sont actives sur l'étranger. Comme déjà mentionné, le gouvernorat de Sfax dont le Grand Sfax compte le plus grand nombre de travailleurs industriels exception faite de l'agriculture, de la pêche et du secteur minier. L'agriculture et la pêche constituent également les points forts de la région, qui détient 40% de la production de l'huile d'olive, 30% des amandes et 20% des poissons sur le marché local. Sfax joue un rôle majeur au niveau des exportations tunisiennes, avec 60% pour l'huile d'olive et 45% pour les fruits de mer.

### 2.2.4 Occupation des terres

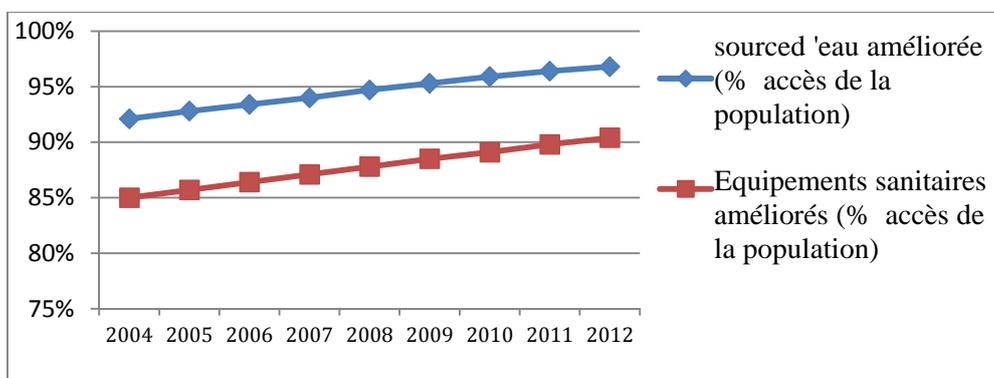
Le territoire tunisien couvre près de 163 610 km<sup>2</sup> dont 155 360 km<sup>2</sup> de terres et 8 250 km<sup>2</sup> de domaines maritimes. Le pourcentage des terres agricoles est de 64,83% alors que les terres arables représentent 18,27%. Les terres utilisées par l'agriculture d'une façon permanente constituent 15,40% alors que les forêts couvrent 6,58% du territoire.

Les terres sont divisées en terres privées et domaines publics. La propriété foncière est généralement claire et bien établie. Si l'acquisition des terres privées est nécessitée par l'intérêt public, des consultations sont effectuées auprès des propriétaires selon des textes réglementaires, et quand l'intérêt public s'avère être nécessaire, l'acquisition des terres sera effectuée pour exécuter les travaux.

### 2.2.5 Développement des infrastructures

Le développement économique de la Tunisie est accompagné par un développement au niveau des infrastructures. Les perspectives d'un développement économique et d'une croissance démographique sont bien réels, ce qui nécessite la réalisation de projets d'infrastructure à long terme.

L'accès à l'eau potable s'élève à 100% en milieu urbain, 89,2% en milieu rural et une moyenne nationale de 96,4%. Les réseaux d'assainissement ont également enregistré un développement considérable avec un taux de couverture de 90% en 2011, alors que l'électrification couvrait 99,5% de la population en 2009 soit presque la totalité du territoire. l'entretien et l'amélioration de toutes ces infrastructures constituent un vrai défi. En plus, il faut continuer à maintenir le niveau du service actuel, tout en répondant à la demande de l'infrastructure qui augmentera en raison de la croissance économique et la croissance de la population. Pour le service de distribution d'eau, l'amélioration de la qualité de service telle que la qualité de l'eau est requise.



\* : % par rapport au total de la population tunisienne  
\*\* : % par rapport à la population urbaine desservie par l'ONAS  
Source: <http://api.worldbank.org/v2/en/country/tun?downloadformat=excel>

**Figure 2.2-4 Accès à l'eau améliorée et aux équipements d'assainissement**

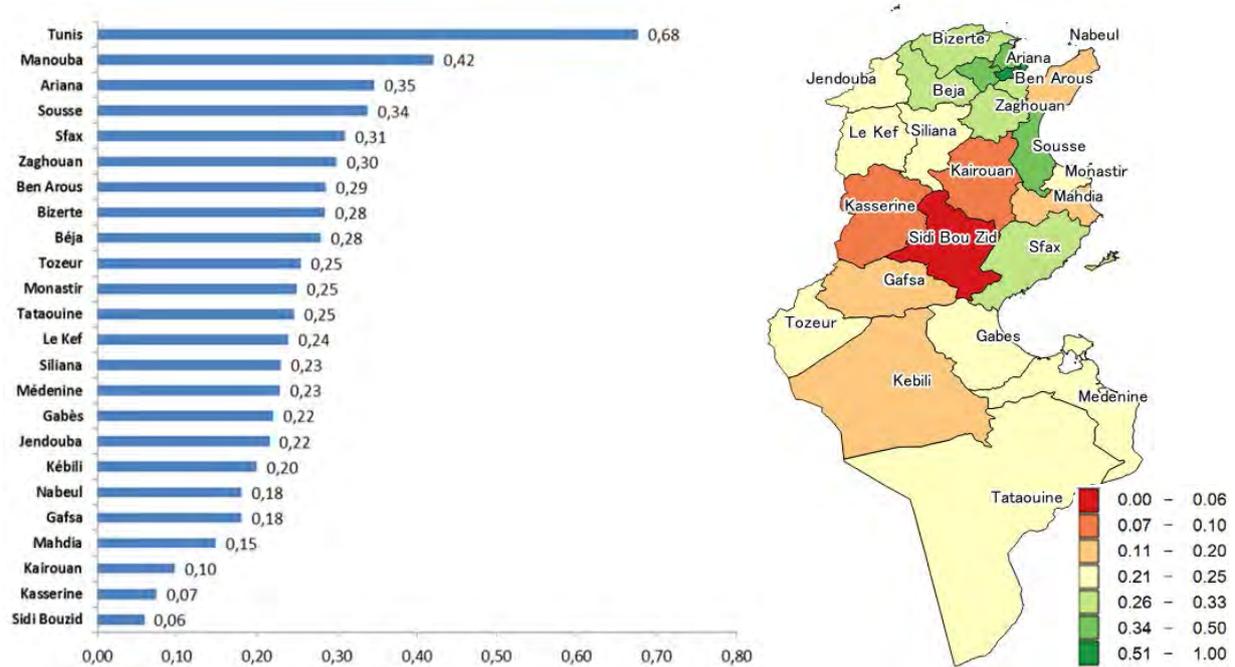
### 2.2.6 Tendance future de la situation économique

Suite à la crise mondiale de 2008 et à l'impact de la Révolution du Jasmin déclenchée le 18 décembre 2010, la croissance du PIB s'est décélérée et a été négative en 2011. En 2012, le PIB a augmenté de 3,6% et a montré quelques signes de reprise, sauf que le taux de chômage est resté très élevé surtout que la création d'emplois pour les jeunes diplômés constitue un vrai défi. Il est par conséquent nécessaire de poursuivre le renforcement du secteur tertiaire. En outre, l'amélioration de la productivité aux secteurs primaire et secondaire constituent des éléments clés au développement économique de la Tunisie.

### 2.2.7 Santé publique

Les indicateurs de santé publique relatifs aux différents gouvernorats établis par le Ministère du Développement, de l'Investissement et de la Coopération Internationale (puis par le Ministère du Développement Régional et du Plan) figurent dans le schémas suivant. Les indicateurs relatifs à Sfax sont

relativement élevés.



Source: Ministère du Développement Régional et du Plan (alors encore constitué) 2012, Equipe d'Etude de la JICA (carte)

**Figure 2.2-5 Indicateur de santé publique**

On considère que le niveau de pollution des nappes phréatiques superficielles et des sources d'eau autour de la ville de Sfax est assez élevé. Cela est principalement dû aux raisons suivantes :

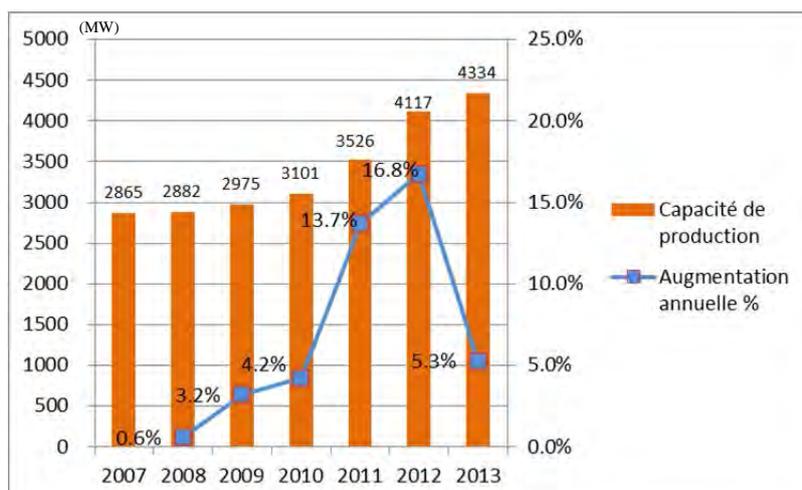
- Eaux usées provenant des dépôts de phosphogypse;
- Eaux usées générées par les huileries;
- Eaux usées évacuées par les stations d'épuration ;
- Eaux usées provenant des décharges autour du port ;
- Port (évacuation des huiles moteurs usées).

Toutefois, selon la direction régionale de la SONEDE de Sfax, étant donné que le système d'approvisionnement en eau ne donne pas entière satisfaction, plusieurs familles utilisent encore les réseaux de collecte d'eau de pluie et les puits pour répondre à leurs besoins en eau. Ces sources d'eau risquent d'être potentiellement polluées et constituent donc un problème de santé publique.

La non-satisfaction vis-à-vis des services d'approvisionnement en eau pourrait être attribuée à la salinité élevée et aux interruptions d'approvisionnement ayant été démontrées à travers l'enquête conduite auprès des habitants de Sfax (voir le sous-paragraphe 10.11.2).

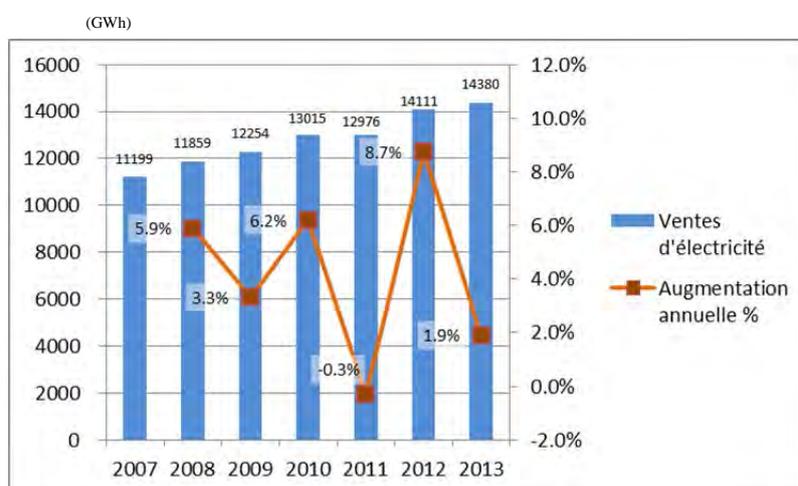
### 2.2.8 Etat de l'alimentation électrique

STEG est le principal fournisseur d'électricité en Tunisie. Son statut en tant que producteur et fournisseur d'électricité est montré dans les Figures 2.2-6 et 2.2-7.



Source: Annuaire Statistique de la Tunisie 2007-11, <https://www.steg.com.tn/en/institutionnel/produire.html> (2012-13)

**Figure 2.2.6 Capacité de production d'électricité de la STEG**



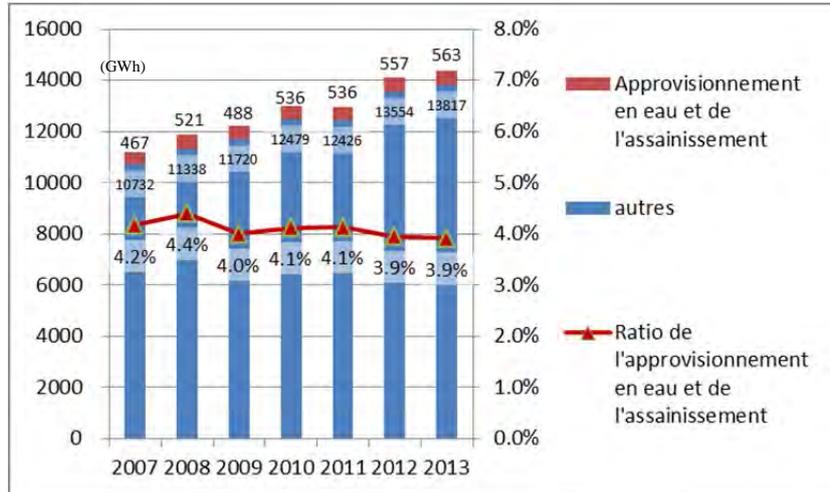
Source: Annuaire Statistique de la Tunisie 2007-2011, <https://www.steg.com.tn/en/institutionnel/produire.html> (2012-13)

**Figure 2.2-7 Ventés d'électricité par la STEG**

La production électrique de la STEG est en développement depuis 2008 à un rythme relativement soutenu. La production a été de 3 526 MW en 2011 avec une augmentation annuelle moyenne de 13,7%, 4 117 MW en 2012 avec une augmentation de 16,8% et 4 334 MW en 2013 avec une augmentation de 5,3%. La vente d'énergie électrique a, quant à elle connue, une augmentation constante avec une légère baisse en 2011 de 0,3% par rapport à l'année précédente totalisant 12 976 GWh. Ceci peut être expliqué par la stagnation des activités industrielles engendrée par la Révolution du Jasmin. Elle est passée à 14 111 GWh en 2012 puis à 14 380 GWh en 2013.

Les ventes d'énergie électrique en 2007 représentaient 44,6% ( $= (11,199 \times 10^9) / (2,865 \times 10^6 \times 24 \times 365)$ ) de la capacité totale de génération. Elles ont diminué à 37,9% ( $= (14,380 \times 10^9) / (4,334 \times 10^6 \times 24 \times 365)$ ). Cet état reflète l'amélioration de l'équilibre entre l'offre et la demande en énergie. STEG n'a cessé de faire des efforts pour améliorer cette situation.

Comme le montre la Figure 2.2-8, les ventes d'électricité pour l'approvisionnement en eau et pour le secteur de l'assainissement ont atteint 563 GWh en 2013 et ont représenté 3,9% des ventes totales d'énergie électrique. Bien que ces ventes aient augmenté de 28% sur 6 ans depuis 2007, le taux par rapport aux ventes globales d'électricité a stagné à environ 4,0% avec une tendance quasi-stable. Le sujet d'alimentation de la station de dessalement en énergie électrique est discuté dans le paragraphe 11.3.



Source: Annuaire Statistique de la Tunisie 2007-11, <https://www.steg.com.tn/en/institutionnel/produire.html> (2012-13)

**Figure 2.2-8 Part des ventes d'électricité pour l'approvisionnement en eau et pour l'assainissement**

**CHAPITRE 3**  
**PRESENT STATUT DE SERVICE D'ALIMENTATION**  
**EN EAU EN TUNISIE**

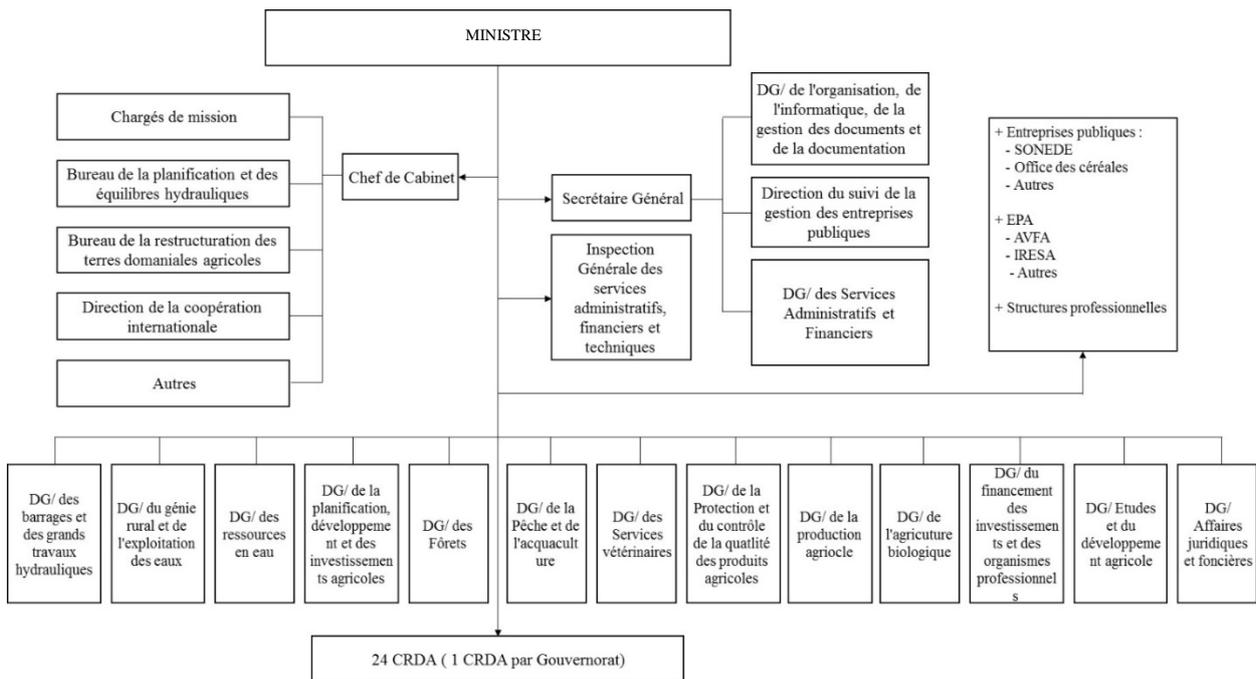
# CHAPITRE 3 PRESENT STATUT DE SERVICE D'ALIMENTATION EN EAU EN TUNISIE

## 3.1 Organismes concernés et cadre légal du secteur de l'eau

### 3.1.1 Présentation des organismes concernés

Le MA développe le cadre de politique général du secteur de l'eau en Tunisie sur la base du Code de l'Eau adopté en 1975. Le MA est l'autorité de tutelle de la SONEDE; alors que le premier élabore la politique et les plans relatifs à l'eau à l'échelle nationale, mais également prend en charge la construction, l'exploitation et l'entretien des grands ouvrages hydrauliques, la SONEDE distribue l'eau potable et l'eau industrielle aux communautés urbaines ainsi qu'aux grandes communautés rurales, selon la politique et les plans élaborés par le MA et utilisant quand nécessaire les structures hydrauliques gérées par le Ministère.

Le MA assume plusieurs responsabilités dans le domaine de l'agriculture, des terres agricoles, et des régions rurales (voir figure 3.1-1) en plus des affaires relatives au secteur de l'eau, et supervise les organismes de gestion d'eau tels que la SONEDE, présentés dans le Tableau 3.1-1.



Source: MA

**Figure 3.1-1 Organigramme du Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche**

**Tableau 3.1-1 Organismes concernés par le secteur de l'eau au sein ou sous l'autorité du MA**

Nom		Notes
Structures internes au MA	BIRH (Bureau de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques)	Institution publique, financièrement autonome, sous la tutelle de la DGRE
	BPEH (Bureau de planification et des équilibres hydrauliques)	Unité rattachée au cabinet du MA
	DGRE (Direction Générale des Ressources en Eau)	Chargée de l'élaboration de plans et de politiques relatives aux ressources en eau à l'échelle nationale; se référer à 3.1.2
	DGGREE (Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux)	Chargée de l'usage de l'eau agricole et de ses ressources en général, se référer à 3.1.1
	DGBGTH (Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques)	Chargée de la mobilisation de grande envergure des ressources en eau par le biais des barrages, etc.. se référer à 3.1.4
Organismes affiliés au MA	INRGREF (Institut National de Recherche en Génie Rural, en Eau et en Forêts)	
	CRDA (Commissariats Régionaux de Développement Agricole)	Voir 3.1.5
	RSH (Régie des Sondages Hydrauliques)	
	SECADENORD (Société d'exploitation du canal et des adductions des eaux du nord)	Entreprise publique financièrement autonome fournissant l'eau brute à la SONEDE et aux CRDA
	SONEDE (Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux)	Voir section 3.1.6, Agence d'Exécution du Projet

Source: Equipe d'Etude de la JICA

La Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) est responsable de l'élaboration de la politique relative au développement des ressources en eau à l'échelle nationale. L'eau potable et l'eau industrielle sont fournies par la SONEDE en zones urbaines et dans les grandes communautés rurales. La distribution de l'eau potable aux petites communautés rurales ainsi qu'aux activités liées à l'agriculture est prise en charge par la Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux (DGGREE) au niveau de la politique de développement, de la planification et de l'évaluation, alors que la mise en œuvre sur terrain est effectuée par les services du Commissariat Régional au Développement Agricole (CRDA). En outre, les GDA (Groupement de Développement Agricole) sont responsables de l'exploitation et de l'entretien des ouvrages hydrauliques agricoles en tant qu'associations d'utilisateurs soutenues par les CRDA aussi bien financièrement que techniquement.

En plus du MA, le Ministère des Affaires Etrangères, le Ministère des Finances, le Ministère du Développement, de l'Investissement et de la Coopération Internationale (MDICI), l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE), l'Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL) et la Haute Instance de la Commande Publique (HAICOP) sont les organismes concernés par le projet du côté tunisien. Le Ministère des Affaires Etrangères est l'entité responsable de la partie tunisienne pour les affaires internationales. Le Ministère des Finances est chargé de l'emprunt et du remboursement. Le MDICI a pour fonction de coordonner au niveau national le développement économique et le programme de coopération internationale / finacement extérieure de tous les secteurs et est responsable pour les opérations liées à l'accord de prêt du projet. L'ANPE et l'APAL sont responsables du processus de révision de l'EIE avant la procédure d'appel d'offres du projet. La HAICOP est en charge de la procédure d'approbation et d'évaluation / sélection des soumissionnaires avant l'accord final fait par la JICA. Le

MA donne son approbation pour la mise en place de l'Unité de Gestion du Projet (UGP) au sein de la SONEDE et la restructuration de l'organisation de la SONEDE, étant l'organisme de tutelle de la SONEDE.

### **3.1.2 Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE)**

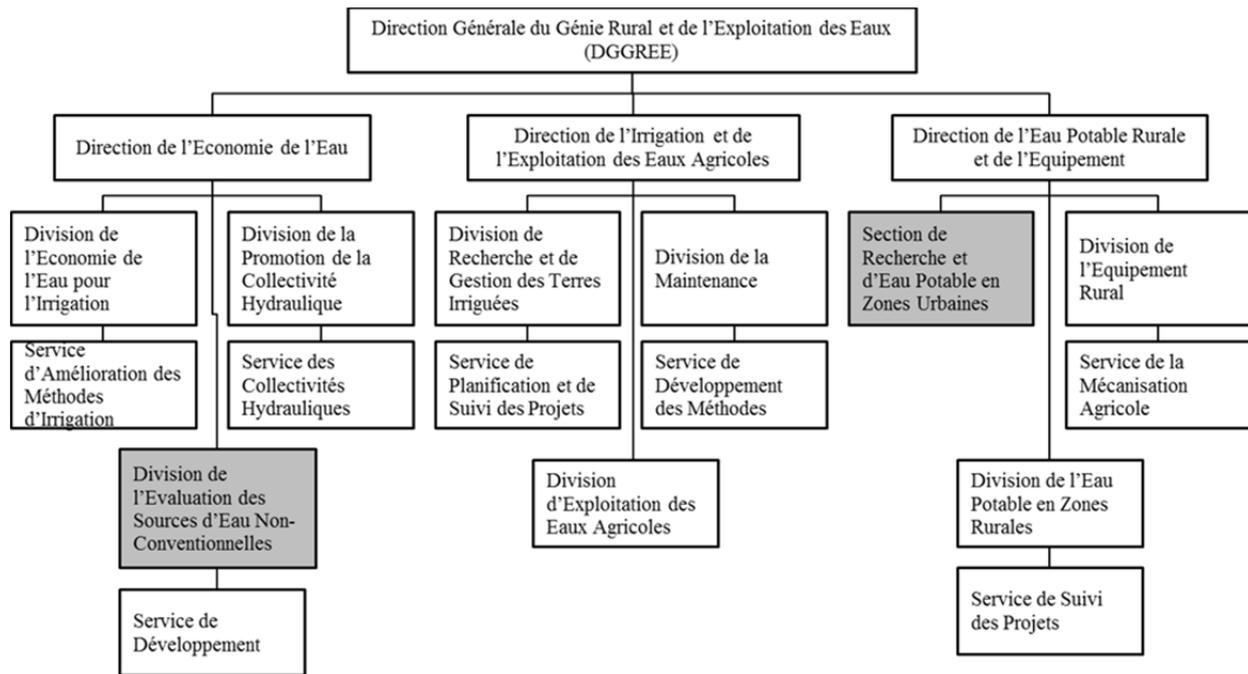
La Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) est responsable du développement de la politique générale et de la planification des ressources en eau à l'échelle nationale. Elle est notamment chargée de :

- a) La mise en place et la gestion de réseaux d'observation et de mesure relatifs aux différentes composantes des ressources en eau du pays ;
- b) L'exécution d'études de base et appliquées sur l'évaluation des ressources en eau ;
- c) Le développement de principes et de méthodes pour la gestion et l'usage des ressources hydrauliques pour répondre aux besoins ;
- d) La promotion d'activités de recherche et d'expérimentation sur les ressources conventionnelles en eau afin de sécuriser leur développement ;
- e) L'élaboration de plans directeurs pour la mobilisation des ressources hydrauliques.

### **3.1.3 Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux (DGGREE)**

L'organigramme de la Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux (DGGREE) est décrit par la Figure 3.1-1. Cette direction générale est responsable des tâches suivantes :

- a) L'exécution d'études, le développement de politiques et l'élaboration de plans relatifs aux activités du génie rural et de l'exploitation des eaux par le secteur agricole ;
- b) Le suivi et l'évaluation des projets de développement des zones irriguées, des programmes pour l'utilisation de l'eau d'irrigation, l'entretien des structures et des équipements hydrauliques, et l'élaboration des procédés techniques et économiques les plus appropriés dans ce domaine ;
- c) La rationalisation de l'usage de l'eau, la valorisation des sources non-conventionnelles d'eau en agriculture, le suivi des aspects institutionnels pour la promotion des associations d'eau et la mise en œuvre d'outils pour la gestion de la demande en eau dans le secteur agricole ;
- d) La coordination de programmes d'eau potable en milieux urbains et ruraux, la conception de programmes pour l'alimentation des zones rurales en eau potable, le suivi et l'évaluation de projets relatifs à ces programmes ;
- e) La coordination des programmes d'infrastructure rurale et l'étude des aspects technologiques et économiques des équipements agricoles afin d'encourager la mécanisation du secteur agricole.



Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 3.1-2 Organigramme de la DGGREE**

### 3.1.4 Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques (DGBGTH)

La Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques (DGBGTH) est responsable du contrôle et de la gestion des eaux de surface, de la mobilisation des ressources en eau, de la construction des barrages et des ouvrages hydrauliques pour la mobilisation des eaux, ainsi que du contrôle, de l'exploitation et de l'entretien des ouvrages.

### 3.1.5 Commissariats Régionaux de Développement Agricole (CRDA)

Les commissariats régionaux de développement agricole (CRDA) sont des organismes publics financièrement autonomes mais restent sous la tutelle du MA. Ils sont basés dans toutes les régions ; en ce qui concerne le secteur de l'eau, les CRDA sont responsables entre autres de ce qui suit : a) la construction d'ouvrages hydrauliques à l'exception des ouvrages à caractère national pris en charge par le MA; b) l'exploitation et l'entretien des ouvrages hydrauliques et adduction de l'eau aux activités agricoles

### 3.1.6 Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE)

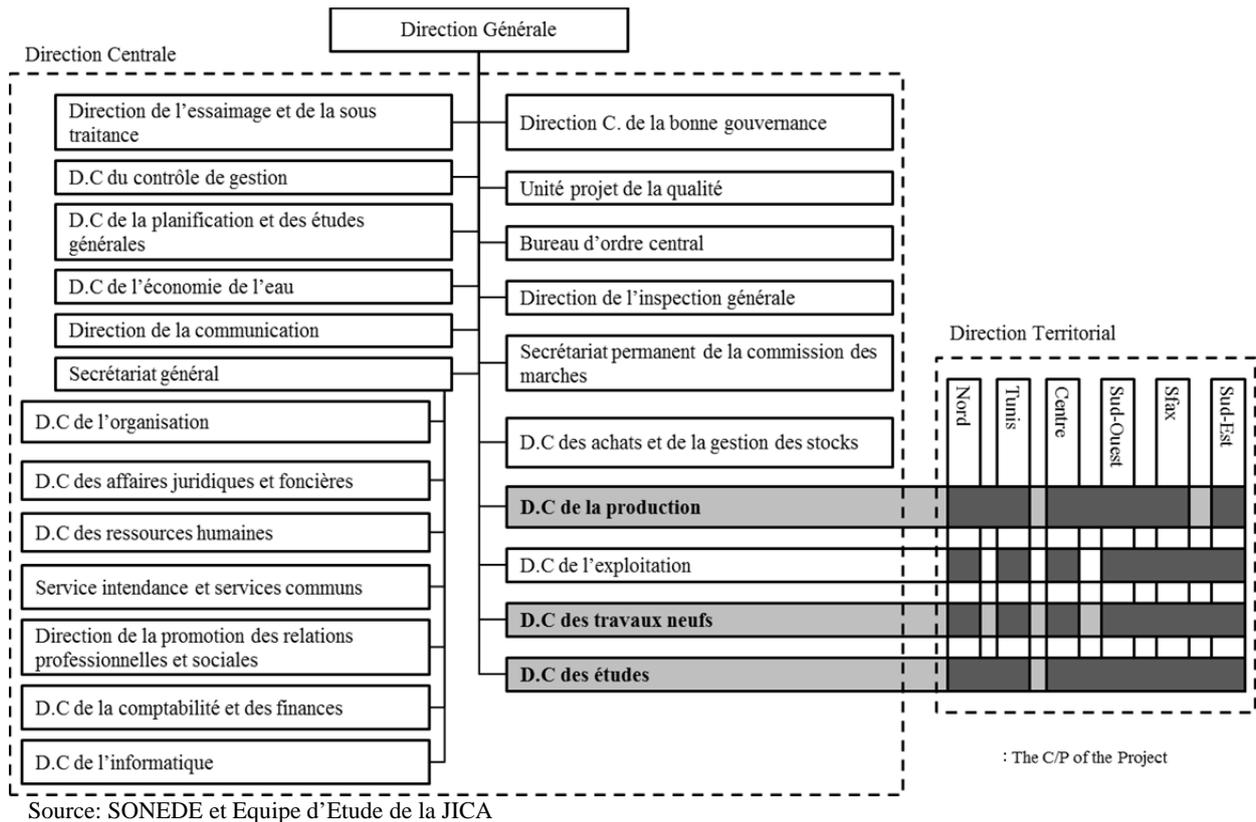
La SONEDE a été créée en 1968 en tant qu'organisme public bénéficiant de l'autonomie financière sous la tutelle du MA. La SONEDE est chargée de la distribution de l'eau potable sur l'ensemble du territoire national, de l'exécution d'études et de recherches sur les points de prise d'eau, le transfert, le traitement, le refoulement et la distribution des eaux, ainsi que de l'utilisation, le renouvellement, l'exploitation et l'entretien des ouvrages hydrauliques construits. Une présentation de cet organisme et des activités effectués en 2013 figure dans le Tableau 3.1-2.

**Tableau 3.1-2 Organisation et Activités de la SONEDE (2013)**

Désignation	Description	Remarques
Nombre de branchements	2 550 318 branchements	Nombre de personnel pour 1000 connections: 6818 employés /2 550 318 connections /1000=2,67
Population servie	9,11 millions	
Volume annuel de production d'eau	609,4 millions m <sup>3</sup>	Détails de la production: - Eaux de surface: 347,2 millions m <sup>3</sup> - Eaux souterraines: 234,4 millions m <sup>3</sup> - Eaux dessalées: 19,7 millions m <sup>3</sup> - Eaux déferrisées: 6,2 millions m <sup>3</sup>
Volume annuel de distribution d'eau	555,5 million m <sup>3</sup>	
Volume annuel des revenus en eau	449,9 millions m <sup>3</sup>	
Longueur du réseau des conduites	49 500 km	Détail du linéaire des conduites: - Conduites de prise et de refoulement: 9 4004km - Conduites d'adduction et de distribution d'eau: 40 100km
Personnel	Total 6 818 Employés réguliers 6 039 Employés temporaires 779	Répartition des employés à plein temps: - Techniques: 4 505 - Administratifs: 1 534

Source: SONEDE et Equipe d'Etude de la JICA

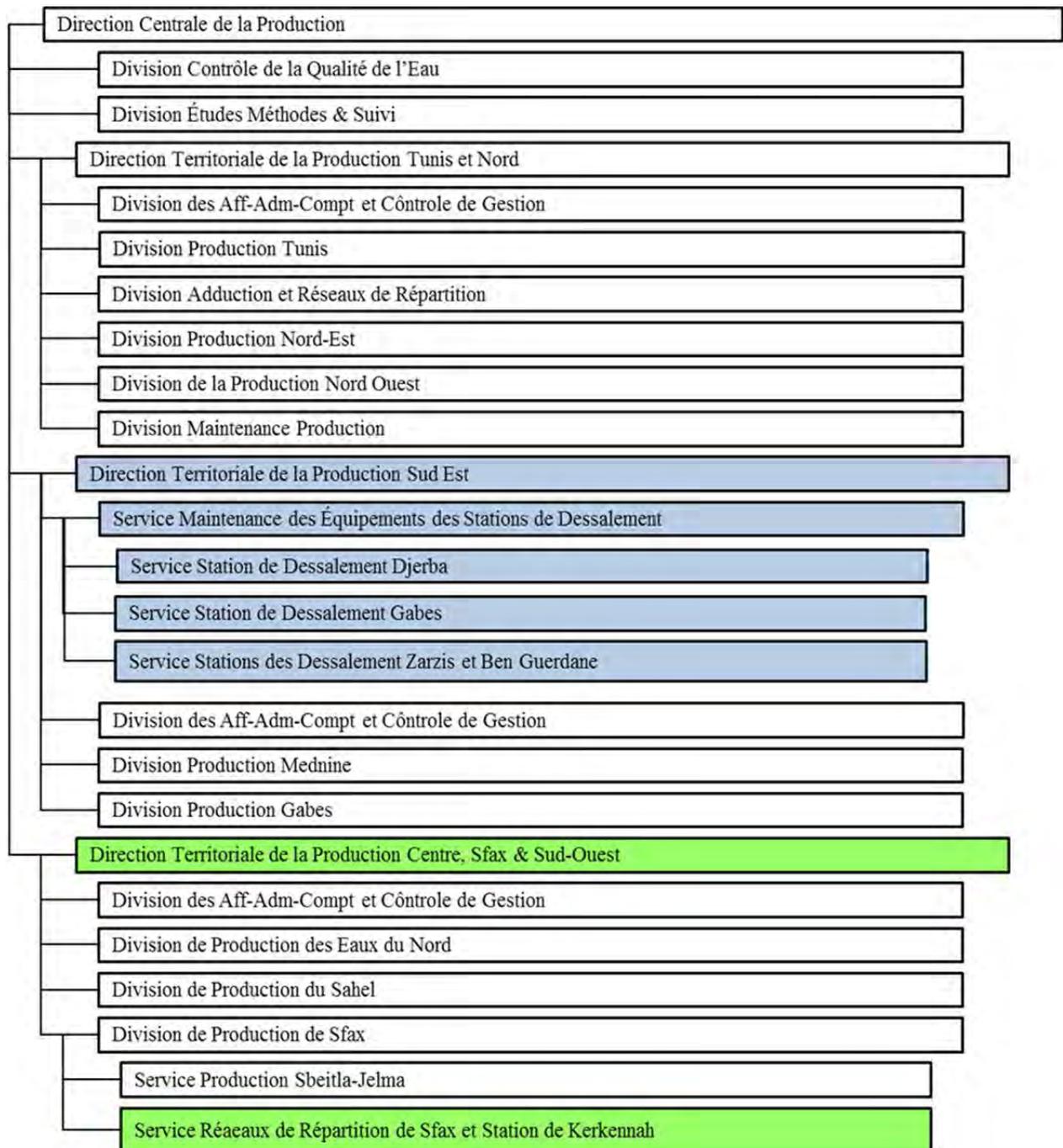
L'organigramme de la SONEDE est présenté dans la Figure 3.1-3. La Direction Centrale de la Production dispose de trois directions régionales: Tunis Nord, Centre-Sfax-Sud Ouest, et Sud Est. La Direction Centrale de l'Exploitation et la Direction Centrale des Travaux Neufs comptent 4 directions régionales situées au Nord, Tunis, Centre et Sud. La Direction Centrale des Etudes compte 2 directions régionales : Nord-Tunis et Centre-Sud. De plus, les directions régionales de la Direction Centrale de l'Exploitation gèrent 37 comptoirs de services au grand public, dont 10 dans la région du Nord, 9 à Tunis, 7 dans la région du Centre et 11 dans la région du Sud.



**Figure 3.1-3 Organigramme de la SONEDE (octobre 2014)**

Les homologues du projet devraient être la Direction Centrale des études lors de la phase planification et conception jusqu'à l'élaboration du contrat de la phase de construction, la Direction Centrale des travaux neufs lors de la phase construction et la Direction Centrale de la production lors de la phase exploitation et maintenance.

La Direction Centrale de la production est responsable de l'exploitation et de l'entretien des ouvrages hydrauliques et son organigramme est décrit à la Figure 3.1-4. Sur les cinq stations de dessalement actuellement en exploitation à Jerba, Gabès, Zarzis, Kerkenna et Ben Guerdane, quatre sont gérées par la Filiale du Sud-Est alors que la station de Kerkennah est gérée par la filiale de Sfax-Sud Ouest.



Source: SONEDE et Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 3.1-4 Organigramme de la Direction de Production d'Eau de la SONEDE**

Quant à l'exploitation et l'entretien des quatre stations de dessalement gérées par la direction régionale du Sud Est tel que cité plus haut, la gestion quotidienne, la surveillance, l'inspection et les petites réparations sont effectuées par le service d'exploitation de chaque station, alors que l'entretien technique approfondi et les grandes réparations sont effectuées par la Division de l'Entretien de la direction régionale ou par la Direction Centrale de la Production du siège en fonction de la complexité des travaux.

Le personnel actuel chargé de l'exploitation et de l'entretien de chaque station de dessalement est

présenté dans le Tableau 3.1-3. L'ancien « Service d'Exploitation de la Station de Dessalement de Zarzis » a été réorganisé en « Service d'Exploitation des Stations de Dessalement de Zarzis et Ben Guerdane » car chargé de l'exploitation, de la gestion et de l'entretien des deux stations dont celle de Ben Guerdane, mise en service en 2013. Ce service restructuré manque clairement de personnel pour la gestion et l'entretien de ces deux stations, et sera progressivement étoffé grâce au transfert technologique avec d'autres services.

L'exploitation et l'entretien de la station projetée devront être assurés par la direction régionale du Centre-Sfax-Sud Ouest. La seule station de dessalement actuellement gérée par cette direction est celle de Kerkennah (capacité de 3.300 m<sup>3</sup>/j) alors que la structure organisationnelle qui devra prendre en charge les opérations d'entretien complexes et approfondies n'a pas encore été établie, à la différence de la direction régionale du Sud Est. En outre, cette station sera la seconde<sup>1</sup> station de dessalement d'eau de mer pour la SONEDE, et bien qu'il n'y a pas de différence majeure en terme d'exploitation et d'entretien entre les procédés de dessalement d'eau de mer et d'eaux souterraines, le mode de fonctionnement et d'entretien doit être établi en fonction de la qualité des eaux brutes, tels la fréquence de nettoyage et de remplacement des membranes ou l'ajustement des flux. Il est par conséquent nécessaire de prévoir la restructuration des deux succursales en augmentant le nombre de personnel et en assurant des formations techniques en matière d'exploitation et d'entretien en vue de la mise en œuvre du projet. Pour ce dernier objectif, il est recommandé que la SONEDE s'assure de répartir les principaux ingénieurs / techniciens et directeurs administratifs de l'usine de la phase de construction, en particulier à partir de la phase de mise en place d'équipements mécaniques et électriques, pour les faire participer à la FCE (formation continue) y compris le suivi du processus de mise en place.

**Tableau 3.1-3 Personnel actuel chargé de l'exploitation et de la maintenance auprès des stations de dessalement (Novembre 2013)**

Catégorie		Succursale du Sud-est, Direction de Production d'Eau								Succursale du Centre-Sfax-Sud Ouest, Direction de Production d'Eau	
		Service Entretien de Station de Dessalement		Bureau de la Station de Dessalement de Jerba		Bureau de la Station de Dessalement de Gabès		Bureau des Stations de Dessalement de Zarzis et Ben Guerdane		Bureau de la Station de Dessalement de Kerkennah	
		Qualification	Staff	Qualification	Staff	Qualification	Staff	Qualification	Staff	Qualification	Staff
Permanent	Ingénieur Principal	Chef de division	1	Chef de Bureau	1	Ingénieur en Chef	1				
	Ingénieur	Ingénieur en Chef	1								
	Ingénieur Adjoint			Chef Inspection	1	Responsable fonctionnemen	1	Responsable Inspection	1		4
				Responsable qualité de l'eau	1			Responsable Qualité de l'Eau	1		
				Responsable fonctionnement	4			Responsable Fonctionnement	3		
				Opérateur (mécanicien)	1			Opérateur	1		

<sup>1</sup> Le contrat pour la construction du projet de la station de dessalement de Jerba a été signé en Septembre 2014. Les 5 stations de dessalement existantes traitent les eaux saumâtres récupérées des puits.

Catégorie	Succursale du Sud-est, Direction de Production d'Eau								Succursale du Centre-Sfax-Sud Ouest, Direction de Production d'Eau	
	Service Entretien de Station de Dessalement		Bureau de la Station de Dessalement de Jerba		Bureau de la Station de Dessalement de Gabès		Bureau des Stations de Dessalement de Zarzis et Ben Guerdane		Bureau de la Station de Dessalement de Kerkennah	
	Qualification	Staff	Qualification	Staff	Qualification	Staff	Qualification	Staff	Qualification	Staff
Technicien Supérieur	Chef de service	1	Opérateur (électricien)	1	Responsable Inspection	1			Chef de bureau	1
			Inspecteur (électricien)	1	Opérateur (électricien)	2				1
Technicien					Soudeur	1				3
Assistant Technicien	Electricien (vacant)	1					Opérateur (électricien)	2		
	Mécanicien (vacant)	1					Opérateur (mécanicien)	1		
							Opérateur	1		
							Inspecteur	1		
Manœuvre					Inspection	1				4
							Plombier (vacant)	1		
Autres	Chef de service	1	Responsable fonctionnement	1	Chef de bureau (vacant)	1	Chef de bureau (vacant)	1		
	Planification et coordination	1	Secrétaire	1	Responsable Qualité de l'Eau	1	Responsable fonctionnement (vacant)	1		
	Planification et coordination (vacant)	2	Chauffeur	1	Responsable fonctionnement	4	Responsable fonctionnement (vacant)	1		
	Pompiste	2	Autres	3	Chauffeur	2	Inspection (électricité, vacant)	1		
	Mécanicien	1					Agent de bureau	1		
	Electricien	1					Chauffeur	1		
	Chauffeur	1								
Total		14		16		15		19		13
Total (sans vacances)		10		16		14		14		13
Temporaire			Inspection (électricien, technicien supérieur)	1	Manœuvre	1	Gardien	2		
			Inspection (électricien)	1	Soudeur	1	Agent de nettoyage	1		
			Manœuvre	1	Opérateur	2	Gardien	2		
			Gardien	1	Autres	3				
			Autres	4						
Total		0		8		7		5		0
Total	Postes vacants inclus:	14		24		22		24		13
	- Opération	-		8		11		11		-
	- Inspection	-		5		4		6		-
	- Autres	-		11		7		7		-
	Postes vacants exclus:	10		24		21		19		13
	- Opération	-		8		11		9		-
	- Inspection	-		5		4		4		-
	- Autres	-		11		6		6		-

Source: Equipe d'Etude de la JICA

### 3.1.7 Cadre légal du secteur de l'eau

Le Code des Eaux, adopté en mars 1975 constitue la loi de référence régissant le secteur de l'eau en Tunisie. Les grands traits de cette loi figurent dans le Tableau 3.1-4. Les lois et les règlements relatifs aux impacts sur l'environnement, à l'acquisition de terres, et aux permis de construction relatifs au Projet sont décrits dans les chapitre 8 et 9.

