



REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
SOCIETE NATIONALE D'EXPLOITATION ET DE DISTRIBUTION DES EAUX

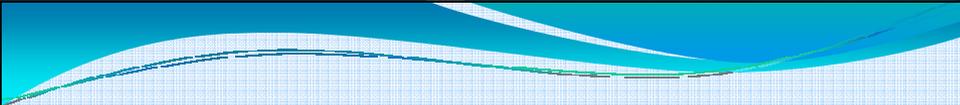


Fondation "Partager le Savoir"
Sharing Knowledge Foundation

Gammarth 17-20 Mai 2012

LE DESSALEMENT EN TUNISIE

Abderraouf NOUCER
DIRECTEUR DE DESSALEMENT ET DE L'ENVIRONNEMENT



PLAN

INTRODUCTION

- I. PRESENTATION DE LA SONEDE
- II. RESSOURCES EN EAU EN TUNISIE
- III. LES SYSTEMES DE PRODUCTION
- IV. LE DESSALEMENT D'EAU
- V. PROGRAMME NATIONAL D'AMELIORATION DE LA QUALITE
- VI. LE DESSALEMENT D'EAU DE MER
- VII. DESSALEMENT PAR LES ENERGIES RENOUVELABLES

CONCLUSION

Introduction

- ❑ Le manque des ressources en eau de bonne qualité ainsi que le déséquilibre entre l'offre et la demande en eau constituent deux contraintes majeures.

- ❑ En effet, et contrairement à la croissance continue de la demande en eau, la Tunisie dispose de ressources hydrauliques limitées et inégalement réparties dans le temps et dans l'espace.

I. PRESENTATION DE LA SONEDE

Date de création : 2 Juillet 1968

Statut juridique : Établissement public à caractère non administratif

Tutelle : Ministère de l'Agriculture

Mission de la SONEDE: Fourniture de l'eau potable sur tout le territoire tunisien

Activités de la SONEDE :

❖ **Production de l'eau** : production, traitement et transport

❖ **Distribution de l'eau** : gestion et entretien du réseau d'eau potable et des équipements et gestion des abonnés

❖ **Développement** : études, travaux et approvisionnement

I. PRESENTATION DE LA SONEDE

La SONEDE en chiffres 2010 :

Population (Million)	10,615
Nombre d'abonnés (Million abonnés)	2,304
Volume consommé (million m ³)	387,6
Longueur du réseau (Km)	46 674
Nombre de réservoirs	1 054
Nombre de forages	500
Nombre de stations de traitement	12
Nombre de stations de dessalement	4

I. PRESENTATION DE LA SONEDE

Les réalisations de la SONEDE en 2010 :

Nombre de fuites(en unités)	147 733
Nombre de casses (en unités)	13 407
Nouveaux branchements(en unités)	80 341
Conduites posées (Km)	992
Consommation spécifique Domestique (l/j/hab)	89
Consommation spécifique à usage touristique (l/j/lit occupé)	513
Consommation spécifique tout usage (l/j/hab)	118

I. PRESENTATION DE LA SONEDE

Les indicateurs d'économie d'eau en 2010 :

Taux d'équipement des réservoirs par un moyen de comptage	100%
Taux de régulation global	98%
Nombre de compteurs changés (bloqués et cl B)	66000
Linéaire de réseau réhabilité (km)	120
Détection de fuite : Linéaire inspecté (km)	6600
Nombre de fuites détectées	2415
Rendement du réseau de distribution	82,1%

I. PRESENTATION DE LA SONEDE

Taux de desserte – Taux de branchement en 2010 :

	Taux de desserte	Taux de branchement
Zone urbaine	100 %	99,3 %
Zone rurale (*)	49 %	44,4 %
Total	82,7 %	82,6 %

(*) Taux de desserte du GR en milieu rural en 2010 est de 44,5% soit un taux global en milieu rural (SONEDE+GR) de 93,5%

II. LES RESSOURCES EN EAU EN TUNISIE

Les ressources en eau mobilisables en Tunisie sont de 4660 millions de m³/an réparties comme suit :

En Millions m³

	Ressources			ANNEE	
	Potentielles	Mobilisables		2009	2016
Eaux de surface	2700	2480	53%	2200	2480
Eaux Souterraines	2180	2180	47%	1920	1970
Total	4880	4660	100%	4120	4450
Taux de mob en %	-	-		88	95

Le quota potentiel annuel par habitant est faible :

▪ 460 m³/an/habitant

(Seuil de pauvreté = 1000 m³/an/hab ; Seuil de pénurie = 500 m³/an/hab)