**Tableau 3.1-4 Présentation du Code de l'Eau**

Chapitre	Synopsis	Observations
1	Organismes publics chargés de l'Eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition des organismes publics chargés du secteur des eaux (Article 1)</li> <li>- Les organismes publics des eaux sont à priori sous la tutelle du MA (Article 4)</li> <li>- Etablissement de Commissions Régulatrices de l'usage des eaux et d'organismes publics des eaux (Articles 4, 19 et 20) ; ces commissions n'ont pas fonctionné à ce jour à cause de la Révolution</li> </ul>
2	Mobilisation des eaux et suivi des organismes public chargés des eaux	
3	Droits relatifs à l'usage des eaux	- Le droit de propriété de l'eau doit être prescrit en tant que droit d'usage de l'eau (Article 21)
4	Régulation de l'usage des terres	- Les terres situées à 3 m autour des domaines hydrauliques publics doivent être considérées comme zones libres (Article 40)
5	Permis et concession des eaux publiques <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conditions générales</li> <li>- Règlement spécifique aux eaux de surface</li> <li>- Règlement spécifique aux eaux souterraines</li> <li>- Démarcation des concessions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permis provisoire (Article 52) pour l'installation d'ouvrages hydrauliques provisoires au sein des domaines hydrauliques publics et dans les zones libres</li> <li>- Permis de concession (Article 53) pour l'installation d'ouvrages permanents dans les lits de rivières pour la prise d'eau et pour l'usage des eaux souterraines</li> </ul>
6	Usage de l'eau <ul style="list-style-type: none"> <li>- Economie d'eau</li> <li>- Législation spécifique à l'eau potable</li> <li>- Législation spécifique à l'eau agricole</li> </ul>	- Développement de ressources d'eau non-conventionnelles (Article 87) : réutilisation des eaux usées, utilisation des eaux de saumure et de l'eau de mer sans grand impact des eaux chargées en sel, recharge artificielle des eaux souterraines, etc...
7	Contre-mesures pour prévenir la pollution de l'eau et les crues	
8	Associations des usagers de l'eau	
9	Pénalités	

Source: Equipe d'Etude de la JICA

### 3.1.8 Norme relative à la qualité de l'eau de boisson en Tunisie

La norme relative à la qualité de l'eau potable en Tunisie (NT09.14:1983), les directives de l'OMS (2004), la directive la CE (1998) et les normes japonaises concernant l'eau potable (2003) sont présentées dans le Tableau 3.1-5. La SONEDE utilise les solides dissous totaux comme un indicateur de la salinité de l'eau. C'est une pratique générale en Tunisie. À moins qu'il n'en soit spécifié autrement, dans ce qui suit la mention "salinité" signifie les solides dissous totaux (SDT).

**Tableau 3.1-5 Norme relative à la qualité de l'eau de boisson en Tunisie  
(NT09.14 :1983)**

Substance	Unité	Norme tunisienne pour l'eau de boisson		Directives OMS (2004)	Directive CE (1998)	Norme japonaise (2003)
		Recommandation	Norme			
Arsenic (As)	mg/L		0,05	0,01	0,01	0,01
Cadmium (Cd)	mg/L		0,005	0,003	0,005	0,01
Cyan (CN)	mg/L		0,05	0,07	0,05	0,01
Mercure (Hg)	mg/L		0,001	0,001	0,001	0,0005
Plomb (Pb)	mg/L		0,05	0,01	0,01	0,01
Sélénium (Se)	mg/L		0,01	0,01	0,01	0,01
Antimoine (Sb)	mg/L		0,02			
Argent (Ag)	mg/L		0,02	-	-	-
Fluor (F)	mg/L		0,8 – 1,7	1,5	1,5	0,8
Nitrate-Azote (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L		45	50	50	10 Nitrate/Nitrite
Turbidité	NTU	5	25	5	Acceptable aux consommateurs	2
Solides Totaux Dissous (TDS)	mg/L	500	2000-2500	1000	(Conductivité électrique 2500µS/cm)	500
pH	-	7, 0 - 8,0	6,5 - 8,5	-	6,5 - 9,5	5,8 - 8,6
Dureté totale	mg/L	10°F (as CaCO <sub>3</sub> )	100°F (as CaCO <sub>3</sub> )	-	-	300
Calcium (Ca <sup>++</sup> )	mg/L	75	300	-	-	
Chlorure (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	200	600	250	250	200
Cuivre (Cu)	mg/L	0,05	1	1	2	1
Fer (Fe)	mg/L	0,1	0.5-1	0,3	0,2	0,3
Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	mg/L	30	150	-	-	-
Manganèse (Mn)	mg/L	0,05	0,5	0,1	0,05	0,05
Ion Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	200	600	250	250	-
Zinc (Zn)	mg/L	1	5	3	0,1	1
Groupe Coliforme	MPN /100mL		0	0	0	0
Bore (B)	mg/L		-	0,5	1	1

Note : la turbidité selon la norme japonaise est le degré de Kaolin

### 3.2 Situation actuelle du secteur de l'eau en Tunisie

#### 3.2.1 Ressources en eau en Tunisie

Le BPEH (Bureau de la Planification et des Équilibres Hydrauliques) du MA, supervise les discussions qui définissent les quantités d'eau distribuées à chaque région, en collaboration avec les organisations et institutions du secteur de l'eau.

Les ressources en eau disponibles en Tunisie sont présentées dans le tableau 3.2-1. La salinité constitue le



**Tableau 3.2-4 Equilibre d'eau entre demande et ressources en Tunisie (2013)**Unité: Millions m<sup>3</sup>/an

Usage	Demande			Eaux disponibles à l'usage			Taux d'utilisation		
	Eaux de surface	Eaux souterraines	Total	Eaux de surface	Eaux souterraines	Total	Eaux de surface	Eaux souterraines	Total
Irrigation	1 340	820	2 160	/	/	/	/	/	/
Eau potable	160	220	380						
Industries	80	50	130						
Tourisme	20	10	30						
<b>Total</b>	<b>1 600</b>	<b>1 100</b>	<b>2 700</b>						

Source: Documents du MA, Documents de la SONEDE

### 3.3 Plan futur du Secteur de l'Eau

Le Gouvernement tunisien a élaboré son 12ème plan quinquennal (2010-2014) avant la Révolution de 2011. Ce plan comprend un débit de service d'eau de 100% en zone urbaine et, d'une installation d'usines de dessalement d'eau de mer pour l'amélioration de la qualité de l'eau potable. Ce plan national a été annulé suite à la révolution. Cependant, la SONEDE fonctionne selon le plan national.

Ce projet consiste à installer une usine de dessalement d'eau de mer afin de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau avec le maintien du taux de service à 100% en milieu urbain. Par conséquent, ce projet répond à la politique du secteur de l'eau en Tunisie. Le Gouvernement tunisien œuvre actuellement à mettre en œuvre son nouveau plan de développement économique pour la période 2016 à 2020 avec une croissance annuelle de 7% du PIB. À titre de référence, le plan quinquennal est présenté ci-dessous.

#### **Référence : 12ème plan quinquennal du développement économique de la Tunisie : 2010 – 2014:**

L'objectif de la Tunisie est de mettre en œuvre toutes les actions nécessaires en matière de projets et de réformes pour assurer un développement équilibré et harmonieux et rejoindre les pays développés, tout en gagnant la confiance de la communauté internationale.

Dans son 12ème plan quinquennal de 2010-2014, la Tunisie vise à établir un nouveau modèle de croissance en renforçant le bien-être social et en consolidant son progrès économique à travers les politiques suivantes :

- (1) Introduire de nouveaux contenus de croissance à travers l'innovation;
- (2) Augmenter les revenus par habitant et réduire la pauvreté autant que possible ;
- (3) Augmenter les opportunités d'emploi et réduire le chômage des diplômés du supérieur ;
- (4) Adapter les systèmes d'éducation et de formation aux exigences de la nouvelle économie ;
- (5) Renforcer les avantages sociaux ;
- (6) Intégrer toutes les régions et renforcer leur compétitivité ;

(7) Introduire l'économie environnementale pour améliorer le cadre de vie.

Dans le 12ème Plan Quinquennal National, le MA a défini les politiques suivantes: (1) Sécurité alimentaire, (2) Renforcer la compétitivité économique, (3) Promouvoir les exportations, et (4) Mobilisation des ressources nationales. Le secteur de l'eau constitue une des priorités absolues en matière de mobilisation des ressources:

- Les ressources en eau en Tunisie sont rares et inégalement réparties. En plus des précipitations irrégulières et de la distribution disproportionnée des ressources en eau entre les régions, la salinité et l'éventuelle pollution des nappes constituent des problèmes qui doivent être résolus.;
- Les Plans Directeurs pour l'exploitation des ressources en eau et les stratégies de mobilisation, de développement et de préservation des ressources doivent être préparés. La question de l'usage efficace des ressources en eau doit être abordée pour les moyen et long termes et ce pour tous les secteurs avec comme idée principale l'économie des ressources en eau. De même, les zones d'irrigation actuelles doivent être réaménagées et les réseaux d'irrigation et d'eau potable doivent être mieux gérés ;
- L'infrastructure de l'eau en Tunisie a été renforcée par 29 grands barrages, 226 petits barrages, 827 lacs collinaires, environ 95 000 puits de surface et plus de 5 000 forages en exploitation. Ces ouvrages mobilisent plus de 88% des ressources en eau exploitables.
- Concernant l'eau potable, les projets en cours d'exécution par la SONEDE et par la Direction du Génie Rural vont renforcer la desserte d'eau potable en milieu rural, pour augmenter le taux à 98% en 2014, grâce notamment à un projet dans la région du Nord Ouest (Kef, Béja, Bizerte et Jendouba) ;
- Dans les zones urbaines, le taux de desserte est déjà de 100%, mais la SONEDE veille à augmenter la production et améliorer la qualité de l'eau dans des zones qui risquent de connaître un manque de ressources, par la construction de stations de dessalement ou l'acheminement des ressources entre les régions ;
- Le secteur agricole est l'un des secteurs qui consomment le plus d'eau avec près de 78% suivi par les foyers avec 16% puis par les secteurs de l'industrie et du tourisme avec 6% ;
- Le taux de mobilisation doit être augmenté à 95% vers l'année 2016 et la mobilisation de ressources non conventionnelles doit être renforcée pour assurer l'alimentation continue en eau potable ;
- Le programme de réhabilitation de zones irriguées et des réseaux d'arrosage, et de l'introduction de nouvelles techniques d'économie d'eau doivent être davantage renforcés pour passer de 120 000 ha actuellement à 200 000 ha en 2016.

### 3.4 Plan futur en eau pour le secteur agricole

#### (1) Situation actuelle du secteur agricole en Tunisie

On prévoit que si tous les projets de barrages sont achevés vers 2015, 95% du potentiel hydraulique estimé à 4.8 milliards m<sup>3</sup>/an sera mobilisé. Par ailleurs, le secteur agricole qui consomme près de 80% des eaux disponibles devra céder une partie de sa consommation à d'autres secteurs en application d'une politique nationale de développement et de réformes visant un développement social et économique plus équilibré.

Les projets de construction de barrage récemment achevés et en cours sont montrés dans le tableau 3.4-1.

**Tableau 3.4-1 Projets de construction de barrages récemment achevés et en cours**

Barrage	Région	Capacité (million de m <sup>3</sup> )	Année d'achèvement	Etat d'avancement	Nom du projet	Financement
Zarga	Jendouba	22	2012	Achevé	a	FADES
El Kbir	Jendouba	64	2012	Achevé	b	FADES
El Maoula	Jendouba	26,3	2012	Achevé	b	FADES
Zaiatine	Bizerte	33	2012	Achevé	c	FADES
Gangoum	Bizerte	18,3	2012	Achevé	c	FADES
El Harka	Bizerte	30,3	2012	Achevé	c	FADES
El Maleh	Bizerte	41	2015	En cours	c	FADES
Ettin	Bizerte	34	2015	En cours	c	FADES
Serat	El kef	21	2015	Achevé	d	Abu Dhabi & FADES
El Kbir Gafsa	Gafsa	24	2016	En cours	e	FADES
Eddouimiss	Bizerte	45,6	2018	En cours	c	FADES
Melleg El Aloui	El kef	195	2020	En cours	f	FADES

Nom du projet:

- a. Projet du barrage de Zarga et d'irrigation des plaines de Tabarka et de Makna
- b. Projet des barrages Kebir et Moula
- c. Projet de construction de six barrages au nord pour l'eau potable
- d. Projet du barrage Sarrat et d'irrigation des plaines de Ouled Boughanem et Mahjouba
- e. Projet Barrage Oued El Kebir
- f. Projet Barrage Mallègue Supérieur

Source: DGBGTH, MA, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche

Date: 02 Juin 2015

#### (2) Programme de la SONEDE visant l'exploitation de l'eau des barrages agricoles

SONEDE a conclu un accord avec le MA pour détourner annuellement 6 millions de m<sup>3</sup> d'eau destinée à l'agriculture. Cependant, cet accord ne prévoit pas une exploitation des eaux agricoles tout le long de l'année mais seulement les périodes de faible activité agricole. Pour l'alimentation en eau à Sousse, la SONEDE a commencé d'utiliser l'eau destinée à l'agriculture pour répondre à des besoins en eau potable.

Pour fournir l'eau aux projets d'irrigation du Sahel, le barrage de Nabhana a été construit dans le Gouvernorat de Kairouan situé à l'ouest de la région du Sahel. Ce barrage a été prévu pour l'irrigation et ses eaux sont gérées et préservées par le MA et des associations agricoles.

La SONEDE a entrepris des discussions avec le Ministère et les associations, et en 2005, ils sont parvenu

à un accord pour dévier une partie des eaux destinées à l'irrigation vers l'eau potable pendant 15 jours au cours de la période de pointe. Après cet accord, la SONEDE a encore fait face à de très sérieux problèmes de manque d'eau au cours des saisons estivales. De nouvelles discussions ont eu lieu et un accord a été conclu pour allonger cette période à 4 mois, deux mois pendant l'été, et un ou deux autres mois lors de la basse saison agricole.

### (3) Politique et plan futurs pour l'eau agricole

Le MA compile les politiques de gestion d'eau et les plans futurs relatifs au secteur dans la Stratégie de Gestion de l'Eau. Les approches suivantes ont été recommandées pour un usage plus rationnel de l'eau :

- Un système global de mobilisation des eaux doit être élaboré, comprenant la construction de barrages et des systèmes d'adduction vers les régions connaissant un manque d'eau ;
- Des technologies de conservation d'eau doivent être introduites d'une façon rigoureuse dans les réseaux collectifs d'eau, l'usage de l'eau et les équipements d'économie d'eau ;
- En association avec les parties prenantes, élaborer les cadres institutionnels et réglementaires ;
- Renforcer les politiques valorisantes de l'eau, tels les systèmes de goutte-à-goutte et des réseaux d'irrigation plus efficaces.

### 3.5 Plan futur de l'eau dans le secteur industriel

D'une façon générale, les PME industrielles reçoivent leur eau de la SONEDE, alors que les grandes entreprises tendent à creuser leurs propres puits et forages pour économiser le prix de l'eau.

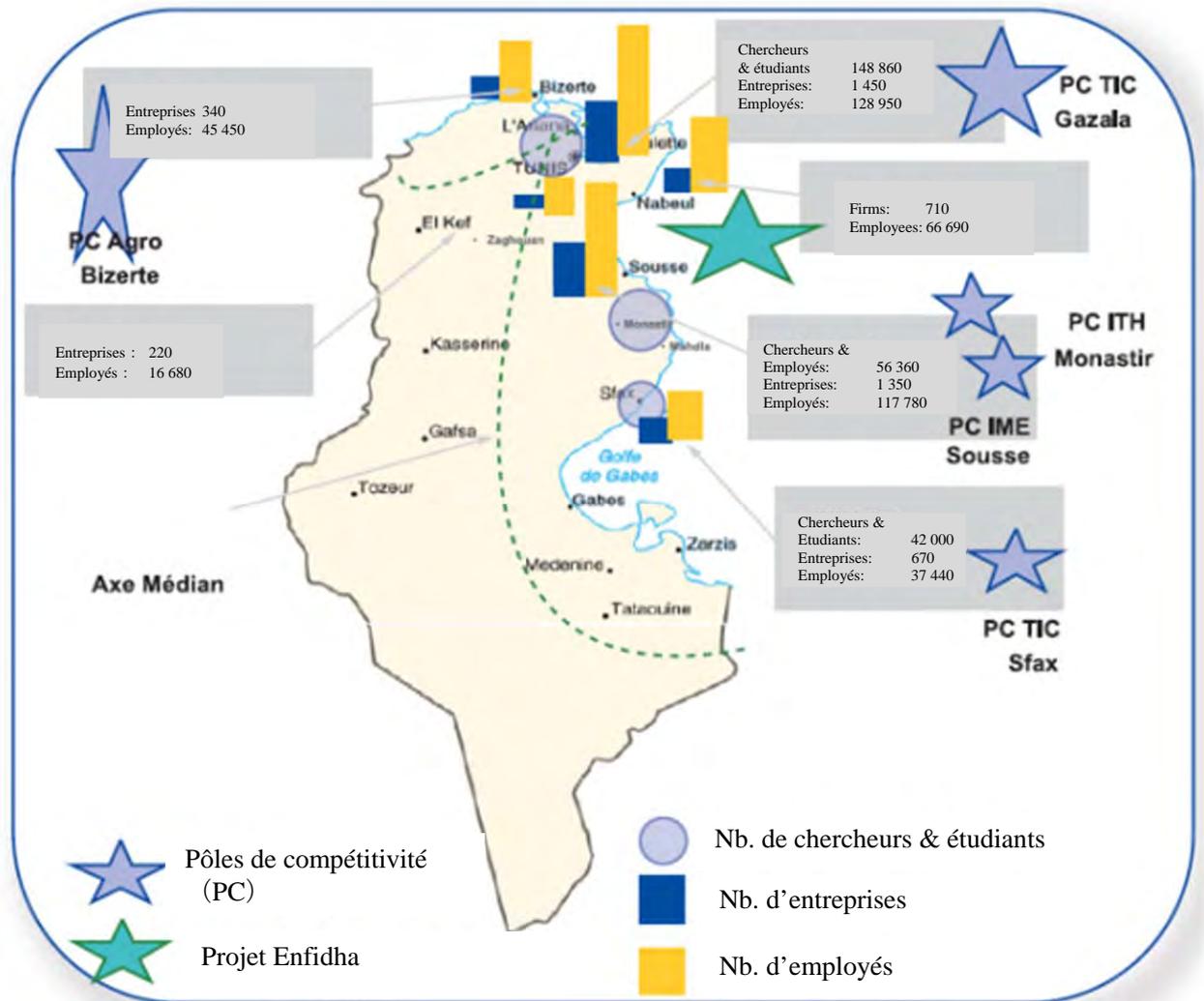
En 2008, le Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Petites et Moyennes Entreprises (à l'époque) a recommandé aux PME de focaliser leurs activités vers trois industries importantes : le textile et l'habillement (ITH), les industries agroalimentaires, et les industries mécaniques et électroniques (IME). De plus en plus d'entreprises se lancent dans les Technologies de l'Information et de la Communication/TIC pour contribuer au développement futur de la Tunisie. des pôles de compétitivité ont même été créés pour renforcer davantage ces activités industrielles comme l'indique la Figure 3.5-1.

La ville de Monastir au Sahel abrite le Pôle de Compétitivité pour les ITH alors que Sousse, également au Sahel, accueille le Pôle de Compétitivité des IME. Ce pôle devait attirer en 2009, 56 300 chercheurs et étudiants, 1 350 entreprises et 117 780 employés. Par ailleurs Sfax est considéré comme le Pôle de Compétitivité des TIC, car jusqu'en 2009, cette ville était censée avoir accueilli 42 000 chercheurs et étudiants, 670 entreprises et 37 440 employés. Les TIC ne consomment cependant aucune eau industrielle.

Les grandes entreprises creusent leurs propres puits et forages, cependant les eaux souterraines sont actuellement surexploitées et il est devenu très difficile d'avoir l'autorisation pour de nouveaux forages à Sfax. Pour cette raison, quelques grandes entreprises de la région ont construit leurs propres stations de dessalement d'eau de mer.

Pour ce qui est de la réutilisation des eaux usées, il existe encore des problèmes non résolus en matière de qualité d'eau et de rentabilité financière.

Pour la Tunisie, il est inévitable de faire face à la réalité de la pénurie d'eau. Ce fait pourrait constituer un nouvel argument de rechercher des ressources en eau de façon à surveiller la demande croissante de l'eau. Le MA avait déjà mené de nombreuses études financées par des fonds internationaux comme l'AFD, la KfW, la BafD, etc. Cependant, ces études ont recommandé des solutions à court terme.



Source: Horizon National pour l'Industrie, l'Energie et les PME, 2008

**Figure 3.5-1 Principales zones industrielles en Tunisie**

**CHAPITRE 4**  
**PLAN D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POUR LE**  
**GRAND SFAX**

## CHAPITRE 4 PLAN D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DU GRAND SFAX

L'eau consommée dans le Grand Sfax vient principalement du système de transfert des eaux du Nord et celui des eaux souterraines Jelma-Sbeitla car le Grand Sfax ne dispose pas de sources d'eau locales. En outre, le Grand Sfax est situé dans la partie la plus en aval du système de transfert des eaux du Nord et, par conséquent, l'approvisionnement en eau du Grand Sfax est tributaire de la consommation d'eau dans les 7 gouvernorats situés en amont du système de transfert des eaux du Nord. Une telle situation nécessite l'évaluation de l'offre et de la demande en eau pour le système de transfert des eaux du Nord, pour le Gouvernorat de Sfax et pour le Grand Sfax. Ce chapitre présente le plan d'approvisionnement en eau pour le Grand Sfax dans cet ordre. Un aperçu de l'emplacement des gouvernorats est présenté dans la figure 4-1-1.



Source: SONEDE

**Figure 4.1-1** Carte de l'emplacement du système de transfert des Eaux du Nord, le Gouvernorat de Sfax et le Grand Sfax

Ce Chapitre présente l'état d'approvisionnement en eau pour usage domestique, pour l'agriculture et pour les besoins des industries du Gouvernorat de Sfax, ainsi que l'équilibre entre l'offre et la demande en eau au niveau du Grand Sfax. Pour ce qui est des prévisions de la demande, la demande et l'offre en eau dans les 7 gouvernorats concernés par le système d'adduction des eaux du nord et par la conduite de Jelma-Sbeitla ont d'abord été examinés, ensuite la demande et l'offre en eau au niveau du Gouvernorat de Sfax ainsi que de la zone du Grand Sfax ont fait l'objet d'études complémentaires. Sur la base des résultats de cet examen, la capacité requise de la station de dessalement a été définie.

#### 4.1 Etat actuel et plans futurs du secteur de l'eau pour usage domestique

##### 4.1.1 Etat actuel du secteur de l'eau pour usage domestique

Au Gouvernorat de Sfax, la SONEDE est responsable de la distribution de l'eau en milieu urbain et dans les grandes zones rurales alors que la DGGREE du MA veille à la distribution de l'eau dans les zones rurales de petite et moyenne tailles. La population totale et la population desservie dans le Gouvernorat de Sfax entre 2006 et 2012 est présentée dans le Tableau 4.1-1.

**Tableau 4.1-1 Population et population desservie dans le Gouvernorat de Sfax**

Unité: 1,000 personnes/an

Désignation \ Année		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Population Totale		887,9	900,0	911,3	923,8	936,7	938,7	963,1
Urbaine	Population	570,0	578,9	586,5	595,6	605,0	613,8	624,2
	Population desservie par la SONEDE	570,0	578,9	586,5	595,6	605,0	613,8	624,2
	Taux de couverture	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Rurale	Population	317,9	321,1	324,8	328,2	331,7	334,9	338,9
	Population desservie par la SONEDE	179,2	183,8	188,6	192,3	194,4	197,6	199,9
	Population desservie par la DGGR	131,6	134,4	134,6	118,0	119,4	119,1	120,6
	Taux de couverture	97,8%	99,1%	99,5%	94,5%	94,6%	94,6%	94,6%
Taux de couverture dans le Gouvernorat de Sfax		99,2%	99,7%	99,8%	98,1%	98,1%	98,1%	98,1%

Source: Rapport annuel de la SONEDE

L'offre annuelle en eau (consommation) dans le Gouvernorat de Sfax servie par la SONEDE est décrite dans le Tableau 4.1-2.

**Tableau 4.1-2 Offre annuelle en eau au Gouvernorat de Sfax (Consommation)**Unité: 1,000m<sup>3</sup>/an

Désignation \ Année		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Eau à usage domestique	Branchement	23 037	24 064	26 164	26 388	28 093	29 138	31 440
	Borne fontaine	1 364	1 560	2 116	1 965	3 072	2.396	2 862
	Total	24 401	25 624	28 280	28 353	31 165	31 534	34 302
Administration & Commercial		3,186	3 278	3 257	3 307	3 428	3.464	3 648
Industriel		2,784	2 817	2 921	2 786	2 963	2 826	3 441
Tourisme		191	199	209	205	189	173	182
Autres		229	246	188	136	138	177	97
Total		30 791	32 164	34 855	34 787	37 883	38 174	41 670

Source: Rapport annuel de la SONEDE

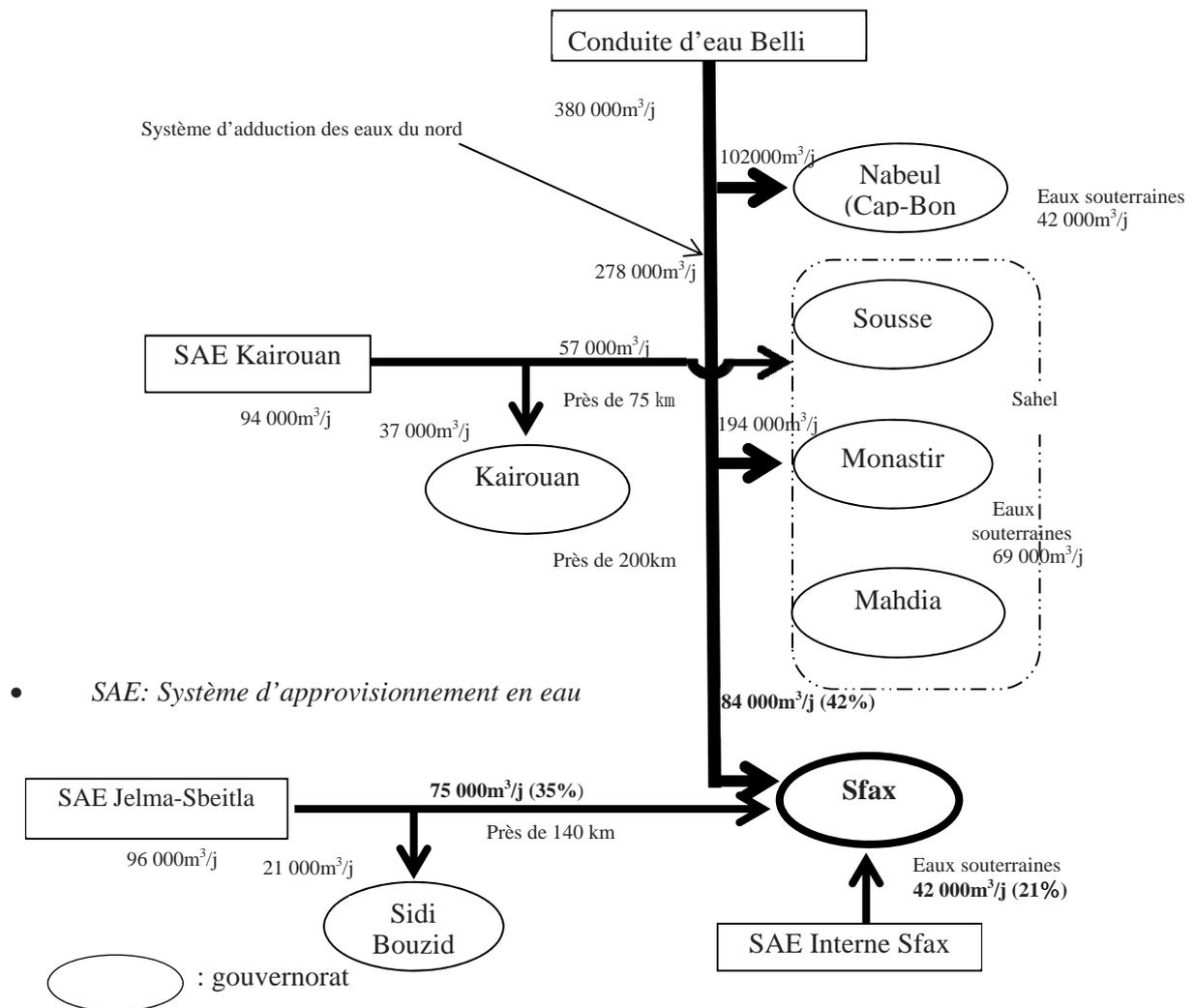
Les taux des différents usagers de la SONEDE en 2012 étaient comme suit : Foyers : 82.3%; bâtiments administratifs et commerciaux : 8,8%; industries : 8,3%; tourisme : 0,4%; autres : 0,2%. Pour ce qui est des industries, ces chiffres ne concernent que les branchements contrôlés par la SONEDE et n'incluent pas les puits privés dont disposent plusieurs industries pour avoir de l'eau.

Avec l'accroissement de la population et l'augmentation des activités industrielles, la demande en eau ne cesse d'augmenter. Face à cette pression, la SONEDE devra assumer ses responsabilités pour sécuriser l'approvisionnement en eau à l'ensemble de ses clients.

#### 4.1.2 Ressources en eau disponibles à la consommation dans la région de Sfax

##### (1) Aperçu des ressources en eau

Les ressources en eau utilisées dans le Gouvernorat de Sfax proviennent du système d'adduction des eaux du nord, du réseau des eaux souterraines de Jelma-Sbeitla situés dans le Gouvernorat de Sidi Bouzid, et des nappes phréatiques du Gouvernorat de Sfax. La Figure 4.1-2 schématise les ressources en eau alimentant le Gouvernorat de Sfax. Le volume total des eaux approvisionnées lors de la période de pointe en 2013 s'est élevé à 201.000 m<sup>3</sup>/jour, et les taux respectifs des sources d'eau étaient les suivants : 42%, 37% et 21%.



Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 4.1-2 Diagramme schématique des ressources en eaux dans le Gouvernorat de Sfax**

(2) Système d'adduction des eaux du Nord

a) Prise d'eau du système d'adduction des eaux du nord

Le réseau de distribution d'eau au Gouvernorat de Sfax est en fait une composante d'un système d'adduction d'eau qui couvre une région plus grande et dont l'objectif est de transférer l'eau des régions du nord de la Tunisie vers d'autres régions en manque d'eau. De ce fait, ce système fournit l'eau aux Gouvernorats de Nabeul, Sousse, Monastir, Mahdia et Sfax. Ce système est aussi alimenté par les eaux souterraines du Gouvernorat de Kairouan. Cependant, le système de Kairouan n'est pas connecté au réseau d'adduction des eaux du nord.

Le système de transfert des eaux du nord dessert une zone relativement large à partir de la station de traitement des eaux de Belli. Les eaux provenant de barrages le long de la rivière Medjerda ainsi que d'autres Oueds fournissent l'eau à la station de Belli à travers le canal et des conduites gérés par SECADENORD (Société d'Exploitation du Canal et des Adductions des Eaux du Nord). La Figure 4.1-3

montre un diagramme schématique des canaux et des barrages ainsi que la prise d'eau à la station de traitement de Gedir El Golla et la station de traitement des eaux de Belli (STE).



Source: Equipe d'Etude de la JICA

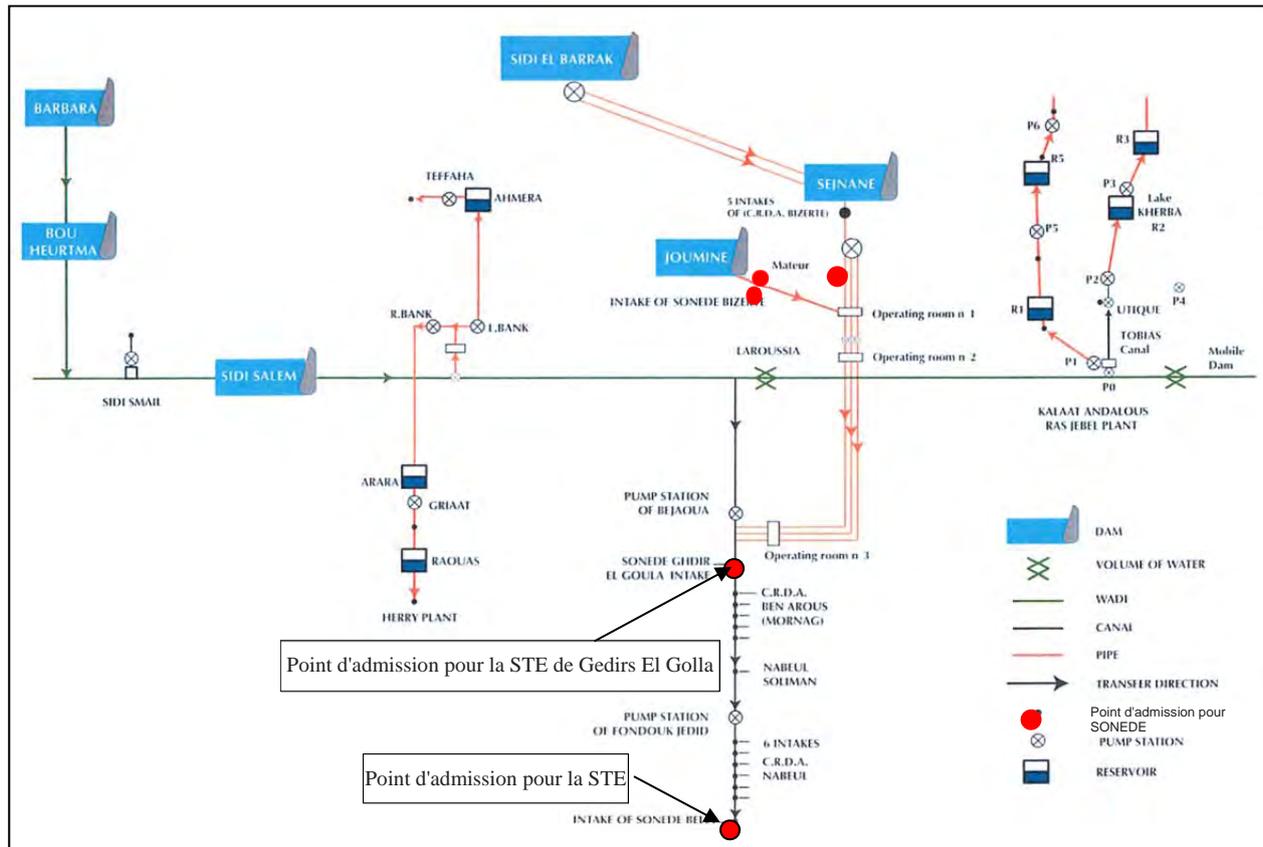
**Figure 4.1-3 Canal de la SECADENORD et Stations de Traitement des Eaux de la SONEDE servant le système d'adduction des eaux du Nord**

La Société d'Exploitation du Canal et des Adductions des Eaux du Nord (SECADENORD), un établissement public jouissant de la personnalité morale et de l'autonomie financière sous l'autorité du Ministère de l'Agriculture, est chargée de l'exploitation, de la gestion, de la commercialisation et de l'entretien du canal et des conduites utilisés pour le transport de l'eau des barrages de Sidi Salem et d'autres barrages. SECADENORD ne reçoit pas de subventions du Ministère mais vend l'eau à la SONEDE et aux Commissariats Régionaux de Développement Agricole (CRDA) et en tire des bénéfices.

Pour acheter l'eau, la SONEDE établit un contrat avec la SECADENORD pour une durée de 3 ans. Le contrat actuellement en cours a commencé le 1 avril 2015 et prendra fin le 31 mars 2018. Le contrat stipule :

- (i) Sites d'acquisition des eaux brutes (voir Figure 4.1-4)
  - Une prise à Sejnane sur la conduite Sejnane-Joumine pour la STE Mateur au niveau de PK 34.750 (Mars à Juin)<sup>1</sup>
  - Une prise à Joumine sur la conduite Joumine-Medjerda pour la STE de Mateur au niveau du PK 4.430 km (Juillet à Février)
  - Deux prises à la STE de Ghedir el Golla par le biais du canal au PK 35,430 km
  - Une prise à la STE de Belli par le biais du canal au PK 120,165 km ;

<sup>1</sup> les conduites transmettent l'eau des barrages de Sidi El Barak, Sejnane et Joumine vers les banlieues de Tunis et la déverse au milieu du canal. La STE de Mateur approvisionne Mateur, situé à l'ouest de Tunis, en eau.



Source: SONEDE

**Figure 4.1-4 Diagramme schématique des canaux de la SECADENORD et des prises d'eau de la SONEDE**

(ii) Les volumes d'eau à fournir

- Du 01/04/2015 au 31/03/2016

Volume annuel minimal = 250 millions m<sup>3</sup>, Volume annuel maximal = 320 millions m<sup>3</sup>

- Du 01/04/2016 au 31/03/2017

Volume annuel minimal = 256 millions m<sup>3</sup>, Volume annuel maximal = 325 millions m<sup>3</sup>

- Du 01/04/2017 au 31/03/2018

Volume annuel minimal = 262 millions m<sup>3</sup>, Volume annuel maximal = 330 millions m<sup>3</sup>

(iii) Qualité de l'eau

- La salinité maximale ne doit pas dépasser 1500mg/L

- La turbidité maximale ne doit pas dépasser 2000NTU

(iv) Prix

- Le prix d'1 m<sup>3</sup> d'eau sans compter la taxe sur la valeur ajoutée est de 0.04911 DNT aux STE de Mateur et de Guedir El Golla

- Le prix d'1 m<sup>3</sup> d'eau sans compter la taxe sur la valeur ajoutée est de 0.05161DNT au niveau de la prise d'eau de la STE de Guedir El Golla

(v) Montant du contrat

- Le montant minimal du contrat correspondant à la première année s'élève à 14 820 800 Dinars

y compris la taxe sur la valeur ajoutée, et le montant maximal s'élève à 18 912 686 Dinars.

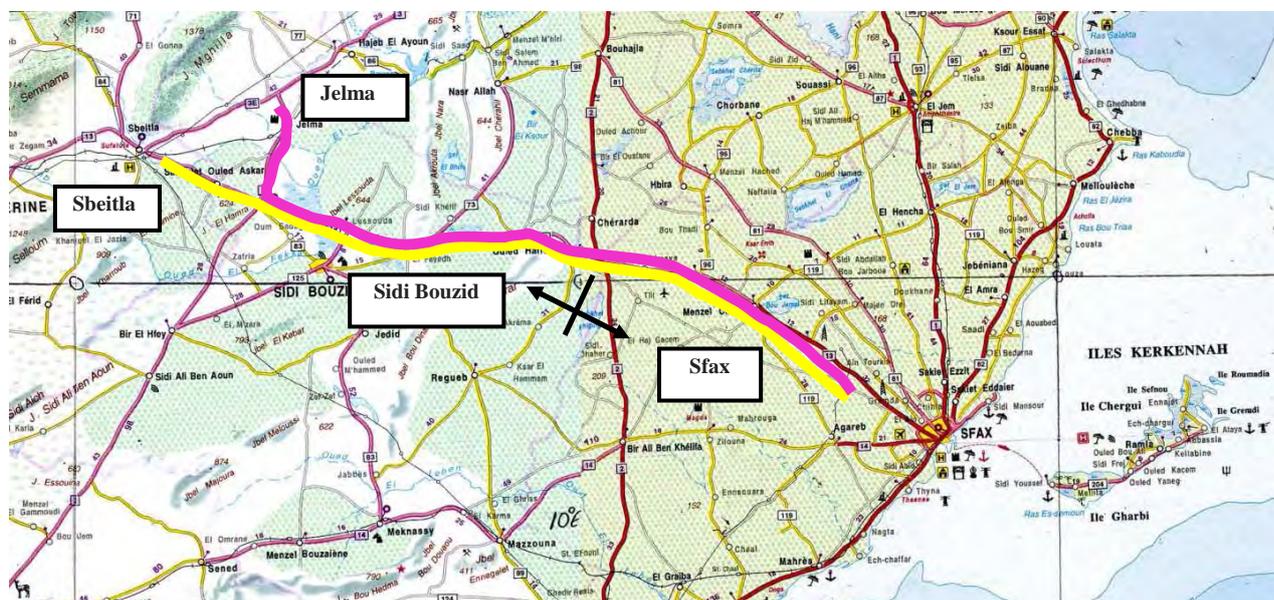
b) Stations de traitement d'eau pour le réseau d'adduction des eaux du nord

Les eaux acheminées par le réseau d'adduction des eaux du nord sont traitées dans les stations de traitement des eaux de Ghedir el Golla et de Belli. Les eaux ainsi traitées sont alors refoulées vers leurs usagers.

L'eau traitée à la station de traitement de Guedir el Golla est acheminée vers les réseaux de distribution de Tunis et du Gouvernorat de Nabeul. L'eau traitée à la station de traitement de Belli est ensuite acheminée vers le Gouvernorat de Nabeul et vers les régions du sud.

(3) Système d'adduction des eaux souterraines de Jelma-Sbeitla

Les ressources en eau de Sbeitla dans le Gouvernorat de Kasserine et de Jelma dans le Gouvernorat de Sidi Bouzid se situent dans la région montagneuse qui s'étend de l'ouest du Gouvernorat de Sfax jusqu'aux frontières du pays. Les deux ressources produisent des eaux souterraines de bonne qualité. Les eaux extraites sont acheminées vers la région du Grand Sfax au moyen de conduites d'adduction de 140 km de longueur. Avant d'arriver dans le Grand Sfax, une partie de l'eau est distribuée dans les zones rurales. SONEDE exploite et entretient l'ensemble de ce réseau à partir des ouvrages de prise, des conduites d'adduction, et des ouvrages de distribution dans les différentes zones.



Source: Equipe d'étude de la JICA

Figure 4.1-5 Réseau d'adduction des eaux souterraines de Jelma-Sbeitla



En 2012, lors de la saison de pointe, les habitants de Sfax ont fait face à un grave problème de manque d'eau qui a eu un impact social assez considérable. Pour faire face à cette difficulté, et au vue d'une réglementation très ferme contre l'ouverture de nouveaux puits, la SONEDE a été exceptionnellement autorisée à creuser quelques nouveaux puits afin de faire face à une forte demande en période de pointe. En 2013, trois nouveaux puits ont été creusés et sont entrés en exploitation.

**Tableau 4.1-3 Nouveaux puits dans le Gouvernorat de Sidi Bouzid**

Nom	Année	Capacité de conception (L/s)	Capacité exploitée (L/s)	Observation
Garaat Hadid 2	2013	20	15	Taux d'exploitation*: 75%
Garaat Hadid 3	2013	20	25	Taux d'exploitation*: 125%
Ouled Asker 2	2013	40	40	Taux d'exploitation*: 100%

Source: SONEDE

\*: Taux de fonctionnement = Fonctionnement réel / Capacité de conception. Un taux qui dépasse les 100% pourraient engendrer un assèchement des eaux souterraines.

Le réseau de distribution de Sidi Bouzid dépend entièrement de ses eaux souterraines. Pour faire face à l'augmentation de la demande en eau à Sidi Bouzid, tous les nouveaux aménagements conçus pour exploiter les nappes phréatiques dans six zones différentes sont réglementés depuis 1985. Le tracé de la conduite d'adduction est aussi couvert par la réglementation (Circulaire N 85-251 du 07/02/1985 du Gouvernorat de Sidi Bouzid). En fait, la demande ne cesse d'augmenter au point que les eaux souterraines de Sidi Bouzid sont actuellement surexploitées.

Le volume des extractions d'eau des ressources de Jelma en 2010 et des ressources de Sbeitla en 2009 figurent dans le Tableau 4.1-4.

**Tableau 4.1-4 Valeur réelle des extractions des ressources en eau de Jelma et de Sbeitla**

unité: Mm<sup>3</sup>/an

Ressources en eau de Jelma en 2010	SONEDE	Industrie	Irrigation	Total	Valeur réglementaire	Taux d'extraction
	22,0	-	9,0	31,0	27,8	111%
Ressources en eau de Sbeitla en 2009	SONEDE	Industrie	Irrigation	Total	Valeur réglementaire	Taux d'extraction
	9,15	0,13	6,82	16,1	13,5	119%

Source: SONEDE

#### (4) Eaux souterraines de Sfax

En plus des principales ressources en eau du Grand Sfax à savoir le réseau d'adduction des eaux du Nord et le système d'adduction des eaux souterraines de Jelma et de Sbeitla, la SONEDE extrait des eaux souterraines de 14 sources différentes situées dans le Gouvernorat de Sfax lors des périodes de pointe. Les sources d'eau pour lesquels la SONEDE a entretenu et géré des puits au cours de 2012 sont indiquées dans le Tableau 4.1-5.

**Tableau 4.1-5 Ressources en eau des forages de la SONEDE dans le Gouvernorat de Sfax (2012)**

No	Nom	Code	Lieu	Mise en service	Niveau d'eau (m)	Extraction (L/s)	TDS (g/L)	Profondeur (m)	Observations
1	Ramla 1	5611	Kerkenna	1951	+24,1	6,25	3,5	702	Opérationnel
2	Ramla 2	16693	Kerkenna	1979	+24,1	16,88	3,9	363	Opérationnel
3	Forage au PK 11	18805	Sfax Sud	1978	-21,1	49,21	3,03	570	Opérationnel
4	Forage au PK 10	19059	Sfax Sud	1982	-20,35	48,2	3,16	497	Opérationnel
5	Forage au PK 14	19706	Sfax Sud	1990	-42,6	52,16	3,2	482	Opérationnel
6	Sidi Salah	20729	Sakiet Zit	2000	-48	46,52	3,1	471	Opérationnel
7	Aouabed	20740	Sfax Sud	2000	-33,75	51,74	3,1	500	Opérationnel
8	Sidi Boukthir	21367	Agareb	2004	-104,8	23	4	700	Opérationnel
9	Hancha	21365	Hancha	2003	-32,54	0	3,58	512	En arrêt
10	Bir Sidi Abdallah	21366	Sfax Sud	2003	-57,6	47,38	3,06	580	Opérationnel
11	Ramla 4	21340	Kerkenna	2004	+19,00	25	3,62	370	Opérationnel
12	Ouled Youssef	21518	Jebeniana	2006	-42,6	17	3,6	360	Opérationnel
13	Ramla 5	21800	Kerkenna	2009	18,00	8,8	3,7	360	Opérationnel
14	Bir Chabba	20397	Hancha	1998	-40,75	22	4	505	Opérationnel

Source: Rapport annuel de CRDA Sfax 2012

Selon la norme nationale relative à la qualité de l'eau en Tunisie NT09.14, la concentration de la salinité ou du TDS permise ne doit pas dépasser 2500 mg/L; cependant, la salinité des eaux souterraines du Gouvernorat de Sfax est de l'ordre de 3500 mg/L et dépasse donc les normes établies. Par conséquent, la SONEDE mélange les eaux de Sfax avec d'autres eaux avant de les distribuer aux usagers. La SONEDE essaie de garder la concentration de la TDS bien au dessous de la norme, avec une moyenne de 2000 mg/L.

Face à la pénurie en eau enregistrée en 2012, la SONEDE a creusé des forages supplémentaires après avoir obtenu des autorisations exceptionnelles de la part du gouvernement. La situation des nouveaux forages est indiquée dans le tableau suivant:

**Tableau 4.1-6 Programme de nouveaux forages dans le Gouvernorat de Sfax**

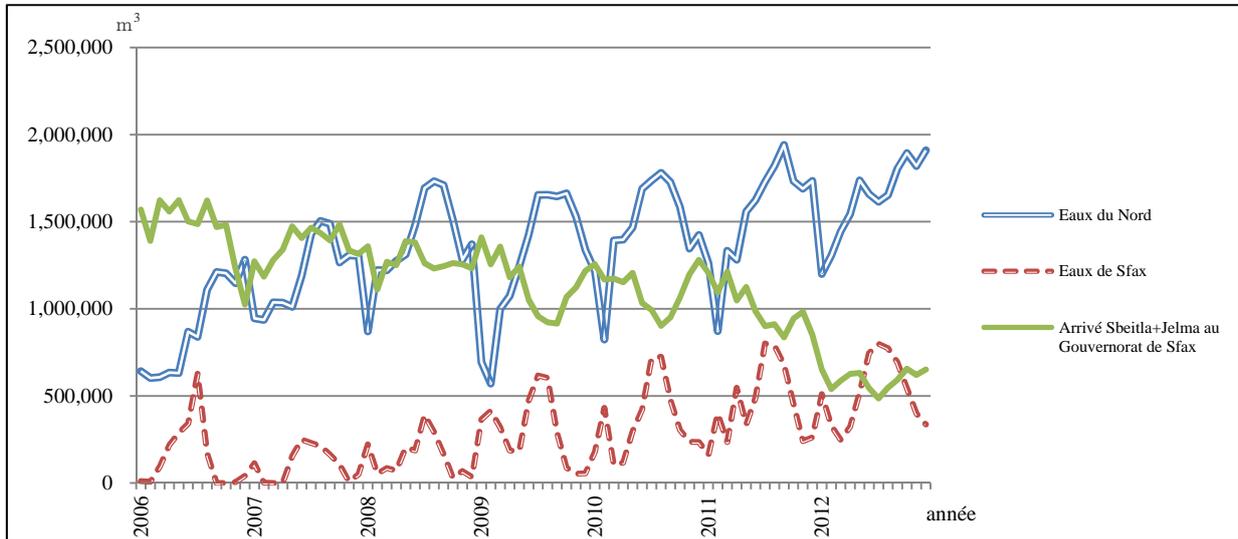
Nom	Année	Capacité de conception (L/s)	Capacité d'exploitation (L/s)	Taux d'exploitation
Mahrouga	2013	30	30	100%
PK 15	2013	40	50	125%
Agareb	2013	30	15	50%
Oued Batha	En cours de construction	30	30	100%
Saint Louis	2013	20	20	100%
Bir Chooba	2013	20	20	100%
Hencha	2013	20	20	100%
Markez Kammoun	Prévu en 2014	-	20	

\*: Taux de fonctionnement = Fonctionnement réel / Capacité de conception. Un taux qui dépasse les 100% pourraient engendrer un assèchement des eaux souterraines.

Source: SONEDE

(5) Problèmes relatifs à l'alimentation en eau dans le Gouvernorat de Sfax

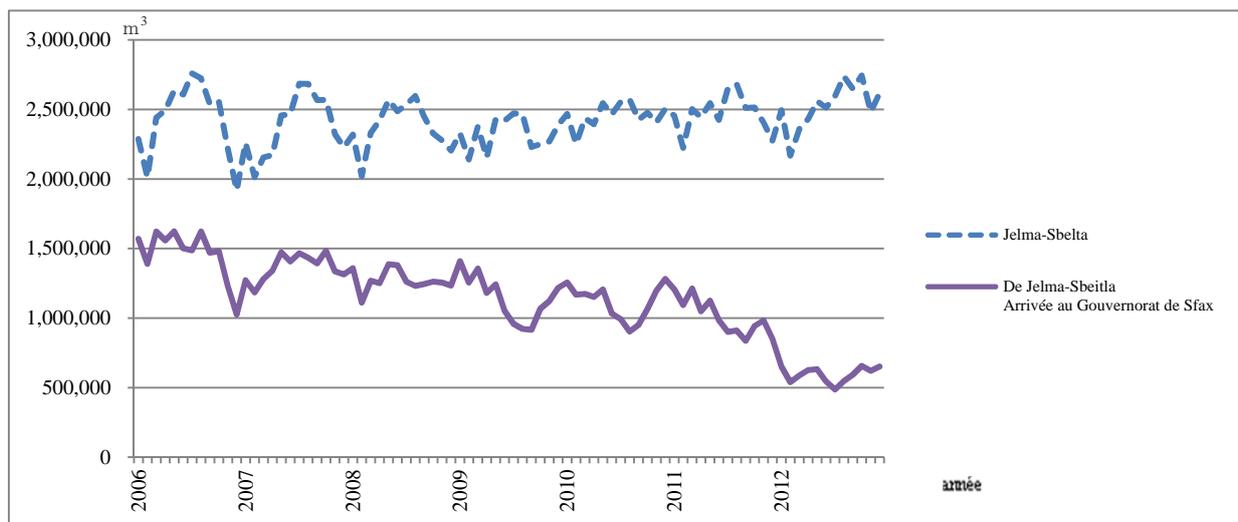
A cause de son manque de ressources propres en eau, le Gouvernorat de Sfax doit compter sur d'autres sources externes à savoir le réseau d'adduction des eaux du nord et le réseau des eaux souterraines de Jelma-Sbeitla.



Source: SONEDE

**Figure 4.1-7 Eaux acheminées vers le Gouvernorat de Sfax mensuellement depuis trois différentes ressources (2006~2012)**

La SONEDE conclut un contrat de trois ans avec la SECADENORD pour exploiter les eaux du Nord, ce qui implique que la sécurisation de ces eaux dépend de la façon avec laquelle la SECADENORD gère l'équilibre entre les besoins en eau du Gouvernorat de Sfax et d'autres régions et Gouvernorats. Quant aux eaux provenant des nappes phréatiques de Jelma et Sbeitla, leurs volumes ont sensiblement baissé après 2011.



Source: SONEDE

**Figure 4.1-8 Eaux acheminées vers le Gouvernorat de Sfax mensuellement des nappes de Jelma-Sbeitla (2006~2012)**

SONEDE doit veiller à bien gérer les ressources limitées en eau en assurant l'équilibre entre les besoins en eau de la région productrice et les besoins d'autres régions. La satisfaction des différentes parties prenantes et des différents bénéficiaires représente une tâche ardue. Afin de pouvoir compenser la différence entre les besoins d'eau et les ressources disponibles, la SONEDE a dû augmenter l'extraction d'eaux souterraines des nappes phréatiques du Gouvernorat de Sfax. Cependant, cette mesure exceptionnelle doit être limitée en termes de temps et de volume pour éviter une surexploitation abusive de ces nappes.

#### **4.1.3 Situation actuelle et plan d'avenir du secteur de l'eau pour l'agriculture et l'industrie**

##### **(1) Etat actuel du secteur de l'eau pour l'agriculture**

La pluviométrie annuelle dans le Gouvernorat de Sfax enregistre une moyenne de 230 mm. Les Oueds de la région ne contiennent de l'eau qu'exceptionnellement après les fortes pluies; il n'existe dans la région aucune rivière aux écoulements réguliers. Par conséquent, les volumes d'eau de surface pour l'irrigation sont très limités et fait que l'agriculture dans la région dépend des eaux souterraines. Dans le Gouvernorat de Sfax et après la réalisation de plusieurs forages, mais surtout des puits de surface, la réduction du volume des eaux souterraines constitue désormais un grand problème. Aujourd'hui tous travaux de puits ou de forages nécessitent la permission préalable du Ministère de l'Agriculture.

Quant aux puits pour l'irrigation, ils sont gérés par le CRDA par le biais du service de conservation des eaux, du service de l'équipement rural et du service de l'irrigation.

La situation actuelle des puits d'irrigation gérés et entretenus par CRDA Sfax est la suivante :

##### 1) Puits de surface

Profondeur	0~50m
Nombre enregistré	13 788
Salinité	2000~6000 mg/L (52% des puits dépassent les 4000 mg/L)
Situation actuelle	La production annuelle est estimée à 39,8 millions de m <sup>3</sup> /an selon une enquête effectuée par le MA en 2003. L'extraction d'eau a en fait déjà atteint 53 millions de m <sup>3</sup> , dépassant ainsi les limites établies par 136%. Toutes les nouvelles demandes de création de nouveaux puits sont très bien réglementées et suivies par le service de conservation d'eau, surtout dans les zones surexploitées..

##### 2) Puits des nappes intermédiaires

Profondeur	70~200m
Nombre enregistré	125
Salinité	3000~4000 mg/L
Situation actuelle	L'existence de cette nappe a été confirmée par des études récentes et sa capacité est estimée à 11,3 millions de m <sup>3</sup> /an. Elle serait exploitée

principalement par des agriculteurs privés et le CRDA travaille actuellement sur ce dossier.

### 3) Forages

Profondeur	250~400m
Nombre enregistré	Puits équipés 28, Puits artésiens 9
Salinité	3000~4000 mg/L
Situation actuelle	La capacité de production du Gouvernorat de Sfax est estimée à 25,5 millions m <sup>3</sup> /an. La SONEDE extrait de l'eau de forages à l'instar de plusieurs grandes industries dans la région de Skhira..

Le manque de pluie dans le Gouvernorat de Sfax fait que son agriculture dépend des eaux souterraines. Les nappes de surface sont exploitées depuis fort longtemps alors que les nappes profondes sont utilisées par la SONEDE et par quelques industries à leurs limites régulières. En outre, le problème de salinité devra être clarifié et reconnu. Ceci fait qu'il est nécessaire de compter sur des sources d'eau extérieures. Entre temps, il est recommandé d'utiliser les eaux usées et traitées dans le domaine agricole mais cet ambitieux programme devra être mieux clarifié.

#### (2) Etat actuel de l'usage de l'eau par l'industrie

La zone industrielle du Gouvernorat de Sfax est alimentée par la SONEDE ainsi que par des puits privés autorisés.

##### 1) Eau industrielle fournie par la SONEDE

Les volumes annuels d'eau consommés par l'industrie et alimentés par la SONEDE dans le Gouvernorat de Sfax sont comme suit :

**Tableau 4.1-7 Eau pour l'industrie fournie par la SONEDE dans le Gouvernorat de Sfax**

Année	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Consommation annuelle à Sfax (1,000m <sup>3</sup> /an)	2 784	2 817	2 921	1 942	2 113	1 999	2 471
Comparaison avec l'année précédente	-	1,01	1,04	0,66	1,09	0,95	1,24

Source: Rapport annuel de la SONEDE

##### 2) Eau pour l'industrie extraite par des privés

Les volumes annuels consommés par l'industrie et fournis par des sources privées dans le Gouvernorat de Sfax sont décrits dans le tableau suivant :

**Tableau 4.1-8 Eau pour l'industrie fournie par des sociétés privées dans le Gouvernorat de Sfax**

Année	2010	2011	2012
Consommation annuelle à Sfax (1,000m <sup>3</sup> /an)	12 690	11 760	8 460
Comparaison avec l'année précédente	-	0,93	0,72

Source: Rapport annuel du CRDA (2012)

La liste des puits enregistrés dans le Gouvernorat de Sfax gérés et entretenus par des sociétés privées en 2012 est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau 4.1-9 Puits industriels enregistrés dans le Gouvernorat de Sfax (en 2012)**

No	Nom	Code	Lieu	Mise en service	Niveau d'eau (m)	Extraction (L/s)	Salinité (g/L)	Profondeur (m)	Obs.
1	Puits NPK 4	19472	Sfax City	1987	+27,38	49	3,1	592	En opération
2	Puits SFTB	19658	Menzel Chaker	1988	-120	9,5	2,9	332	En opération (12L/s)
3	British Gas	21743	Mahares	2007-2008	+1,04	18	3,5	539	En opération (18L/s)
4	SIAPE 15		Sfax Sud	2012	+12,8	39,72	3,39	560	En opération (37L/s)
5	TRAPSA 7	19765	Skhira	1997	-6,79	40	8	240	En opération (8L/s)
6	SIAPE II 7	20671	Skhira	1999	-27,49	50	10,3	315	En opération (50L/s)
7	SEPT	21104	Skhira	2002	-10,53	5	9,26	263	En opération (16L/s)
8	SIAPE II 4	21105	Skhira	2003	-27,73	40	8	264	En opération (50L/s)
9	SIAPE 14	21342	Sfax Sud	2004	+15,60	55	3,46	555	En opération (35.3L/s)
10	TRAPSA 6	21521	Skhira	2004	-11,19	25	8,3	242	En opération (9L/s)
11	SIAPE II 1	21798	Skhira	2008	-24,65	40	8,1	260	En opération (57.66L/s)
12	TPAP Poulina	21702	Agareb	2008	-59	25	3,8	326	En opération (25L/s)
13	SIAPE II 5	21797	Skhira	2008	-22,35	40	9,6	270	En opération (57.77L/s)
14	SIAPE II 3	21794	Skhira	2008	-26,04	50	9,6	274	En opération (41.66L/s)
15	SIAPE II 7	20277	Skhira	1997	-16,2	68,5	11,5	327	En arrêt

Source: Rapport annuel du CRDA (2012)

### 3) Problèmes relatifs à l'alimentation en eau pour l'industrie dans le Gouvernorat de Sfax

Il existe au Gouvernorat de Sfax un grand nombre de sociétés privées qui exploitent les eaux souterraines avec la permission des autorités, et les volumes exploités dépassent les volumes extraits par la SONEDE. Toutefois, les volumes déjà extraits pour l'usage domestique, pour l'agriculture et pour l'industrie dépassent les volumes prescrits et autorisés. Cette limite freine sensiblement le développement industriel de Sfax.

Une compagnie nationale tunisienne, Groupe Chimique Tunisien, situé dans la région de Skhira, a construit sa propre station de dessalement pour assurer ses propres ressources en eau. La capacité de la station est de 12 000 m<sup>3</sup>/jour et son exploitation a commencé en 2013.

La consommation des eaux souterraines par l'industrie a diminué sous l'effet de la révolution. Cependant, elle sera appelée à augmenter de nouveau avec la reprise des activités industrielles. Par conséquent, il ne sera pas utile de convertir ces eaux à l'usage domestique, car des sources d'eau alternatives seront nécessaires pour assurer cette conversion. Les eaux souterraines sont caractérisées de fortes concentrations en TDS. Plus particulièrement, les puits situés à proximité de la côte semblent souffrir de fortes intrusions d'eaux marines pour cause de pompage excessif. En conclusion, il n'est pas du tout approprié de convertir les sources d'eau souterraine de leur usage industriel en usage domestique.

## 4.2 Plan de développement de la SONEDE

Les plans et les études pour le système d’approvisionnement en eau dans le Grand Sfax qui sont actuellement en vigueur sont montrés dans le tableau 4.2-1.

**Tableau 4.2-1 Plans et études actuels en matière de système d’approvisionnement en eau dans le Grand Sfax**

Plan ou étude	Année	Aperçu	Rapport avec le projet
1) Étude du Plan Directeur des Réseaux de Répartition et de Distribution du Grand Sfax	Mars 2003	Plan de développement du système de distribution dans le Grand Sfax	Plan de distribution
2) Etude de faisabilité sur le plan d’alimentation en eau de la région du Centre Ouest	Mars 2005	Plan de plusieurs stations de dessalement d’eau de mer dans le Centre-Sud et une station de transfert d’eau pour l’eau produite	Schémas des stations de dessalement d’eau de mer
3) Etude sur le réseau d’alimentation en eau de Tourba-Agareb-Mahres-Skhira	Janvier 2011	Plan de développement du système de distribution d’eau au Sud du Grand Sfax	Equilibre entre l’offre et la demande en eau
4) Etude stratégique	Avril 2013	Plan de développement du système d’approvisionnement en eau dans le Grand Sfax élaboré d’urgence pour faire face à la sécheresse de l’été 2012.	Schéma de la station de dessalement de Sfax, Demande en eau

Source : SONEDE

Les grandes lignes de chaque plan et étude se présentent comme suit:

### (1) Plan des Réseaux de Distribution et distribution dans le Grand Sfax

L’Etude du Plan Directeur des Réseaux de Répartition et de Distribution du Grand Sfax a été préparée par la SONEDE avec deux bureaux d’études locaux, SCET-TUNISIE et BRL engineering.

L’objectif principal du Plan Directeur est de proposer un plan optimal pour l’alimentation en eau du Grand Sfax : ville de Sfax, Sfax Nord et Sfax Sud. Il comprend depuis 2001 les quatre étapes suivantes :

- i) Mission A: Collecter et examiner des informations sur les ouvrages existants
- ii) Mission B: Collecter les informations de base sur le développement socio-urbain et étudier la demande future en eau
- iii) Mission C: Etudier plusieurs alternatives pour l’extension du réseau de distribution d’eau
- iv) Mission D: Choisir la meilleure alternative, préparer la conception détaillée pour les

## programmes de la Phase 1

Sur la base de l'année cible 2032 dans le plan, les capacités des installations ont été déterminées. En outre, la conception détaillée de la phase 1 du projet a été mise en œuvre pour les installations construites jusqu'en 2011. Les installations construites lors de la phase 1 et avant 2032 sont les suivantes :

### Installations construites lors de la phase 1

- Nouvelle construction du Réservoir de zone haute altitude de Sidi Issa
- Augmentation du Réservoir de zone basse altitude de Sidi Salah
- Augmentation de principales conduites de distribution existantes
- Augmentation du Réservoir de Bou Merra

### Installations construites jusqu'en 2032

- Augmentation du Réservoir de zone basse altitude de Sidi Salah
- Augmentation de la conduite de transfert de la chambre de contrôle de la pression de Mahrouga au Réservoir de zone basse altitude de Sidi Salah
- Conduite de transfert jusqu'au Réservoir PK11
- Augmentation du Réservoir de Bou Merra

Actuellement, le projet accuse un retard en raison de problèmes financiers. Toutefois, le projet a procédé conformément au plan. Faisant partie du plan, le réservoir basse altitude de Sidi Salah et le réseau de distribution ont été construits par le Projet d'amélioration du réseau d'approvisionnement en eau des villes locales dans le cadre du projet financé par le prêt en Yen.

## **(2)Étude de faisabilité sur le plan d'alimentation en eau de la région du Centre Ouest**

L'étude de faisabilité du projet d'alimentation en eau potable jusqu'à l'horizon 2030 du Cap-Bon, Sahel, Sfax, Gabès, Médenine et Tataouine a été effectuée avec des fonds japonais octroyés à la Banque Mondiale, dans le cadre d'un consortium affecté par la SONEDE et constitué de deux consultants français, SOGREAH et deux consultants tunisiens, à savoir STUDI et IDEACONSULT.

L'objet principal de l'étude de faisabilité était de proposer le plan optimal pour alimenter en eau les régions du Cap Bon (Gouvernorat de Nabeul), le Sahel (Sousse, Monastir et Mahdia), Sfax, Gabès, Medenine et Tataouine. L'étude a été effectuée en 2003 en trois phases essentielles :

- i) Mission 1: Afin de répondre à une demande grandissante en eau, spécialement au Sahel durant la période de pointe, il a été prévu de construire un grand réservoir d'une capacité de 8 millions de m<sup>3</sup> pour satisfaire 15 jours de période de pointe jusqu'en 2025;
- ii) Mission 2 : Une enquête a été menée sur l'équilibre à trouver entre les besoins futurs en eau et les ressources d'eau disponibles. Sur la base des résultats, 8 options ont été proposées alors qu'en terme de mode de production, deux solutions ont été recommandées. Le comité d'Ingénieur Conseil a également proposé d'étendre la période de 2025 à 2030.

- iii) Mission 3 : Sur la base de l'évaluation technique, environnementale, économique et financière, un plan optimal pour l'alimentation en eau potable a été proposé pour la zone d'étude : 2ème Variante, Solution 2.

Les principaux aspects du plan optimal pour l'alimentation en eau potable de la zone d'étude : 2ème Variante, Solution 2 sont les suivants (voir la figure 4.2-1 qui représente un extrait du plan schématique relatif au Grand Sfax):

- i) Les eaux pour le Cap Bon et le Sahel seront acheminées du Réseau des Eaux du Nord, alors que dans le Gouvernorat de Sfax, une station de dessalement d'eau de mer doit être prévue ;
- ii) A Gabès, afin de trouver l'équilibre entre les besoins grandissants en eau et la rareté des ressources disponibles, deux stations de dessalement d'eau saumâtre et d'eau de mer seront prévues ;
- iii) A Medenine et Tataouine, en plus des stations de dessalement d'eau saumâtre, une nouvelle station de dessalement d'eau saumâtre sera prévue sur l'Ile de Jerba.

L'Avant-projet du Rapport Final de l'étude a été discuté par le comité de pilotage et le contenu du rapport a été finalisé davantage suivant les commentaires. Avec l'aval du comité de pilotage, ce plan a été approuvé et le schéma d'exécution est également approuvé pour exécution.

Le comité de pilotage de l'Ingénieur Conseil était constitué des membres suivants :

- Directeur Général de la SONEDE
- Directeur Général des Ressources en Eau, DGRE, Ministère de l'Agriculture (à l'époque)
- DG/BGTH (Barrages et Travaux Hydrauliques), Ministère de l'Agriculture (à l'époque)
- DGRE, Ministère de l'Agriculture (à l'époque)
- DGGREE, Ministère de l'Agriculture (à l'époque)
- SECADENORD
- Ministère de la Recherche Scientifique et de la Promotion des Compétences (à l'époque)
- Ministère de l'Investissement et de la Coopération Internationale (à l'époque)
- Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des PME (à l'époque)

Sur la base des résultats de l'Etude, le schémas suivant pour le Gouvernorat de Sfax a été proposé en tant que projet national:

- Au Gouvernorat de Sfax, la demande annuelle en eau sera de 58,2 millions m<sup>3</sup> en 2030. Pour faire face à cette demande, le réseau des eaux du nord fournira 29,8 million m<sup>3</sup>, les eaux souterraines de Jelma-Sbeitla 4,4 millions m<sup>3</sup>, les eaux souterraines de Sfax 6,4 millions m<sup>3</sup> alors que la nouvelle station de dessalement d'eau de mer devra fournir 17,6 millions m<sup>3</sup>.
- Le réservoir du Sahel pour stocker l'eau brute devra contenir 15 millions m<sup>3</sup> pour répondre aux besoins de la période de pointe en 2030 (ce chiffre a été déterminé par la Mission 2) ;



depuis l'an 2005 avec la flexibilité.

Comme déjà mentionné ci-dessus, la capacité de la station de dessalement d'eau de mer de Sfax prévue dans l'étude est de 69 000 m<sup>3</sup>/jour. Néanmoins, suite à la pénurie d'eau enregistrée en 2012, il a été envisagé de revoir ce chiffre et l' Etude Stratégique présentée dans le point (4) a donc été conduite.

### **(3) Etude du réseau d'approvisionnement en eau de Torba-Agareb-Mahres-Skhira**

L'étude du réseau d'adduction Tourba - Agareb - Mahrès – Skhira a été effectuée par la SONEDE et son entrepreneur contractuel tunisien BICHE.

L'objet principal de cette étude était de proposer des mesures urgentes aux demandes croissantes en eau dans la région du sud du Gouvernorat de Sfax : Tourba - Agareb - Mahrès – Skhira. Cette étude a examiné la possibilité d'effectuer un piquage sur le réseau des eaux souterraines de Jelma-Sbeitla. Cependant, la rareté de l'eau s'est manifestée après la crise de 2012 lors de la période de pointe, et il est devenu nécessaire de revoir les différents plans en fonction de cette situation.

### **(4) Etude Stratégique**

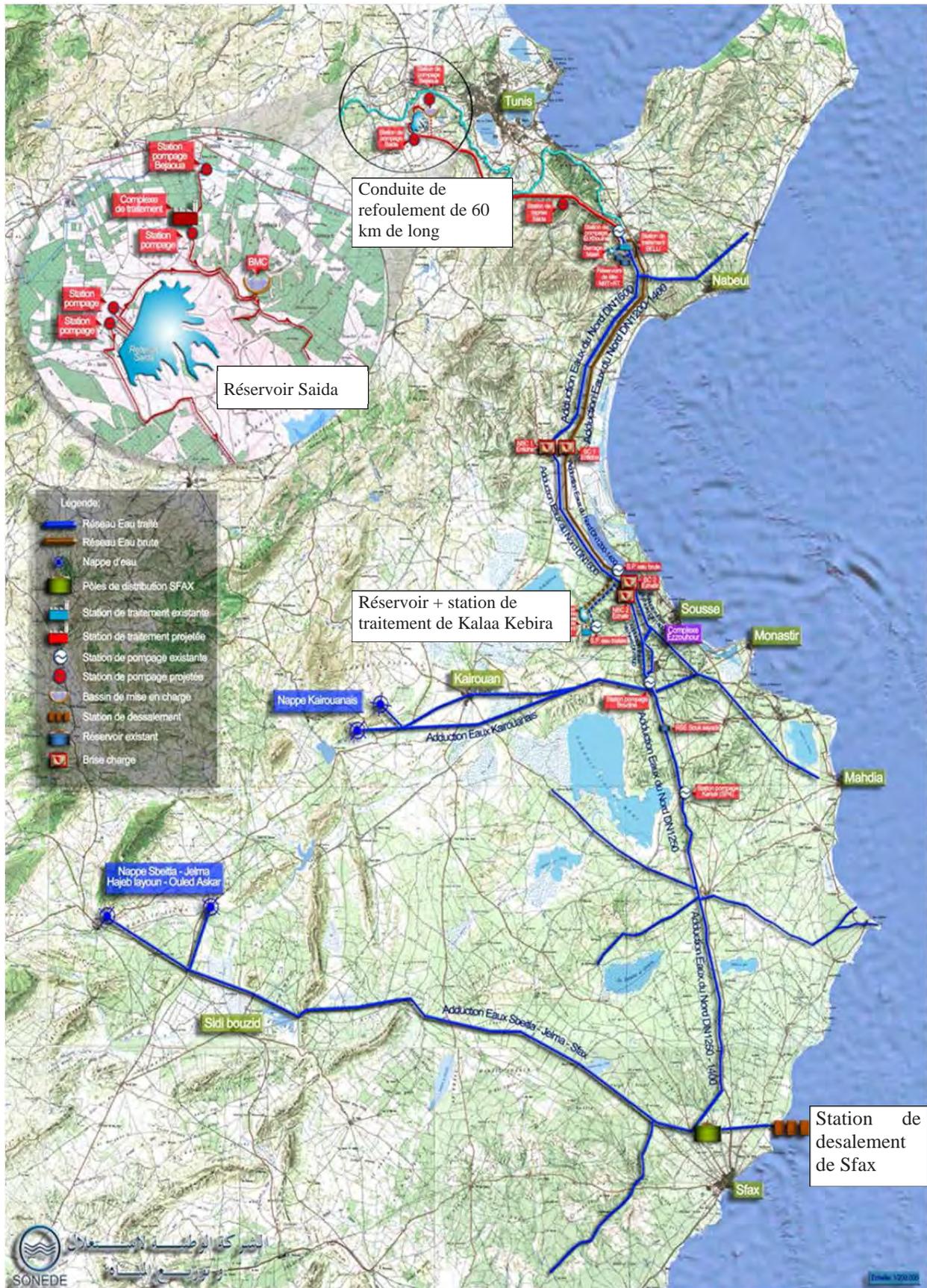
Comme mentionné ci-dessus au « (2) Etude de faisabilité du plan d'alimentation en eau de la région du Centre Ouest », l'aménagement d'une station de dessalement d'eau de mer à au Gouvernorat de Sfax est considéré comme un projet national. En 2012, la nécessité de mise en œuvre de ce projet s'est faite ressentir lors de la période de pointe qui a connu un grave manque d'eau dans les régions du Sud dont Sfax. Pour réaliser ce projet, la SONEDE a étudié et conçu une étude stratégique et a élaboré un plan de mise en œuvre jusqu'à l'année 2030.

Dans cette étude, la demande future en eau a été évaluée non sur la base des données élémentaires de planification à savoir la population, l'industrie, le tourisme mais sur la base des évaluations statistiques de l'historique de consommation d'eau.

La zone d'étude couvre les gouvernorats actuellement servis par le système d'adduction des eaux du nord notamment le Cap-Bon (Gouvernorat de Nabeul), le Sahel (Sousse, Monastir et Mahdia), Kairouan, Sfax et Sidi Bouzid, ainsi que l'origine du système de transfert des eaux souterraines de Jelma et Sbeitla. Les ouvrages d'approvisionnement d'eau à construire ont été examinés pour répondre aux besoins d'eau dans la zone d'étude.

Outre la station de dessalement de Sfax, le plan d'adduction comprend 2 réservoirs d'eau : le réservoir de Saida à l'ouest de la ville de Tunis et un autre réservoir au Sahel (Kalaa Kebira) prévus avec leurs stations de traitement. Le plan est de transférer les eaux à partir du réservoir de Saida jusqu'au réservoir de Kalaa Kebira, puis vers la station de traitement au taux de 4 m<sup>3</sup>/seconde ou 345 600 m<sup>3</sup>/jour transférés vers le Sahel et le Gouvernorat de Sfax par le biais du système d'adduction des eaux du nord au cours de l'été lors de la période de pointe.

Les principales composantes des ouvrages prévus sont comme suit (voir la Figure 4.2-2)



Source : ETUDE STRATEGIQUE, SONEDE

Figure 4.2-2 Situation des ouvrages prévus par l'Etude Stratégique

- Réservoir de Saida: Près de 45 million m<sup>3</sup>
- Conduite de refoulement de Medjerda vers le réservoir Saida: 3 stations de pompage, 13 km de conduites, Réservoir de 5 000 m<sup>3</sup>
- Canal du reservoir Saida vers la station de traitement d'eau de Belli: 60km, 2 stations de pompage
- Sahel (Kalaa Kebira) Réservoir: 28 million m<sup>3</sup>
- Sahel (Kalaa Kebira) Station de traitement: 4 m<sup>3</sup>/sec.
- Station de dessalement d'eau de mer à Sfax: 200 000 m<sup>3</sup>/jour

Le Tableau 4.2-2 décrit la station de traitement et la station de dessalement prévues dans l'Etude Stratégique.

**Tableau 4.2-2 Station de traitement d'eau et station de traitement d'eau de mer présentées dans l'étude stratégique**

Intitulé	Année	Capacité de production	Volume d'approvisionnement du Grand Sfax
Réservoir de Saida & réservoir de Kalaa Kebira / station de traitement d'eau	2019	4 000L/sec. (345 600m <sup>3</sup> /jour)	-
Station de dessalement d'eau de mer du Grand Sfax	2018	1 157 L/sec. (100 000m <sup>3</sup> /jour)	1 157 L/sec. (100 000m <sup>3</sup> /jour)
	2028	2 325 L/sec. (200 000m <sup>3</sup> /jour)	2 325 L/sec. (200 ,000m <sup>3</sup> /jour)

Sur la base de cette étude, Le Gouvernement tunisien a demandé au Gouvernement japonais un prêt APD pour financer le projet de la station de dessalement d'eau de mer de 200 000 m<sup>3</sup>/jour dont la réalisation est prévue pour 2018.

### 4.3 Pertinence de l'eau de mer en tant que source d'eau

L'étude stratégique a mentionné le dessalement d'eau de mer en tant que moyen pour satisfaire la demande grandissante en eau potable. Ce paragraphe s'attèle à examiner l'adéquation de cette ressource.

Les sources d'eau existantes sont superficielles et souterraines. Selon le Ministère de l'Agriculture, le volume utilisable de l'eau de surface et des eaux souterraines est entièrement utilisé. Les eaux souterraines, en particulier, sont strictement réglementées en termes de volume d'extraction et de nouveaux puits en tenant compte de la conservation des ressources en eau. Le détail est présenté dans le tableau 4.3-1.

**Tableau 4.3-1 Extraction des eaux souterraines au Gouvernorat de Sfax, Jelma et Sbeitla**unité: million m<sup>3</sup>/an

Site	Année	Usage domestique	industriel	agricole	Total	limite d'extraction	Extraction excessive
Gouvernorat de Sfax	2010	5,6	12,7	7,6	25,9	25,5	▲ 0,4
	2011	6,3	11,8	8,7	26,8	25,5	▲ 1,3
	2012	8,8	8,5	6,6	23,9	25,5	1,6
Sources de Jelma	2010	22,0	-	9,0	31,0	27,8	▲ 3,2
Sources de Sbeitla	2009	9,2	0,1	6,8	16,1	13,5	▲ 2,6

Note: L'extraction pour usage industriel a été grandement réduite en 2011 et 2012 à cause de la révolution.

Source: Equipe d'étude de la JICA

Comme le montre le tableau 4.3-1, l'extraction des eaux souterraines dépasse la limite ou est juste à la limite et il en devient évident qu'il ne serait pas possible d'augmenter l'extraction de cette eau. En plus des eaux souterraines, les nouvelles sources mentionnées ci-dessous pourraient être envisagées pour augmenter le volume d'approvisionnement en eau.

- 1) L'utilisation de l'eau à usage agricole
- 2) L'utilisation de l'eau traitée à partir de la station de traitement des eaux usées
- 3) L'utilisation de l'excédent d'eau pour usage agricole après l'utilisation de l'eau traitée de l'usine de traitement des eaux usées à des fins agricoles
- 4) Renforcer l'efficacité en limitant les fuites

Toutefois, il faut mentionner que ces quatre alternatives ne sont pas pratiques pour les raisons suivantes :

- 1) L'utilisation de l'eau à usage agricole

La SONEDE dispose de l'autorisation du ministère de l'Agriculture pour utiliser l'eau pour l'agriculture à hauteur de 600 millions de m<sup>3</sup>/an pour l'année 2012. Cependant, l'utilisation n'est pas autorisée pour l'année entière et est accordée uniquement qu'à contre-saison. Par ailleurs, les agriculteurs protestent contre cette autorisation et demandent la réduction de la quantité d'utilisation du Ministère de l'Agriculture. Il faudrait donc abandonner l'idée de transférer l'eau prévue pour l'agriculture vers les utilisations de la SONEDE.

- 2) L'utilisation de l'eau traitée à partir de la station de traitement des eaux usées

L'eau traitée est considérée comme étant une eau sale ou contaminée et les terres irriguées par une eau traitée sont également jugées comme étant des terres sales ou contaminées. Par conséquent, il n'est pas possible d'envisager que la SONEDE utilise dans son système d'approvisionnement les eaux traitées.

- 3) L'utilisation de l'excédent d'eau agricole obtenu à travers l'utilisation de l'eau traitée de l'usine de traitement des eaux usées à des fins agricoles

L'eau traitée dans la station de traitement des eaux usées est utilisée à des fins agricoles. Cependant, la zone d'utilisation est limitée en raison de problèmes de qualité de l'eau à haute teneur en sel, et les coûts des pompes de transmission. Dans de telles conditions, le ratio d'utilisation de l'eau traitée dans la

station de traitement de Sfax Sud a baissé de 36% en 2007 à 14% en 2011. Il est donc peu probable de s'attendre à une augmentation du ratio d'utilisation de l'eau traitée dans le secteur agricole.

Par conséquent, transférer l'eau utilisée actuellement pour l'agriculture vers l'eau brute de la SONEDE ne constitue pas une très bonne idée.

#### 4) Renforcer l'efficacité en limitant les fuites

Selon les données de la SONEDE, le taux des eaux perdues du système d'approvisionnement d'eau sur le Grand Sfax a déjà atteint 16% en 2013 (voir Tableau 4.6-1). Si on prend en compte l'efficience des coûts et la période nécessaire pour obtenir des résultats satisfaisants, cette option ne peut pas constituer une mesure pratique pour augmenter l'efficacité du système.

Après avoir envisagé toutes les alternatives citées ci-dessus, l'approche la plus pratique pour augmenter le volume d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax s'avère être l'utilisation de l'eau de mer avec une installation de dessalement.

### **4.4 Demande et offre dans le système de transfert des eaux du Nord**

#### **4.4.1 Demande en eau dans le système de transfert des eaux du Nord**

La SONEDE a élaboré en 2005 une «Étude de faisabilité sur le système d'approvisionnement en eau dans la région du Centre-Sud" à l'horizon de 2030. L'Etude stratégique a été conduite en réponse à la pénurie d'eau enregistrée en 2013. Cette étude stratégique n'a pas été préparée en accumulant des données de base ou des données relatives à quelques années parce que l'étude de faisabilité avait déjà été élaborée. En plus, le plan établi devait être mis en œuvre de toute urgence. La demande future en eau a été estimée à travers l'analyse statistique des données d'approvisionnement en eau dans sept gouvernorats couvrant le Cap-Bon (Gouvernorat de Nabeul), le Sahel (Sousse, Monastir et Mahdia), Kairouan, Sfax et Sidi Bouzid. L'estimation a été basée sur les hypothèses suivantes:

- 1) Sur la base des données relatives à la consommation d'eau dans 7 Gouvernorats sur 10 ans entre 2001 et 2010, l'augmentation moyenne de la demande en eau pour chaque Gouvernorat est calculée sur la base des données de consommation réelles enregistrées entre 2001 et 2010 ;
- 2) L'augmentation moyenne de la demande en eau pour chaque Gouvernorat entre 2011 et 2020 est calculée en appliquant le taux moyen d'augmentation pour chaque Gouvernorat entre 2001 et 2010. Le taux d'augmentation de la demande moyenne en eau varie entre 0,3% et 1,1% et la SONEDE a défini les chiffres en fonction du poids de chaque région ;
- 3) L'augmentation de la demande en eau entre 2021 et 2030 est censée baisser sensiblement, par conséquent, le taux moyen d'augmentation entre 2021 et 2030 est 0,5% plus faible que le taux appliqué entre 2011 et 2020 ;
- 4) Le facteur de pointe journalier pour chaque Gouvernorat est déterminé sur la base des données réelles de 2010 ; pour Sfax, ce facteur est de 1,4 ;
- 5) Le facteur de performance est considéré pour chaque Gouvernorat. Il sera amélioré d'une façon

progressive pour Sfax de 76% à 80% entre 2010 et 2030 ;

- 6) Sur la base des hypothèses mentionnées ci-dessus, les demandes calculées pour 2010 seront différentes des demandes réelles enregistrées en 2010. La différence résulte de la précision des hypothèses par rapport au fait que les débits de pointe ne se manifestent pas en même temps dans la réalité. Pour ajuster cette différence, les résultats sont multipliés par 0,89 pour tous les Gouvernorats sauf pour ceux du Sahel. En fait, la SONEDE a pris en considération les aspects socio-économiques de la région du Sahel pour effectuer ces calculs.

Dans cette étude, la demande en eau a été revue sur la base de la méthode appliquée dans l'Etude Stratégique tout en la révisant sur la base des paramètres d'ajustement suivants. Ensuite, la pertinence des résultats a ont été examinée en prenant en compte la consommation calculée par habitant.

#### 1) Taux d'augmentation de la demande

La SONEDE a défini le taux d'augmentation de la demande en eau pour chaque Gouvernorat entre 2011 et 2020 en appliquant le taux d'augmentation moyen calculé sur la période 2001-2010 qui est, par exemple, de 3%. Cependant si ce taux a dépassé pour au moins 5 années la valeur de 3,5%, alors le taux annuel d'augmentation pour la décennie suivante pris en considération est de 3,5%. Ensuite, entre 2021 et 2030, le taux d'augmentation annuel considéré est de 3,0%. Cette méthode de calcul adoptant une valeur maximale pour la première décennie et une valeur moyenne pour la seconde ne semble pas être suffisamment justifiée. Par conséquent, il est recommandé que la demande future en eau soit estimée sur la base de la consommation réelle mesurée dans le passé, et que l'augmentation annuelle de la demande pour chaque Gouvernorat soit calculée sur la base du taux moyen observé sur la période de mesure.

#### 2) Taux d'ajustement

Dans l'étude stratégique, un taux d'ajustement de 0,89 a été adopté pour compenser la différence entre le chiffre estimé et le chiffre mesuré. La SONEDE a appliqué ce taux d'ajustement à 4 Gouvernorats sans les 3 Gouvernorats du Sahel. Cet arrangement reflète l'importance du Sahel et de sa saison estivale touristique qui connaît des périodes de pointe. Toutefois, les pointes régionales ont déjà été calculées dans les données de consommation précédentes, il est donc recommandé d'appliquer dans cette étude un facteur unique de  $0,944^2$  pour l'ensemble de la région.

#### 3) Coefficient de pointe

La demande de pointe n'a pas lieu, en général, en même temps. Selon cette hypothèse, le coefficient de pointe est appliqué à la valeur uniforme de 0,95 dans tout le Gouvernorat.

#### 4) Année horizon

---

<sup>2</sup>Le résultat calculé en 2010 est 8 251 L/s, la production réelle en 2010 était 7 893 L/s; donc le taux d'ajustement est de  $7\ 893 / 8\ 251 = 0,944$ .

La SONEDE a défini 2030 comme année horizon de son plan dans le cadre de l'Etude Stratégique. Dans cette étude, l'année horizon a été changée pour 2035 car l'année 2030 est dans 15 ans, ce qui paraît être trop court pour la planification des ouvrages définitifs.

La comparaison de la méthode de projection de la SONEDE dans l'Etude Stratégique et les révisions effectuées dans cette étude sont récapitulés dans le Tableau 4.4.1.

**Tableau 4.4-1 Comparaison de la méthode de projection de la SONEDE dans l'Etude Stratégique et les révisions**

Désignation	Méthode de Projection dans l'Etude Stratégique	Révisions dans cette étude
1. Taux moyen d'augmentation de la consommation d'eau par Gouvernorat	Calculé sur la base des données sur 10 ans entre 2001 et 2010 par Gouvernorat.	Aucune révision.
2. Taux d'augmentation pour la période entre 2011 et 2020.	Augmentation des taux enregistrés par 0,3% à 1,1% en fonction de l'importance de la région.	Appliquer les taux moyens calculés pour la période 2001 – 2010.
3. Taux d'augmentation pour la période entre 2021 et 2030	Réduction de 0,5% du taux d'augmentation appliqué pour la période 2011-2020 du fait de la réduction de la population.	Même chose que ci-haut. L'année horizon a été décalée à 2035.
4. Facteur de pointe	Appliqué sur la base des données réelles de chaque gouvernorat. Il est de 1,4 au Gouvernorat de Sfax.	Aucune révision.
5. Taux de revenus des eaux	Considéré sur la base des données réelles par Gouvernorat tenant compte d'une amélioration dans l'avenir. Il est censé s'améliorer de 76% en 2010 à 80% en 2030 au Gouvernorat de Sfax.	Aucune révision <sup>3</sup> .
6. Facteur d'ajustement	Pour ajuster le volume calculé, le facteur d'ajustement régional de 0,89 dérivé des données réelles en sachant que le volume a été appliqué en 2010 à 4 Gouvernorats et exclu les 3 Gouvernorats du Sahel.	Le facteur d'ajustement régional de 0,944 est appliqué à tous les Gouvernorats. En outre, le facteur d'ajustement de pointe de 0,95 a été introduit en considérant la consommation de pointe n'aura pas lieu dans tous les gouvernorats en même temps. Il n'est pas appliqué pour le calcul du volume distribué au sein du même gouvernorat.

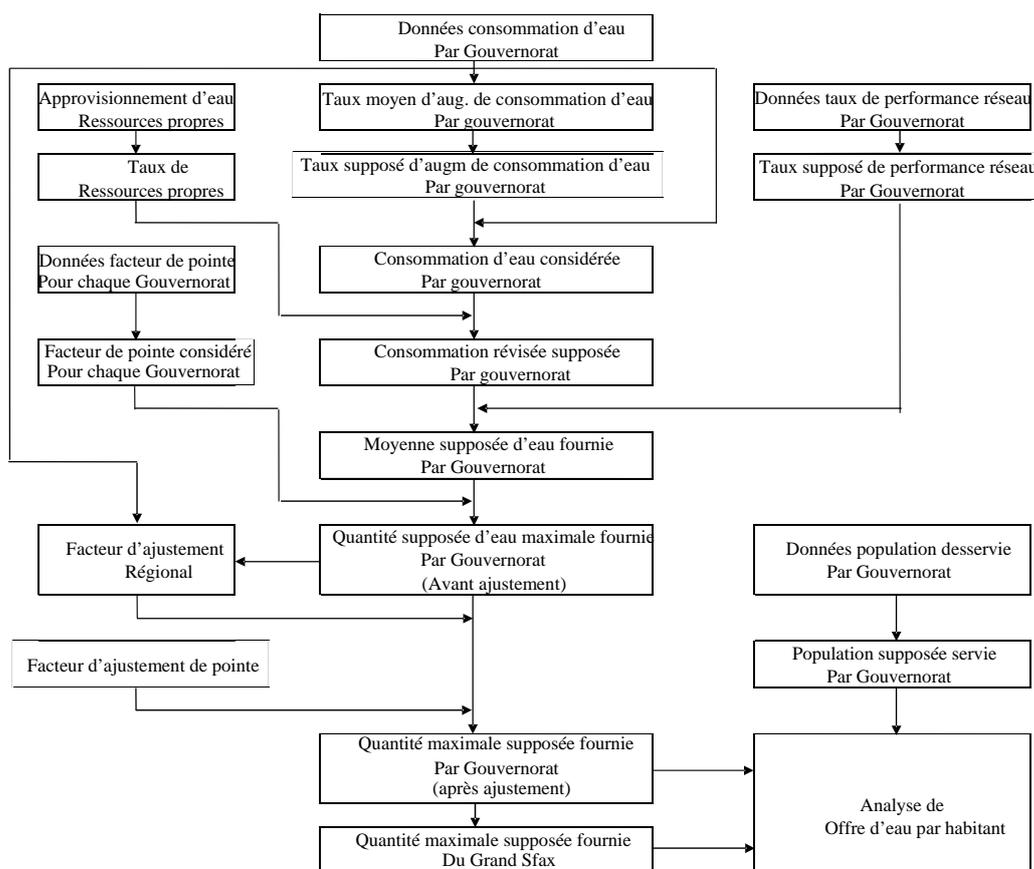
La méthode de projection appliqué dans cette étude est comme suit:

- 1) Calcul du taux moyen annuel d'augmentation de la consommation d'eau par Gouvernorat sur la base des données enregistrées pour 2001 à 2010 (Tableau 4.4-2) ;
- 2) Calcul de la consommation moyenne d'eau par Gouvernorat sur la base de l'augmentation moyenne annuelle prévue (Tableau 4.4-2) ;
- 3) Calcul du taux de la ressource d'eau propre au Gouvernorat sur la base de la consommation d'eau de ces ressources propres (Tableau 4.4-3).