II. LES RESSOURCES EN EAU EN TUNISIE

Qualité et répartition géographique

Seulement 49 % des ressources en eau ont une salinité inférieure à 1,5 g/l localisées principalement dans le Nord. :

En Millions m³

	RS ≤ 1,5 g/l				RS > 1,5 g/l	Total
	Nord	Centre et Sud	Total			
Eaux de surface	1651 (90%)	184	1835	74%	645	2480
Eaux Souterraines	262 (60%)	174	436	20%	1744	2180
Total	1913 (84%)	358	2271	49%	2389	4660
(%)	41%	8%	49%		51%	100%

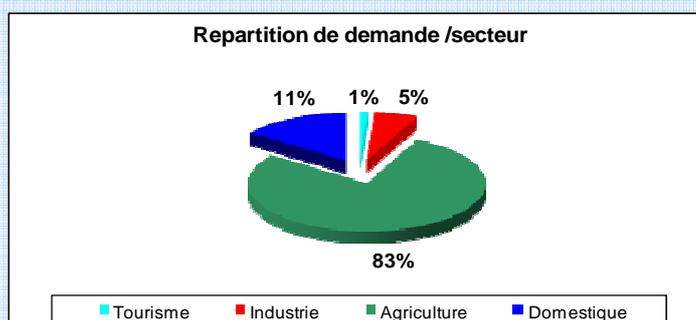
84% des ressources de bonne qualité (salinité inférieure à 1,5 g/l) sont localisées dans le Nord du pays : **grande disparité régionale**

II. LES RESSOURCES EN EAU EN TUNISIE

L'usage de l'eau

L'utilisation de l'eau en Tunisie est répartie comme suit :

- **83 %** des ressources utilisées sont destinées à l'**Agriculture**.
- **17 %** des ressources utilisées sont destinées à l'**eau potable**.



II. LES RESSOURCES EN EAU EN TUNISIE

Stratégie :

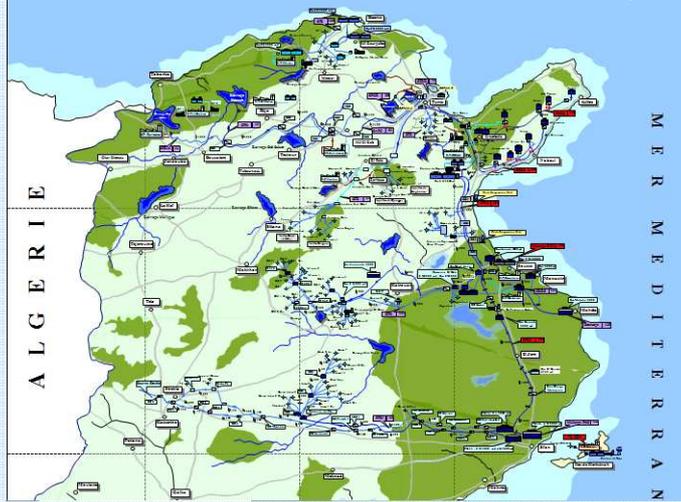
Une stratégie nationale a été mise en place ayant pour but d'atténuer le déséquilibre dans la répartition des ressources et le renforcement des ressources actuelles tout en garantissant une bonne qualité de l'eau.

Pour réaliser cette stratégie, la SONEDE a eu recours à plusieurs moyens dont :

- Le transfert sur des longues distances
- L'utilisation de ressources non conventionnelles : le Dessalement.

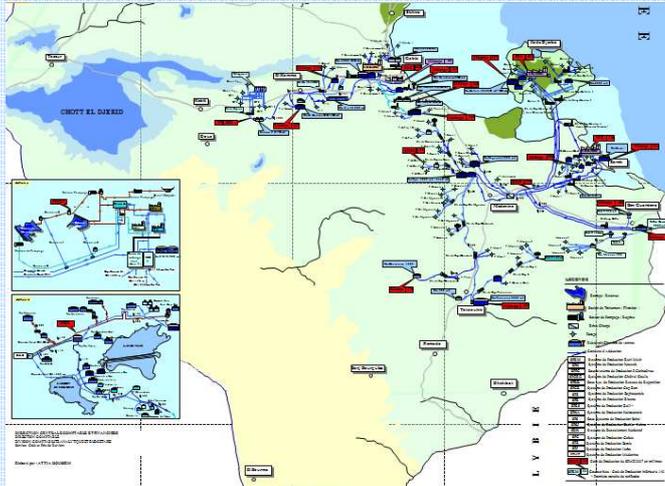
III. LES SYSTEMES DE PRODUCTION

Systemes de production Nord et Centre :



III. LES SYSTEMES DE PRODUCTION

Systeme de production Sud :



IV. LE DESSALEMENT DE L'EAU

L'importance du dessalement :

- Le dessalement de l'eau est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce (potable) à partir d'une eau saumâtre ou eau de mer
- Le choix de la solution « dessalement » doit faire l'objet d'une comparaison technico-économique avec le transfert de l'eau douce
- Le dessalement permet :
 - Le renforcement des ressources en eau
 - L'amélioration de la qualité de l'eau distribuée
 - La sécurisation de la desserte des grands pôles de consommations localisés sur les zones côtières.