<sup>3</sup> Selon le Département Opération Branch Office Sfax de la SONEDE, le taux de rendement du réseau dans le Grand Sfax était de 87,6% au plus haut en 2012, et de 79,4% au plus bas en 2005 pendant la période 2002-2013. Celle de Sfax est supposée être inférieure à que du Grand Sfax.

- 4) Calcul de la consommation d'eau ajustée par Gouvernorat sur la base de la consommation moyenne d'eau par Gouvernorat et du taux de ressources d'eau par Gouvernorat (Tableau 4.4-4) ;
- 5) Calcul du taux de performance du réseau dans chaque Gouvernorat sur la base des données enregistrées pour 2001 à 2010 (Tableau 4.4-5) ;
- 6) Calcul de la consommation moyenne d'eau par Gouvernorat sur la base de la consommation d'eau ajustée par Gouvernorat et du taux de performance du réseau par chaque Gouvernorat (Tableau 4.4-6)
- 7) Calcul du facteur de pointe par Gouvernorat sur la base des données enregistrées (Tableau 4.4-7)
- 8) Calcul du facteur d'ajustement régional sur la base des données de consommation d'eau en 2010 et la consommation d'eau calculée en 2010 (Tableau 4.4-7)
- 9) Calcul de la demande maximale d'eau par Gouvernorat sur la base du facteur d'ajustement régional et du facteur de pointe par Gouvernorat (Tableau 4.4-8)
- 10) Population du projet servie par le Gouvernorat sur la base des données enregistrées (Tableau 4.4-9)
- 11) Calcul et analyse de la consommation d'eau par habitant sur la base de la demande maximale d'eau et de la population estimée servie

Le diagramme du flux de prévisions mentionnées ci-haut est montré par la Figure 4.4-1 ci-après :



Source : Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 4.4-1 Diagramme du flux de prévision de la demande en eau de l'étude**

**Tableau 4.4-2 Consommation d'eau par Gouvernorat**

Unité: million m<sup>3</sup>/an

Année	Nabeul	Sousse	Monastir	Mahdia	Sfax	Kairouan	Sidi Bouzid	Total
1 2001	22.9	23.1	17.8	9.4	27.4	7.1	3.9	111.6
2 2002	22.5	22.8	17.6	9.6	27.2	6.6	3.9	110.2
3 2003	23.6	23.5	18.2	9.9	27.6	7.0	3.8	113.6
4 2004	24.7	25.2	19.2	10.5	28.9	7.2	3.9	119.6
5 2005	25.7	25.4	20.0	11.2	30.8	7.6	4.4	125.1
6 2006	27.5	26.2	20.7	12.0	30.8	7.9	4.5	129.6
7 2007	27.9	27.2	21.3	12.7	32.2	8.1	4.6	134.0
8 2008	29.1	28.0	21.8	13.2	34.8	8.6	5.1	140.6
9 2009	29.8	28.5	22.3	13.4	34.8	8.9	5.2	142.9
10 2010	31.3	30.2	23.5	14.7	37.9	9.2	5.6	152.4
Taux moyen d'augmentation annuelle								
%p.a.	3.6%	3.0%	3.1%	5.0%	3.7%	2.9%	4.2%	
11 2011	32.4	31.1	24.2	15.4	39.3	9.5	5.8	157.7
12 2012	33.6	32.0	25.0	16.2	40.8	9.8	6.0	163.4
13 2013	34.8	33.0	25.8	17.0	42.3	10.1	6.3	169.3
14 2014	36.1	34.0	26.6	17.9	43.9	10.4	6.6	175.5
15 2015	37.4	35.0	27.4	18.8	45.5	10.7	6.9	181.7
16 2016	38.7	36.1	28.2	19.7	47.2	11.0	7.2	188.1
17 2017	40.1	37.2	29.1	20.7	48.9	11.3	7.5	194.8
18 2018	41.5	38.3	30.0	21.7	50.7	11.6	7.8	201.6
19 2019	43.0	39.4	30.9	22.8	52.6	11.9	8.1	208.7
20 2020	44.5	40.6	31.9	23.9	54.5	12.2	8.4	216.0
21 2021	46.1	41.8	32.9	25.1	56.5	12.6	8.8	223.8
22 2022	47.8	43.1	33.9	26.4	58.6	13.0	9.2	232.0
23 2023	49.5	44.4	35.0	27.7	60.8	13.4	9.6	240.4
24 2024	51.3	45.7	36.1	29.1	63.0	13.8	10.0	249.0
25 2025	53.1	47.1	37.2	30.6	65.3	14.2	10.4	257.9
26 2026	55.0	48.5	38.4	32.1	67.7	14.6	10.8	267.1
27 2027	57.0	50.0	39.6	33.7	70.2	15.0	11.3	276.8
28 2028	59.1	51.5	40.8	35.4	72.8	15.4	11.8	286.8
29 2029	61.2	53.0	42.1	37.2	75.5	15.8	12.3	297.1
30 2030	63.4	54.6	43.4	39.1	78.3	16.3	12.8	307.9
31 2031	65.7	56.2	44.7	41.1	81.2	16.8	13.3	319.0
32 2032	68.1	57.9	46.1	43.2	84.2	17.3	13.9	330.7
33 2033	70.6	59.6	47.5	45.4	87.3	17.8	14.5	342.7
34 2034	73.1	61.4	49.0	47.7	90.5	18.3	15.1	355.1
35 2035	75.7	63.2	50.5	50.1	93.8	18.8	15.7	367.8

Source : 2001-2010 : Données annuelles ETUDE STRATEGIQUE, SONEDE, 2013  
2011-2035 : Projection par l'Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4.4-3 Taux de la consommation d'eau à partir des ressources propres \***

Unité: million m<sup>3</sup>/an

	Nabeul	Sousse	Monastir	Mahdia	Sfax	Kairouan	Sidi Bouzid	Total
Taux de Consommation	2,1	0,4	0,4	-	0,9	2,7	2,0	8,5
Taux	6,7%	1,4%	1,9%	0,0%	2,4%	29,3%	34,9%	5,6%

\*:systems d'approvisionnement en eau de petite taille sans aucun rapport avec le système d'adduction des eaux du nord  
Source: ETUDE STRATEGIQUE, SONEDE, 2013

**Tableau 4.4-4 Consommation ajustée d'eau par Gouvernorat**Unité: million m<sup>3</sup>/an

Année	Nabeul	Sousse	Monastir	Mahdia	Sfax	Kairouan	Sidi Bouzid	Total
2011	30.2	30.7	23.7	15.4	38.4	6.7	3.8	148.9
2012	31.3	31.6	24.5	16.2	39.8	6.9	3.9	154.2
2013	32.5	32.5	25.3	17.0	41.3	7.1	4.1	159.8
2014	33.7	33.5	26.1	17.9	42.8	7.4	4.3	165.7
2015	34.9	34.5	26.9	18.8	44.4	7.6	4.5	171.6
2016	36.1	35.6	27.7	19.7	46.1	7.8	4.7	177.7
2017	37.4	36.7	28.5	20.7	47.7	8.0	4.9	183.9
2018	38.7	37.8	29.4	21.7	49.5	8.2	5.1	190.4
2019	40.1	38.8	30.3	22.8	51.3	8.4	5.3	197.0
2020	41.5	40.0	31.3	23.9	53.2	8.6	5.5	204.0
2021	43.0	41.2	32.3	25.1	55.1	8.9	5.7	211.3
2022	44.6	42.5	33.3	26.4	57.2	9.2	6.0	219.2
2023	46.2	43.8	34.3	27.7	59.3	9.5	6.2	227.0
2024	47.9	45.1	35.4	29.1	61.5	9.8	6.5	235.3
2025	49.5	46.4	36.5	30.6	63.7	10.0	6.8	243.5
2026	51.3	47.8	37.7	32.1	66.1	10.3	7.0	252.3
2027	53.2	49.3	38.8	33.7	68.5	10.6	7.4	261.5
2028	55.1	50.8	40.0	35.4	71.1	10.9	7.7	271.0
2029	57.1	52.3	41.3	37.2	73.7	11.2	8.0	280.8
2030	59.2	53.8	42.6	39.1	76.4	11.5	8.3	290.9
2031	61.3	55.4	43.9	41.1	79.3	11.9	8.7	301.6
2032	63.5	57.1	45.2	43.2	82.2	12.2	9.0	312.4
2033	65.9	58.8	46.6	45.4	85.2	12.6	9.4	323.9
2034	68.2	60.5	48.1	47.7	88.3	12.9	9.8	335.5
2035	70.6	62.3	49.5	50.1	91.5	13.3	10.2	347.5

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4.4-5 Taux de performance du réseau par Gouvernorat**

Année	Nabeul	Sousse	Monastir	Mahdia	Sfax	Kairouan	Sidi Bouzid
2010					0,76	0,70	0,71
2030	0,83	0,85	0,85	0,8	0,80	0,78	0,78

Source: ETUDE STRATEGIQUE, SONEDE, 2013

**Tableau 4.4-6 Demande moyenne en eau par Gouvernorat**Unité: million m<sup>3</sup>/an

Année	Nabeul	Sousse	Monastir	Mahdia	Sfax	Kairouan	Sidi Bouzid	Total
2011	36,4	36,1	27,9	19,3	50,4	9,5	5,3	184,9
2012	37,7	37,2	28,8	20,3	52,1	9,7	5,4	191,2
2013	39,2	38,2	29,8	21,3	53,9	10,0	5,7	198,1
2014	40,6	39,4	30,7	22,4	55,7	10,3	5,9	205,0
2015	42,0	40,6	31,6	23,5	57,7	10,6	6,2	212,2
2016	43,5	41,9	32,6	24,6	59,7	10,8	6,4	219,5
2017	45,1	43,2	33,5	25,9	61,6	11,0	6,7	227,0
2018	46,6	44,5	34,6	27,1	63,8	11,2	6,9	234,7
2019	48,3	45,6	35,6	28,5	65,9	11,4	7,1	242,4
2020	50,0	47,1	36,8	29,9	68,2	11,6	7,4	251,0
2021	51,8	48,5	38,0	31,4	70,5	12,0	7,6	259,8
2022	53,7	50,0	39,2	33,0	73,0	12,3	8,0	269,2
2023	55,7	51,5	40,4	34,6	75,4	12,6	8,2	278,4
2024	57,7	53,1	41,6	36,4	78,0	13,0	8,6	288,4
2025	59,6	54,6	42,9	38,3	80,6	13,2	8,9	298,1
2026	61,8	56,2	44,4	40,1	83,5	13,5	9,1	308,6
2027	64,1	58,0	45,6	42,1	86,3	13,8	9,6	319,5
2028	66,4	59,8	47,1	44,3	89,3	14,1	10,0	331,0
2029	68,8	61,5	48,6	46,5	92,4	14,4	10,3	342,5
2030	71,3	63,3	50,1	48,9	95,5	14,7	10,6	354,4
2031	73,9	65,2	51,6	51,4	99,1	15,3	11,2	367,7
2032	76,5	67,2	53,2	54,0	102,8	15,6	11,5	380,8
2033	79,4	69,2	54,8	56,8	106,5	16,2	12,1	395,0
2034	82,2	71,2	56,6	59,6	110,4	16,5	12,6	409,1
2035	85,1	73,3	58,2	62,6	114,4	17,1	13,1	423,8

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4.4-7 Facteurs d'ajustement par Gouvernorat**

Facteur d'ajustement	Nabeul	Sousse	Monastir	Mahdia	Sfax	Kairouan	Sidi Bouzid
1.Facteur de pointe (Max journalier/ moyenne journalière.)	1,500	1,400	1,500	1,500	1,400	1,500	1,500
2.Facteur d'ajustement regional	0,944	0,944	0,944	0,944	0,944	0,944	0,944
3. Facteur d'ajustement de pointe	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950
Facteur d'ajustement intégré 1x2x3	1,3452	1,2555	1,3452	1,3452	1,2555	1,3452	1,3452

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4.4-8 Demande maximale en eau par Gouvernorat**

Unité: million m<sup>3</sup>/an

Année	Nabeul	Sousse	Monastir	Mahdia	Sfax	Kairouan	Sidi Bouzid	Total
2011	49,0	45,3	37,5	26,0	63,3	12,8	7,1	241,0
2012	50,7	46,7	38,7	27,3	65,4	13,0	7,3	249,1
2013	52,7	48,0	40,1	28,7	67,7	13,5	7,7	258,4
2014	54,6	49,5	41,3	30,1	69,9	13,9	7,9	267,2
2015	56,5	51,0	42,5	31,6	72,4	14,3	8,3	276,6
2016	58,5	52,6	43,9	33,1	75,0	14,5	8,6	286,2
2017	60,7	54,2	45,1	34,8	77,3	14,8	9,0	295,9
2018	62,7	55,9	46,5	36,5	80,1	15,1	9,3	306,1
2019	65,0	57,3	47,9	38,3	82,7	15,3	9,6	316,1
2020	67,3	59,1	49,5	40,2	85,6	15,6	10,0	327,3
2021	69,7	60,9	51,1	42,2	88,5	16,1	10,2	338,7
2022	72,2	62,8	52,7	44,4	91,7	16,5	10,8	351,1
2023	74,9	64,7	54,3	46,5	94,7	16,9	11,0	363,0
2024	77,6	66,7	56,0	49,0	97,9	17,5	11,6	376,3
2025	80,2	68,6	57,7	51,5	101,2	17,8	12,0	389,0
2026	83,1	70,6	59,7	53,9	104,8	18,2	12,2	402,5
2027	86,2	72,8	61,3	56,6	108,4	18,6	12,9	416,8
2028	89,3	75,1	63,4	59,6	112,1	19,0	13,5	432,0
2029	92,5	77,2	65,4	62,6	116,0	19,4	13,9	447,0
2030	95,9	79,5	67,4	65,8	119,9	19,8	14,3	462,6
2031	99,4	81,9	69,4	69,1	124,4	20,6	15,1	479,9
2032	102,9	84,4	71,6	72,6	129,1	21,0	15,5	497,1
2033	106,8	86,9	73,7	76,4	133,7	21,8	16,3	515,6
2034	110,6	89,4	76,1	80,2	138,6	22,2	16,9	534,0
2035	114,5	92,0	78,3	84,2	143,6	23,0	17,6	553,2

Unité: m<sup>3</sup>/jour

Année	Nabeul	Sousse	Monastir	Mahdia	Sfax	Kairouan	Sidi Bouzid	Total
2011	134 247	124 110	102 740	71 233	173 425	35 068	19 452	660 274
2012	138 904	127 945	106 027	74 795	179 178	35 616	20 000	682 466
2013	144 384	131 507	109 863	78 630	185 479	36 986	21 096	707 945
2014	149 589	135 616	113 151	82 466	191 507	38 082	21 644	732 055
2015	154 795	139 726	116 438	86 575	198 356	39 178	22 740	757 808
2016	160 274	144 110	120 274	90 685	205 479	39 726	23 562	784 110
2017	166 301	148 493	123 562	95 342	211 781	40 548	24 658	810 685
2018	171 781	153 151	127 397	100 000	219 452	41 370	25 479	838 630
2019	178 082	156 986	131 233	104 932	226 575	41 918	26 301	866 027
2020	184 384	161 918	135 616	110 137	234 521	42 740	27 397	896 712
2021	190 959	166 849	140 000	115 616	242 466	44 110	27 945	927 945
2022	197 808	172 055	144 384	121 644	251 233	45 205	29 589	961 918
2023	205 205	177 260	148 767	127 397	259 452	46 301	30 137	994 521
2024	212 603	182 740	153 425	134 247	268 219	47 945	31 781	1 030 959
2025	219 726	187 945	158 082	141 096	277 260	48 767	32 877	1 065 753
2026	227 671	193 425	163 562	147 671	287 123	49 863	33 425	1 102 740
2027	236 164	199 452	167 945	155 068	296 986	50 959	35 342	1 141 918
2028	244 658	205 753	173 699	163 288	307 123	52 055	36 986	1 183 562
2029	253 425	211 507	179 178	171 507	317 808	53 151	38 082	1 224 658
2030	262 740	217 808	184 658	180 274	328 493	54 247	39 178	1 267 397
2031	272 329	224 384	190 137	189 315	340 822	56 438	41 370	1 314 795
2032	281 918	231 233	196 164	198 904	353 699	57 534	42 466	1 361 918
2033	292 603	238 082	201 918	209 315	366 301	59 726	44 658	1 412 603
2034	303 014	244 932	208 493	219 726	379 726	60 822	46 301	1 463 014
2035	313 699	252 055	214 521	230 685	393 425	63 014	48 219	1 515 616

**Tableau 4.4-9 Population administrative et population servie**

Unité: 1000

Population Administrative

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Nabeul	709.7	719.2	728.5	738.4	747.4	757.6	768.5	779.4	788.1	798.0	807.9	817.8	827.7	837.5	847.4	857.3	867.2	877.1	887.0	896.9	906.8	916.7	926.5	936.4	946.3	956.2	966.1	976.0	985.9	995.8	1005.7
Sousse	562.4	573.6	584.5	596.3	605.3	616.2	633.8	648.7	656.7	668.7	680.7	692.7	704.7	716.7	728.8	740.8	752.8	764.8	776.8	788.8	800.8	812.8	824.9	836.9	848.9	860.9	872.9	884.9	896.9	909.0	921.0
Monastir	470.5	479.8	490.0	499.8	509.6	520.2	533.2	539.3	550.8	560.9	571.0	581.1	591.2	601.3	611.4	621.5	631.6	641.7	651.9	662.0	672.1	682.2	692.3	702.4	712.5	722.6	732.7	742.8	752.9	763.0	773.1
Mahdia	383.1	385.5	388.4	391.4	394.1	398.7	399.0	395.0	401.8	404.0	406.2	408.4	410.6	412.8	415.0	417.1	419.3	421.5	423.7	425.9	428.1	430.3	432.5	434.7	436.9	439.1	441.3	443.5	445.7	447.9	450.1
Sfax	875.1	887.9	898.8	910.9	923.8	937.9	948.7	963.1	974.5	987.0	999.5	1012.0	1024.5	1037.0	1049.5	1062.0	1074.5	1087.0	1099.5	1112.1	1124.6	1137.1	1149.6	1162.1	1174.6	1187.1	1199.6	1212.1	1224.6	1237.1	1249.6
Kairouan	549.3	551.1	552.8	554.9	558.9	563.3	564.9	569.4	571.2	574.1	577.0	580.0	582.9	585.8	588.7	591.6	594.6	597.5	600.4	603.3	606.2	609.2	612.1	615.0	617.9	620.8	623.8	626.7	629.6	632.5	635.4
Sidi Bouzid	399.8	402.3	404.5	407.3	410.9	414.4	416.3	418.4	421.7	424.5	427.3	430.1	432.9	435.6	438.4	441.2	444.0	446.8	449.5	452.3	455.1	457.9	460.7	463.4	466.2	469.0	471.8	474.6	477.3	480.1	482.9
Total	3949.9	3999.4	4047.5	4099.0	4150.0	4208.3	4264.4	4313.3	4364.8	4417.2	4469.6	4522.1	4574.5	4626.7	4679.2	4731.5	4784.0	4836.4	4888.8	4941.3	4993.7	5046.2	5098.6	5150.9	5203.3	5255.7	5308.2	5360.6	5412.9	5465.4	5517.8

Population servie

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Nabeul	614.8	624.3	633.0	642.0	650.1	660.6	670.6	680.5	688.9	698.2	707.5	716.8	726.2	735.5	744.8	754.1	763.4	772.7	782.0	791.3	800.7	810.0	819.3	828.6	837.9	847.2	856.5	865.8	875.2	884.5	893.8
Sousse	534.5	545.3	556.6	568.0	576.7	587.5	606.2	623.8	630.1	642.3	654.6	666.9	679.2	691.4	703.7	716.0	728.2	740.5	752.8	765.1	777.3	789.6	801.9	814.2	826.4	838.7	851.0	863.3	875.5	887.8	900.1
Monastir	470.5	479.8	490.0	499.8	509.6	520.2	533.2	539.3	550.8	560.9	571.0	581.1	591.2	601.3	611.4	621.5	631.6	641.7	651.9	662.0	672.1	682.2	692.3	702.4	712.5	722.6	732.7	742.8	752.9	763.0	773.1
Mahdia	306.0	311.5	322.3	334.8	337.5	341.5	341.8	338.4	352.7	357.9	363.2	368.4	373.6	378.8	384.1	389.3	394.5	399.7	404.9	410.2	415.4	420.6	425.8	431.0	436.3	441.5	446.7	451.9	457.2	462.4	467.6
Sfax	735.9	749.2	761.3	774.8	787.9	800.4	811.4	824.1	837.3	850.0	862.6	875.2	887.8	900.4	913.0	925.6	938.2	950.8	963.4	976.0	988.6	1001.2	1013.8	1026.4	1039.0	1051.6	1064.2	1076.8	1089.4	1102.1	1114.7
Kairouan	319.7	321.8	324.5	333.8	341.4	345.5	347.1	351.3	358.0	363.0	368.0	373.0	378.0	382.9	387.9	392.9	397.9	402.9	407.8	412.8	417.8	422.8	427.8	432.7	437.7	442.7	447.7	452.7	457.6	462.6	467.6
Sidi Bouzid	183.8	189.2	190.8	192.3	194.1	196.3	197.3	198.3	201.4	203.3	205.2	207.1	209.0	210.9	212.8	214.7	216.6	218.5	220.4	222.3	224.3	226.2	228.1	230.0	231.9	233.8	235.7	237.6	239.5	241.4	243.3
Total	3165.2	3221.1	3278.5	3345.5	3397.3	3452.0	3507.6	3555.7	3619.2	3675.6	3732.1	3788.5	3845.0	3901.2	3957.7	4014.1	4070.4	4126.8	4183.2	4239.7	4296.2	4352.6	4409.0	4465.3	4521.7	4578.1	4634.5	4690.9	4747.3	4803.8	4860.2
Service Ratio in Sfax Governorate									85.9%	86.1%	86.3%	86.5%	86.7%	86.8%	87.0%	87.2%	87.3%	87.5%	87.6%	87.8%	87.9%	88.0%	88.2%	88.3%	88.5%	88.6%	88.7%	88.8%	89.0%	89.1%	89.2%
Service Ratio in 7 Governorates									82.9%	83.2%	83.5%	83.8%	84.1%	84.3%	84.6%	84.8%	85.1%	85.3%	85.6%	85.8%	86.0%	86.3%	86.5%	86.7%	86.9%	87.1%	87.3%	87.5%	87.7%	87.9%	88.1%

Note: Les Populations entre 2013 et 2035 ont été projetées par la méthode d'approximation linéaire.

Source: 2005-2012; RAPPORT DES STATISTIQUES, SONEDE, 2013-2035; Equipe d'Etude de la JICA

#### 4.4.2 Plan d'approvisionnement en eau dans le système de transfert des eaux du Nord

Dans l'étude stratégique, le scénario de la quantité d'approvisionnement en eau pour satisfaire la demande jusqu'en 2030 a été étudié. Les stations de traitement prévues par l'Etude Stratégique figurent au Tableau 4.2-2. Dans le cadre de cette Etude, l'Equipe de la JICA a confirmé les sites d'implantation de ces stations. Au terme des discussions, la SONEDE a indiqué que le projet de construction des réservoirs des stations de traitement de Saida et de Kalaa Kebira connaîtra une année de retard tel que le montre le Tableau 4.4-10. Par ailleurs, la SONEDE aimerait réaliser le projet de la station de dessalement de l'eau de mer de Sfax dans les plus brefs délais.

Le calendrier présenté dans cette étude par la SONEDE est appliqué en tenant compte de la réalisation des réservoirs et des stations de traitement de Saida et de Kalaa Kebira. Cependant, la station de dessalement de l'eau de mer de Sfax est programmée en tenant compte de la période nécessaire par les procédures requises dans le cadre des prêts APD de la JICA. Après examen de ce calendrier, discuté en détail dans le chapitre 10, la réception du projet est prévue en 2022. La période de la Phase 1 correspond à la période quand la capacité des ouvrages construits produisent 100 000 m<sup>3</sup>/jour, et qui représente la moitié de la capacité finale. Ensuite, la Phase 2 du Projet sera entamée.

La portée du Prêt APD de la JICA couvre les travaux de la Phase 1 de la station de dessalement et de ses ouvrages connexes.

**Tableau 4.4-10 Station de traitement d'eau et station de dessalement d'eau formulées dans l'Etude Stratégique**

Nom	Année	Capacité de production	Approvisionnement au Grand Sfax
Réservoir/station de traitement d'eau de Saida et Kalaa Kebira	2020	1 500 L/s (129 600 m <sup>3</sup> /j)	.*
	2024	3 000 L/s (259 200 m <sup>3</sup> /j)	.*
	2029	4 000 L/s (345 600 m <sup>3</sup> /j)	.*
Station de dessalement d'eau de mer	2020	1 157 L/s (100 000 m <sup>3</sup> /j)	1 157 L/s (100 000 m <sup>3</sup> /j)
	2026	2 325 L/s (200 000 m <sup>3</sup> /j)	2 325 L/s (200 000 m <sup>3</sup> /j)

\*: Dans le système du transfert des eaux du nord, l'eau fournie est mélangée avec les autres sources d'eau.

Source: SONEDE, 2014

Bien que les nouvelles ressources d'eau mentionnées ci-haut seront aménagées, les zones en amont du système d'adduction des eaux du nord connaîtront des difficultés à partir de 2031 du fait de l'augmentation de la demande. Pour cette raison, des sources complémentaires d'eau d'une capacité de 250 000 m<sup>3</sup>/jour seront nécessaires tel que le montre la figure 4.4-3. Cette nouvelle source d'eau doit être aménagée à proximité des zones à forte demande à l'instar du Gouvernorat de Sousse afin d'éviter des

transferts de grands volumes d'eau.

#### 4.4.3 Examen de la demande et plan d'approvisionnement dans l'étude stratégique

La demande et l'approvisionnement en eau ont été passés en revue suivant les conditions prévues dans les points 4.1.1 et 4.1.2. Les résultats sont présentés dans les tableaux 4.4-11 à 4.4-13, et des figures 4.4-2 et 4.4-3. En outre, la table de calcul pour l'analyse de l'offre et de la demande dans sept Gouvernorats est présentée au tableau 4.4-14.

**Tableau 4.4-11 Demande en eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des eaux du Nord**

	2015	2020	2025	2030	2035
Population	4 469 600	4 731 500	4 993 700	5 255 700	5 517 800
Population desservie	3 732 100	4 014 100	4 296 200	4 578 100	4 860 200
Consommation par hbt (L/personne/jour)	103	114	127	143	161
Taux non domestique (%)	22	22	22	22	22
Moyenne Eau perdue (%)	23,7	23,0	22,4	21,8	22,0
Moyenne journalière de la demande (m <sup>3</sup> /jour)	581 400	687 700	816 700	971 000	1 161 100
Facteur de pointe (Max Jour/Moy Jour)	1,303	1,291	1,305	1,305	1,305
Demande maximale journalière (m <sup>3</sup> /j)	757 800	887 500	1 065 700	1 267 400	1 515 600

\*: Facteur de pointe Moyen (Max. Jour / Moy Jour) des 7 gouvernorats x coefficient d'Ajustement (0944)

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4.4-12 Bilan d'eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des Eaux du Nord (Approvisionnement en eau: installations existantes uniquement)**

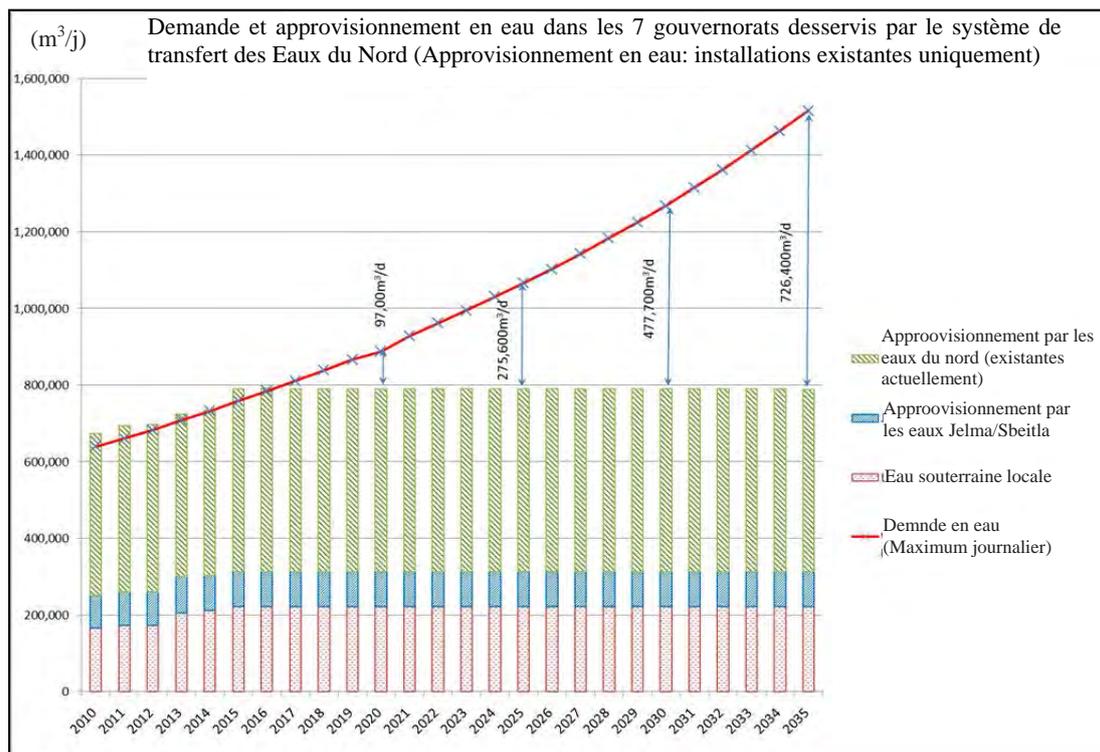
(m <sup>3</sup> /jour)		2015	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Eaux du Nord	467 800	477 600	477 500	477 200	476 800	476,300
	Eaux de Jelma-Sbeitla	91 600	91 600	91 600	91 600	91 600	91,600
	Aquifères locales	221 400	221 400	221 400	221 400	221 400	221,400
	Total	789 800	790 600	790 400	790 100	789 700	789,300
Demande maximale journalière		757.800	887 500	961 800	1 065 700	1 267 400	1 515 600
Bilan		31.900	▲97 000	▲171 400	▲275 600	▲477 700	▲726 400

Source: Equipe d'Etude de la JICA (Note: les arrondis font que le bilan n'est pas la différence exacte volume-demande)

**Tableau 4.4-13 Bilan d'eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des Eaux du Nord (Approvisionnement en eau: installations existantes +nouvelles installations)**

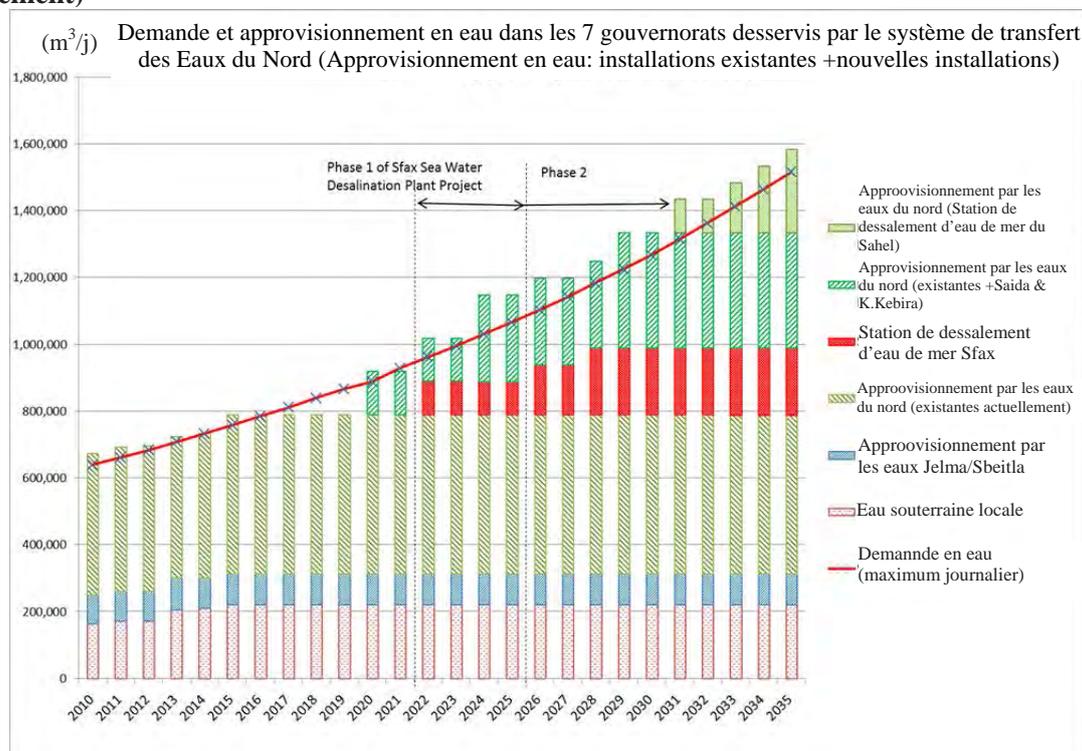
(m <sup>3</sup> /jour)		2015	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Station de dessalement du Sahel	0	0	0	0	250 000	250,000
	Station de traitement de Saida/Kalaa Kebira	0	129 600	259 200	345 600	345 600	345,600
	Station de dessalement de Sfax	0	100 000	100 000	200 000	200 000	200,000
	Eaux du Nord	477 600	477 500	477 200	476 800	476 300	476,300
	Eaux de Jelma-Sbeitla	91 600	91 600	91 600	91 600	91 600	91,600
	Aquifères locales	221 400	221 400	221 400	221 400	221 400	221,400
	Total	789 700	920 200	1 020 000	1 149 300	1 335 300	1,584,900
Demande maximale journalière		757 800	887 500	961 800	1 065 700	1 267 400	1 515 600
Bilan		31 900	32 600	58 200	83 600	67 900	69 200

Source: Equipe d'Etude de la JICA



Source : Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 4.4-2 Demande et approvisionnement en eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des eaux du Nord (Approvisionnement en eau: installations existantes uniquement)**



Source : Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 4.4-3 Demande et approvisionnement en eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des eaux du Nord (Approvisionnement en eau: installations existantes +nouvelles installations)**

**Tableau 4.4-14 Demande et approvisionnement en eau dans les 7 gouvernorats desservis par le système de transfert des eaux du Nord**

(unit: L/sec.)

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
<b>Nabeul</b>																										
Belli Treatment Plant	4,268	4,398	4,398	4,398	4,398	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798	4,798
Local Resources +Tunis Unit	634	611	646	489	596	720	737	735	733	731	730	729	728	727	726	725	724	723	722	721	720	719	718	717	716	715
Total resources in Nabeul	4,902	5,009	5,044	4,887	4,994	5,518	5,535	5,533	5,531	5,529	5,528	5,527	5,526	5,525	5,524	5,523	5,522	5,521	5,520	5,519	5,518	5,517	5,516	5,515	5,514	5,513
Qpj	1,503	1,554	1,608	1,671	1,731	1,792	1,855	1,925	1,988	2,061	2,027	2,210	2,289	2,375	2,461	2,543	2,635	2,733	2,832	2,933	3,041	3,152	3,263	3,387	3,507	3,631
Balance of Nabeul	3,399	3,455	3,436	3,216	3,263	3,726	3,680	3,608	3,543	3,468	3,501	3,317	3,237	3,150	3,063	2,980	2,887	2,788	2,688	2,586	2,477	2,365	2,253	2,128	2,007	1,882
<b>Kairouan</b>																										
Local resources in Kairouan	1,085	1,085	1,085	1,091	1,091	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119
Qpj	396	406	412	428	441	453	460	469	479	485	495	511	523	536	555	564	577	590	602	615	628	653	666	691	704	729
Balance of Kairouan	689	679	673	663	650	666	659	650	640	634	624	608	596	583	564	555	542	529	517	504	491	466	453	428	415	390
<b>Sahel (Sousse+Monastir+Mahdia)</b>																										
Local Resources of Sahel	528	614	614	794	866	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952
Saida/K.Kebira Reservoirs+WTP (1500L/s + 1500L/s + 1000L/s)												1,500	1,500	1,500	1,500	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Sahel Desalination Plant (100,000 m3/d+50,000m3/d+50,000m3/d)													1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157
Arrival from Kairouan	689	679	673	663	650	666	659	650	640	634	624	608	596	583	564	555	542	529	517	504	491	466	453	428	415	390
Arrival from Northern Water	3,399	3,455	3,436	3,216	3,263	3,726	3,680	3,608	3,543	3,468	3,501	3,317	3,237	3,150	3,063	2,980	2,887	2,788	2,688	2,586	2,477	2,365	2,253	2,128	2,007	1,882
Total resources	4,616	4,748	4,723	4,673	4,779	5,344	5,291	5,210	5,135	5,054	6,577	6,377	6,285	6,185	7,579	7,487	7,381	7,269	7,157	8,042	7,920	8,940	8,815	9,244	9,689	10,118
Qpj in Sousse	1,398	1,436	1,481	1,522	1,570	1,617	1,668	1,719	1,773	1,817	1,874	1,931	1,991	2,052	2,115	2,175	2,239	2,308	2,381	2,448	2,521	2,597	2,676	2,756	2,835	2,917
Qpj in Monastir	1,161	1,189	1,227	1,272	1,310	1,348	1,392	1,430	1,475	1,519	1,570	1,620	1,671	1,722	1,776	1,830	1,893	1,944	2,010	2,074	2,137	2,201	2,270	2,337	2,413	2,483
Qpj in Mahdia	786	824	866	910	954	1,002	1,050	1,104	1,157	1,214	1,275	1,338	1,408	1,475	1,554	1,633	1,709	1,795	1,890	1,985	2,087	2,191	2,302	2,423	2,543	2,670
Total Qpj in Sahel	3,345	3,449	3,574	3,704	3,834	3,967	4,110	4,253	4,405	4,550	4,719	4,889	5,070	5,249	5,445	5,638	5,841	6,047	6,281	6,507	6,745	6,989	7,248	7,516	7,791	8,070
Balance of Sahel	1,271	1,299	1,149	969	945	1,377	1,181	957	730	504	1,858	1,488	1,215	936	2,134	1,849	1,540	1,222	876	1,535	1,175	1,951	1,567	1,728	1,898	2,048
<b>Sidi Bouzid</b>																										
Local resources in Sidi Bouzid	977	1,019	1,019	1,115	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060
Qpj	219	225	231	244	251	263	273	285	295	304	317	323	342	349	368	381	387	409	428	441	453	479	492	517	536	558
Balance of Sidi Bouzid	758	794	788	871	809	797	787	775	765	756	743	737	718	711	692	679	673	651	632	619	607	581	568	543	524	502
<b>Sfax</b>																										
Local Resources of Sfax	301	301	301	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491
Sfax Desalination Plant Ph1/2 (100,000+100,000 m3/d)													1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157
Arrival from Northern Water	1,271	1,299	1,149	969	945	1,377	1,181	957	730	504	1,858	1,488	1,215	936	2,134	1,849	1,540	1,222	876	1,535	1,175	1,951	1,567	1,728	1,898	2,048
Arrival from Sbeitla-Jelma	758	794	788	871	809	797	787	775	765	756	743	737	718	711	692	679	673	651	632	619	607	581	568	543	524	502
Total resources in Sfax	2,330	2,394	2,238	2,331	2,245	2,665	2,459	2,223	1,986	1,751	3,092	2,716	3,581	3,295	4,474	4,176	4,440	4,100	4,314	4,960	4,588	5,338	4,941	5,077	5,228	5,355
Qpj	1,937	2,007	2,074	2,147	2,217	2,296	2,378	2,451	2,540	2,622	2,714	2,806	2,908	3,003	3,104	3,209	3,323	3,437	3,555	3,678	3,802	3,945	4,094	4,240	4,395	4,554
Balance of Sfax	393	387	164	184	28	369	81	-228	-554	-871	378	-90	673	292	1,370	967	1,117	663	759	1,282	786	1,393	847	837	833	801
<b>Total</b>																										
Existing Resources	7,793	8,028	8,063	8,378	8,502	9,140	9,157	9,155	9,153	9,151	9,150	9,149	9,148	9,147	9,146	9,145	9,144	9,143	9,142	9,141	9,140	9,139	9,138	9,137	9,136	9,135
Saida/K.Kebira Reservoirs+WTP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,500	1,500	1,500	1,500	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Desalination (Sfax+Sahel)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157	1,157
Total Resources	7,793	8,028	8,063	8,378	8,502	9,140	9,157	9,155	9,153	9,151	10,650	10,649	11,805	11,804	13,303	13,302	13,880	13,879	14,457	15,456	15,455	16,611	16,610	17,188	17,766	18,343
Total Qpj	7,400	7,641	7,899	8,194	8,474	8,771	9,076	9,383	9,707	10,022	10,272	10,739	11,132	11,512	11,933	12,335	12,763	13,216	13,698	14,174	14,669	15,218	15,763	16,351	16,933	17,542
Global Balance	393	387	164	184	28	369	81	-228	-554	-871	378	-90	673	292	1,370	967	1,117	663	759	1,282	786	1,393	847	837	833	801

4-35

Qpj: Demande maximale journalière en eau

Source: Equipe d'Etude de la JICA

La demande en eau illustrée dans les figures 4.4-2 et 4.4-3 est établie selon le tableau 4.4-8. La demande moyenne en eau est envisagée pour le Grand Sfax et les autres régions dans le paragraphe 4.6.2.

La figure 4.4-2 illustre l'équilibre offre et demande en eau dans le système de transfert des Eaux du Nord dans le cas où les nouvelles installations ou que le développement de nouvelles sources d'eau formulées par l'étude stratégique ne sont pas mises en œuvre. La prise d'eau pour les installations existantes est estimée par rapport à la quantité d'adduction maximale. Dans de telles conditions, une importante pénurie est confirmée. La pénurie est de, respectivement, 97 700 m<sup>3</sup>/j en 2020, 275 600 m<sup>3</sup>/j en 2025, 477 400 m<sup>3</sup>/j en 2030, et 726 400 m<sup>3</sup>/j en 2035.

La figure 4.4-3 illustre le bilan d'eau en cas d'aménagements de nouvelles installations ou de développement des nouvelles sources d'eau formulées par l'étude stratégique. Par conséquent, un excédent de 32.600 m<sup>3</sup>/j en 2030 est dégagé. Cependant, la pénurie aura lieu après 2031. En 2035, année cible du projet, la pénurie est estimée à 180 800 m<sup>3</sup>/j. Pour éviter ce phénomène, la SONEDE projette d'installer une station de dessalement d'eau de mer au Sahel, en plus des installations formulées dans l'étude stratégique. Dans la figure 4.4-3, la production de cette station est ajoutée au volume d'approvisionnement au delà de 2031.

#### **4.4.4 Problème présenté par le plan d'approvisionnement en eau dans le Système de Transfert des Eaux du Nord**

(1) Problème concernant la construction du Réservoir de Saida et du Réservoir du Sahel (réservoir de Kalaa Kebira)

Dans une étude du Ministère de l'Agriculture conduite en 1999 par un consultant russe, SELKHOZ PROMEX POEKT, la construction du réservoir de Saida a été prévue sur un terrain public. Mais le Ministère a reporté la construction pour des raisons financières et parce qu'il avait d'autres priorités à l'époque.

Un réservoir et une station de traitement de l'eau au Sahel ont été prévus dans le cadre de "l'étude pour l'exécution d'une retenue d'eau brute dans la Région de Sahel" en 2010. L'emplacement des installations a été prévu à Kalaa Kebira.

Concernant la construction des réservoirs de Saida et du Sahel (Kalaa Kebira), la SONEDE a déjà exposé les grandes lignes du projet à commencer début 2019 lors de la conférence internationale des bailleurs de fonds qui s'est tenue en février 2014 à Marseille, et ce dans le but d'obtenir un appui de la part du FADES.

Dans ses discussions avec l'équipe d'étude de la JICA, la SONEDE a présenté un calendrier qui prévoit le début de fonctionnement des réservoirs de Saida et Kalaa Kebira et de la station de traitement en 2020. Le FADES a exprimé à la partie tunisienne son intérêt pour accorder le prêt selon le calendrier présenté.