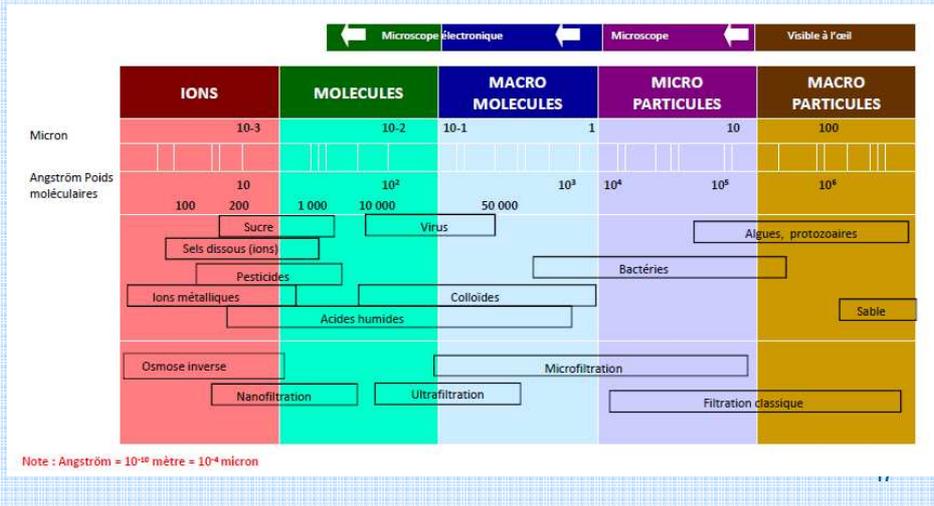
IV. LE DESSALEMENT DE L'EAU

Les techniques de dessalement

- ❖ Les techniques thermiques (changement de phase):
 - La distillation MSF
 - La distillation MED
 - La compression de vapeur
 - La cogénération
- ❖ Les techniques membranaires:
 - L'osmose inverse
 - L'électrodialyse
- ❖ Les procédés chimiques:
 - Les résines échangeuses d'ions