(2) Problème se rapportant à la construction d'une station de dessalement d'eau de mer dans le Grand Sfax

Selon l'étude stratégique, la construction de la station de dessalement d'eau de mer de Sfax devrait être achevée en 2018 et celle du réservoir de Kalaa Kebira en 2019. Toutefois, si la SONEDE bénéficie d'un prêt Yen japonais, les procédures administratives prendront plus de temps et la station ne pourra pas entrer en exploitation en 2018. La date la plus plausible d'entrée en exploitation serait vers Octobre 2022. Ainsi, la pénurie aurait lieu entre 2017 et 2022. Cette problématique est discutée dans le Chapitre 4.4.

(3) Problème de pénurie d'eau après 2031

Comme présenté dans la figure 4.4-3, la demande en eau peut être satisfaite par une installation supplémentaire de la station de dessalement d'eau de mer au Sahel après 2032. L'eau de mer constitue la meilleure alternative pour développer l'offre. Par conséquent, l'on considère que la construction d'une station de dessalement d'eau de mer est la solution la plus adéquate.

La SONEDE envisage de construire la nouvelle station à Sousse ou non loin de Sousse, là où il y a une grande demande en eau. Toutefois, les installations formulées par l'étude stratégique seront construites dans un premier temps et par la suite, les autorités tunisiennes doivent discuter de la nouvelle station pour le plan officiel après avoir passé en revue la demande.

## **4.5 Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax**

### **4.5.1 Approvisionnement en eau dans le Gouvernorat de Sfax**

L'eau dans le Gouvernorat de Sfax est partiellement assurée à travers le système de transfert des Eaux du Nord. Les sources d'eau et les stations de traitement de l'eau sont expliquées dans le point 4.4.2.

La plus grande quantité d'eau est acheminée à Sfax par le système de transfert des Eaux du Nord et le système d'approvisionnement en eau souterraine Jelma-Sbeitla. Toutefois, il est prévu une augmentation de la consommation dans ces deux régions et dans les zones entre les deux régions et Sfax. Par conséquent, la quantité d'alimentation dont bénéficie Sfax devrait connaître une diminution. En outre, il est prévu que l'eau transmise par le système de transfert des Eaux du Nord, ne puisse atteindre Sfax en l'été, période de consommation de pointe en raison de l'augmentation de la consommation en amont.

La demande et l'offre en eau ont été revus selon les conditions stipulées. Les résultats sont présentés dans les tableaux 4.5-1 à 4.5-3, et les figures 4.5-1 et 4.5-2.

**Tableau 4.5-1 Demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax**

	2015	2020	2025	2030	2035
Population	999 500	1 062 000	1 124 600	1 187 100	1 249 600
Population servie	862 600	925 600	988 600	1 051 600	1 114 700
Consommation par hbt (L/personne/jour)	126	140	156	176	199
Taux non domestique (%)	18	18	18	18	18
Moyenne eau perdue (%)	23	22	21	20	20
Moyenne journalière de la demande (m <sup>3</sup> /jour)	158 100	186 800	220 800	261 600	313 400
Facteur de pointe (Max Jour/Moy Jour)	1,321	1,321	1,322	1,322	1,322
Demande maximale journalière (m <sup>3</sup> /j)	208 800	246 800	291 900	345 800	414 200

\*: Facteur de pointe moyenne (Max jour/Moy. Jour) 1,4 x coefficient d'ajustement (0,944)

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4.5-2 Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax  
(Approvisionnement en eau: les installations existantes uniquement)**

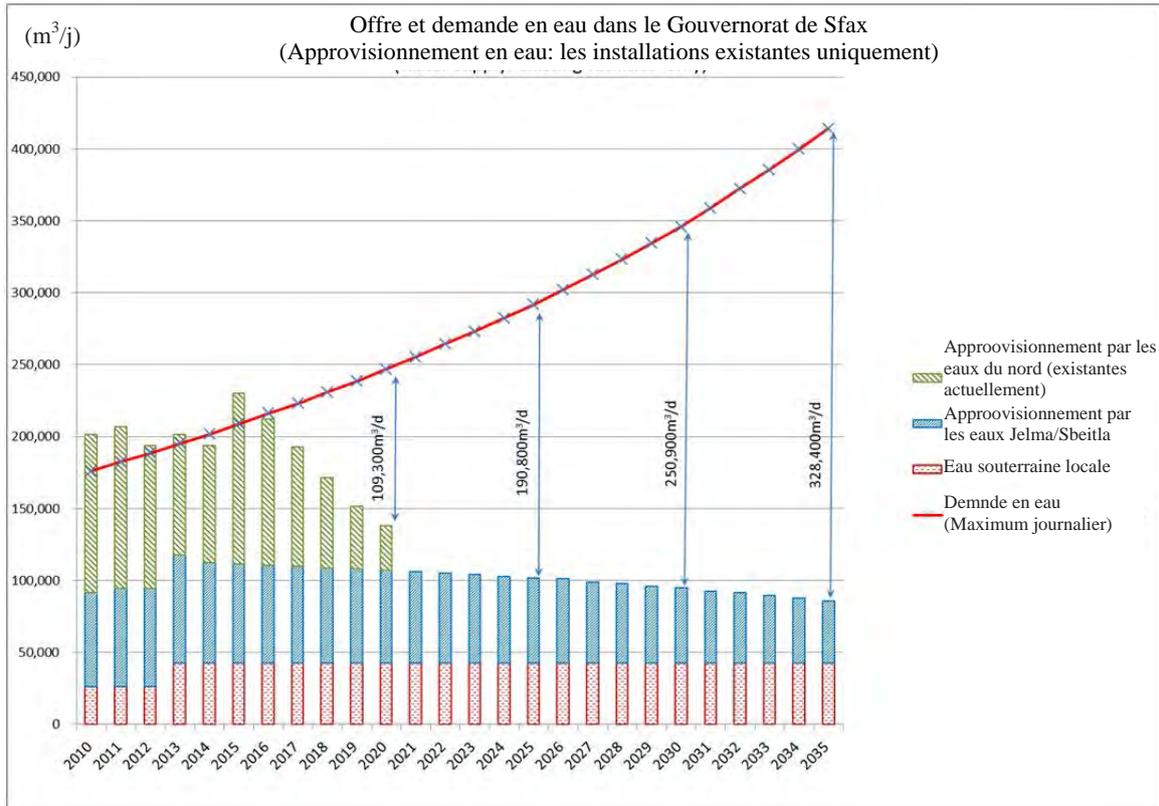
(m <sup>3</sup> /jour)		2015	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Eaux du Nord	30 900	0	0	0	0	0
	Eaux de Jelma-Sbeitla	64 200	62 000	58 700	52 400	43 400	43,400
	Aquifères locales	42 400	42 400	42 400	42 400	42 400	42,400
	Total	137 500	104 500	101 100	94 900	85 800	85,800
Demande maximale journalière		208 800	246 800	264 500	291 900	345 800	414 200
Bilan		21 400	▲109 300	▲160 000	▲190 800	▲250 900	▲328 400

Source: Equipe d'Etude de la JICA (Note: les arrondis font que le bilan n'est pas la différence exacte volume-demande)

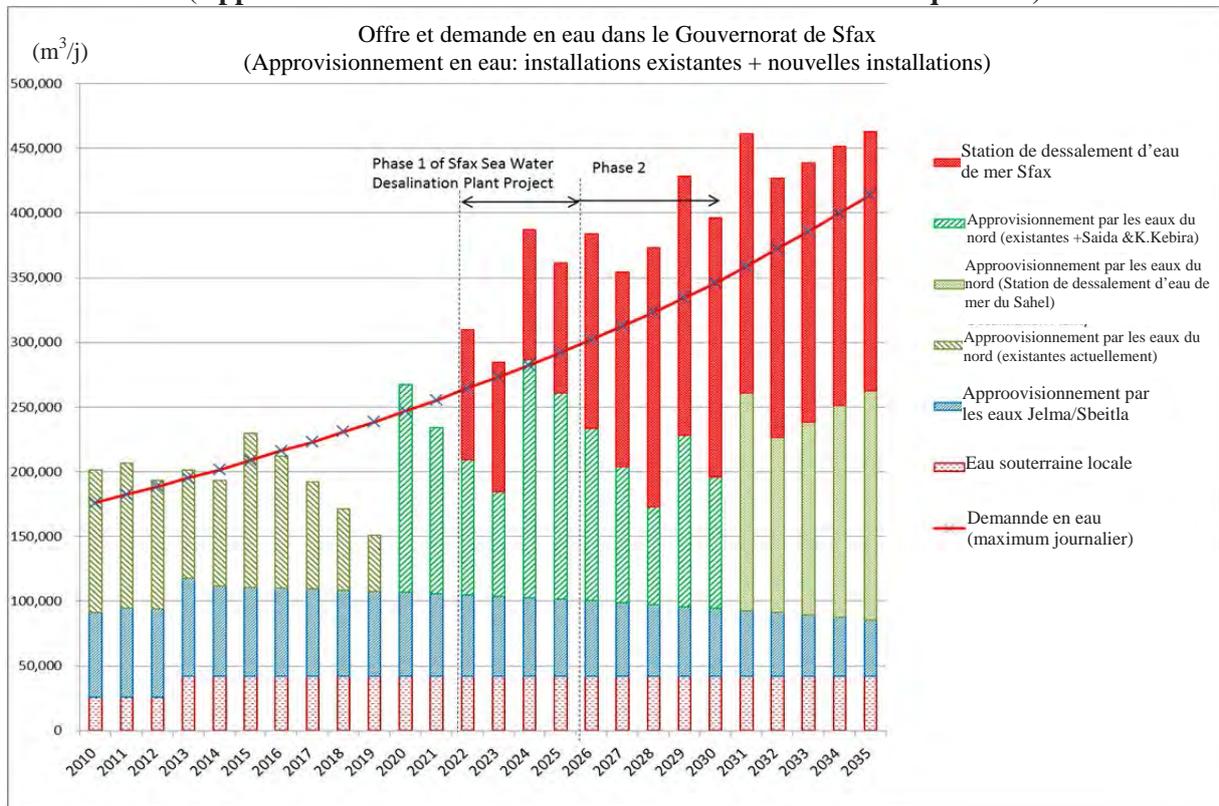
**Tableau 4.5-3 Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax  
(Approvisionnement en eau: installations existantes + nouvelles installations)**

(m <sup>3</sup> /jour)		2015	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Station de dessalement de Sfax	0	100 000	100 000	200 000	200 000	200,000
	Eaux du Nord	160 500	105 000	159 800	101 500	176 900	177,000
	Eaux de Jelma-Sbeitla	64 200	62 000	58 700	52 400	43 400	43,400
	Aquifères locales	42 400	42 400	42 400	42 400	42 400	42,400
	Total	267 100	309 400	360 800	396 400	462 700	462,800
Demande maximale journalière		208 800	246 800	264 500	291 900	345 800	414 200
Balance		21 400	20 300	45 000	69 000	50 600	48 500

Source: Equipe d'Etude de la JICA



**Figure 4.5-1 Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax (Approvisionnement en eau: les installations existantes uniquement)**



Source : Equipe d'Etude de la JICA

**Figure 4.5-2 Offre et demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax (Approvisionnement en eau: installations existantes + nouvelles installations)**

La figure 4.5-1 montre l'équilibre offre/demande en eau dans le Gouvernorat de Sfax dans le cas où les nouvelles installations et le développement de nouvelles sources d'eau formulées par l'étude stratégique ne sont pas mises en œuvre. La prise d'eau pour les installations existantes est estimée par rapport à la quantité de transport maximale. Dans de telles conditions, une importante pénurie est confirmée. La pénurie est de, respectivement, 109.300 m<sup>3</sup>/j en 2020, 190.800 m<sup>3</sup>/j en 2025, 250.900 m<sup>3</sup>/j en 2030, et 328.400 m<sup>3</sup>/j en 2035.

La figure 4.5-2 illustre l'équilibre en cas de mise en œuvre de nouvelles installations, ou de développement des nouvelles sources d'eau formulées par l'étude stratégique. Par conséquent, la quantité d'alimentation en eau répond à la demande à travers les nouvelles installations. Cependant, comme mentionné dans la section 4.4.4 (2), la pénurie aura lieu entre 2017 et 2019. Cette question est discutée dans le paragraphe 4.7.

#### **4.5.2 Problème d'approvisionnement en eau dans le Gouvernorat de Sfax**

La question relative au plan de l'approvisionnement en eau dans le Gouvernorat de Sfax est similaire à celle du Grand Sfax (voir la section 4.6.3).

### **4.6 Demande et approvisionnement en eau dans le Grand Sfax**

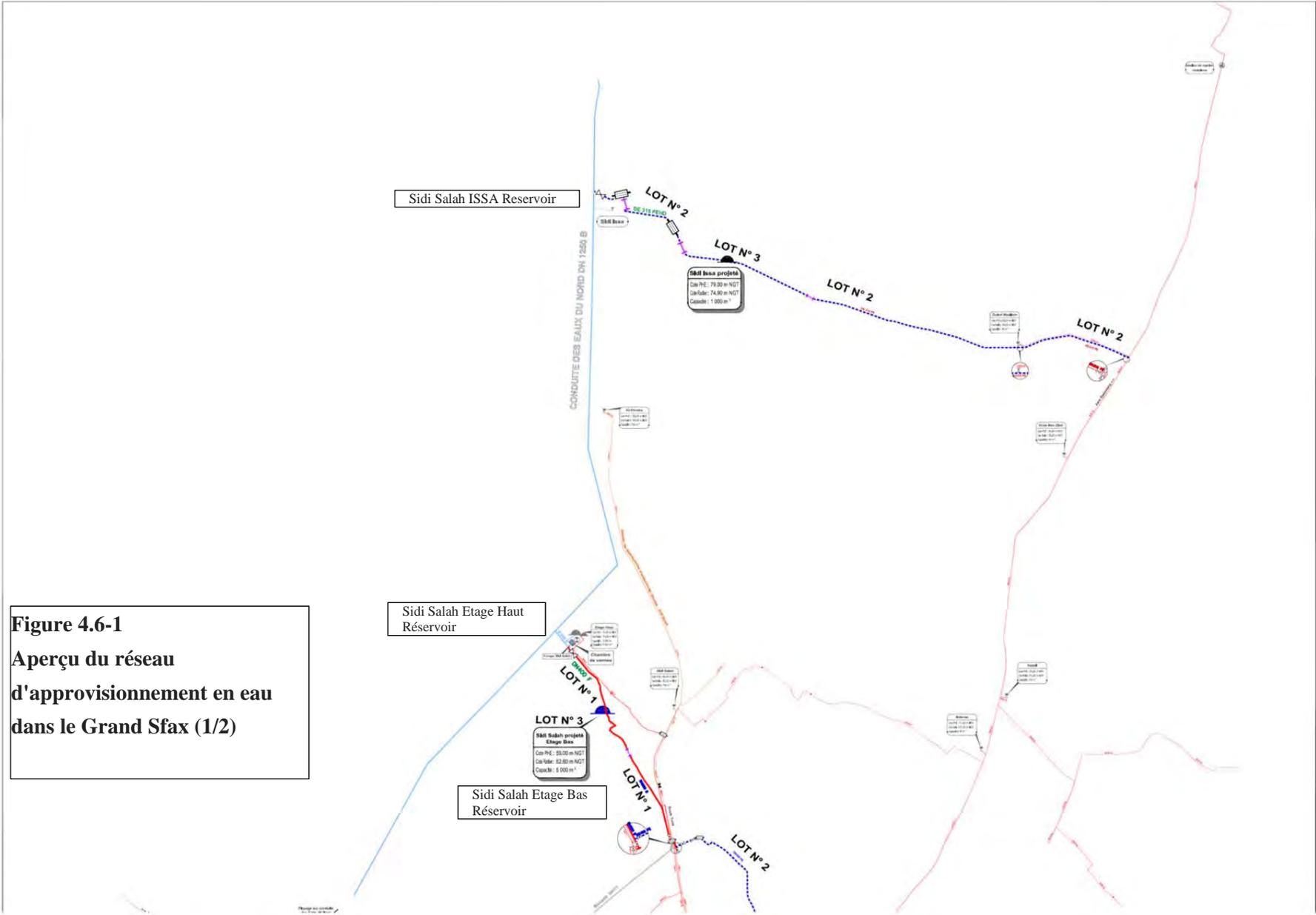
#### **4.6.1 Système actuel d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax**

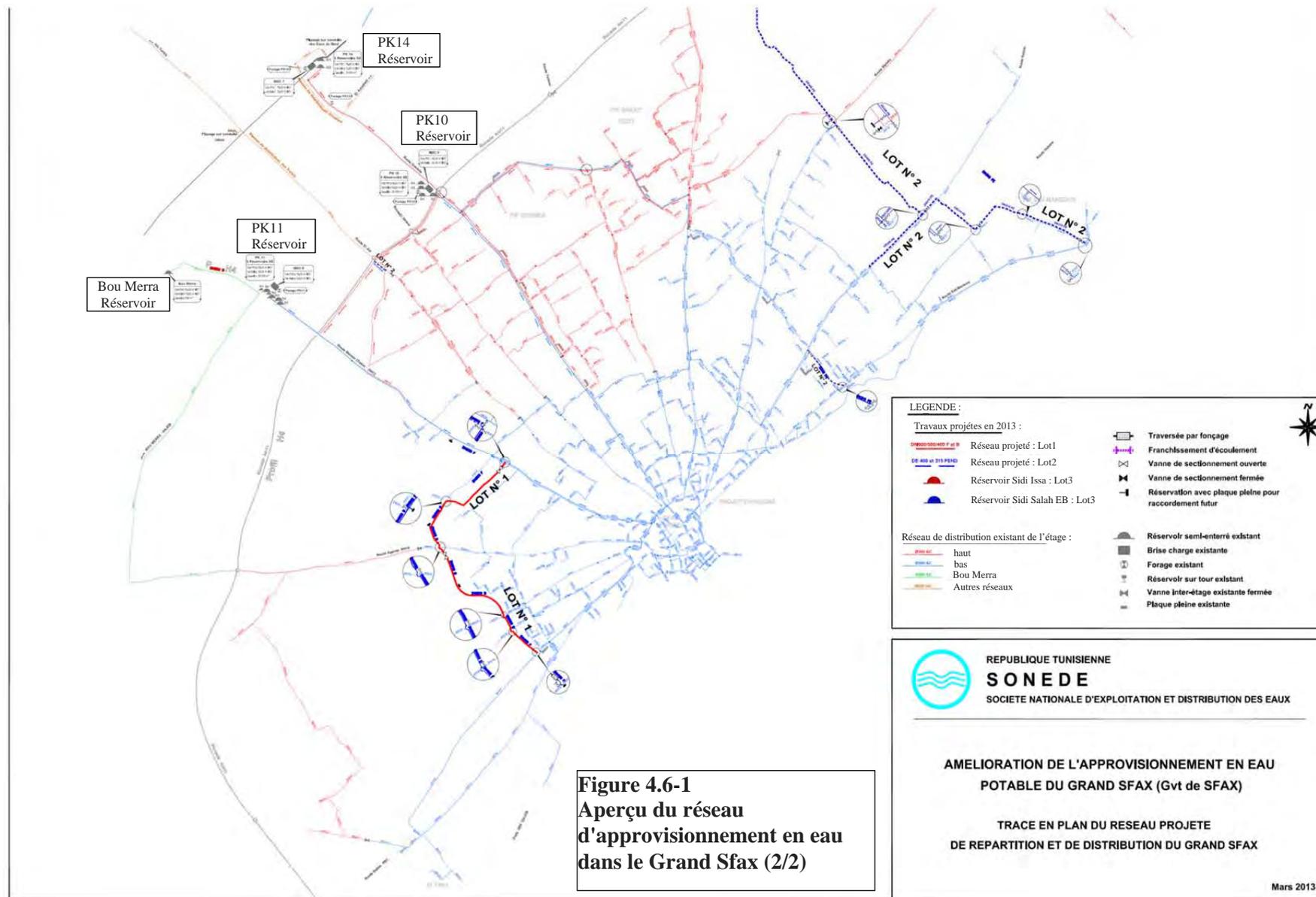
Les installations d'eau dans le Grand Sfax ont été construites en 1956, à l'aube de l'indépendance du pays, pour alimenter en eau la ville de Sfax. D'année en année, la zone s'était étendue à l'extérieur de Sfax Ville. Au début, la source d'eau était l'eau souterraine de Sidi Bouzid qui était relativement de bonne qualité et son volume abondant. Les eaux souterraines, une fois pompées, étaient transmises vers les deux réservoirs PK11 et PK10, puis à Sfax Ville. Avec l'expansion de la ville, l'approvisionnement en eau a augmenté en volume et l'eau a dû être acheminée vers une zone plus étendue et une zone d'habitation nouvellement développée. Pour cette raison, un nouveau plan d'eau a été formulé.

Selon le «plan des réseaux de distribution et de la distribution dans le Grand Sfax" préparé entre 2003 et 2005, l'eau provient de 5 réservoirs : PK11, PK10, PK14, Bou Merrah et Sidi Salah EH (voir Figure 4.6-1). Les installations ont été développées en suivant le plan pour étendre le réservoir de Sidi Salah EH et acquérir le terrain abritant le réservoir de Sidi Salah EB. Actuellement le réservoir de Sidi Salah EB est en cours de construction.

La figure 4.6-1 illustre le réseau de distribution existant. L'extension du réseau est entreprise conformément au « Plan des Réseaux de Distribution dans le Grand Sfax ». L'extension est retardée par rapport au plan. Actuellement, les lots 1 et 2 indiqués dans la figure 4.6-1 sont en cours d'exécution. Aucun plan n'existe pour le moment pour la réhabilitation des conduites existantes ; cela s'explique essentiellement par le fait que la réhabilitation ne constitue pas un problème sérieux parce que le taux de redressement atteint 84% (tableau 4.6-1).

**Figure 4.6-1**  
**Aperçu du réseau**  
**d'alimentation en eau**  
**dans le Grand Sfax (1/2)**





Source: SONEDE

Le Grand Sfax n'est pas riche en ressources en eau. Pour éviter la pénurie, un système d'exploitation optimale a été développé de façon à ce que l'excédent en eau soit transféré vers les zones enregistrant un manque lorsque une pénurie est prévue.

Comme montré dans le tableau 4.6-1, plus de la moitié de la conduite de distribution du Grand Sfax est construite en amiante ciment. Plus de 20% du total des conduites sont des conduites dont l'âge dépasse 40 ans. L'augmentation récemment des cas de fuites et de cassures est due à cette situation et il semble donc nécessaire d'entreprendre le remplacement des anciennes conduites et notamment celles en amiante ciment.

**Tableau 4.6-1 Situation actuelle des conduites de distribution**

**Age et Matériaux des conduites au mois de Septembre 2014**

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Rapport	Mètres linéaires						Matériaux						
			0-10 (ans)	11-20 (ans)	21-30 (ans)	31-40 (ans)	41-50 (ans)	plus de 51 ans	AC	PE	Fonte grise	Fonte ductile	Béton	Autre	
50	0	0,0%													
60	11 000	0,6%					6 000	5 000	6 000			5 000			
63	18 000	0,9%	3 000	14 000	1 000					18 000					
75	0	0,0%													
80	430 000	21,8%		50 000	109 000	149 000	110 000	12 000	400 000			30 000			
90	149 000	7,6%	75 000	67 000	7 000					149 000					
100	376 000	19,1%		1 000	195 000	155 000	18 000	7 000	357 000			19 000			
110	345 400	17,5%	101 000	67 000	4 700	172 700				345 400					
150	154 587	7,8%		22 187	32 000	40 000	59 000	1 400	81 187			73 400			
160	30 000	1,5%	10 000	14 000	6 000					30 000					
200	178 100	9,0%	40 800	14 400	15 000	42 300	47 500	18 100	100 800	59 200		18 100			
250	28 391	1,4%			17 000	5 391	6 000		22 391			6 000			
300	137 065	7,0%		3 565	36 700	50 500	26 300	20 000	115 265			21 800			
315	44 000	2,2%	36 000	6 000	2 000					44 000					
350	4 314	0,2%				1 314	3 000		1 314			3 000			
400	6 094	0,3%				1 694	4 400					6 094			
500	17 561	0,9%				12 000	5 561				5 561	7 300	4 700		
600	12 606	0,6%				5 500	7 106					5 500	7 106		
800	22 604	1,1%			1 000	3 000	18 604						22 604		
1000	5 240	0,3%				3 240	2 000						5 240		
1250	810	0,0%				810							810		
Total	1 970 772	100,0%	265 800	259 152	426 400	642 449	313 471	63 500	1 083 957	645 600	5 561	195 194	40 460		0
			13%	13%	22%	33%	16%	3%	55%	33%	0%	10%	2%		0%

**Statistiques des casses et fuites par an à partir de 2002:**

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Rendement du réseau par an:</b>	84,4%	84,5%	87,4%	87,6%	87,5%	86,6%	86,5%	84,7%	80,7%	79,8%	79,4%	84,0%
<b>Nombre de casses par an:</b>	706	791	836	881	642	679	872	845	741	789	683	711
<b>Nombre de fuites par an:</b>	9 150	8 920	9 531	8 376	8 601	8 749	11 027	11 525	13 102	10 663	10 717	14 818

Source: Equipe d'Etude de la JICA

#### 4.6.2 Demande et offre en eau dans le Grand Sfax

La demande en eau dans le Grand Sfax est estimée selon le ratio de la population du Gouvernorat de Sfax et du Grand Sfax. Parce que les données de distribution n'ont pas été obtenues, la demande a été estimée à l'aide des données des années 2010 et 2012.

Le Grand Sfax, où vivent les 2/3 de la population du Gouvernorat de Sfax, est une zone essentiellement

urbaine. La population du gouvernorat devrait connaître une augmentation dans l'avenir. L'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax est estimé selon les conditions mentionnées dans le point 4.5.2. Il faut, cependant, mentionner les points suivants :

- (1) Sur le chemin vers le Grand Sfax, une certaine quantité d'eau de système de transfert de l'eau du Nord est distribuée au profit de Sfax Nord. L'eau restante est transmise au Grand Sfax.
- (2) Sur le chemin vers le Grand Sfax, une certaine quantité d'eau fournie par le système d'approvisionnement Jelma-Sbeitla dans le Gouvernorat de Sidi Bouzid est distribuée dans la partie ouest de Sfax. L'eau restante est transmise au Grand Sfax.
- (3) Le Grand Sfax est une zone essentiellement urbaine du Gouvernorat de Sfax mais son approvisionnement en eau ne constitue pas une grande priorité. Le principe de traitement égal de tous les citoyens est ainsi appliqué.

L'offre et la demande ont été revues selon les données citées ci-dessus. Le résultat est présenté dans les tableaux 4.6-2 à 4-6-4, et les figures 4.6-2 et 4.6-3.

**Tableau 4.6-2 Plan d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax**

	Actuellement (2012)	Phase 2 (jusqu'en 2025)	Phase 2 (jusqu'en 2030)	Phase 3 (jusqu'en 2035)
1) Région desservie	3 069 ha	3 069 ha	3 069 ha	3 069 ha
2) Population desservie	631 900	737 900	782 100	826 300
3) Approvisionnement maximum par jour	117 200m <sup>3</sup> /j 1 356L/s	187 900 m <sup>3</sup> /j 2 175 L/s	224 400 m <sup>3</sup> /j 2 597 L/s	270 900 m <sup>3</sup> /j 3 135 L/s
4) Moyenne d'approvisionnement par jour	83 700m <sup>3</sup> /j 969L/s	134 200 m <sup>3</sup> /j 1 553 L/s	160 300 m <sup>3</sup> /j 1 855 L/s	193 500 m <sup>3</sup> /j 2 240 L/s
5) Moyenne d'approvisionnement par habitant	132 L/ j/personne	182 L/ j/personne	205 L/ j/personne	234 L/ j/personne
6) Taux non domestique (%)	18	18	18	18
7) Moyenne Eau perdue (%)	24	22	21	20
8) Consommation par habitant	91 L/j/personne	126 L/j/personne	144 L/j/personne	165 L/j/personne

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4.6-3 Offre et demande en eau dans le Grand Sfax  
(Approvisionnement en eau: installations existantes uniquement)**

(m <sup>3</sup> /jour)		2015	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Eaux du Nord	95 200	24 700	0	0	0	0
	Eaux de Jelma-Sbeitla	31 000	28 900	21 700	20 600	18 300	15,200
	Aquifères locales	25 100	26 100	26 100	26 100	26 100	26,100
	Total	151 400	78 700	46 800	45 700	43 500	40,300
Demande maximale journalière		133,700	157 900	169 500	187 900	224 400	270 900
Bilan		17,700	▲79 200	▲112 700	▲142 200	▲180 900	▲230 500

Source: Equipe d'Etude de la JICA

**Tableau 4.6-4 Offre et demande en eau dans le Grand Sfax  
(approvisionnement en eau: installations existantes + nouvelles installations)**

(m <sup>3</sup> /jour)		2013	2020	2022	2025	2030	2035
Volume d'eau disponible	Station de dessalement de Sfax	0	0	100 000	100 000	200 000	200,000
	Eaux du Nord	95 200	128 400	65 100	75 100	29 500	67,200
	Eaux de Jelma-Sbeitla	31 000	28 900	21 700	20 600	18 300	15,200
	Aquifères locales	25 100	26 100	26 100	26 100	26 100	26,100
	Total	151 400	182 400	211 900	220 800	272 900	307,600
Demande maximale journalière		133,700	157 900	169 500	187 900	224 400	270 900
Bilan		17,700	24 500	42 400	32 900	48 500	36 700

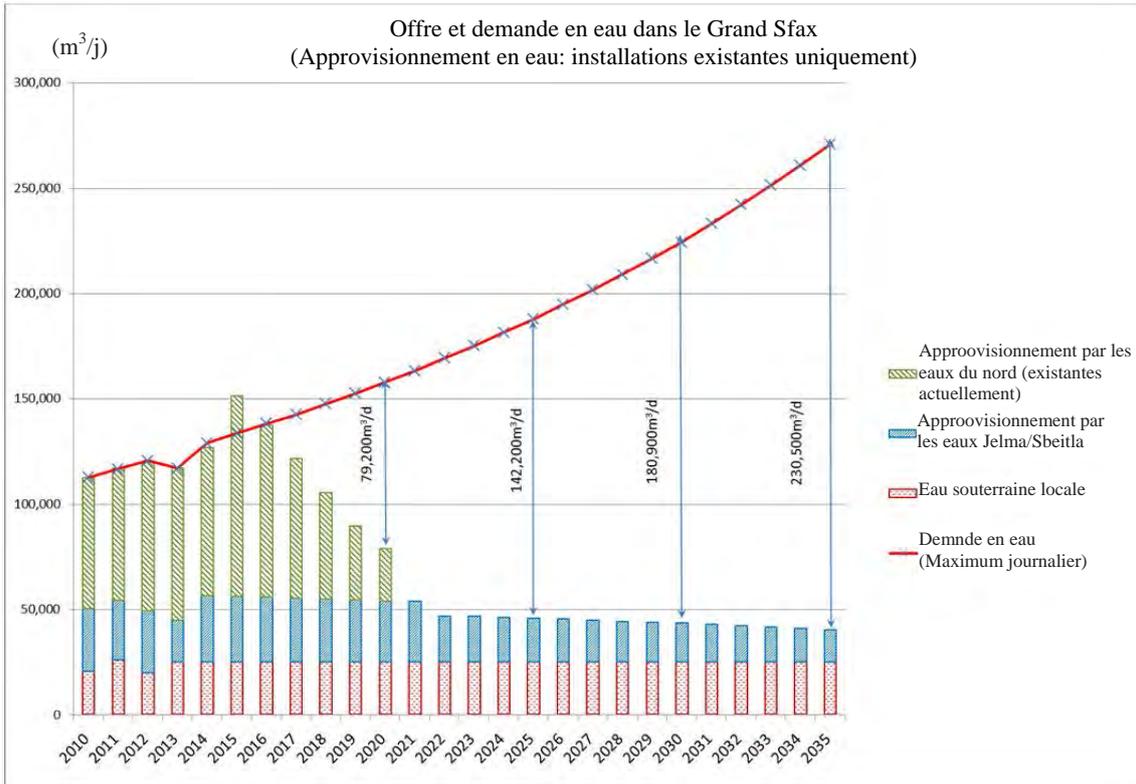
Source: Equipe d'Etude de la JICA

La figure 4.6-2 montre le bilan de la demande et de l'offre dans le Grand Sfax en cas de non-mise en œuvre de nouvelles installations ou le développement de nouvelles sources d'eau formulées par l'étude stratégique. La prise d'eau pour les installations existantes est estimée avec une adduction maximale. Dans ces conditions, une grande pénurie d'eau est confirmée. La pénurie sera alors respectivement de 79 200 m<sup>3</sup>/j en 2020, 142 200 m<sup>3</sup>/j en 2025, 180 900 m<sup>3</sup>/j en 2030, et 230 500 m<sup>3</sup>/j en 2035.

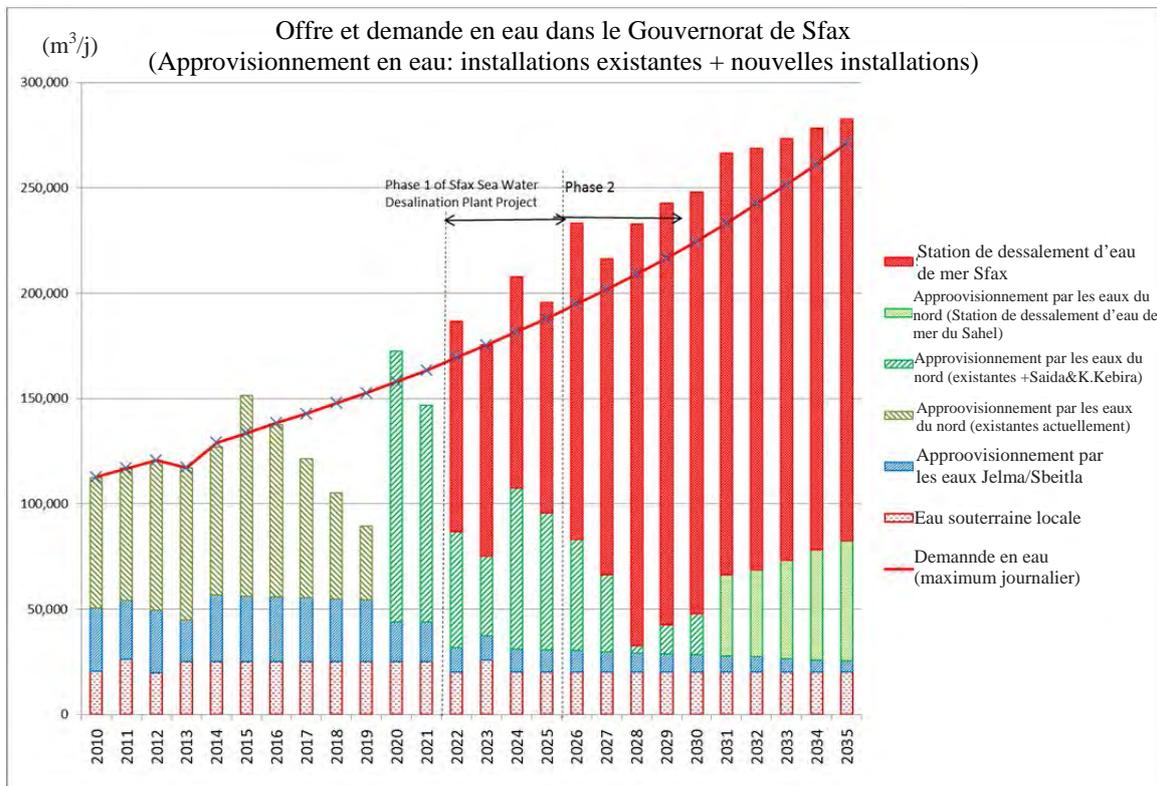
La figure 4.6-3 montre le bilan en cas de mise en œuvre de nouvelles installations, ou de développement de nouvelles sources d'eau formulées par l'étude stratégique. Le volume d'approvisionnement en eau mentionné dans la Figure 4.6.3 a été calculé avec l'hypothèse de transfert de la moitié des quantités actuellement pompées pour le Grand Sfax à partir du Réseau de Transmission des Eaux du Nord et la moitié des eaux fournies par le Réseau de transmission des eaux souterraines de Jelma Sbeitla. La conséquence sera alors que la quantité offerte en eau répond à la demande des nouvelles installations. Cependant, comme mentionné dans la section 4.4.4 (2), la pénurie se produira entre 2017 et 2019. Cette pénurie d'eau est discutée dans la section 4.7.

La pertinence de la demande en eau par habitant dans le tableau 4.6-2 a aussi été étudiée. Par conséquent, la valeur estimée est considérée comme étant appropriée pour les raisons suivantes :

- i) La population desservie devrait augmenter de 1,3 fois entre 2013 et 2035 alors que la demande en eau par habitant devrait augmenter de 1,8 fois; i.e de 133 L/habitant/jour en 2013 on passera à 212 L/habitant/jour en 2035. Bien que les taux d'augmentation sont différents, la valeur estimée de la demande par habitant est considérée comme appropriée en raison de l'amélioration du niveau de vie dans l'avenir ce qui entraînera une augmentation de la consommation.
- ii) En ce qui concerne la consommation par habitant en 2035, le système de transfert d'eau du Nord dans les 7 gouvernorats concernés, le Gouvernorat de Sfax et le Grand Sfax montre des chiffres différents. Le rapport est de 1,0 : 1,24 : 1,02. Comme le montre le tableau 4.6-5 qui présente la consommation par habitant en 2012, la consommation enregistrée dans le Gouvernorat de Sfax est supérieure à celle des 7 gouvernorats. Ce chiffre est jugé normal étant donné le niveau de revenu relativement élevé du Grand Sfax, deuxième grande ville du pays.



**Figure 4.6-2 Offre et demande en eau dans le Grand Sfax  
(Approvisionnement en eau: installations existantes uniquement)**



**Figure 4.6-3 Offre et demande en eau dans le Grand Sfax  
(approvisionnement en eau: installations existantes + nouvelles installations)**

**Tableau 4.6-5 Population des 7 gouvernorats et consommation par habitant  
(moyenne quotidienne) (2012)**

	Population			SONEDE Service Population			Domestique (lpcd)	Total (lpcd)
	Urbaine (1000)	Rurale (1000)	Total (1000)	Urbaine (1000)	Rurale (1000)	Total (1000)		
Cap-Bon	517,2	262,2	779,4	517,2	163,3	680,5	97	136
Ratio				100,0%	62,3%	87,3%		
Sousse	528,4	120,3	648,7	528,4	95,4	623,8	108	140
Ratio				100,0%	79,3%	96,2%		
Monastir	539,3	0,0	539,3	539,3	0,0	539,3	90	124
Ratio				100,0%	-	100,0%		
Mahdia	177,1	217,9	395,0	177,1	161,2	338,3	105	130
Ratio				100,0%	74,0%	85,6%		
Sfax	624,2	338,9	963,1	624,2	199,9	824,1	114	139
Ratio				100,0%	59,0%	85,6%		
Kairouan	192,0	377,4	569,4	192,0	159,3	351,3	69	82
Ratio				100,0%	42,2%	61,7%		
Sidi Bouzid	106,6	311,7	418,3	106,6	91,7	198,3	82	100
Ratio				100,0%	29,4%	47,4%		
Total	2,684,8	1,628,4	4,313,2	2,684,8	870,8	3,555,6	99	128
Ratio				100,0%	53,5%	82,4%		

Source: RAPPORT DES STATISTIQUES, SONEDE

lpcd: Litre Par Habitant/jour

- iii) Concernant la consommation par tête d'habitant dans le Grand Sfax, elle est inférieure au taux du Gouvernorat de Sfax. La raison de cette consommation inférieure est due à la présence de beaucoup d'étudiants dans le Grand Sfax. D'abord les étudiants consomment en général moins d'eau et en plus ils quittent la ville de Sfax lors des grandes vacances.
- iv) Selon le tableau 4.6-6, la consommation d'eau en Tunisie n'est pas élevée par rapport aux autres pays. Ce constat ne se limite pas à comparer la consommation d'eau proportionnellement au PNB par habitant. Il est clair qu'il y a une tendance entre deux valeurs. La consommation d'eau par habitant a augmenté en Tunisie. Dans l'avenir, on s'attend à une augmentation de niveau de vie avec un développement économique. Les valeurs estimées de la consommation d'eau sont donc considérées comme appropriées.

**Tableau 4.6-6 Demande en eau par habitant dans plusieurs pays**

Région	Pays	Année	Demande annuelle en eau (m <sup>3</sup> /personne/an)	Demande en eau par habitant (L/personne/jour)	Revenu Intérieur Brut (\$/personne/an)	Population (millions)
Afrique	Algérie	2000	38	103	1 540	35,42
	Egypte	2000	62	169	1 470	84,47
	Maroc	2000	39	107	1 320	32,38
	Tunisie	2000	36	98	2 310	10,37
Amérique du Nord et Centrale	USA	2005	193	528	46 350	317,64
Asie	Afghanistan	2000	14	39	210	29,12
	Bangladesh	2008	25	70	560	141,82
	Inde	2010	46	126	1 290	1 214,46

Région	Pays	Année	Demande annuelle en eau (m <sup>3</sup> /personne/an)	Demande en eau par habitant (L/personne/jour)	Revenu Intérieur Brut (\$/personne/an)	Population (millions)
	Iran	2004	85	232	2 170	75,08
	Israël	2004	97	265	18 790	7,29
	Japon	2000	137	375	37 150	127,00
	Malaisie	2000	54	149	3 420	27,91
	Oman	2003	45	125	8 610	2,91
	Pakistan	2008	52	143	990	184,75
	Philippine	2006	62	171	1 300	93,62
	Turquie	2003	78	215	3 810	75,71
Europe	France	2000	83	228	24 270	62,64
	Espagne	2002	111	303	15 120	45,32

Source: Données FAO développées par l'équipe d'étude de la JICA

#### 4.6.3 Questions relatives au plan d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax

##### (1) Les sources d'approvisionnement en eau dans le Grand Sfax

Il s'agit de l'eau de surface dans le système de transfert des eaux du Nord et des eaux souterraines dans les Gouvernorats de Sidi Bouzid et de Sfax. Détails et explication de chaque source.

- i) Dans le nord de la Tunisie, l'eau de surface peut être utilisée à partir des réservoirs de barrages en stockant les précipitations relativement fortes. Après son traitement dans la station de traitement de Belli, l'eau est transmise du Nord vers les 7 gouvernorats du Centre et du Sud à travers le système de transfert des Eaux du Nord. Le Grand Sfax se trouve plus en aval. Par conséquent, l'eau restante est transportée au Grand Sfax après extraction de la quantité d'eau nécessaire en amont.
- ii) Les eaux souterraines de Jelma- Sbeitla situées dans le Gouvernorat de Sidi Bouzid ne contiennent pas une forte concentration de sel. L'eau souterraine est consommée dans le gouvernorat de Sidi Bouzid, puis transmise vers le Grand Sfax.
- iii) Les eaux souterraines dans le Gouvernorat de Sfax sont pompées à partir des puits profonds appartenant à la SONEDE. Pour préserver les eaux souterraines, l'extraction se fait sur autorisation spéciale accordée par le Ministère de l'Agriculture. Les problèmes à signaler sont les quantités limitées à extraire et la salinité élevée des eaux extraites qui avoisine les 3000 mg/L.

Tel que mentionné dans les paragraphes 1.5 et 5.1.1, la SONEDE exploite cinq stations de dessalement d'eau saumâtre dans les Gouvernorats de Gabès et Medenine. Il n'existe aucune station de dessalement ni dans le Gouvernorat de Sfax ni vers le nord à l'exception de celle de Kerkenah.

##### (2) Pénurie d'eau dans le Gouvernorat de Sfax

Le Grand Sfax a connu une grave pénurie en eau pendant la saison estivale 2012 pour les raisons

suivantes : i) l'arrêt de la station de pompage pour transmission vers le système de transfert des eaux du Nord à cause de 5 coupures de courant programmées entre le 9 et le 11 Juillet 2012, ii) une diminution du volume de transmission d'eau dans le système de transfert des eaux du Nord vers le sud en raison d'une augmentation de la demande en eau en amont, et iii) une diminution du volume de transport d'eau entre le Gouvernorat de Sidi Bouzid à cause de la sécheresse. Afin d'éviter qu'une telle situation ne se reproduise de nouveau, la SONEDE et la STEG ont convenu d'exempter la station de pompage transmettant les eaux du Nord des coupures de courant programmées.

La SONEDE est actuellement en train d'extraire des quantités limitées d'eaux souterraines pour assurer la quantité nécessaire. Mais compte tenu de la baisse du volume d'eau transmise à travers les eaux du Nord et les eaux souterraines Jelma-Sbeitla, le Grand Sfax devra connaître une pénurie grave à l'horizon de 2018.

### (3) Volume de l'approvisionnement en eau

La figure 4.6-2 présente le volume d'approvisionnement en eau dans le système d'approvisionnement en eau de Sfax. Le volume de l'approvisionnement en eau du Système de transfert de l'eau du Nord et les eaux souterraines de Jelma-Sbeitla dans le Gouvernorat de Sidi Bouzid devrait diminuer proportionnellement à l'augmentation de la demande. En outre, il est prévu que toute l'eau du système de transfert du Nord soit consommée dans les régions en amont chaque été au delà de 2021. Par conséquent, il ne sera pas possible au delà de cette date d'alimenter le Grand Sfax à partir des eaux du Nord pendant les saisons estivales.

### (4) Le bilan hydrique de la demande et de l'offre

Comme le montre la figure 4.6-2, si de nouvelles sources d'eau ne sont pas développées, le Grand Sfax connaîtra un déficit de 79 200 m<sup>3</sup>/j à partir de 2020. En l'absence de mesures préventives, ce déficit va augmenter.