IV. LE DESSALEMENT DE L'EAU

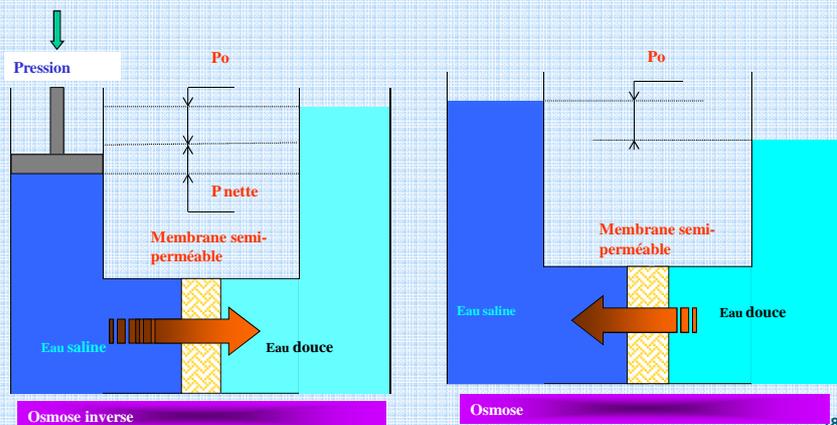
Filtration

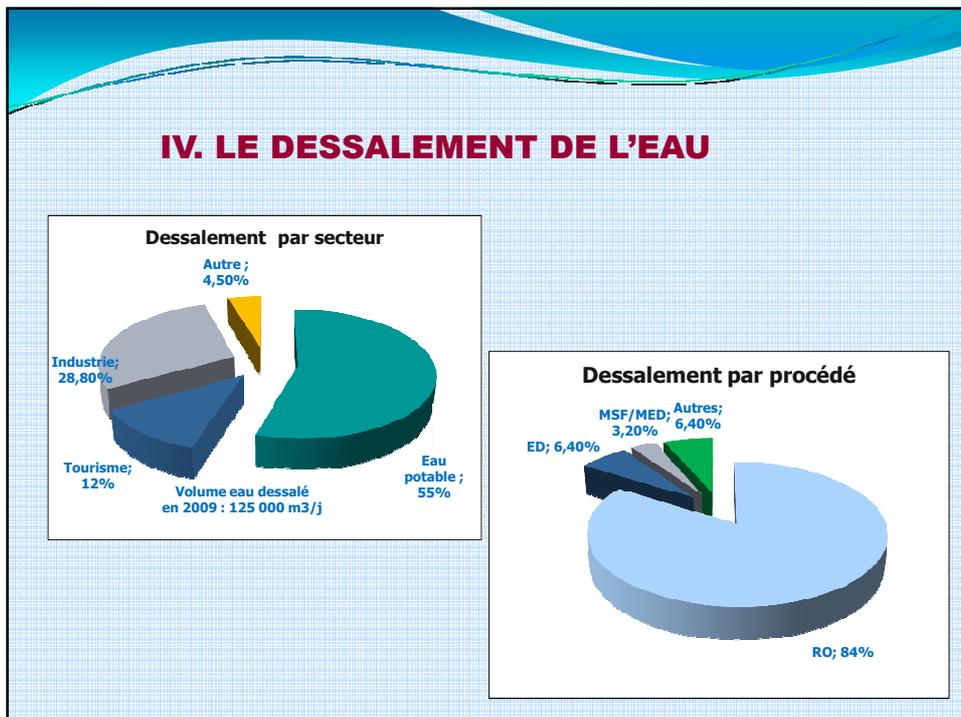
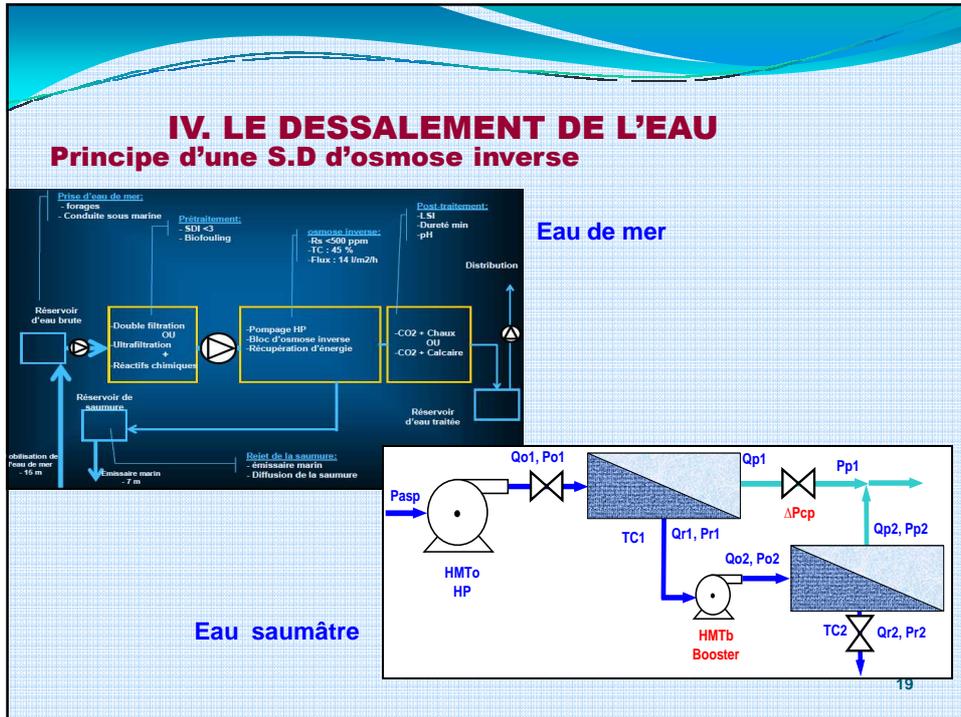


IV. LE DESSALEMENT DE L'EAU

Phénomène d'osmose

L'osmose inverse est un procédé de séparation à l'échelle moléculaire opérée en milieu liquide, grâce à une membrane sélective soumise à un gradient de pression





IV. LE DESSALEMENT DE L'EAU

Stations de dessalement de la SONEDE

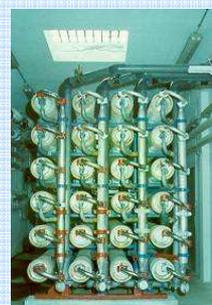
Stations	Capacité m ³ /jour	Mise en service	Eau brute (g/l)	Taux de Conversion
Kerkennah	3300	1983	3.6	75%
Gabès	34000	1995	3.2	74%
Zarzis	15000	1999	6.0	75%
Jerba	15000	2000	6.0	75%
Jerba extension	5000	2007	6.0	75%
Total	72 300			

21

V. Expérience de la SONEDE dans le domaine du dessalement

1) La station de Kerkennah servait comme un laboratoire pour la SONEDE

- Problème de membranes en acétate de cellulose qui perdaient rapidement leurs performances initiales
- Les eaux étant chargées en Fer, les filtres à sable n'assuraient pas un bon indice de colmatage (SDI >4)



22

V. Expérience de la SONEDE dans le domaine du dessalement

Intervention majeurs

- Changement des membranes en acétate de cellulose par le polyamide composite: la salinité du perméat est passée de 700 ppm à 110 ppm
- La consommation en énergie a baissé de 1.7 à 1.2 KWh/m³
- Equipement des pompes HP de variateurs de vitesse
- Fonctionnement en mode anaérobique permettant de garder le fer en solution (SDI faible) sans filtration
- Renforcement du niveau de contrôle et d'automatisme de la station

23

V. Expérience de la SONEDE dans le domaine du dessalement

2) Station de dessalement de Gabès

a) A sa mise en service, le colmatage biologique des membranes (biofouling) posait un problème majeur

- ❖ Les prospections effectuées ont montrés que les rares bactéries présentes dans l'eau et qui ont échappés à l'action du chlore procèdent à une activité biologique intense qui est favorisée par l'abondance de la nourriture constitué par les composés organiques produit par l'oxydation de la matière organique par le chlore.
- ❖ Résolution du problème par l'arrêt de la chloration et la déchloration

b) Augmentation de la capacité de production

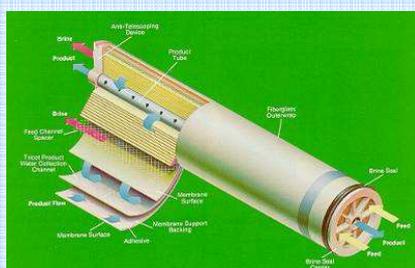
- Suite à une étude faite par la SONEDE, il a été décidé de réviser à la hausse le taux de conversion de 65 à 74 % et la capacité unitaire par ligne de 7500 à 8500 m³/J

24

V. Expérience de la SONEDE dans le domaine du dessalement

c) Optimisation de l'exploitation par un choix judicieux d'antitartre organique et l'arrêt de l'acide

d) Equipement de la station avec une quatrième ligne de production en 2006 avec un design permettant de limiter la consommation d'énergie



25

V. Expérience de la SONEDE dans le domaine du dessalement

3) Station de dessalement de Jerba

a) Traitement des sulfures

- La teneur en sulfures était élevée (12 ppm) par rapport au design (1.4 ppm). Plusieurs procédés ont été développés:
 - Précipitation par le sulfate de cuivre et décantation
 - Oxydation à l'air et à l'hypochlorite de sodium et décantation
 - Opération en anaérobie



b) Augmentation de la capacité

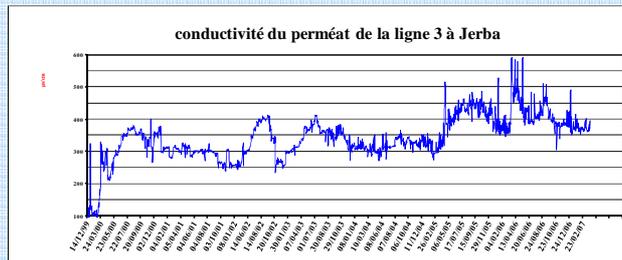
- La capacité a été étendue de 12000 à 15000 m³/j

26

V. Expérience de la SONEDE dans le domaine du dessalement

c) Optimisation de l'exploitation par un choix judicieux d'antitartre organique et l'arrêt de l'acide

e) Les stations fonctionnent depuis 1999 et uniquement 40% des membranes ont été changées.

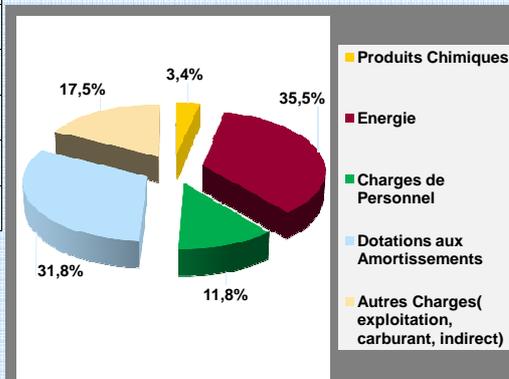


27

V. Expérience de la SONEDE dans le domaine du dessalement

Coût de production de l'eau dessalée année 2010

Station de dessalement	Volume (m3)	Coût (DT/m3)
Kerkennah	1395411	0,626
Gabes	10971013	0,303
Jerba	8102123	0,614
Zarzis	6947678	0,692
Total	27416225	0,510