## **4.7 Pertinence de la capacité et de l'emplacement de la station de dessalement d'eau de mer du Grand Sfax**

### **4.7.1 Capacité de l'ouvrage**

Comme indiqué dans l'étude stratégique, la demande en eau dans 7 Gouvernorats est couverte à travers la station de traitement d'eau de Kalaa Kebira et la station de dessalement d'eau de mer de Sfax.

Comme mentionné dans le paragraphe 4.4.2, la capacité des installations devrait être augmentée par étape. La capacité de la station de traitement de Kalaa Kebira augmentera progressivement à 4000 L/sec ou 345 600 m<sup>3</sup>/jour.

Quant à la station de dessalement d'eau de mer de Sfax, la capacité devrait augmenter par étapes dans l'Etude Stratégique. Après analyse, il s'est avéré que l'extension de la station avec une capacité de 100 000 m<sup>3</sup>/jour répondra aux demandes jusqu'en 2026. Cependant et seulement en 2023, le manque d'eau nécessitera provisoirement un pompage excessif des eaux souterraines. Si la phase 2 du projet avec 200 000 m<sup>3</sup>/j est achevée en 2026, l'offre en eau pourra répondre aux besoins jusqu'en 2035 comme le montre la Figure 4.4-3 pourvu que la station de dessalement du Sahel soit achevée en 2031. Par conséquent, la capacité de la station de dessalement de Sfax devra être de 200 000 m<sup>3</sup>/j pour l'année d'horizon 2035. Dans cette étude on considère que la capacité initiale de la station de 100 000 m<sup>3</sup>/j devra augmenter de 35 000 m<sup>3</sup>/j en 2026, de 50 000 m<sup>3</sup>/j en 2027 et de 80 000 m<sup>3</sup>/j en 2028. La station peut donc être construite en sous-phases. Ceci devra être décidé en fonction de l'augmentation de la demande et de la capacité de l'offre.

Cependant, si la station de traitement d'eau de Kalaa Kebira n'est pas construite, 7 gouvernorats desservis aujourd'hui par le système d'adduction des eaux du nord connaîtront une pénurie, surtout Sousse et les autres gouvernorats plus au sud. Dans ce cas, il est prévu de construire une station de dessalement d'eau de mer à Sfax avec une capacité totale de 200 000 m<sup>3</sup>/j dans sa phase 1. mais, la station devrait être construite et exploitée, dans un premier temps, avec une capacité de 100 000 m<sup>3</sup>/j pour les raisons suivantes:

- Le coût de construction d'une station de dessalement d'eau de mer de 200 000 m<sup>3</sup>/j est relativement élevé.
- La SONEDE n'a pas d'expérience opérationnelle pour une station de dessalement d'eau de mer. Par conséquent, il est plus pratique d'obtenir la technique d'O & M d'une station de dessalement d'eau de mer en commençant par une capacité de 100 000 m<sup>3</sup>/j, par la suite, la capacité pourrait être augmentée.
- Si la construction de la station de traitement d'eau de Kalaa Kebira est retardée jusqu'en 2023, l'approvisionnement en eau dépassera 100 000 m<sup>3</sup>/j. La station de dessalement d'eau de mer de Sfax ne sera pas exploitée parce que le coût de production d'eau est plus élevé par rapport au coût dans la station de traitement d'eau de Kalaa Kebira. À l'heure actuelle, le potentiel existe pour plus de financement si la station de dessalement d'eau de mer de Sfax de 200 000 m<sup>3</sup>/j est construite pendant la phase 1.

#### **4.7.2 Pertinence de l'emplacement de l'installation**

Sfax est située le plus en aval du système de transfert des eaux du Nord et du système des eaux souterraines de Jelma-Sbeitla. Par conséquent, le volume d'approvisionnement en eau dans le Gouvernorat de Sfax a un effet sur la demande en eau dans les zones en amont. Si la demande en eau en amont augmente, le volume de l'offre disponible pour le Gouvernorat de Sfax diminue. Par conséquent, il serait opportun d'installer une station de dessalement d'eau de mer dans le Grand Sfax, la plus grande zone urbaine du Gouvernorat.

### 4.7.3 Mesures prise pour remédier au manque d'eau

La station de dessalement d'eau de mer de Sfax devrait entrer en exploitation à partir d'octobre 2022 (voir chapitre 10). Alors que la réception de la station de traitement de Kalaa Kebira devrait s'effectuer en 2020. Avant la mise en marche de la station de dessalement de Sfax, le Grand Sfax devrait connaître une pénurie d'eau entre 2017 et 2019. Il n'y a aucune solution fondamentale pour éviter cette pénurie. Toutefois, il y a des mesures d'atténuation qui nécessitent des efforts soutenus:

(1) Contre-mesure par le fournisseur

1) Réduction de NRW

La SONEDE a fait un effort soutenu pour réduire les eaux perdues. Cet effort peut en effet réduire les quantités d'eau perdues. Bien que le taux des eaux perdues à Sfax n'est relativement pas élevé, il reste néanmoins important de faire des efforts pour le réduire davantage.

2) Formulation d'un plan d'action pour faire face aux pénuries d'eau

Les réclamations pour manque d'eau exprimées par les clients seront plus graves si l'approvisionnement en eau est interrompu sans préavis ou pendant de longues heures. Pour atténuer les réclamations contre les pénuries d'eau entre 2017 et 2019, un Plan d'urgence de pénurie de l'eau (PUPE) pourrait être élaboré. Ce plan consiste à contrôler la demande en eau au cours de la pénurie et les actions nécessaires à entreprendre par la SONEDE. Ce plan sera transmis aux clients. PUPE établit une stratégie pour réduire les impacts négatifs sur la communauté, les biens publics, les industries et le tourisme ainsi que la sécurisation de la santé publique. En général, PUPE prépare les actions par étapes.

#### Ex. Plan de réduction de la demande en eau

Ce plan présente les contre-mesures en 4 étapes pour une pénurie grave d'eau. Les étapes comprennent diverses communications, le fonctionnement interne, et la maîtrise de la demande.

- (i) Etape des conseils: Les clients sont informés de la date probable du manque d'eau.
- (ii) Etape de l'auto-action: Lorsque l'approvisionnement en eau n'est pas suffisant, le plan passe au stade de l'auto-action. A ce stade, le volume d'économie d'eau est tributaire de la coopération volontaire des clients. L'auto-action des clients est recommandée à ce niveau.
- (iii) Etape de l'obligation: Le plan passe à l'étape de l'obligation si le stade de l'auto-action ne permet pas d'atteindre l'objectif. L'étape de l'obligation est d'interdire quelques activités spécifiques. Éviter une discrimination entre les zones, les coupures d'eau doivent intervenir après transmission du plan.

- (iv) Etape de la réduction d'urgence: L'étape de la réduction d'urgence est appliquée avec une combinaison de l'étape de l'obligation et des mesures supplémentaires lorsque la situation devient très grave. Il s'agit de la dernière étape, qui ne s'applique que lorsque la pénurie est vraiment grave et que la situation d'urgence doit être déclenchée.

### 3) Utilisation temporaire des eaux souterraines

L'exploitation continue des eaux souterraines sur le Grand Sfax est interdite en pratique. Si l'extraction de l'eau souterraine est temporairement autorisée pendant cinq années entre 2017 et 2019, une forte teneur en sel y sera contenue. Une station de dessalement type mobile sera alors nécessaire. Plus de détails dans le paragraphe suivant.

### 4) Installation d'une station mobile de dessalement d'eau de mer

Si le budget est disponible, un certain nombre de petites stations mobiles de dessalement d'eau de mer pourraient être prévues. Si de telles stations sont installées, les installations d'aspiration et de refoulement doivent être temporaires due à l'utilisation d'urgence. Ce type de stations peut être utilisé dans quelques endroits bien spécifiques.

## (2) Mesures pour les clients

### 1) Programme de sensibilisation du public pour la conservation d'eau

La SONEDE a commencé un programme de sensibilisation public auprès des clients afin d'augmenter les économies d'eau en distribuant des autocollants pour l'économie d'eau. Des campagnes de communication à la télévision et des initiatives avec d'autres organisations doivent être menées afin de sensibiliser les gens à l'importance de l'économie d'eau à l'échelle nationale.

La demande en eau dans les 7 gouvernorats du système de transfert des eaux du Nord, atteindra à 865 900 m<sup>3</sup>/j en 2019, la pénurie sera alors de 75 300 m<sup>3</sup>/j. Si l'offre en eau en amont répond aux besoins des consommateurs, la pénurie dans cette région sera égale à celle du Grand Sfax. D'autre part, si la consommation d'eau dans les 7 gouvernorats est réduite par 9% grâce aux efforts d'économie d'eau, la pénurie dans le Grand Sfax ne se produira pas. En outre, aucune pénurie grave d'eau ne se produira si la consommation d'eau à Tunis, capitale de la Tunisie, est réduite. Pour garantir cette réduction, il est recommandé de sensibiliser les habitants de Tunis à l'économie d'eau.

#### a) Campagnes de communication à la télévision

Les campagnes télévisuelles peuvent proposer de réduire le temps sous la douche, de laver la vaisselle dans des bassins remplis, ou l'installation d'appareils d'économie d'eau aux robinets.

## b) Groupes de bénévoles de l'eau

Les bénévoles jouent un rôle important dans les régions. Les Groupes de bénévoles de l'eau sont des volontaires et des étudiants qui visitent les ménages. Après avoir observé comment les ménages utilisent l'eau, ils proposent des mesures d'économies d'eau. Les activités du groupe sont expliquées en exemple.

Dans un premier temps, La SONEDE ou la municipalité établit des groupes de bénévoles de l'eau au sein de la communauté. Les groupes coopèrent avec la SONEDE ou les écoles pour promouvoir l'économie d'eau à travers la sensibilisation du public. Ensuite, les groupes sensibilisent les ménages pour ne pas se concentrer uniquement sur la procédure d'économie d'eau, mais aussi sur la simple surveillance de la consommation d'eau. Si la consommation d'eau est contrôlée, les fuites ou la mauvaise utilisation de l'eau peuvent être décelés quand la consommation d'eau augmente par rapport à la moyenne.

Si la fuite est observée au niveau des robinets, ceux-ci doivent être immédiatement réparés afin de réduire la perte. Les économies d'eau dans la vie quotidienne sont possibles à travers la réduction du temps de douche, la récupération de l'eau de rinçage de la machine à laver pour les réutiliser dans les toilettes ou le nettoyage des sols, ou la réduction du volume d'eau dans la chasse d'eau.

### 2) Installation d'un appareil d'économie d'eau

- L'eau est économisée à hauteur de 30% si un petit appareil, avec un joint torique et type de maille gaze, est inséré au niveau du robinet. Cet appareil pourrait économiser l'eau d'une façon considérable si les ménages, les écoles, les bâtiments publics et les immeubles commerciaux en sont équipés. En 2010, 76 494 appareils ont été mis à disposition par l'Agence en charge de l'environnement dans le gouvernement d'Abu Dhabi au profit d'unités hôtelières pour réduire leur consommation en eau<sup>4</sup>.
- Au Japon, il est recommandé d'installer cet appareil au niveau des robinets d'eau. La partie inférieure de la garniture est plus grande que la partie supérieure comme le montre la figure 4.7-1. Une telle forme permet de réduire le débit de l'eau de 0 à 50% en ouvrant le robinet à moitié.



Source: Bureau de l'aqueduc  
Gouvernement Métropolitain de Tokyo

**Figure 4.7-1 Appareil d'économie d'eau**

<sup>4</sup> <http://gulfnews.com/news/uae/environment/saving-75b-litres-of-water-using-a-dh7-device-1.677234>

**CHAPITRE 5**  
**ETUDE DE LA STATION DE DESSALEMENT D'EAU**  
**DE MER**

## CHAPITRE 5 ETUDE DE LA STATION DE DESSALEMENT D'EAU DE MER

### 5.1 Structure élémentaire de la station de dessalement d'eau de mer

#### 5.1.1 Sélection du processus de dessalement d'eau de mer

Il existe deux (2) processus de dessalement. Le premier est de nature thermique, qui repose sur la transformation de l'eau brute de l'aspect liquide (eau) vers un aspect gazeux (vapeur) ou du liquide en solide (glace). Lors de ce processus de changement de phase, les solides dissous sont séparés de l'eau brute. Le deuxième processus est la dialyse électrique ou le processus à membranes qui utilise l'énergie électrique ou une membrane spéciale en séparant les solides dissous dans l'eau brute sans aucun changement d'aspect. L'énergie requise pour les deux méthodes et les expériences en Tunisie est décrite ci-après :

##### (1) Energie requise

Le processus à membranes nécessite moins d'énergie que le processus de dialyse thermique ou électrique. Par conséquent, le processus à membranes est le processus le plus courant dans les pays non producteurs de pétrole à cause de son faible coût énergétique. Le processus de membranes OI est en train de s'imposer comme le processus le plus courant. Le Tableau 5.1-1 montre l'énergie nécessaire pour chaque processus. On distingue clairement que le processus à membrane OI consomme 10% de l'énergie requise par les autres processus. On note que le taux de récupération sur l'OI réfère au pourcentage des eaux dessalées par rapport aux eaux captées.

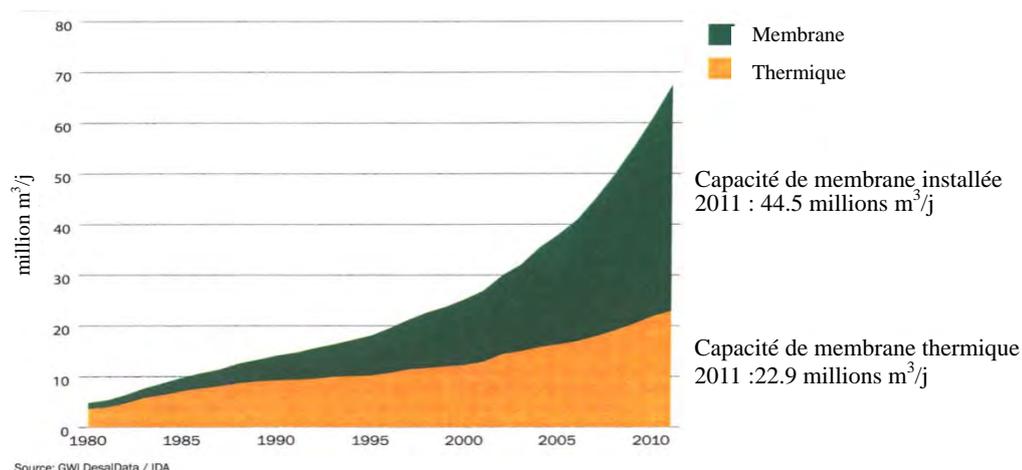
**Table 5.1-1 Energie requise pour le dessalement d'eau de mer par processus**

Processus	Énergie nécessaire (kWh/m <sup>3</sup> )	Calories nécessaires (kcal/m <sup>3</sup> )
Système de chasse	62,9	54 000
Dialyse électrique	32,2	27 692
OI (récupération: 30%)	4,7	4 020
OI (récupération: 40%)	3,5	3 010

Source: p355, Suidou Kogaku, Kenji Fujita et al

##### (2) Installations de stations de dessalement à travers le monde

La figure 5.1-1 montre les stations de dessalement installées dans différentes régions du monde et l'usage du processus thermique. Il est évident que depuis les années 90, l'application de la technique OI ne cesse de prendre du terrain et est désormais utilisée dans la plupart des stations de dessalement. Bien que le système de chasse a été le plus utilisé dans les pays du Moyen Orient, sa popularité n'a cessé de régresser, par contre la technique OI est de plus en plus utilisée à cause de sa crédibilité.



Source: Livre annuel GWI IDA pour le dessalement 2012-2013

**Figure 5.1-1 Capacité des stations de dessalement vs. processus**

En Tunisie, toutes les stations de dessalement utilisent la technologie de la membrane OI (voir le tableau 5.1-2). Les grandes stations de dessalement d'eau de mer en cours de construction ou prévues i.e. Djerba : 50 000m<sup>3</sup>/jour<sup>1</sup> et Zarat; 100 000m<sup>3</sup>/jour, mentionnées dans le tableau 5.1-2 utilisent la technologie de la membrane OI. En outre 10 stations de dessalement d'eau saumâtre qui sont en cours de construction et 6 autres prévues avec l'assistance financière de la KfW utilisent également cette même technologie.

**Tableau 5.1-2 Stations de dessalement existantes en Tunisie**

Projet	Lieu	Eau d'alimentation	Capacité(m <sup>3</sup> /j)	Processus	Année de mise en oeuvre
Gabes	Gabes	Eau saumâtre	22,500	OI	1995
			+3,000		+1999
			+8,500		+2005
Djerba	Medenine	Eau saumâtre	12,000	OI	1998
			+3,000		+2003
			+5,000		+2007
Zarzis	Medenine	Eau saumâtre	15,000	OI	1999
Ben Guerdane	Medenine	Eau saumâtre	1,800	OI	2013
Kerkennah	Sfax	Eau saumâtre	3,300	OI	1983
			+300		+2001
TIFERT Company	Skhira	Eau de mer	12,000	OI	2013

Source: SONEDE

Note: La colonne sous Capacité, Année : "+" montre la capacité d'extension au cours d'une année donnée.

### (3) Choix du processus de dessalement

Selon l'énergie requise et un inventaire des installations, il est clairement établi que le processus de membranes OI offre beaucoup plus d'avantages que les autres processus. Sur cette base, la technologie de membranes OI a été choisie pour la station de dessalement prévue.

<sup>1</sup> Capacité initiale de 50 000m<sup>3</sup>/jour mais pouvant être étendue dans l'avenir à 75 000m<sup>3</sup>/jour .

## 5.1.2 Critères de conception de la station de dessalement d'eau de mer

Sur la base des études effectuées sur terrain, les critères de conception de la station de dessalement sont comme suit:

- 1) Eau dessalée à une concentration TDS inférieure à 500 mg/L
- 2) Le taux de récupération est de 45 %.
- 3) La capacité de production d'eau doit être de 200 000 m<sup>3</sup>/jour sur la base de l'étude décrite au Chapitre 4.

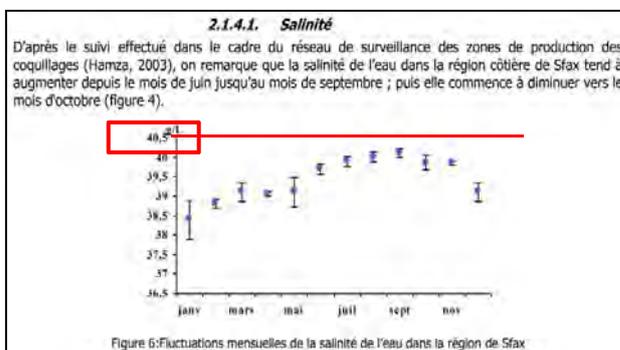
Le paragraphe suivant décrit la qualité de l'eau de mer brute et le taux de récupération.

### (1) Qualité de l'eau de mer

#### 1) Généralités

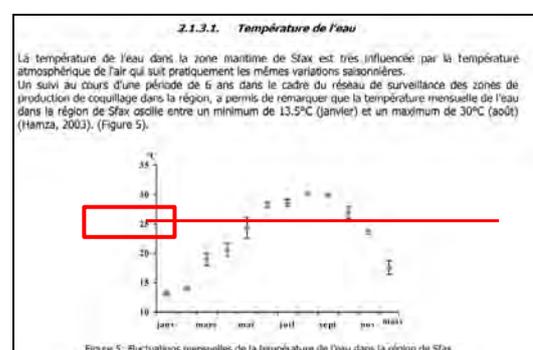
Les conditions de conception pour la qualité d'eau de mer sont évaluées en comparant l'examen de la qualité d'eau effectuée lors de cette étude et le rapport (\*) sur les recherches marines effectuées dans la région de Sfax grâce à une collaboration entre des organismes publics et privés. La variation entre les qualités de l'eau de mer présentée dans le rapport est décrite dans les figures 5.1-2 à 5.1-4. En outre, les spécifications relatives au projet de construction d'une station de dessalement d'eau de mer à Djerba et dont l'appel d'offres a été lancé en 2012, ont été utilisées pour cette comparaison. Sur cette base, la marge de conception montrée dans le tableau 5.1-3 a été retenue. La prochaine phase consiste à revoir ces marges sur la base de leur faisabilité dans les conditions actuelles. Après avoir revu les différentes marges relatives au TDS et à la température, les conditions de conceptions qui figurent dans le tableau 5.1-6 ont été retenues.

(\*) *Université de Sfax et d'autres institutions publiques tels le MDCl, le Ministère de l'Environnement, le Ministère de l'Équipement, et le Gouvernorat de Sfax outre l'Équipe d'Étude actuelle. Le nom du projet est "SMAPIII". Ces résultats ont été présentés en mars 2007 lors de la « 5<sup>ème</sup> Conférence Européenne sur les Cités Durables » à Séville en Espagne sous le titre « Stratégies de gestion intégrée des zones côtières au sud de la ville de Sfax (Tunisie) ». Voir figure 5.1-5.*



Source: SMAPIII

Figure 5.1-2 Variation TDS



Source: SMAPIII

Figure 5.1-3 Variation de la Température

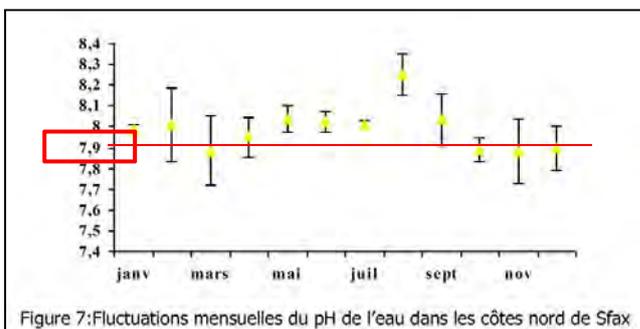


Figure 7: Fluctuations mensuelles du pH de l'eau dans les côtes nord de Sfax

Source: SMAPIII

Figure 5.1-4 Variation pH

**SMAP III Project Tunisia**  
 Integrated Coastal Zone Management (ICZM) strategies for the Kroumirie & Mogods Region and Grand Sfax Municipality in Tunisia

**Integrated Management Strategies of Coastal Areas of the South of Sfax city (Tunisia)**  
 Monem KALLEL

Stax University:  
 Laboratory of research: Water, Energy and Environment  
 National Engineering School at Sfax (ENIS);  
 BP n° 3038 Sfax - Tunisia  
 e mail: monem.kallel@enis.ma.tn

Sevilla, Mars 21-24 2007  
 5th European Conference on Sustainable Cities & Towns

**The following organizations will assist the project staff and facilitate the implementation of the project:**

- 7 Municipalities of Grand Sfax
- Ministry of Interior and local development of Tunisia
- Ministry of Environment and sustainable development of Tunisia and all its major agencies: ANPE, ONAS, APAL and CITET
- Ministry of Development and International Cooperation of Tunisia
- Ministry of Equipment, habitat and land management of Tunisia, within the Projet TAPARURA (SEACNVS)
- Gouvernorates of Sfax
- National Federation of the Tunisian Cities (Fédération Nationale des Villes Tunisiennes)
- Tunisian Association of Urbanists (Association Tunisienne des Urbanistes)
- Radio Sfax
- National organizations and ONGs: UTICA – UTAP - Chambres de commerces de Sfax – UNFT - Conseil de l'ordre des Ingénieurs - Conseil de l'ordre des Architectes – AA Oiseaux – AA Thyna – APNES.

Source: SMAPIII

Figure 5.1-5 Partie de la présentation sur SMAP, et de ses participants

## 2) Salinité de l'eau de mer (concentration TDS)

Selon la figure 5.1-2, la plus forte concentration de TDS enregistrée en Septembre était 40 200 mg/L. Par ailleurs, le TDS a atteint 41 000 mg/L selon des recherches effectuées dans le cadre de cette étude. Le résultat des analyses au Japon montre un taux de 42 000 mg/L. A partir de ces données, il a été décidé de prévoir une salinité maximale de 41 000 mg/L.

## 3) Température de l'eau de mer

La figure 5.1-3 montre qu'en été, la température de l'eau de mer augmente jusqu'à 30°C, et retombe jusqu'à 14° C en hiver. Sauf qu'une marge de conception de 14-30° C sera beaucoup trop compliquée et les coûts seront très élevés<sup>2</sup>. Par conséquent et après discussion avec la SONEDE, une température maximale de 25°C sera prise en compte.

<sup>2</sup> Le flux d'eau dans la membrane OI augmente de 3% pour 1% d'augmentation dans la température. Il est par conséquent nécessaire de fournir des équipements avec des spécifications compliquées pour permettre le changement de la zone de la membrane et pour que la pression de filtration puisse correspondre à la grande marge des températures. Cet arrangement nécessite un grand coût d'investissement et des techniques de fonctionnement de haut niveau. Dans le cas d'une température de 30° C non couverte par la garantie, la qualité de l'eau sera moins bonne qu'à une température de 25° C tel que le montre la figure 5.1.6.

#### 4) pH

La moyenne considérée pour la conception est de pH7,9 tel que mentionné dans le Rapport SMAP. Puisque le résultat des recherches effectuées par l'Equipe d'Etude de la JICA ont aussi abouti à pH7,9, c'est cette valeur qui sera prise en compte.

#### 5) Autres

Les données d'analyse effectuée par la SCET<sup>3</sup> en février 2014 figurent dans le tableau 5.1-3.

Le tableau 5.1-3 montre les résultats analytiques trouvés par chaque laboratoire. Le résultat de l'analyse a montré que la qualité de l'eau est ordinaire comme l'eau de mer. Bien que quelques excès peuvent y être décelés, ceux-ci peuvent être traités au moyen de prétraitement et de dessalement dans les marges autorisées sans aucun traitement spécial.

**Tableau 5.1-3 Qualité de l'eau de mer et conditions de conception**

Items	unit	Drinking water Standard	Collected at depth of	by SCET	by Central Labo.	by Japan, Chiba	INSTM	SMAP 3	Djerba	Design		
										Design range	Design (Guarantee)	
Temperature	deg C						25.6--27.6	14-30	20	14-30	14-25	
pH	-	6.5-8.5	5m	7.9	-	-	7.8--8.12	-	8.04	-	7.9	
		NT09.14	+50cm	7.9	-	-	-	-	-	-	-	
EC	mS/cm	0.3-2.5	5m	52.4	79	-	-	-	-	-	-	
		NT09.34	+50cm	52.4	77	-	-	-	-	-	-	
Salinity	mgNaCl/l	-	5m	38,800	34,400	-	-	-	-	-	-	
		-	+50cm	38,000	35,200	-	-	-	-	-	-	
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/l	200-2,000	5m	40,000	-	42,200	39,500-40,300	38,500-40,500	41,210 100	-	38,500-42,000	38,500-41,000
		NT09.14	+50cm	41,000	-	42,200	-	-	-	-	-	-
Sodium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	200	5m	12,889	10,400	-	-	-	11,668 28.3%	-	-	12,889
		-	+50cm	13,028	20,000	-	-	-	-	-	-	-
Potassium (K <sup>+</sup> )	mg/l	-	5m	370	926	-	-	-	325 0.8%	-	-	370
		-	+50cm	381	436	-	-	-	-	-	-	-
Calcium (Ca <sup>++</sup> )	mg/l	200	5m	400	432	-	-	-	451 1.1%	-	-	400
		NT09.14	+50cm	420	411.5	-	-	-	-	-	-	-
Magnesium (Mg <sup>++</sup> )	mg/l	100	5m	1516	1,358	-	-	-	1,367 3.3%	-	-	1,516
		NT09.14	+50cm	1512	1,381	-	-	-	-	-	-	-
Chloride (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	500	5m	21,540	23,040	-	-	-	20,556 49.9%	-	-	21,540
		NT09.14	+50cm	21,810	23,040	-	-	-	-	-	-	-
Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	500	5m	2154	2,203	-	-	-	3,648 8.9%	-	-	2,154
		NT09.14	+50cm	2591	2,657	-	-	-	-	-	-	-
Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	mg/l	-	5m	213	-	-	-	-	-	-	-	213
		-	+50cm	213	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrate (NO <sub>3</sub> )	mg/l	45	5m	9.2	-	-	-	-	0	-	-	9
		NT09.14	+50cm	<2	-	-	-	-	-	-	-	-
Silica (SiO <sub>2</sub> )	mg/l	-	5m	1.48	2.6	-	-	-	0	-	-	1.5
		-	+50cm	1.85	4.2	-	-	-	-	-	-	-
Boron (B <sup>+</sup> )	mg/l	2.4	5m	4.89	6.6	-	-	-	-	-	-	5.6
		NT09.06	+50cm	5.63	6.1	-	-	-	-	-	-	-

note: NT09.14(2013)

Les deux colonnes à droite illustrent les spécifications recommandées par l'équipe d'étude de la JICA .

Design range"fourchette admissible pour la conception.

"Design (Guarantee)": Condition de conception pour la garantie de bonne exécution

Source: Equipe d'étude de la JICA

<sup>3</sup> L'échantillonnage a été effectué le 22/02/2014. Une analyse a été entreprise par le Laboratoire des Radio-Analyses et de l'Environnement à l'Ecole des Ingénieurs de Sfax. En outre, plusieurs autres éléments ont été analysés au Laboratoire Central du Ministère Tunisien de l'Industrie, de l'Energie et des Mines ainsi qu'auprès du Centre d'Analyse de l'Association Pharmaceutique de la Préfecture de Chiba au Japon.

## (2) Taux de récupération du système

Un grand taux de récupération peut réduire non seulement les coûts de construction mais également ceux de l'exploitation et d'entretien. Puisqu'un taux de récupération de 45% a été considéré possible de par la qualité de l'eau de mer, le taux pour le projet sera donc de 45%. Ce taux a été déterminé sur la base des stations existantes de dessalement d'eau de mer<sup>4</sup> dont la station de Jerba qui fonctionne avec ce taux de récupération de 45%. La pertinence de ce taux a été examinée comme décrit ci-après.

Bien que ce taux élevé de récupération est souhaitable en termes de flux réduits au niveau de la prise et du rejet, et puisque le flux de l'eau dépend de la qualité de l'eau brute et de la température, la pertinence du taux de récupération à 45% est évaluée par un calcul test de la concentration TDS alimentée et filtrée, et de la température de l'eau selon l'existence sur le marché de membranes OI (rejet de sel : 99,8%, écoulement d'eau : 32 m<sup>3</sup>/j) tel qu'indiqué au tableau 5.1-4. Les produits OI mentionnés dans le tableau 5.1-4 représentent 90% du marché mondial, et par conséquent on a jugé utile de nous référer aux caractéristiques de ces produits.

**Tableau 5.1-4 Caractéristiques de base des éléments OI**

Désignation	TM820R-400	TM820V-400	SW30HR LE-400	SWC5
	Toray	Toray	DOW	Hydranautics
1. Caractéristiques de base				
1) Rejet en sel (%)	99,8	99,8	99,8	99,8
2) Ecoulement d'eau (m <sup>3</sup> /j)	32,2	34,1	28	34
2. Conditions d'essai				
1) Salinité d'alimentation (mg/L)	32 000	32 000	32 000	32 000
2) Pression de fonctionnement (MPa)	5,5	5,5	5,5	5,5
3) Température d'alimentation (°C)	25	25	25	25
4) Récupération (%)	8	8	8	10

Source: Catalogues de constructeurs, arrangés par l'Equipe d'Etude de la JICA

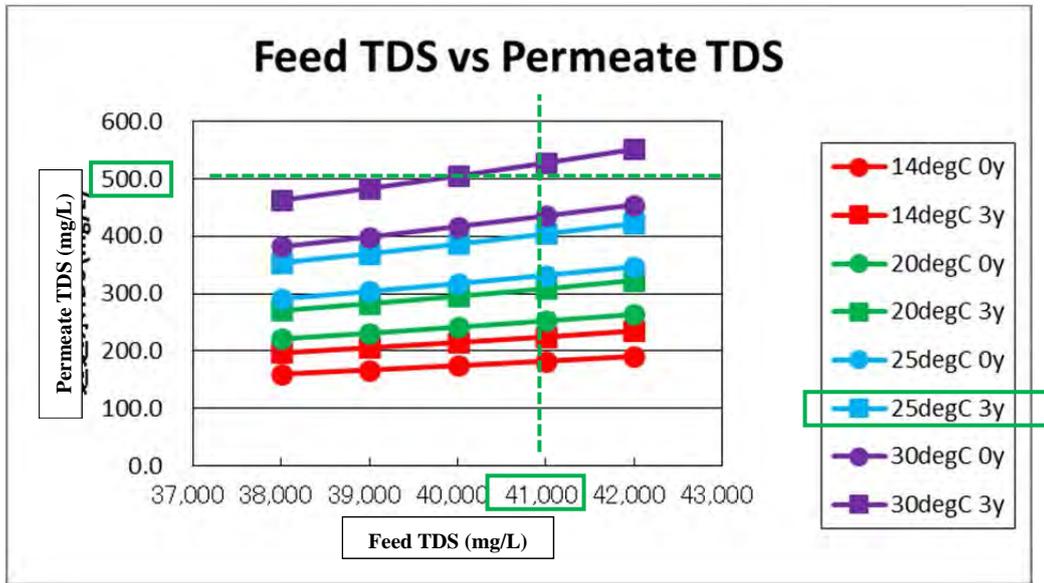
Les résultats des calculs expérimentaux sont montrés dans la figure 5.1-6. Lorsque le TDS de l'eau brute est de 41 000mg/L et la température est à 25 °C, le TDS dans l'écoulement d'eau est d'environ 300 mg/L. La membrane se détériore au fur et à mesure du fonctionnement. Après 3 années d'exploitation, le TDS sera encore à 400 mg/L respectant ainsi la cible qui est de 500 mg/L. Les résultats montrent également que le taux de récupération qui se situe à 45% atteint également la cible fixée en terme de qualité.

Ceci offre déjà une garantie minimale. Le fonctionnement en dehors de ces marges reste tout aussi possible. Par exemple, quand la température augmente à 30°C et que la salinité d'alimentation est de 41 000 mg/L, l'eau produite initialement aura un TDS de 420 mg/L. Sauf qu'après 3 ans de fonctionnement, l'eau produite sera de l'ordre de 530 mg/L à cause de la détérioration de la membrane (voir figure 5.1-6). Ce ne sont là que des estimations et il est possible en pratique d'obtenir une eau de meilleure qualité. Et même si

<sup>4</sup> La station de dessalement d'eau de mer opérée par Tifert, une entreprise de production d'engrais chimiques, est située à Skhira à 80 km au sud du Grand Sfax sur la baie de Gabes. La Station fonctionne depuis 2013 avec une capacité de 12000 m<sup>3</sup>/jour. L'eau dessalée est utilisée par l'usine de Tifert avec un taux de récupération de 45%.

la qualité escomptée n'est pas réalisée, l'eau produite sera meilleure que la qualité de l'eau utilisée actuellement. On peut donc affirmer que l'objectif consistant à améliorer la qualité de l'eau potable sera atteint.

Ainsi, le taux de récupération de 45% avancé constitue une bonne valeur de conception.



Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.1-6 Qualité de l'eau produite vs. température, salinité et période d'exploitation (45% récupération)**

(3) Autres paramètres sur la qualité de l'eau traitée et sur la conception

Les autres paramètres de qualité sont conformes aux exigences de la norme tunisienne sur la qualité de l'eau potable la NT09.14:1983. Les paramètres essentiels relatifs au dessalement sont montrés dans le tableau 5.1-5, mais ces normes sont applicables au niveau du robinet d'eau et non au niveau de la station de dessalement.

La nouvelle norme tunisienne NT09.14:2013 a été distribuée pour avis aux ministères/agences concernées en décembre 2013. Les remarques ont été compilées jusqu'en octobre 2014 et l'adoption de la norme est presque en état d'application. L'adoption de cette norme n'avait pas toujours eu lieu en Mar 2015.

**Tableau 5.1-5 Norme relative à l'eau potable en Tunisie relative aux stations de dessalement**

NT09.14: 1983							
Eléments	Unité	Tunisie NT09.14: 1983		Tunisie	WHO	Norme UE	Japon
		Recommandé	Acceptable	NT09.14: 2013			
pH	-	7 - 8	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	-	6.5 - 9.5	5.8 - 8.6
TDS	mg/L	<500	<2500	200 - 2000	<1000**	- (EC:2500µS/cm)	<500
Turbidité	NTU	<5	-	<3	<1	Acceptation par le consommateur	<2deg.***
Chlorure (Cl-)	mg/L	<200	<600	<500	<250**	250	<200
Bore (B)	mg/L	-	-	<2.4	<2.4	<1	<1

\*éléments importants pour la conception de stations de dessalement seulement \*\* Mauvais goût, pas de norme  
\*\*\* Kaolin 0.8 NTU = approximativement 1 deg

Source : SONEDE

En ce qui concerne le Bore, la SONEDE a demandé une concentration à 1.2 mg/L avec une garantie d'une année dans le cahier de charge relatif à la construction de la station de dessalement d'eau de mer de Djerba alors que la norme tunisienne ne régleme pas le Bore. Dans la nouvelle norme, il est prévu de limiter la concentration en Bore à 2,4 mg/L. la discussion entre la SONEDE et l'Equipe d'Etude de la JICA a porté sur une valeur de conception de 1,2 mg/L pour 1 année de garantie ou de 2,4 mg/L pour 3 années de garantie et il a été convenu d'adopter cette dernière valeur.

#### (4) Conclusion

Le tableau 5.1-7 résume les valeurs de conception relatives à la qualité d'eau pour ce projet.

**Tableau 5.1-6 Conditions de conception relatives à l'eau produite**

Désignation	SFAX, pour conception	Djerba (référence)	Référence
Qualité d'eau produite (TDS)	500mg/L	400mg/L	
Salinité d'eau de mer (TDS)	Moins de 41 000 mg/L	A 41 210 mg/L	
Température d'eau de mer	Moins de 25 °C	A 20 °C	
Période de garantie (après eau d'alimentation)	3 années* <sup>2</sup>	3 années	
Taux de récupération	45%	45%	
Bore	2,4 mg/L	1,2 mg/L	Nouvelle norme d'eau potable NT09.14 (2013) : 2,4mg/L
Période de garantie (après eau d'alimentation)	3 années* <sup>3</sup>	1 année	
Taux de remplacement de la membrane par an	20%/an	-	
Capacité de production par unité	25 000 m <sup>3</sup> /jour/unité	25 000 m <sup>3</sup> /jour/unité	
Flux d'eau	13 L/m <sup>2</sup> /h	13 L/m <sup>2</sup> /h	
Consommation en énergie électrique	4,2 kWh/m <sup>3</sup>	4,2 kWh/m <sup>3</sup>	

Notes:

\* 1: Période de garantie pour les unités d'OI. Il ne s'agit pas de la période de garantie de la station. La durée de la garantie commence à partir du démarrage de l'essai de garantie de la station.

\* 2: En se référant aux spécifications contenues dans le dossier d'appel d'offre relatif au projet de la station de dessalement d'eau de mer de Djerba, la période utilisée est de 3 ans laquelle période est couramment adoptée dans les projets similaires

\*3: La valeur recommandée par les fabricants en se basant sur leurs expériences pratiques

Source: Equipe d'étude de la JICA

### 5.1.3 Station de dessalement d'eau de mer

Le schéma de la station de dessalement d'eau de mer est présenté ci-dessous.

#### (1) Composition

Le système de membrane comporte 4 unités d'équipements en dehors des équipements de réception, des bâtiments, des dépôts et des bureaux. Des descriptions sommaires des différentes unités d'équipements figurent dans le chapitre suivant.

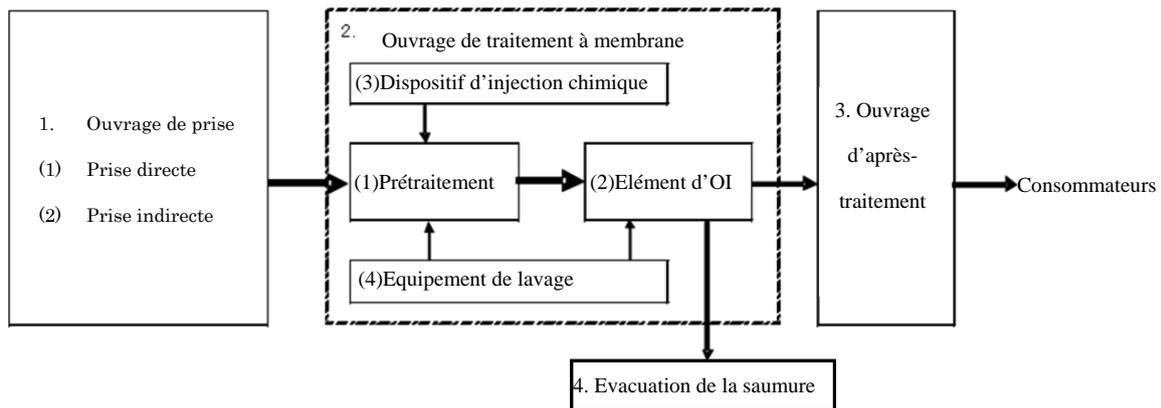


Figure 5.1-7 Equipements du système de membrane

#### (2) Description de chaque ouvrage

##### 1) Ouvrage de prise

Cet ouvrage transfère l'eau de mer ou l'eau saumâtre vers la station. Il existe 2 méthodes : prise directe et prise indirecte. Après examen, il a été décidé d'adopter la prise directe par conduite dans le cadre de ce projet. Les travaux d'extension de conduites de prise n'étant pas faciles, il est nécessaire de prévoir dès la Phase 1 une conduite d'une capacité de 444 400 m<sup>3</sup>/j, Les détails sont montrés dans le paragraphe 5.3.

##### a) Prise directe

Il y a deux façons de procéder. On peut prendre l'eau de mer sur le littoral ou faire la prise en mer et l'amener à travers une conduite vers la station. Cette méthode est adoptée essentiellement pour les stations de grande taille. La conduite qui mène l'eau vers la station nécessite l'injection de chlore dans le lieu de la prise pour empêcher les algues et autres organismes de se développer dans la conduite.

##### b) Prise indirecte

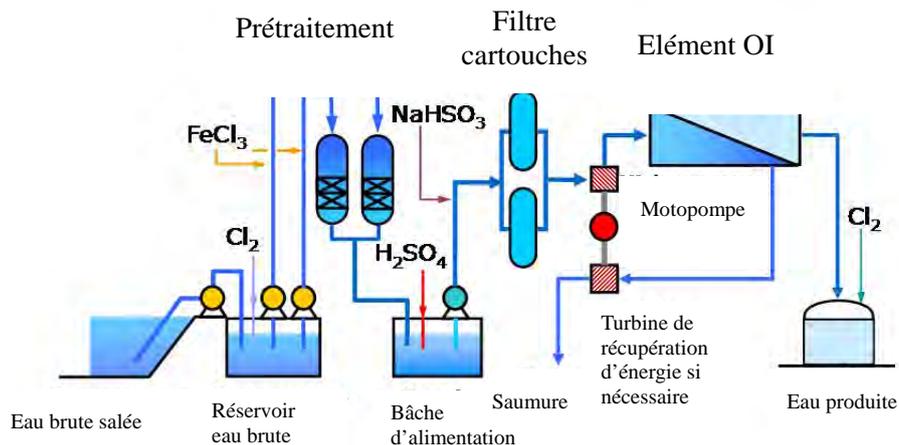
La méthode des puits de plage selon laquelle l'eau de mer entre dans un puits érigé sur la plage pour y être prise. L'avantage de cette prise est que la turbidité de l'eau de mer est éliminée quand l'eau arrive aux puits. Cette méthode est donc pratique puisqu'elle prévient la contamination de la membrane et lui

assure une durée de vie plus longue. Toutefois, cette méthode n'a pas que des avantages. Les puits peuvent arriver à épuisement ce qui nécessite la pose de nouvelles conduites, et il y a également lieu que certains ingrédients de l'eau de mer changent soudainement sous l'effet des conditions géologiques et de l'eau souterraine autour du puits. Outre ces inconvénients, il est nécessaire d'entreprendre les bonnes recherches avant d'effectuer un choix.

Il existe une autre méthode de prise indirecte : la méthode de prise d'eau dans le fond de mer qui agit comme une couche de filtration.

## 2) Traitement par membrane

L'équipement de traitement par membrane se compose de 4 principaux ouvrages comme suit (voir figure 5.1-8). Il est relativement facile d'étendre l'équipement de traitement par membrane et c'est pourquoi lors de la phase 1, il est procédé à l'installation d'un équipement pour la production de 100 000 m<sup>3</sup>/j d'eau traitée.



**Figure 5.1-8 Diagramme de flux de l'équipement de traitement par membrane**

### a) Prétraitement

Dans une station de dessalement d'eau de mer, il est exigé de procéder à un prétraitement afin de ne transférer vers la membrane qu'une eau de mer propre. Le prétraitement courant se base sur un processus de filtration par le sable. Récemment, des stations ont eu recours à un prétraitement par filtrage MF (Microfiltration) ou UF (Ultrafiltration). Le tableau 5.1-7 montre les caractéristiques des deux méthodes.