VI. PROGRAMME NATIONAL D'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

a) Objectif

- Réduction de la salinité de l'eau desservie jusqu'à 1.5 g/l au maximum, quoi que la norme tunisienne NT09.14, stipule 2.5 g/l

b) Approche

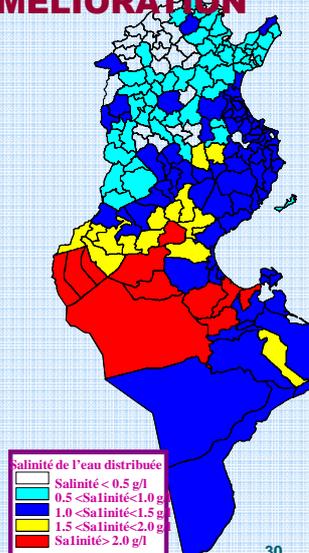
- Etablissement d'une base de données à base d'un SIG traitant de la salinité, la dureté et la teneur en sulfates à l'échelle de délégation
- Identification des zones d'intervention, établissement des études et identification des projets

29

VI. PROGRAMME NATIONAL D'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

c) Réalisation du programme en deux phases

- Une première phase portant sur les régions ayant plus que 2 g/l de salinité et une population supérieure à 4000 habitants. En cours de réalisation, mise en service prévu pour 2014
- Une deuxième phase portant sur les régions ayant entre 1.5 g/l et 2.0 g/l de salinité et une population supérieure à 4000 habitants. En phase d'étude.



30



VI. PROGRAMME NATIONAL D'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

d) Projets de la première phase

Gouvernorat	Site de la station	Capacité m ³ /jour	Technologie	Nb lignes
Tozeur	Tozeur	6000	OI	3/2000
	Nafta	4000	OI	2/2000
	Hezoua	800	OI	1/800
Kébili	Kébili	6000	OI	3/2000
	Souk Lahad	4000	OI	2/2000
	Douz	4000	OI	2/2000
Gabès	Matmata	4000	OI	2/2000
	Mareth	5000	OI	2/2500
Médénine	Béni Khédache	800	OI	1/800
Gafsa	Belkhir	1600	Electrodialyse réversible (EDR)	2/800
Total		36200		

32

VI. PROGRAMME NATIONAL D'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

e) Projets de la deuxième phase

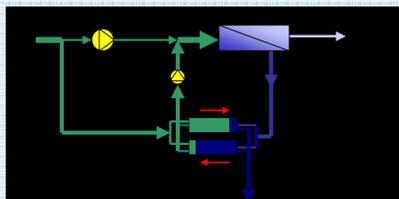
Gouvernorat	Site de la station	Capacité m ³ /jour	Technologie	Nb lignes
Tozeur	Dégueche	2500	OI/EDR	1
Kébili	Kébili extension	2000	OI/EDR	1
Sidi Bouzid	El Meknassi- Mazouna-Bouzian	2000	OI/EDR	1
Médenine	Ben Guerdane	7500	OI/EDR	3
Gafsa	Gafsa nord-Gafsa	9000	OI/EDR	3
	sud-Ksar			
	Mdhila-Gtar- Ayeycha	2500	OI/EDR	1
	Metlaoui	3000	OI/EDR	1
	Redayef-Moulares	4000	OI/EDR	2
Total		32500		

33

VII. DESSALEMENT D'EAU DE MER

Dans le cadre de l'exécution du programme national, il a été décidé la réalisation des stations de dessalement d'eau de mer et la maîtrise des technologies y afférentes.

Dans ce contexte, quatre (04) projets de dessalement d'eau de mer ont été programmés.