**Tableau 5.1-7 Caractéristiques des méthodes de prétraitement**

Désignation	Filtration par le sable	Filtration par membrane
1. Propreté de l'eau traitée	Propreté suffisante peut être assurée pour le traitement de la membrane OI.	Eau traitée plus propre que la filtration par le sable
2. Stabilité	La qualité de l'eau traitée peut être de moindre qualité si la qualité de l'eau de mer brute change d'une façon brusque à cause de tempête ou autres aléas	La qualité de l'eau traitée reste stable face au changement brusque de la qualité d'eau de mer à cause de tempêtes ou autres aléas
3. Coût initial	Moins coûteuse que la filtration par membrane	Plus coûteuse que la filtration par sable. Si la qualité de l'eau brute est médiocre, les coûts des équipements de prétraitement seront élevés. Une filtration par le sable est nécessaire si la qualité d'eau de mer est en dessous du niveau accepté.
4. Coûts de fonctionnement et d'entretien pour le prétraitement	Le remplacement des moyens de filtration se fait moins fréquemment. Prétraitement moins coûteux que la filtration par membrane	Le remplacement régulier de l'unité de membranes est nécessaire. Si la qualité de l'eau brute est médiocre, les coûts des équipements de prétraitement seront élevés
5. Coût de fonctionnement et d'entretien de la membrane OI	La fréquence de remplacement de la membrane OI est plus rapprochée avec des coûts de fonctionnement plus élevés	La fréquence de remplacement de la membrane OI baisse car l'eau prétraitée devient plus propre et limite la détérioration de la membrane OI.
6. Expérience	Une grande expérience <ul style="list-style-type: none"> <li>• Okinawa/Japan 40 000m<sup>3</sup>/j</li> <li>• Hamma/Algeria 200 000m<sup>3</sup>/j</li> <li>• Sydney/Australia 250 000m<sup>3</sup>/j</li> <li>• Al Jubail/Saudi Arabia 90 000m<sup>3</sup>/j</li> <li>• Ashkelon/Israel 330 000m<sup>3</sup>/j</li> </ul>	expérience limitée <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fukuoka/Japan 50 000m<sup>3</sup>/j (La filtration au sable est pratiquement appliquée par le biais de la Méthode de Prise au Fond Marin)</li> <li>• Ras al-Khaimah Investment Authority /UAE 2 000m<sup>3</sup>/j</li> <li>• SAWACO/Saudi Arabia 2 500m<sup>3</sup>/j</li> </ul>
7. Autres	Appliquée pour le projet de dessalement de mer à Djerba	-
8. Evaluation : aspect technique	Applicable	Applicable
9. Evaluation : aspect financier	Plus d'avantages que la filtration par membrane	Moins d'avantages que la filtration par le sable.
10. Evaluation	Appliquée dans la présente étude	Non appliquée dans la présente étude

Source: Equipe d'étude de la JICA

Selon le tableau ci-dessus, la filtration par le sable est utilisée pour le prétraitement dans le projet. Par conséquent, le processus de filtration par membrane a été adopté pour des considérations d'économie et pour ses antécédents. Etant donné que le coût initial détaillé et le coût O&M pour les deux méthodes ne sont pas révélés par les fabricants, la comparaison susmentionnée s'est basée sur un jugement qualitatif.

Après le prétraitement, les produits chimiques nécessaires, présentés au point b) ci-dessous, sont dosés selon les caractéristiques de la membrane. Ensuite l'eau prétraitée passe par les cartouches des filtres pour éliminer les particules de  $5 - 20 \times 10^{-6} \mu\text{m}$ . L'eau passe ensuite dans l'élément OI.

b) Equipement d'injection chimique (Cl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>, NaHSO<sub>3</sub>, etc.)

Un agent de désinfection est rajouté afin d'empêcher la prolifération des bactéries dans le système. L'hypochlorite de sodium (NaClO) est souvent utilisé. Le chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>) est utilisé comme agent de floculation avant la filtration de sable. L'ajustement du pH peut être effectué en utilisant de l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ou de l'acide hydrochlorique (HCl)

c) Élément OI

Les membranes d'OI sont installées en nombre nécessaire. Des pompes de forte pression font également partie de ce mécanisme. Des équipements de récupération d'énergie sont souvent rattachés à la pompe de haute pression dans le but de réduire la consommation d'énergie.

d) Equipement de lavage

Les équipements de prétraitement, dont surtout le filtre de sable, doivent être lavés pour évacuer les particules retenues dans le système. L'équipement de lavage est donc nécessaire. Les membranes sont également lavées plusieurs fois par an et il est donc nécessaire de prévoir, à plusieurs endroits, un dispositif pour la préparation des produits chimiques.

3) Ouvrage post-traitement

Pour l'eau potable, il serait nécessaire d'ajouter des éléments de solidification tel que le calcium et le pH pour se conformer aux exigences de la norme. Un agent désinfectant (comme par exemple le chlore) est injecté afin d'empêcher la prolifération des bactéries dans les réservoirs et les conduites.

4) Ouvrage d'évacuation de la saumure

Le procédé de membranes génère de l'eau pure mais également de la saumure. Dans les stations de dessalement d'eau de mer, la saumure est reversée dans la mer. Comme discuté au chapitre 5.4, la méthode d'évacuation par buses sous-marines multiples est utilisée dans le cadre de ce projet. Des travaux d'extension seront difficiles dans l'avenir, il est donc nécessaire de prévoir lors de la Phase 1 des buses de capacité d'écoulement de 244 400 m<sup>3</sup>/j qui est la capacité totale prévue pour la totalité du projet d (= prise 444 400 m<sup>3</sup>/jour – Production 200 000 m<sup>3</sup>/jour).

5) Ouvrage de stockage de l'eau produite

Il est nécessaire de prévoir un ouvrage pour le stockage de l'eau produite sur site pour servir en cas d'interruption de l'adduction ou de panne quelconque nécessitant un temps de réparation, et pour assurer la bonne marche des pompes de refoulement. Un ouvrage de stockage d'une capacité de 25 000 m<sup>3</sup> correspondant à la production de 6 heures sera construit au cours de la Phase 1. Un espace pour la construction d'un ouvrage similaire lors de la Phase 2 sera également prévu.

## 6) Chambre des pompes de refoulement

Les pompes qui servent à refouler l'eau produite vers le réservoir PK11 seront installées sur le site même de la station de dessalement. Les détails sont discutés dans le paragraphe 5.6.2.

### 5.2 Site de construction de la station de dessalement d'eau de mer

Le site de construction de la station de dessalement d'eau de mer nécessite assez d'espace pour la station elle-même, pour un réservoir d'eau brute, un réservoir de l'eau produite, des pompes de refoulement vers les réservoirs existants, des ouvrages de réception et de transformation de l'énergie électrique, d'un bâtiment pour le stockage des consommables, de bâtiments administratifs et d'aires de stationnement,. La surface totale du site sera de près de 200 000 m<sup>2</sup> pour une capacité de 200 000 m<sup>3</sup>/j.

Le site proposé pour la construction de la station de dessalement d'eau de mer a été choisi parmi 7 sites, dont 4 proposés par la SONEDE au début de l'étude et 3 ont été proposés par l'Equipe d'Etude de la JICA après le démarrage de l'Etude tel que mentionné dans le tableau 5.2-1.

**Tableau 5.2-1 Résultat de la sélection du site pour la station de dessalement**

No	Emplacement	Sélection primaire		Sélection secondaire		Evaluation de l'APAL	Avis définitif
		Résultat	Avis	Ordre de priorité	Avis		
1	El Amra Nord (Sfax)	non concluant					
2	El Amra Sud (Sfax)	non concluant					
3	Agareb (Sfax)		Passer à l'étape suivante	2	Concertation avec l'APAL	Accept	Select
4	Chebba Sud (Mahdia)	non concluant					
5	Nakta (Sfax)		Passer à l'étape suivante	1	Concertation avec l'APAL	Reject	
6	Chebba Nord (Mahdia)		Passer à l'étape suivante	3			
7	Mahres (Sfax)		Passer à l'étape suivante	4			

Source: Equipe d'étude de la JICA

Au début, lors de la phase 1 de l'Etude, les sites proposés ont été évalués sur la base de leur emplacement. Ensuite les 4 meilleurs sites ont été réexaminés une deuxième fois avec le facteur coûts de construction et consommation électrique étant un coût qui suit le cycle de vie. Au terme de la deuxième évaluation, 2 sites ont été sélectionnés pour l'évaluation finale. Ces 2 sites sont situés à l'intérieur du DPM (Domaine Public Maritime) où l'approbation de l'APAL (Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral) est nécessaire. Le site ayant été classé premier est situé près d'une plage de sable ayant une valeur touristique. Selon l'APAL, le site ne pourra pas être autorisé pour pouvoir conserver la plage. Par ailleurs, l'autre site ne fait partie d'aucun plan et son utilisation a été autorisée. Par conséquent, c'est ce site qui a été choisi pour la station.

L'APAL a étudié le site dans ces moindres détails. Le site a donc été officiellement indiqué ; il est situé au sud-ouest de l'endroit choisi. Sur cette base, tous les ouvrages de la station de dessalement ont été prévus. L'APAL donnera son accord officiel après que l'ANPE donne son approbation sur l'EIE.

### 5.3 Prise d'eau de mer

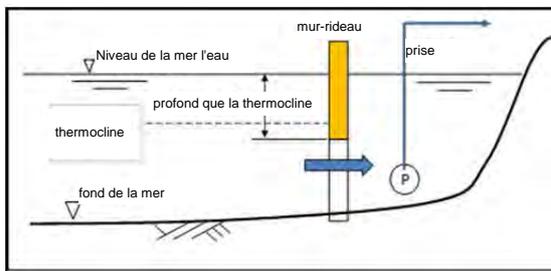
#### 5.3.1 Système de prise

Il existe deux systèmes de prise : la prise directe et la prise indirecte. Ces deux systèmes comptent plusieurs sous-systèmes comme le montre le tableau 5.3-1.

**Tableau 5.3-1 Comparaison des systèmes de prise**

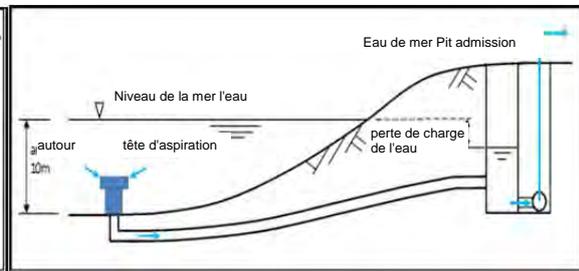
Système de prise	Méthode	Caractéristiques	Référence
Prise directe (Prise en profondeur) (Fig 5.3-1)	Prise dans le fond de mer sous le voile d'étanchéité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prise dans le fond en face du voile d'étanchéité</li> <li>Pour protéger la prise contre l'eau de surface qui est influencée par le vent et les vagues... l'eau est prise en dessous de la thermocline puis acheminée. La partie à la surface est protégée par le voile d'étanchéité</li> <li>Influence limitée des vagues ....</li> <li>Il est possible de prendre de grandes quantités d'eau.</li> <li>Des profondeurs considérables sont nécessaires au niveau de la prise</li> </ul>	Nécessite de procéder à un dragage à 10 m de profondeur. Non applicable pour ce projet.
Prise directe (Prise en profondeur) (Fig 5.3-2)	Prise dans le fond à travers une conduite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permet des prises d'eau stables en mer.</li> <li>Protection contre l'afflux des eaux de surface</li> <li>Influence limitée des vagues ....</li> <li>Il est possible de prendre de grandes quantités d'eau..</li> <li>La qualité de l'eau est meilleure que la prise directe à cause de la filtration par le sol mais certaines particules peuvent être prises également</li> <li>Il faut surveiller le taux de filtration à long terme</li> <li>Aucune influence des vagues</li> <li>Pour les prises de petite ou moyenne taille</li> </ul>	Méthode adaptée à ce projet
Prise indirecte (Infiltration) (Fig 5.3-3)	Prise à travers les puits de plage	<ul style="list-style-type: none"> <li>La qualité de l'eau est meilleure que la prise directe à cause de la filtration par le sol mais certaines particules peuvent être prises également</li> <li>Il faut surveiller le taux de filtration à long terme</li> <li>Influence limitée des vagues</li> </ul>	Méthode non adaptée à un projet de grande envergure. Non applicable pour ce projet
Prise indirecte (Infiltration) (Fig 5.3-4)	Prise dans le fond de mer	<ul style="list-style-type: none"> <li>La qualité de l'eau est meilleure que la prise directe à cause de la filtration par le sol mais certaines particules peuvent être prises également</li> <li>Il faut surveiller le taux de filtration à long terme</li> <li>Influence limitée des vagues</li> </ul>	Une grande étude du fond de la mer est nécessaire. Non applicable pour ce projet

Source: Equipe d'étude de la JICA



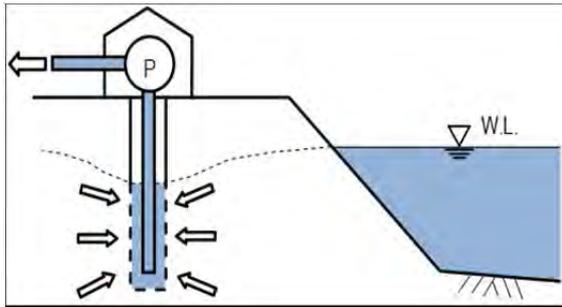
Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.3-1 Méthode voile d'étanchéité**



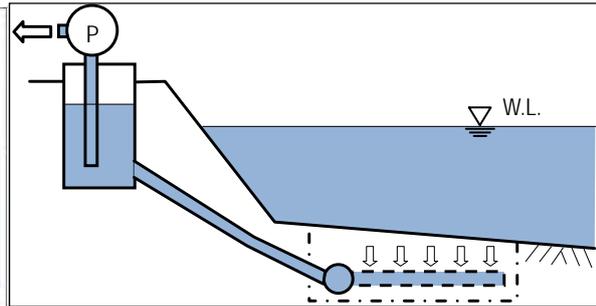
Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.3-2 Prise directe à travers la conduite**



Source: Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.3-3 Puits de plage**



Source : Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.3-4 Prise dans le fond de mer**

### 5.3.2 Choix de la méthode de prise

Dans le système de prise directe, la méthode de prise au niveau du voile d'étanchéité nécessite l'installation d'un déversoir le long de la côte. A cet effet, le fond de mer devrait être dragué sur plus de 10 m de profondeur pour éviter la prise de sable et de boue.

Pour ce projet et vu les conditions géographiques du côté de Sfax, la prise directe en mer et l'acheminement de l'eau de mer par conduite serait la solution adaptée.

Quant à la méthode de puits de plage, on a également procédé à l'examen de cette méthode mais la nature géologique de la zone ne permettant pas d'assurer la perméabilité de l'eau de mer dans la plage, cette méthode n'a pas été recommandée. A titre de référence, la station de dessalement Sur à Oman qui est considérée la plus grande station au monde à utiliser la méthode des puits de plage, dispose de puits d'une capacité de 5 000 à 10 000 m<sup>3</sup>/jour/puits<sup>5</sup>. Si ce même volume d'infiltration est appliqué, 45-90 puits seront nécessaire pour une capacité de 200 000 m<sup>3</sup>/j, ce qui signifie qu'il faudra disposer d'une grande surface pour pouvoir installer les puits à un intervalle d'une douzaine de mètres d'un puits à un autre. Par conséquent, la méthode des puits de plage s'avère inadaptée pour le projet en question.

### 5.3.3 Plan de base pour l'installation de prise

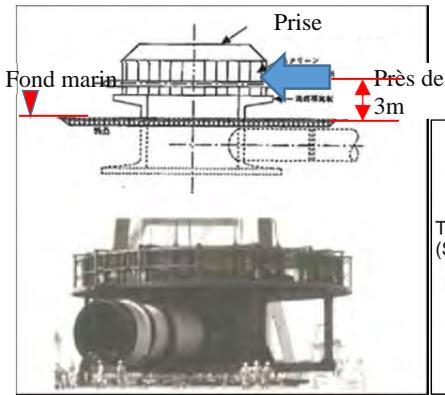
#### (1) Point de prise

Comme indiqué dans la section 5.3.2, ce projet fait usage de la prise directe par le biais de conduite. Les travaux en mer sont spéciaux et coûteux car leur période reste limitée par les conditions atmosphériques. Les conduites de prise et de rejet de la saumure seront installées parallèlement l'une à l'autre sur le même tracé afin de faire des économies dans les coûts et la période de construction. Après l'étude des conditions du fond marin pour le tracé des conduites, les tours de prise et de rejet seront respectivement installées à 3 600 mètres (avec une profondeur de 8 mètres à marée basse) et 4 400 mètres (une profondeur de 10 mètres à marée basse) bien loin au sud de la station de dessalement.

La niveau de prise sera à 8 mètres en dessous de dessus de la surface de l'eau en tenant compte de i) 1-1.5 m ou plus au-dessus du fond de la mer là où il n'est pas prévu d'enregistrer des turbulences, et ii) 1-1.5 m ou

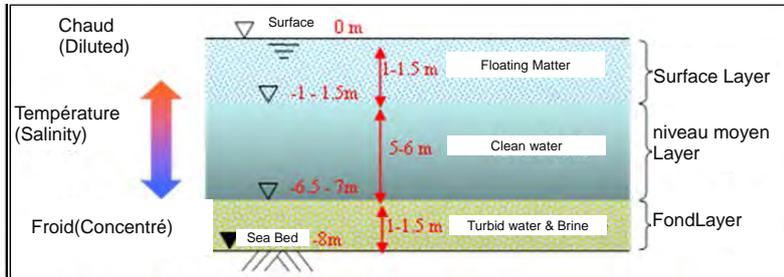
<sup>5</sup> Source: GWI, Alden Desalination Intake Solutions Workshop, Holden Massachusetts, 16 Octobre 2008

plus au-dessous de la surface de l'eau, là où il n'est pas prévu d'enregistrer un effet sur la température ambiante (voir la figure 5.3-7). La figure 5.3-5 illustre la tour de prise.



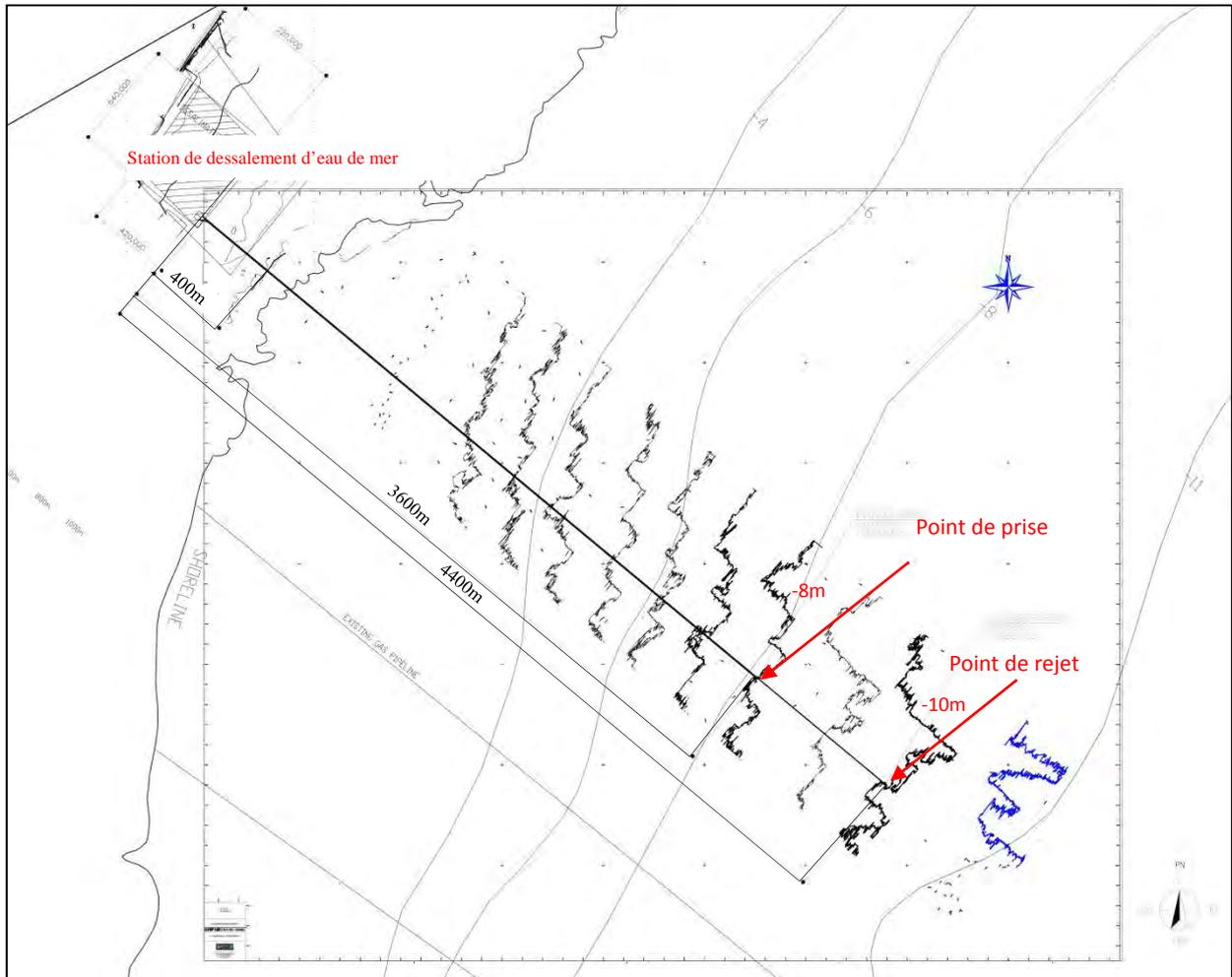
Source: Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.3-5 Tour de prise**



Source: Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.3-6 Coupe transversale de la mer au point de prise**



Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.3-7 Points de prise et de rejet**

(2) Volume de prise:  $444\,400\text{m}^3/\text{j}$

Comme mentionné dans la section 5.1.2, la récupération du système a été définie à 45%, et donc la quantité de prise a été calculée à  $444\,400\text{ m}^3/\text{jour}$  ( $= 200\,000 / 0,45$ ). Le volume utilisé sur site est négligé pour le moment parce qu'il s'agit d'un volume relativement petit par rapport au volume de production qui est de  $200\,000\text{ m}^3/\text{j}$ .

(3) Linéaire de la conduite de prise

La longueur de la conduite de prise est de  $3\,600\text{m}$ , dont  $400$  mètres sur la côte. Voir la figure 5.3-8.

(4) Perte de charge dans la conduite:

Afin d'éviter les excavations profondes sur la côte qui rendent encore plus difficiles les travaux de construction et haussent les coûts, la profondeur de l'excavation au niveau de la fosse de prise a été limitée à moins de  $10\text{ m}$  en dessous du niveau du sol. Comme le montre la figure 5.3-8 et le calcul montré ci-dessous, le fond de la fosse de prise sera à près de  $8,5\text{ m}$  au-dessous du niveau du sol dans le cas où le diamètre de la conduite de prise est de  $2\text{ m}$ . Par conséquent, la perte de charge de la conduite ne doit pas dépasser près de  $1,8\text{m}$ .

$$\begin{aligned} & \text{Niveau du sol dans la fosse de prise (Niveau de la mer } +2\text{m)} \\ & = \text{Niveau du fond de la fosse de prise} + \text{marge de tolérance } 1\text{m} + \text{diamètre de la conduite de prise } 2\text{m} \\ & \quad + \text{marge de tolérance } 0,5\text{m} + \text{Perte de charge de la conduit de prise } 2\text{m} + \text{marge de tolérance } 1\text{m} \\ & \quad + \text{hauteur du sol au-dessus du niveau de la mer } 2\text{m} \\ & = \text{Niveau inférieur de la fosse de prise} + 8,5\text{m (pour une conduite de prise dont le diamètre est de } 2\text{ m)} \end{aligned}$$

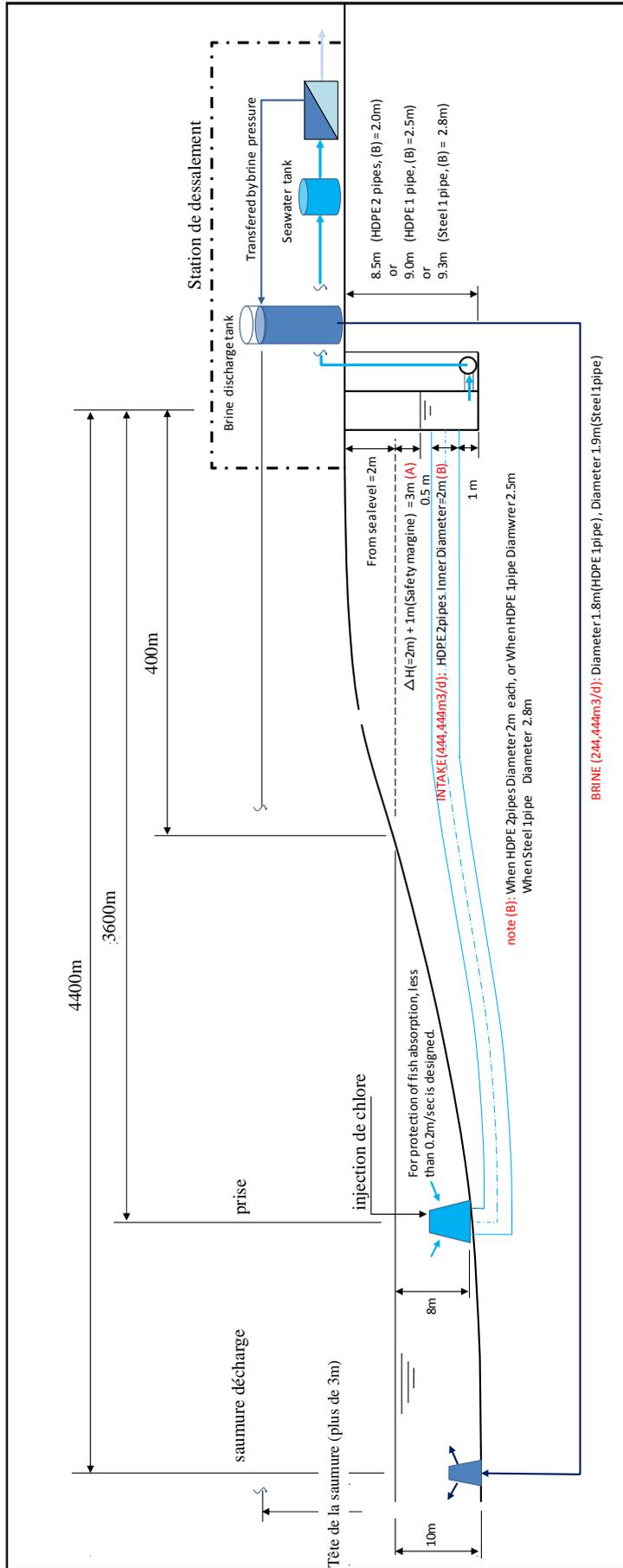
Perte de charge de la conduite de prise  $2\text{m}$  = Perte d'eau à la tête de prise  $0,1\text{m}$  + Perte de charge au niveau de la conduite  $1,8\text{m}$  + Perte de charge au niveau de la fosse de prise  $0,1\text{m}$

(5) Nombre de conduites de prise

L'approche de base est une seule conduite de prise. Cependant, l'expérience et la fiabilité de fabrication doivent être prises en compte surtout dans le cas de grandes conduites. Les détails sont décrits dans la section 5.3.4.

(6) Matériaux des conduites

Le matériau des conduits peut être (i) PEHD, (ii) plastic renforcé en fibre de verre (GRP), et (iii) acier avec des électrodes de protection contre la corrosion recouverts de béton, déjà utilisés dans des projets similaires. Le GRP a surtout été utilisé au Moyen Orient, mais moins que le PEHD en Europe. Par ailleurs, les conduites en acier nécessitent l'installation d'électrodes pour la protection anticorrosion. Les électrodes nécessitent un entretien régulier qui n'est pas facile à mettre en œuvre dû au manque d'expérience de la SONEDE et de la structure O&M. Par conséquent, c'est le PEHD qui a été choisi pour ce projet.



Source: Equipe d'étude de la JICA

Figure 5.3-8 Diagramme des conduites de prise et d'évacuation de l'eau chargée

(7) Le chlore est injecté pour empêcher le développement de coquillages, d'huitres et d'algues marines à l'intérieur de la conduite. Le diamètre de la conduite sélectionné est de 4 pouces.

(8) la conduite pour le rejet de saumure est installée pour sa pleine capacité du fait de la difficulté d'extension future. Le construction en haute mer dépend beaucoup des conditions météorologiques et requiert une technologie particulière. La période intervalle entre la Phase 1 et la Phase 2 est de 5 ans. Afin de minimiser les coûts et de réduire les délais de construction, toute la conduite doit être construite en une seule phase.

### 5.3.4 Estimation du diamètre de la conduite de prise

(1) Estimation du diamètre de la conduite de prise

La figure 5.3-8 montre un diagramme schématique des conduites de prise et de rejet.

Selon la section 5.3.3, le matériau choisi pour les conduites est le PEHD. A titre de référence, les caractéristiques propres aux conduites en acier sont également mentionnées. Le diamètre de la conduite est calculé selon les conditions suivantes :

- Volume de prise : 444 400 m<sup>3</sup>/j
- Perte totale de charge : 2 m approximativement (perte de charge de la conduite : près de 1,8 m)
- Coefficient de rugosité : 0,016
- Formule : Formule de Manning

Le coefficient est défini à 0,016 à partir de projets similaires. A l'entrée de la conduite de prise, on injecte du chlore pour empêcher que des organismes marins adhèrent à l'intérieur de la conduite. Si de tels organismes collent à la surface intérieure de la conduite, la rugosité augmente. Pour des considérations de sécurité, il faut choisir une surface relativement rugueuse.

Les calculs montrent qu'en cas de conduite unique en PEHD, le diamètre doit être de 2500 mm. Toutefois, il n'y a pas plusieurs fabricants capables de fabriquer des conduites en PEHD dans des diamètres aussi grands et la demande n'est pas grande non plus. En cas de conduite double, il faut prévoir un diamètre de 2000 mm. Pour un tel diamètre, l'offre est plus variée. La conduite double offre également des avantages au niveau du fonctionnement. Lorsqu'une conduite enregistre des problèmes de fonctionnement, l'autre reste fonctionnelle, la prise d'eau n'est pas interrompue et la station peut alors produire en continu. Pendant la phase 1, une seule conduite peut refouler la totalité du volume pris. Même si le coût est plus élevé, le projet a opté pour la double conduite pour les raisons sus mentionnées.

Le tableau 5.3-2 présente une comparaison entre une conduite unique et une conduite double en PEHD. A titre de comparaison, le coût de la conduite de rejet des eaux chargées est inclus à l'installation. Les détails de la conduite de rejet des eaux chargées sont décrits dans le paragraphe 5.4.

A titre de référence, la conduite en acier est incluse dans le tableau 5.3-2. En cas d'une seule conduite, il est nécessaire de prévoir un diamètre de 2800 mm. Pour une conduite en acier avec un tel diamètre, les fabricants ont une expérience assez confirmée. Il est donc indiqué de recourir à l'acier en cas de construction d'une seule conduite (voir annexe pour plus de détails).

**Tableau 5.3-2 Comparaison des coûts de construction**

Matériau	PEHD x1 ligne	PEHD x 2 lignes	Acier x 1 ligne
Prise (3 600m)	Près de 2 500mm ID	Près de 2 000mmID	Près de 2 800mmID
Rejet eaux chargées (4 400m)	Près de 1 800mm ID	—	Près de 1 900mmID
Total	USD 68,5 million	USD 77,8 million	USD 74,0 million
Zone estimée de dragage (m <sup>2</sup> )	161 600	161 600 (dans le cas de 2 phases de construction, 260000)	168 800
Evaluation: coût	A	B	-
Evaluation: technique	B	A	-
Evaluation: total	B	A	-

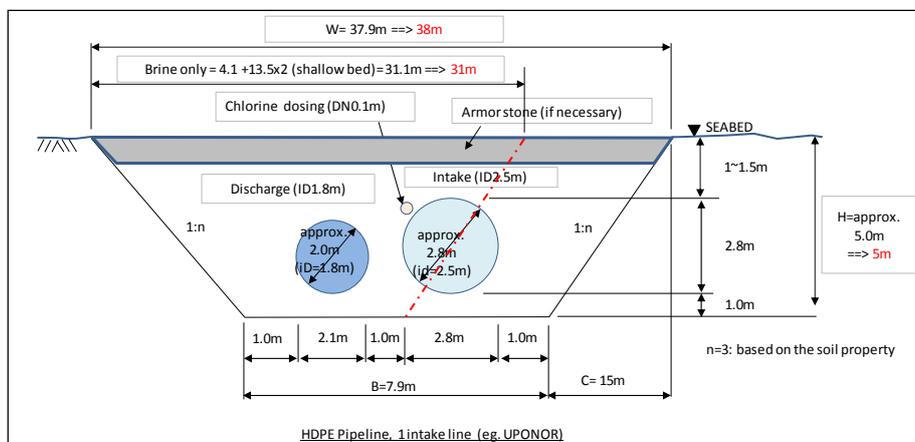
Note : A signifie « Avantageux », B signifie « moins avantageux »  
 Source: Equipe d'étude de la JICA

(2) Illustration des sections transversales des conduites de prise et de rejet

Les illustrations des coupes transversales des conduites sont montrées dans la figure 5.3-9 et la figure 5.3-11. La conduite sélectionnée est illustrée dans la figure 5.3-10. La conduite de rejet des eaux chargées est décrite dans le paragraphe 5.4.

Les travaux d'installation de la conduite au fond de la mer se font sur 3600 m de longueur à partir du site de prise jusqu'à l'emplacement de la station de dessalement sur près de 30 à 40 m de largeur. La méthode d'excavation à fossé ouvert est employée. Si le puits d'arrivée peut être préparé en mer, la méthode de cric-poussoir ou de forage en tunnel protecteur seraient appliquées. Toutefois, ces méthodes ne sont pas applicables dans le cas de ce projet à cause des coûts relativement élevés à cause i) des travaux devant être entrepris en mer, et ii) la quantité considérable de jaillissement d'eau de mer.

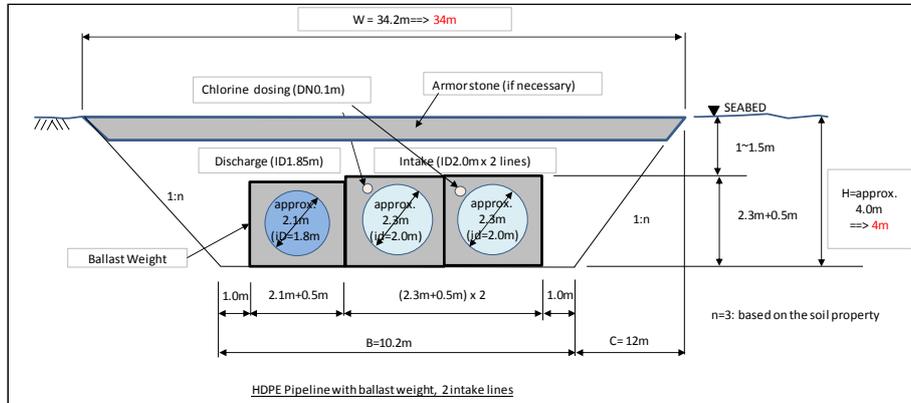
La figure 5.3-9 montre une conduite en PEHD fournie par l'entreprise UPONOR. Les conduites UPONOR sont fabriquées en donnant un aspect circulaire à la forme initiale en caisson. En remplissant ce caisson par de la résine de mortier, les conduites deviennent plus lourdes que l'eau. Par conséquent ce type de conduites n'a pas besoin d'un poids de lest.



Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.3-9 Schéma des conduites de prise 1 x PEHD et de rejet 1 x PEHD**

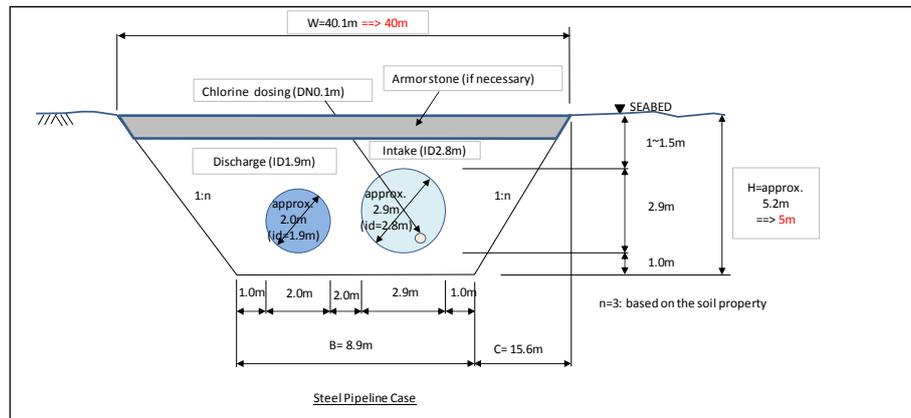
La figure 5.3-10 montre 2 conduites en PEHD (produits PIPELIFE et/ou AGRU). Le PEHD est plus léger que l'eau, par conséquent il est nécessaire de prévoir un poids de lest pour les maintenir en dessous de la surface de l'eau. La taille du poids de lest est estimée à +0.5~0.6 mètre de plus que le diamètre de la conduite.



Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.3-10 Schéma de conduite de prise 2 x PEHD et de rejet 1 x PEHD**

La figure 5.3-11 illustre une conduite en acier. Le diamètre de la conduite est plus grand que celui des conduites PEHD du fait des tuyaux de dosage de chlore et des électrodes.



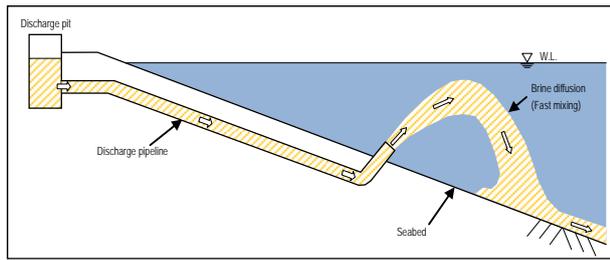
Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.3-11 Schéma de conduite de prise en acier x 1, et de rejet en acier x 1**

## 5.4 Système de rejet des eaux de mer chargées (saumure)

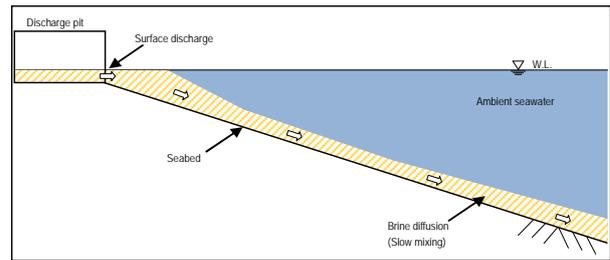
### 5.4.1 Système de rejet des eaux de mer chargées

Le principal système de rejet des eaux chargées est i) un rejet à partir de la côte, et ii) un rejet à travers une conduite submergée présentés respectivement dans les figures 5.4-1 et 5.4-2. Dans le cas du rejet à partir de la côte, l'eau concentrée est diffusée puis diluée le long du fond marin. Dans le cas du rejet à travers la conduite submergée, les eaux chargées sont diffusées et diluées en mer. En atteignant le fond de la mer, l'eau chargée est diluée.



Source: Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.4-1 Rejet à partir de la côte**

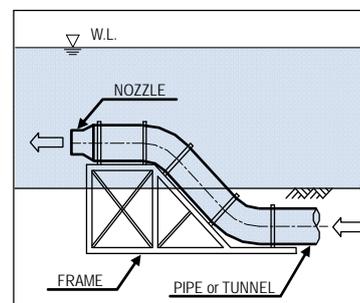
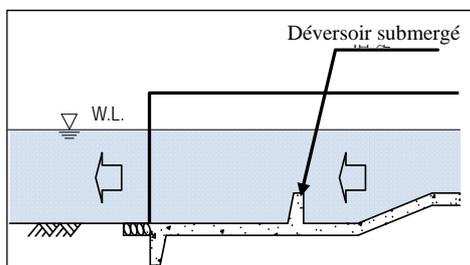
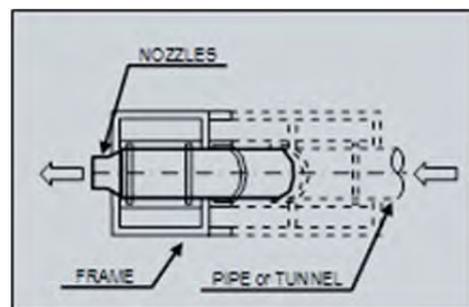
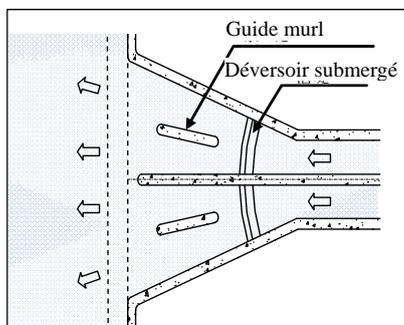


Source: Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.4-2 Rejet par le biais de conduites immergées**

Les méthodes de rejet sont classées selon les caractéristiques des tuyaux :

- (1) Rejet de surface – Rejet à partir du rivage – système de canal ouvert (Rejet du rivage directement vers la mer) , voir la figure 5.4-3
- (2) Rejet sous-marin- Rejet en mer – Système à tuyau ( Rejet à partir d’un tuyau installé en mer), voir figure 5.4-4.
- (3) Rejet sous-marin - Rejet en mer – Système à tuyaux multiples ( Rejet à partir de plusieurs tuyaux reliés à une tour d’évacuation installée en mer), voir figure 5.4-5.
- (4) Rejet sous-marin - Rejet en mer – Système élevé- Rejet à partir de tuyaux connectés à la conduite d’évacuation). Voir figure 5.4-6.

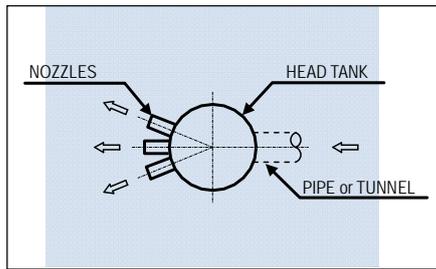


Source : Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.4-3 Rejet par canal ouvert**

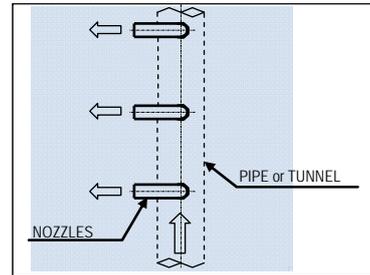
Source : Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.4-4 Rejet par tuyau unique**



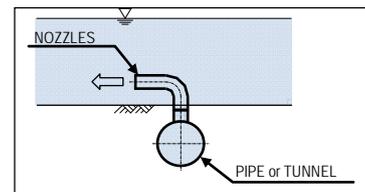
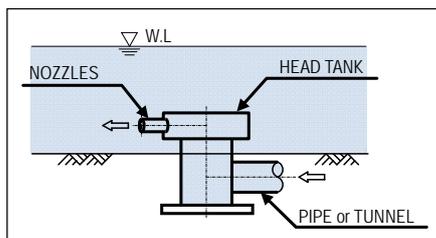
source : Tokyo Kyuei

**Figure 5.4-5 Plusieurs tuyaux**



source : Tokyo Kyuei

**Figure 5.4-6 Tuyau surélevé**



#### 5.4.2 Choix de la méthode de rejet pour ce Projet

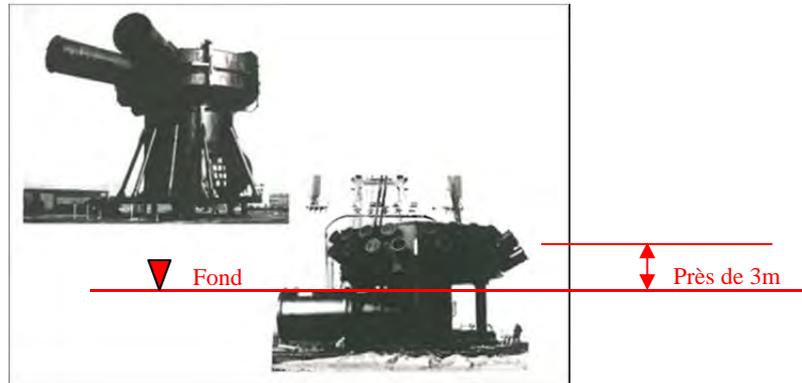
D'après le tableau comparatif suivant, le système à plusieurs tuyaux est retenu pour le rejet des eaux chargées.

**Tableau 5.4-1 Choix du système de rejet**

Type	Aperçu	Evaluation
(1) Rejet par canal ouvert	L'installation de rejet est prévue près des revêtements La mer en face de la côte devra être profonde pour des considérations environnementales. Ceci n'est pas le cas ici. Cette méthode n'est donc pas applicable.	PB
(2) Rejet à travers un seul tuyau	La conduite et la tour de rejet sont installées en mer. L'efficacité de diffusion des eaux de mer chargées sera limitée si un seul tuyau est utilisé	PB
(3) Système à plusieurs tuyaux	La conduite et la tour de rejet sont installées en mer. L'efficacité de diffusion des eaux de mer chargées sera efficace si plusieurs tuyaux sont utilisés	Sélectionné
(4) Système surélevé	La conduite et la tour de rejet sont installées en mer. Un volume de rejet équilibré au niveau des tuyaux est obtenu grâce à la résistance au flux et le diamètre des tuyaux. Mais au bout de quelque temps, le flux n'est pas équilibré à cause des boues ou tout autre corps à l'intérieur des conduites.	PB

Comme l'indique la figure 5.3-7, la tour de rejet des eaux chargées sera installée à 4,4 km de la station de dessalement d'eau de mer. (profondeur de 10 m à marée basse). Il est préférable d'installer les conduites de rejet dans des zones plus profondes pour réduire l'impact sur l'environnement et surtout sur les herbiers marins. Cependant, les coûts de construction augmenteront d'une façon considérable si la conduite devait être menée vers des zones sans herbiers marins. Par conséquent et en référence au point

de vue émis par l'ANPE, il a été décidé d'installer la tour de rejet à 10 mètres de profondeur, et d'installer les tuyaux de rejet d'une façon diagonale vers la surface à 3 m de profondeur orientés à l'opposé de la côte et ainsi réduire la diffusion des rejets. Ce point de rejet est à 800 m de la tour de prise ce qui exclut le captage d'eaux chargées. La figure 5.4-7 montre la tête de rejet des eaux chargées.



source: Tokyo Kyuei

**Figure 5.4-7 Illustration d'une tour de rejet de saumure**

#### **5.4.3 Principes élémentaires pour le choix d'ouvrages de rejet des eaux chargées (saumure)**

- (1) Système de rejet : rejet sous-marin- rejet en mer (voir annexe pour plus de détails)
- (2) Volume de rejet de saumure : 244 400m<sup>3</sup>/j
- (3) Longueur de la conduite de rejet des eaux chargées:  
Linéaire totale : 4,4 km, dont 0,4 km sur terre et 4,0 km en mer. La distance entre les tours de prise et de rejet est de 800 m .
- (4) Perte de charge dans la conduite  
Comme le montre la figure 5.3-8, eu égard de la perte au niveau du tuyau de rejet et de la conduite, la perte de charge est estimée à 3m H en pré-condition. Par conséquent, la perte de charge de la conduite doit être de 2,1 m.
- (5) Nombre de conduites de rejet  
L'approche de base préconise une seule conduite de rejet, mais la fabrication de conduites avec des diamètres importants n'est pas encore très fiable. Les détails sont décrits dans le paragraphe 5.4.4.
- (6) Matériau de la conduite  
Le choix s'est porté sur une conduite en PEHD. Voir le paragraphe 5.3.3 (6).
- (7) La construction en mer est délicate, il faut donc procéder à l'installation de la conduite de rejet en même temps que l'installation de la conduite de prise

#### **5.4.4 Estimation du diamètre de la conduite de rejet des eaux chargées**

- (1) Calcul du diamètre de la conduite de rejet  
Un calcul similaire à celui des conduites de prise a été effectué. La perte de charge totale dans la conduite est estimée à 3mH. Pour le coefficient de rugosité, les substances qui pourraient éventuellement adhérer à la conduite sont passées en revue. L'eau chargée est l'eau qui n'est pas encore

passée dans les membranes OI et qui est très propre. Avec une telle qualité, très peu d'organismes marins risquent d'adhérer aux conduites. A partir de cette donnée, un coefficient de rugosité de 0.012<sup>6</sup> est appliqué. En conclusion, on obtient un diamètre de 1800 mm pour les conduites PEHD et 1900 mm pour les conduites en acier à cause des électrodes qui doivent être insérées dans les conduites. (voir annexe pour plus de détails)

(2) Travaux pour l'installation de la conduite de rejet des eaux chargées

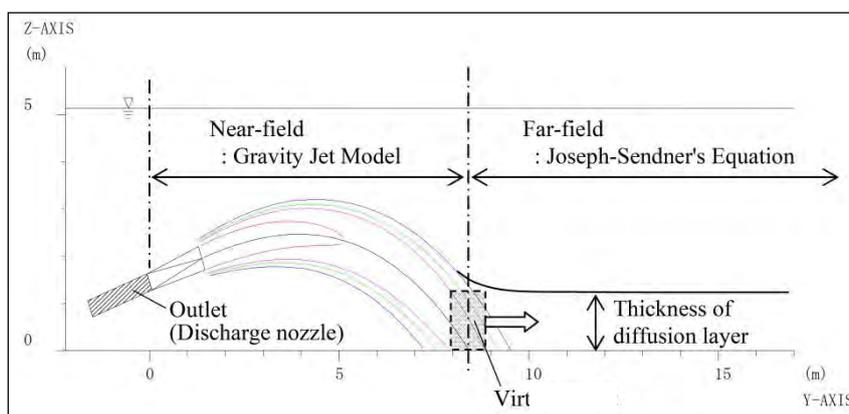
La construction doit être effectuée en même temps que la construction des conduites de prise. Les coupes transversales de la conduite de rejet des eaux chargées est montrée dans les figures 5.3-9 à 5.3-11.

### 5.4.5 Simulation de la diffusion des eaux chargées

(1) Généralités

Dans le cas d'évacuation des eaux chargées de la station de dessalement, il n'y a pas de problèmes liés à l'augmentation/réduction de température qui varie de 1 °C contrairement aux eaux rejetées par les stations électriques ou les stations de gaz GP qui posent problème. Cependant, la salinité augmente de près de 1.8 fois (71 000 ~ 74 000 mg/L) par rapport à la salinité initiale de l'eau de mer (près de 39 000 ~ 41 000 mg/L), il est donc nécessaire d'étudier cet aspect en envisageant la dilution et la diffusion.

La simulation est divisée en deux champs sur la base de la direction du flux (voir la figure 5.4-8). Une fois l'eau chargée est rejetée, elle est diluée en se mélangeant avec l'eau de mer avant d'arriver au fond de la mer (champ proche). Ensuite, l'eau chargée est diffusée au fond de la mer et est simultanément (champ lointain). Pour divers phénomènes, les formules pour le champ proche et le champ lointain sont appliquées séparément. La diffusion au champ proche est calculée par le modèle de Gravité alors que celle du champ lointain est calculée par l'équation de Joseph-Sendner.



Source: Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.4-8 Simulation de diffusion de saumure**

<sup>6</sup> Le coefficient de rugosité brane Manning est de 0,010 pour la surface lisse des parois de conduits en plastique. Toutefois, les parois des conduite en HDPE sont légèrement rugueuses et semblent dépasser la valeur de 0,010. Dans la présente étude, la valeur choisie a été de 0,012 sur suggestion de Tokyo Kyuei Co., Ltd. Qui compte une grande expérience en matière de conception et de construction de conduites marines de rejet.

(2) Hypothèse de simulation

1) Concentration de l'eau de mer

En référence à la figure 5.1-3 et la figure 5.1-4 dans le paragraphe 5.1.2 (1), le TDS maximal est ajusté sur 41 000 mg/L (voir le tableau 5.4-2). La simulation a été effectuée en été lorsque l'on obtient la plus grande différence de salinité.

**Tableau 5.4-2 Conditions de température et de salinité**

Mois		1-3	4-6	7-8	9-11	12
		Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver
Température eau de mer	°C	15	25	30	25	15
Température saumure	°C	15	25	30	25	15
Salinité originale de l'eau de mer	mg/L	39 000	40 000	41 000	40 000	39 000
Salinité de saumure	mg/L	70 800	72 500	74 300	72 500	70 800
Différence de salinité $\Delta S$	psu(*)	31,8	32,5	33,3	32,5	31,8

Source: Equipe d'étude de la JICA (\*)psu = échelle pratique de salinité, équivalente à 1,000mg/L

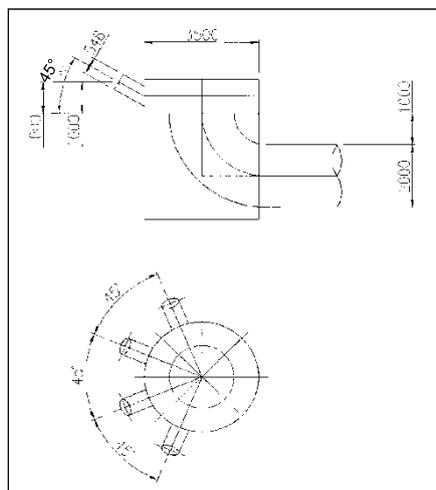
2) Autres conditions

- Vitesse de rejet: 3m/s
- Angle d'élévation: 45 degrés, (voir figure 5.4-9)
- Elévation entre fond marin et tuyau: 1,3 mètres
- Mouvement eau de mer: 0 (\*1)

(\*1) L'eau de mer bouge à la surface, mais ce mouvement baisse avec la profondeur de l'eau et est presque nul au niveau du lit marin. Près du fond de la mer, là où le rejet se fait, le mouvement est négligeable. par conséquent , dans cette étude, ce mouvement est zéro (0).

- Direction de Distribution: 180 degrés (\*2)

(\*2) Les eaux chargées (saumure) sont plus lourdes que l'eau de mer brute. Par conséquent, l'eau chargée se répand plus facilement vers les profondeurs. Cette diffusion sera étalée à 180 degrés sur la zone sud-est. Voir figure 5.4-11.



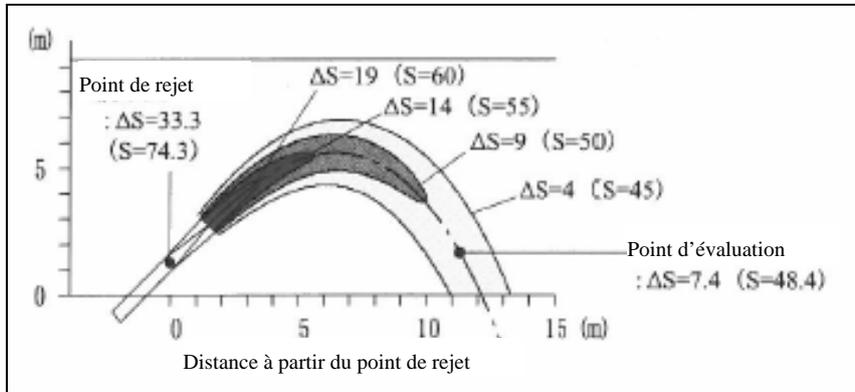
Source: Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.4-9 Tour de rejet de la saumure**

(3) Résultat de la simulation

1) Champ proche: “Modèle Gravity jet” appliqué

La saumure est rejetée et se mélange avec l’eau de mer avec une différence de salinité ou  $\Delta S$  de 33,3, psu<sup>7</sup> c.à.d 74 300 mg/L. Quand la saumure arrive au fond marin à 12 m de la tour de rejet, elle est diluée jusqu’à ce que  $\Delta S$  devienne près de 7,4 psu c.à.d 48 400 mg/L. (Voir figure 5.4-10).



Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.4-10 Image de la diffusion de saumure sur le champ proche**

2) Champ lointain : Application de l'équation Joseph-Sendner

Une fois arrivée au fond marin estimé à 12 mètres de la tour de rejet, la saumure est diffusée en continu le long du lit marin. Dans cette zone, la diffusion de la salinité serait comme indiqué dans le Tableau 5.4-3.

**Tableau 5.4-3 Salinité estimée à travers le champ lointain**

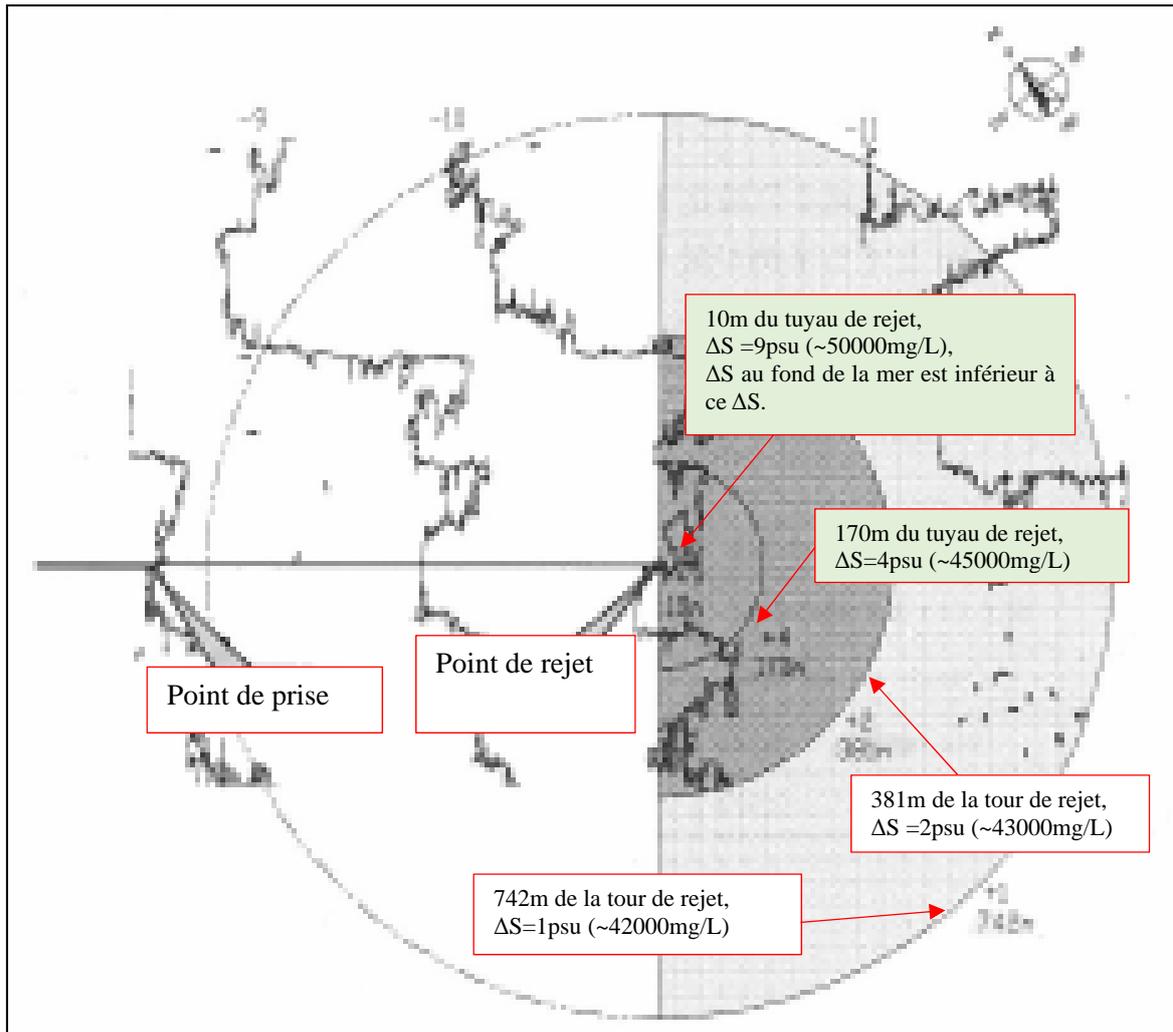
$\Delta S$	Zone impactée (champ lointain) (*1)	Concentration estimée au fond marin (eau de mer : 41 000 mg/L)	Impact sur la Posidonie (*2)
>4	12m (point de chute)	48 400	Pourrait mourir après une longue période
	170m	48 400 ~ 45 000	
>2	381m	45 000 ~ 43 000	Presque pas d'impact
>1	742m	43 000 ~ 42 000	Pas d'impact

Source: Equipe d'étude de la JICA

(\*1) Cette distance est mesurée à partir du bout du tuyau de rejet. Voir figure 5.4-10 et figure 5.4-11.

(\*2) Selon l'ANPE la Posidonie meurt aussitôt entrée en contact avec une eau de mer dont la salinité dépasse 52 000mg/L, meurt en entrant en contact pendant une longue période avec une eau dont la salinité varie entre 52 000~50 000 mg/L. Yolanda Fernandez-Torquemada et al. ont dit dans leur livre « Estuarine Coastal and Shelf Science » qu'une salinité qui dépasse 46 000 mg/L est en grande partie responsable de la mort de la Posidonie.

<sup>7</sup> psu: unité de salinité pratique, 1000mg/L



Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.4-11 Diffusion de saumure**

(4) Conclusion

- 1) La posidonie pourrait être affectée sur une zone limitée autour du point de rejet mais cette zone est petite. Près de 170 mètres maximum. là où la salinité est diluée jusqu'à 45 000 mg/L.
- 2) Cette hypothèse est basée sur les valeurs maximales. Généralement la salinité présente une concentration plus faible, donc l'impact réel serait moindre.

**5.5 Illustration de conduites marines surfond marin (Référence)**

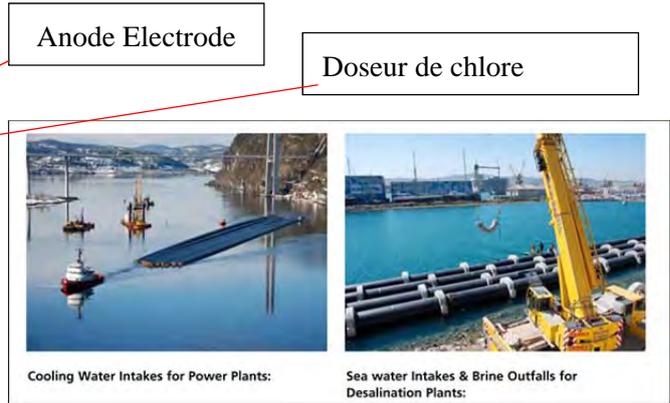
Plusieurs photos d'installations similaires sont présentées dans les figure 5.5-1 ~ figure 5.5-6.

La figure 5.5-1 montre électrode anticorrosion et le tuyau de transmission du chlore à l'intérieur d'une conduite en acier. La figure 5.5-2 montre le transport par remorqueur de longues conduites en PEHD, produit de la société PIPEFLOW.



Source: Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.5-1 Conduite en acier avec peinture anticorrosion**



Source : PPELIFE Catalogue

**Figure 5.5-2 Transport de conduites PEHD**

La figure 5.5-3 montre le lest servant à immerger les conduites en PEHD vers le fond marin, et la figure 5.5-4 montre une conduite en acier avec brides de raccordement.



Source: GWI

**Figure 5.5-3 Conduite en PEHD, avec lest**



Source: GWI

**Figure 5.5-4 Construction conduites en acier**

Figure 5.5-5 : plusieurs types de conduites sous-marines.

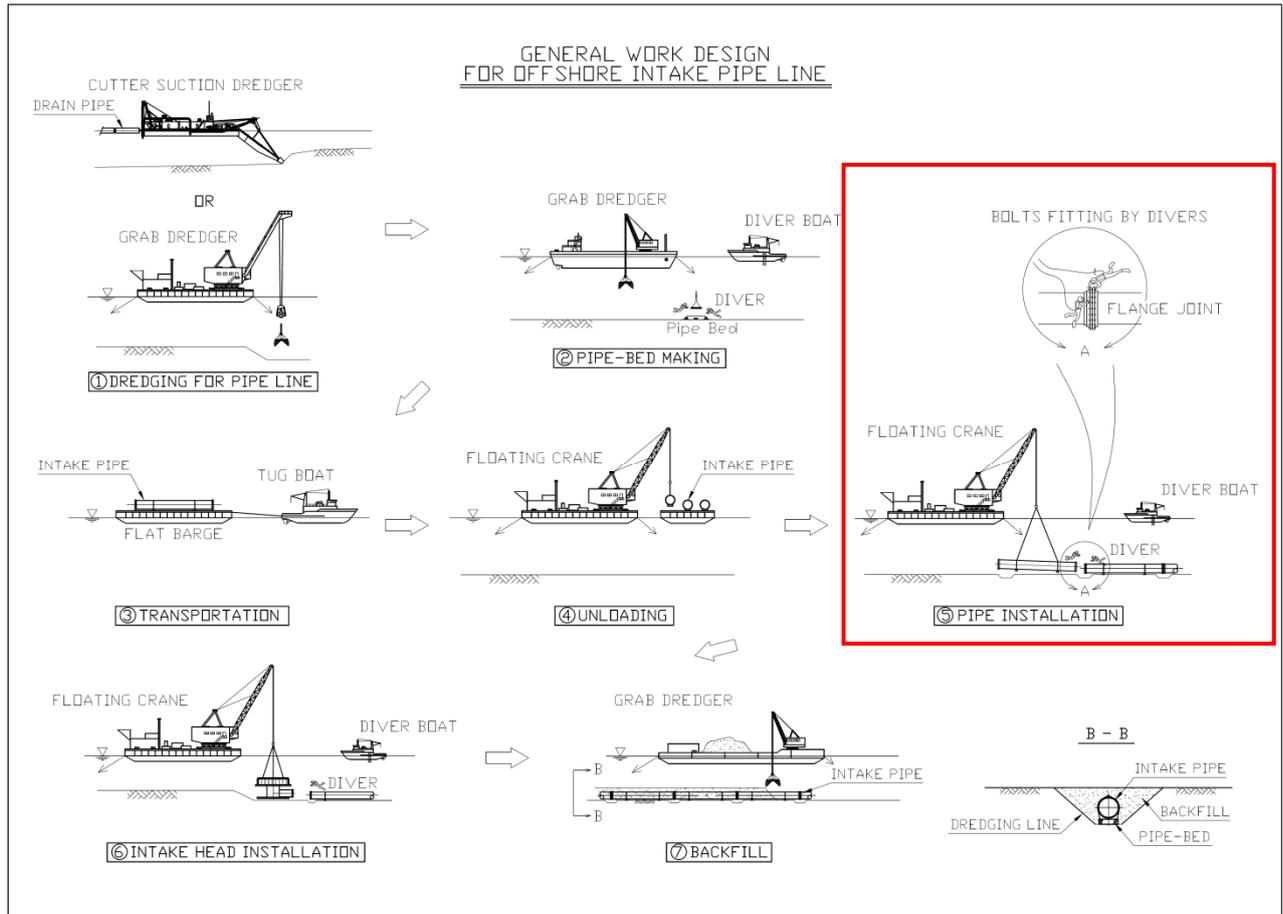


Source : Catalogues fabricants.

**Figure 5.5-5 Plusieurs types de conduites**

La figure 5.5-6 est un diagramme illustrant l'assemblage de conduites en acier sous l'eau. Le tracé des conduites dragué jusqu'à obtenir la profondeur voulue. Le lit des conduites est ensuite préparé en utilisant un équipement mécanique et des plongeurs. La conduite est ensuite posée sur le fond marin par les plongeurs.

Pour une conduite en PHDE avec un diamètre plus petit, les conduites peuvent être reliées sur le bateau. Mais pour celles dont le diamètre est plus grand, par exemple 2m, comme celles utilisées dans ce projet, ce travail se fait au fond de l'eau comme la méthode illustrée dans la figure 5.5-6.

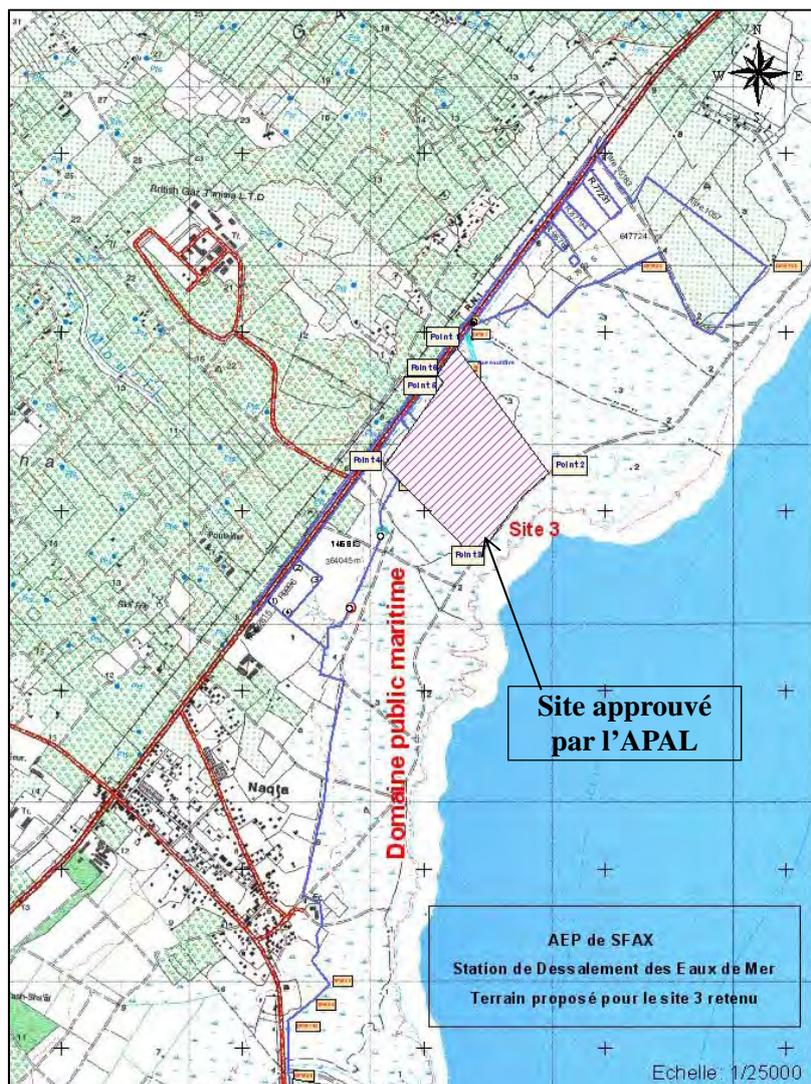


Source : Tokyo Kyuei Co., Ltd.

**Figure 5.5-6 Schéma illustrant l'installation de conduites en mer**

### 5.6 Schéma de l'installation

Le site approuvé couvre près de 60 ha appartenant au domaine public maritime (DPM) dont les frontières sont montrées dans la figure 5.6-1. Le plan des installations de la station de dessalement sont prévus pour une capacité de 200 000 m<sup>3</sup>/j. Le paragraphe suivant décrit le concept de base et les résultats obtenus d'après le plan.



Source: APAL/SONEDE/ Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.6-1 Site approuvé par l'APAL**

### 5.6.1 Points de vue de l'étude pour la surface nécessaire à la station

- i) Dans le site, un oued sec longe la route nationale. Lors de la saison des pluies, les eaux de pluie pourraient arriver à la zone à partir du nord, c'est pour cette raison que la zone sud-ouest (Mahres) du terrain sera allouée aux ouvrages plutôt que le côté nord-est (Sfax).
- ii) Un espace de 50 mètres de largeur au sud-ouest (Mahres) et au nord-ouest (côté montagne) est prévu pour la voie d'accès.
- iii) Le côté sud-est (mer) qui fait face à l'espace public n'est pas considéré comme une frontière verte ;
- iv) L'équipement est alloué selon le processus de traitement d'eau : réservoir de l'eau de mer brute → prétraitement → dessalement → réservoir de l'eau produite → pompes de refoulement vers les réservoirs à l'extérieur ;
- v) La conduite de refoulement des eaux dessalées sera posée le long de la route nationale. Le point de départ de cette conduite au niveau de la station sera au nord-est de la station afin d'éviter le

- passage à travers des terres privées ;
- vi) L'espace prévu pour l'extension dans l'avenir est réservé;
  - vii) L'ouvrage de réception de l'énergie électrique sera installé au Nord-Ouest (côté route nationale) car le câble d'alimentation viendra du réseau électrique longeant la route ;
  - viii) Les ouvrages électriques seront tous réunis au même endroit près de l'installation d'alimentation ;
  - ix) L'ouvrage de traitement chimique et de nettoyage sera installé près des ouvrages de prétraitement. Le magasin des produits et des pièces électriques sera également érigé près de l'ouvrage de prétraitement parce que les produits et les équipements sont plutôt utilisés dans les installations de prétraitement et de dessalement;
  - x) Le puits de prise et le réservoir de rejet seront construits à l'intérieur du site de la station pour assurer une bonne gestion.

### 5.6.2 Les installations situées dans le site de la station de dessalement

Les ouvrages dont la construction est prévue lors de la Phase 1 sont résumés dans le Tableau 5.6-1.

**Tableau 5.6-1 Composantes de la phase 1 du Projet**

Ouvrage	Contenu
Conduite de prise de l'eau de mer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume de captage: 222 200m<sup>3</sup>/j (capacité d'écoulement 444 400 m<sup>3</sup>/j après achèvement de la Phase 2)</li> <li>• Matériau de conduite: PEHD</li> <li>• <math>\phi</math>2000mm x 2, L=3.6km (enterré, en mer; 3.2km, sur terre;0.4km)</li> <li>• Tête de prise d'eau immergée: 2</li> </ul>
Station de dessalement de l'eau de mer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquisition de terrain: Près de 20ha</li> <li>• Méthode de dessalement: Osmose Inverse (OI) avec membrane</li> <li>• Eau dessalée: 100 000m<sup>3</sup>/j</li> <li>• Unités OI: 25,000m<sup>3</sup>/jour <math>\times</math> 4 unités</li> </ul>
Conduite de rejet de saumure	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume de rejet: 122 200m<sup>3</sup>/j (applicable aux petites capacités de 244 400 m<sup>3</sup>/j en Phase 2)</li> <li>• Matériau de conduite: PEHD</li> <li>• <math>\phi</math>1800mm, L=4.4km (en mer; 4.0km, sur terre;0.4km)</li> <li>• Tête de rejet d'eau immergée: 1</li> </ul>

Les installations suivantes doivent se trouver dans le site. La tour de prise et la tour de déversement des eaux chargées sont décrites respectivement dans les paragraphes 5.3 et 5.4.

#### (1) Principales installations

##### 1) Prise d'eau de mer

- L'eau de mer brute prise à 3,2 km de la plage est stockée dans la fosse de captage d'eau de mer. L'eau est ensuite transmise, par pompage, vers la station de pré-traitement. Cette installation se situe sur site mais, selon l'étude, elle pourrait être installée près de la côte.
- Pour compléter les travaux en mer en une seule étape, il est prévu de construire un ouvrage dont la capacité est de 444 400 m<sup>3</sup>/j pouvant assurer un taux de récupération de 45%. Dans un tel

ouvrage, la quantité d'eau utilisée sur site est négligeable.

- L'espace nécessaire pour un tel projet est de 42 x 20 m.

## 2) Ouvrage de Prétraitement

- Après le retrait des solides en suspension et l'ajustement du pH, l'eau de mer est acheminée vers la membrane OI. L'installation de pré-traitement se compose d'un réservoir de coagulation, d'un filtre en sable, d'un réservoir de filtration et d'une cartouche filtrante. La capacité de l'installation de pré-traitement est de 222 200 m<sup>3</sup>/j plus une petite quantité pour l'utilisation sur site.
- La pompe de refoulement et la doseuse des produits chimiques sont installées entre les réservoirs sus mentionnés. La doseuse est contrôlée à partir de l'installation de pré-traitement.
- Les installations des eaux de lavage du filtre de sable et du réservoir de produits chimiques sont contrôlées à partir d'un autre endroit dans l'installation de pré-traitement.
- La conception sommaire montre que l'espace nécessaire est de 80m x 130m.
- Un espace similaire est réservé pour la phase 2 du projet.

## 3) Station de dessalement d'eau de mer

- Après avoir retiré les solides en suspension et avoir atteint une concentration acceptable, l'eau est acheminé vers la membrane OI dans l'installation de pré-traitement. le principal équipement de cet ouvrage est une pompe à haute pression pouvant éjecter 222 200 m<sup>3</sup>/j d'eau de mer pour atteindre 65-70 bar, et une membrane OI.
- L'installation de récupération d'énergie est prévue pour une capacité de 222 200 m<sup>3</sup>/j. Sur un volume de prise de 222 200 m<sup>3</sup>/j, 100 000 m<sup>3</sup>/j sont filtrés. Le volume qui reste, soit 122 000 m<sup>3</sup>/j est transmis vers l'installation de récupération d'énergie puis les résidus sont acheminés vers l'installation de rejet des eaux chargées.
- L'espace nécessaire est de 63m x 86m selon le plan d'équipements.
- Un espace similaire est prévu pour la phase 2 du projet.

## 4) Réservoir d'eau dessalée

- La capacité du réservoir est prévue pour un fonctionnement de 6 heures, i.e. 25 000 m<sup>3</sup>/j (=100 000 m<sup>3</sup>/j x 6 heures/24heures). Ce réservoir d'eau est subdivisé en 5 unités de 5 000 m<sup>3</sup> chacune, représentant le réservoir standard de la SONEDE.
- Le diamètre du réservoir est d'environ 45 m de diamètre y compris la pente. Il faut également prévoir un espacement de 15 m entre les réservoirs.
- Un espace similaire est prévu pour la phase 2.

## 5) Pompe de refoulement

- Pour la phase 1, 3 pompes seront installées dont 2 pour le fonctionnement normal et la troisième comme pompe de réserve.
- Le plan d'installation des équipements recommande un espace de 20m x 53m.
- Un espace similaire doit être prévu pour la phase II.

6) Installation d'évacuation des eaux saumâtres

- 122 200 m<sup>3</sup>/j d'eau saumâtre non filtrés par membrane OI sont rejetés à 4,0 km de la côte. Le réservoir d'eau saumâtre est installé près de l'installation de prise d'eau de mer mentionnée dans le point 1.
- L'espace requis pour cet ouvrage est de 22 m x 8 m en prenant compte du volume nécessaire.

(2) Installations auxiliaires

1) Sous-station et équipement de réserve

La station aura besoin de 40 MW qui seront fournis par le réseau de la STEG. En cas de panne un générateur est prévu. Outre la sous-station électrique principale, 3 sous-stations sont prévues. Les détails sont discutés dans le Chapitre 7.

2) Bâtiment administratif

Des bureaux et une salle de conférence pour le personnel administratif sont prévus. La taille du bâtiment est de 40 m x 16 m, et il comprend 3 étages.

3) Poste de garde

Un poste de garde opérationnel 24/24 est prévu. Ce poste aura une superficie de 5 m x 5 m.

4) Entrepôt

Il est prévu un entrepôt pour le filtre de rechange, la membrane OI, les produits chimiques pour le traitement de l'eau et les pièces mécaniques et électriques pour la maintenance de la station. Le dépôt couvrira un espace de 50 m x 20 m.

5) Local de repos

Un local de repos est prévu pour les opérateurs et un espace pour dormir est prévu pour accommoder les équipes. Cet espace sera construit à l'étage du bâtiment administratif.

(3) Autres

1) Une route à l'intérieur de la station

Une route droite et large doit être aménagée à l'intérieur de la station pour faciliter les travaux de construction futurs lors de la phase 2.

2) Aire de stationnement

Une aire de stationnement devra être aménagée aux alentours du bâtiment administratif

3) Espace polyvalent

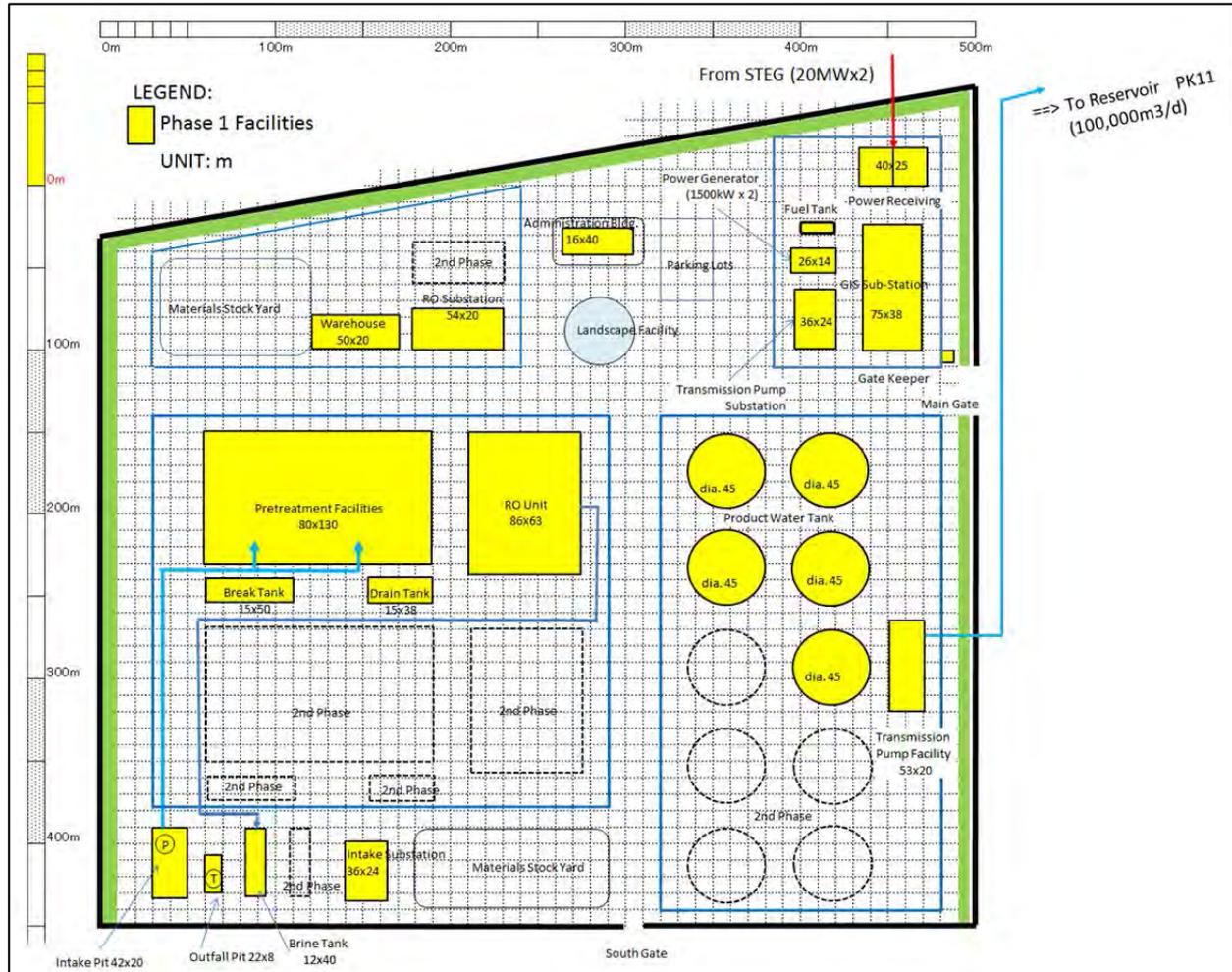
Un espace polyvalent doit être prévu pour stocker les matériaux de construction pour la phase 2 sinon pour le repos des opérateurs.

4) Espace vert

Des clôtures sont installées autour du site. Il est prévu d'entourer les clôtures de plantes vertes et d'arbres. En plus, autour du bâtiment administratif, une fontaine ou un élément proche du thème de l'eau sera installé pour équilibrer l'aspect visuel de la structure.

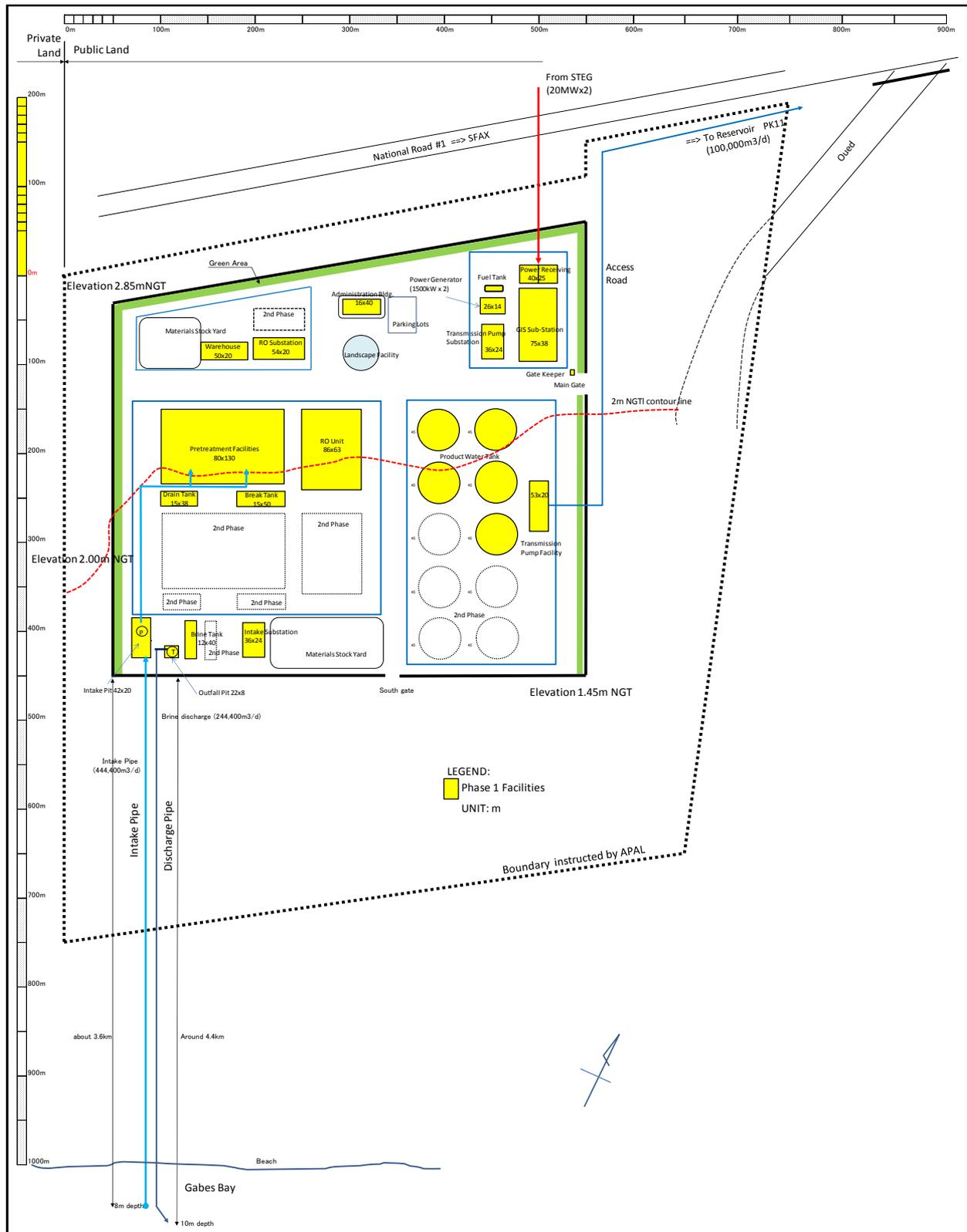
### 5.6.3 Plan général

Le plan des installations est conçu sur la base des conditions et données mentionnées dans le paragraphe 5.6.2. Le résultat est présenté dans la figure 5.6-2 et la figure 5.6-3. La figure 5.6-2 donne plus de détails sur la présentation générale. La figure 5.6-3 est un agrandissement du terrain hachuré indiqué dans la figure 5.6-1.



Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.6-2 Plan détaillé de la station de dessalement**



Source: Equipe d'étude de la JICA

Figure 5.6-3 Plan des équipements de la station de dessalement

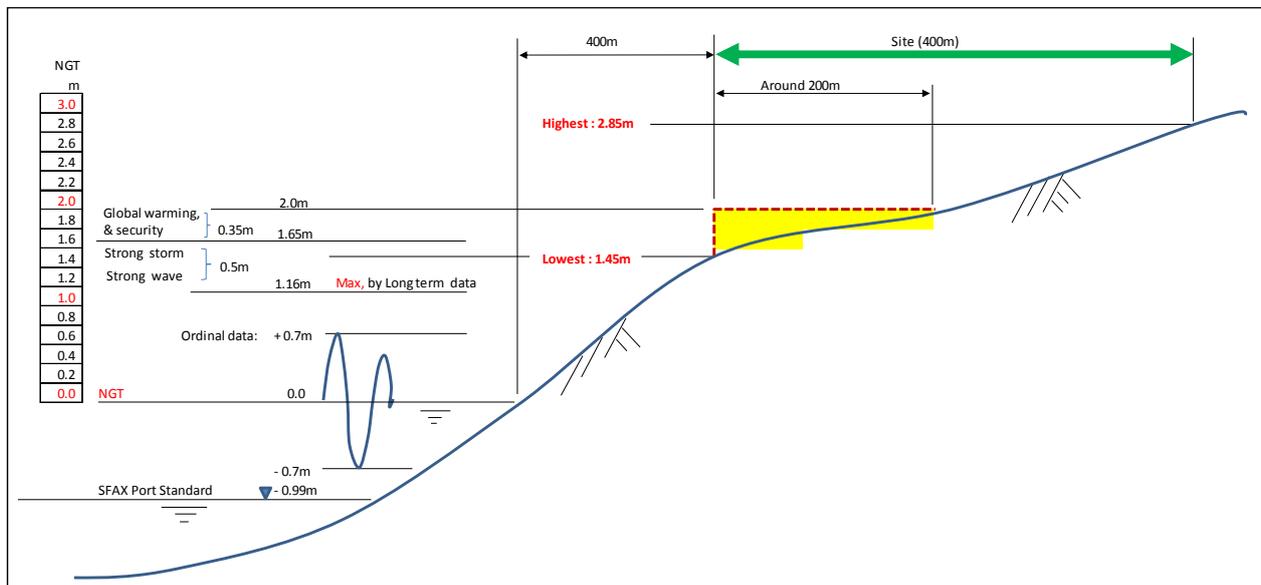
### 5.6.4 Relation entre le niveau de l'eau de mer et le site de la station de dessalement

Dans la section 2.1.3, le Tableau 2.1-3 montre que le plus haut niveau au port de Sfax est de +2,15m.

Mais il y a une différence de 0,99 m entre la norme au port de Sfax et le niveau standard du terrain naturel tunisien (NGT), ce qui implique que le niveau standard du port de Sfax est moins (-) 0,99 mètres par rapport au BGT. Voir la figure 5.6-4. Quand la hauteur maximale du Tableau 2.1-3 est convertie en base NGT, cette hauteur est calculée en tant que +1.16 mètres (= 2,15 - 0,99).

Au vu des vents forts et des vagues très hautes, on a ajouté 0,50 mètres et encore plus, à cause du réchauffement planétaire, le niveau de l'eau pourrait augmenter. Nous avons prévu 0,35 mètres dont d'autres facteurs d'excès. Donc un total de + 2 mètres est pris en compte pour assurer une hauteur sécurisée par rapport au niveau de la mer.

Après l'étude topographique, la hauteur du site du projet est montrée dans la figure 5.6-2. Le bout sud-sud-est du site est à +1,45 mètres, alors que le bout nord-nord-ouest est à +2,85 mètres. A partir de là, il faudrait augmenter la hauteur de 0,50 mètres lors de la phase de conception détaillée si de très importants équipements sont installés dans la zone sud-sud-est. Le tableau 2.1-4 montre que la plus haute marée au port de Sfax est de 2 m alors que la plus basse marée est de 0,1 m. Ces chiffres sont basés sur la ligne de niveau du port de Sfax indiquée sur la figure 5.6-4, et qui peuvent être convertis en +1,01mNGT (= 2 - 0,99) ~ -0,98m NGT (= 0,1 - 0,99), et qui coïncident presque avec la hauteur ordinaire des vagues, ±0,7m NGT.



Source: Equipe d'étude de la JICA

**Figure 5.6-4 Relation entre le niveau de la mer et le site de la station**