34

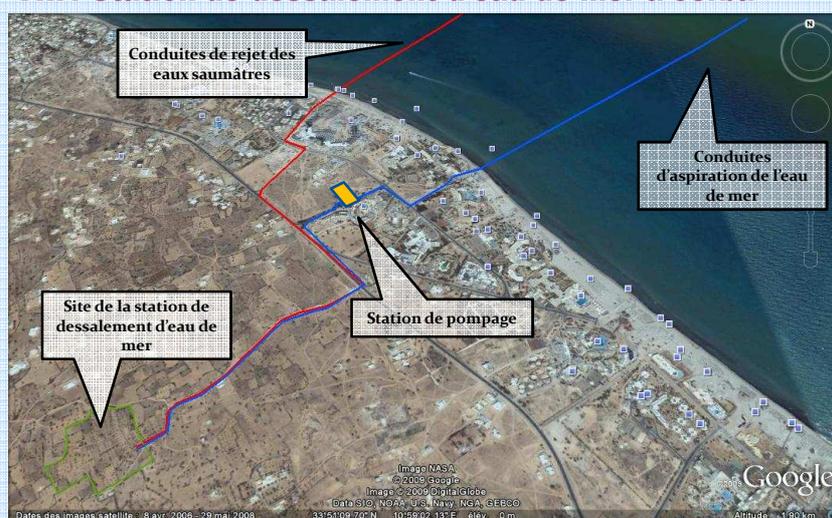
VII. DESSALEMENT D'EAU DE MER

VII.1 Station de dessalement d'eau de mer à Jerba

- Objectif : renforcement des ressources en eau et l'amélioration de la qualité des eaux distribuées.
- Mode de réalisation : Clé en main.
- Consistance du projet :
 - Prise d'eau de mer, station de dessalement et rejet de la saumure.
 - Station de dessalement 50 000 m³/j par la technique de l'OI
 - Stockage des eaux produites après mélange avec les eaux saumâtres.
 - Déféculation des eaux saumâtres de mélange.
 - Raccordement de la station de dessalement au réseau de distribution.
- Avancement du projet: Lancement de l'AO en 2012.

35

VII.1 Station de dessalement d'eau de mer à Jerba



36

VII. DESSALEMENT D'EAU DE MER

VII.2 Station de dessalement d'eau de mer à Zarat

- ❑ Objectif : renforcement des ressources en eau et l'amélioration de la qualité des eaux distribuées pour les gouvernorats de Gabès et Médenine jusqu'à l'échéance 2030.
- ❑ Mode de réalisation : EPC ou concession.
- ❑ Consistance du projet :
 - Prise d'eau de mer, station de dessalement et rejet de la saumure.
 - Station de dessalement 50 000 m³/j par la technique de l'OI
 - Raccordement de la station de dessalement au réseau de distribution.
- ❑ Avancement du projet: Présélection des bureaux d'études achevée et choix du bureau d'étude en cours.

37

VII. DESSALEMENT D'EAU DE MER

VII.3 Station de dessalement d'eau de mer à Sfax

- ❑ Objectif : renforcement des ressources en eau et l'amélioration de la qualité des eaux distribuées pour le Grand Sfax.
- ❑ Capacité 150 000 m³/j qui sera réalisée en trois phases.
- ❑ Mode de réalisation : Par voie de concession.
- ❑ Consistance du projet :
 - Prise d'eau de mer, station de dessalement et rejet de la saumure.
 - Station de dessalement 150 000 m³/j par la technique de l'OI
 - Raccordement de la station de dessalement au réseau de répartition du Grand Sfax .
- ❑ Avancement du projet: Requête de financement de l'étude en cours.

38

VII. DESSALEMENT D'EAU DE MER

VII.4 Station de dessalement d'eau de mer à Kerkennah

- Objectif : renforcement des ressources en eau et l'amélioration de la qualité des eaux distribuées dans les îles de Kerkennah.
- Mode de réalisation : clé en main.
- Consistance du projet :
 - Prise d'eau de mer, station de dessalement et rejet de la saumure.
 - Station de dessalement 6 000 m³/j par la technique de l'osmose inverse.
 - Raccordement de la station de dessalement au réseau de distribution .
- Avancement du projet: Requête de financement pour les études en cours.

39

VII. DESSALEMENT D'EAU DE MER

VII.5 Maîtrise des techniques de dessalement et des coûts

La maîtrise de la technologie et des coûts est assurée par les actions suivantes :

- La participation dans les programmes de recherche et de formation pour la maîtrise des techniques de dessalement.
- Organisation d'un séminaire international sur le dessalement en Tunisie en 2008.
- Formation des auditeurs des systèmes d'eau.
- Participation dans la formation dans le domaine de dessalement dans les universités et les écoles supérieures des ingénieurs.

40

VIII. DESSALEMENT PAR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

VIII-1 Dessalement par l'énergie solaire à Ben Guerdane

Dans le cadre de la coopération avec le gouvernement Japonais, le projet de Dessalement des eaux saumâtres par l'utilisation de l'énergie photovoltaïque à Ben Guerdane a été retenu pour un coût de 20 millions DT.

Le projet consiste à :

- La construction d'une station de Dessalement de Capacité 1800 m³/j , en utilisant l'énergie provenant des cellules photovoltaïques (200 Kwc)
- La construction d'un étang d'évaporation
- L'électrification et l'équipement d'un forage profond
- Fourniture et pose de 6 Km de conduites.

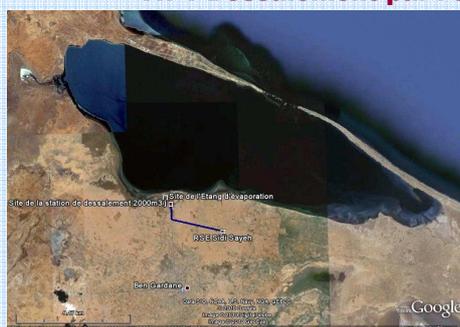
Avancement : Contrat avec le constructeur signé le 6 février 2012

Délai d'exécution 15 mois.

41

VIII. DESSALEMENT PAR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

VII-1 Dessalement par l'énergie solaire à Ben Guerdane



VIII. DESSALEMENT PAR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

VIII.2 Dessalement par l'énergie photovoltaïque à Ksar Ghilène

Le projet consiste à :

- La construction d'une station de Dessalement de Capacité 15 m³/j, en utilisant l'énergie photovoltaïque comme source d'électricité.
- Qualité de l'eau : 5,7 g/l (28–35°C)
- Puissance du champ photovoltaïque : 10 kWc



43

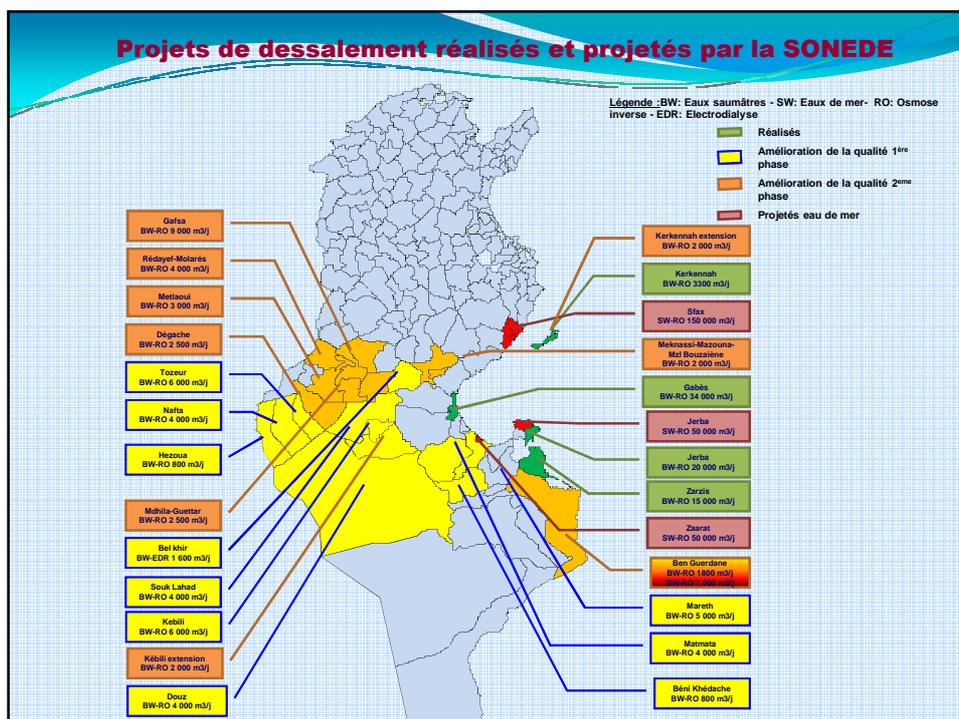
VIII. DESSALEMENT PAR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

VIII.3 Dessalement en milieu rural par l'énergie photovoltaïque

Dans le cadre de la promotion de l'énergie solaire photovoltaïque et l'amélioration des conditions de vie de la population rurale, le projet de réalisation de 45 stations de Dessalement de capacité cumulée 200m³/j dans les gouvernorats de MEDENINE, TATAOUINE et KEBILI est programmé par l'agence Nationale de Maitrise de l'Énergie avec la collaboration du Ministère De L'agriculture (SONEDE, DGGREE et les CRDA de Medenine, Tataouine et Kébili).

Ce projet est financé par la JICA.

44



CONCLUSION

- Le recours aux ressources non conventionnelles est nécessaire et sera de 7% à l'horizon 2030 (4 % dessalement (500 000 m³/j), 3% eau réutilisée pour l'agriculture).
- Le dessalement des eaux saumâtres et de l'eau de mer constitue un pilier de la stratégie national d'approvisionnement en eau potable.
- la réduction des coûts, par la maîtrise des systèmes de récupération d'énergie et le procédé d'osmose, permet un développement très important du dessalement d'eau de mer dans le futur.

