

- (2) L'amplitude de la marée de vive-eau est de 60 cm. La hauteur de la houle maximale (H 1/10) est de 5 m.

### 5.3 Qualité de l'eau produite

En Algérie, les normes de la qualité d'eau de robinet sont en cours de codification pour la promulgation dans un proche avenir. Les valeurs standard algériennes sont reprises au Tableau 5-1. Les valeurs visées en attendant étant des normes W.H.O. (sigle français O.M.S.), la présente F/S utilise celles-ci. Les normes W.H.O. ont été soumises à une révision en 1982/83 à l'issue de laquelle sont publiées les directives de la qualité d'eau potable W.H.O. Les valeurs de celles-ci figurent au Tableau 5-2. Les caractéristiques principales de l'eau produite sont indiquées au Tableau 5-3.

**Tableau 5-1 Normes algériennes provisoires de la qualité d'eau potable (préparées pour la promulgation)**

Paramètres	Unité	Caractéristiques	
<b>Normes physiques</b>			
Saveur, odeur		L'eau ne doit présenter aucune saveur désagréable ni dégager aucune odeur.	
Coloration		Inférieure ou égale à 20 unités de l'échelle au platinocobalt.	
Turbidité		Inférieure ou égale à 30 unités turbidimétriques.	
Température		Inférieure à 25°C	
pH		Entre 6,5 et 8,5	
		Souhaitable	Maximale admissible
Radioactivité alpha globale	PCI/ℓ	00	3 (0,1 Bq/ℓ)
Radioactivité beta globale	PCI/ℓ	00	30 (1 Bq/ℓ)
<b>Normes chimiques</b>			
Chlore résiduel libre	mg/ℓ	0,1 au minimum au robinet en période normale.	0,5 au maximum au robinet en période d'épidémie ou de calamité naturelle.
Minéralisation globale (résidus secs) (TDS)	mg/ℓ	500	2 000
Calcium	mg/ℓ	75	200
Magnésium	mg/ℓ	50	150
Calcium + Magnésium		100 (en CaCO <sub>3</sub> )	500
Sodium	mg/ℓ	20	100
Potassium	mg/ℓ	10	12
Fer	mg/ℓ	0,05	0,5
Manganèse	mg/ℓ	0,01	0,2
Sulfates	mg/ℓ	200	400
Ammoniaque	mg/ℓ	0	0,05
Azote total (organique)	mg/ℓ	0,05	0,5
Nitrites	mg/ℓ	0	0,1

(Tableau 5-1 – Suite)

Paramètres	Unité	Caractéristiques	
		Souhaitable	Maximale admissible
Nitrates	mg/l	10	45
Chlorures	mg/l	200	600
Phosphates	mg/l	0	1
Oxydabilité permanganique à chaud en milieu alcalin	mg/l	0	2
Fluorures	mg/l	0,7	1,2
Sulfures	mg/l	0	0,02
Zinc	mg/l	0,1	5
Cuivre	mg/l	0,05	1,5
Aluminium	mg/l	0,05	0,2
(Métaux lourds)			
Arsenic	mg/l	0	0,05
Plomb	mg/l	0	0,1
Chrome hexavalent	mg/l	0	0,05
Chrome total	mg/l	0	0,1
Mercure	mg/l	0	0,001
Cadmium	mg/l	0	0,005
Argent	mg/l	0,01	0,05
Sélénium	mg/l	0,01	0,01
Cyanures	mg/l	0	0,05
Hydrocarbures	mg/l	0	0,001
Phénols	mg/l	0,001	0,002
Huiles et graisses	mg/l	0	0,01
Détergents anioniques	mg/l	0,2	1
(Pesticides)			
Lindane	mg/l	0	0,004
D. D. T.	mg/l	0	0,004
Méthoxychlore	mg/l	0	0,01
Parathion	mg/l	0	0,001
Méthylparathion	mg/l	0	0,005

(Tableau 5-1 – Suite et fin)

Paramètres	Unité	Caractéristiques	
		Souhaitable	Maximale admissible
Malathion	mg/l	0	0,01
Dieldrine	mg/l	0	0,001
Carbaryl	mg/l	0	0,05
Astrasine	mg/l	0	0,01
2, 4 - D	mg/l	0	0,02
2, 4, 5 - TP	mg/l	0	0,01
2, 4, 5 - T	mg/l	0	0,01
Caractéristiques			
Normes biologiques			
Organismes parasites et pathogènes	Nombre/ 100 ml	Absence	
Coliformes totaux	Nombre/ 100 ml	(a) 3 (b) Aucun coliforme ne doit être décelé dans 2 échantillons successifs de 100 ml à analyser. (c) Au cours d'une année, la proportion des échantillons analysés contenant des coliformes ne doit pas excéder 5%.	
Eschérichia coli	Nombre/ 100 ml	0	
Streptocoques fécaux	Nombre/ 100 ml	0	

Tableau 5-2 Directives de la qualité d'eau potable WHO 1982/83

Paramètres	Directives WHO	Normes algériennes provisoire Valeur maximale admissible
Bactéries	Nombre/100 mℓ	Nombre/100 mℓ
Coliformes fécaux	0	0
Eschérichia coli	0	0
Organismes	—	—
Protozoaires (pathogènes)	Non précisés	Absence
Parasites (pathogènes)	Non précisés	Absence
Planctons (algues, etc.)	Non précisés	Non précisés
Réglementation des minéraux pour la santé	mg/ℓ	mg/ℓ
Arsenic	0,05	0,05
Cadmium	0,005	0,005
Chrome	0,05	Chrome total 0,1 Chrome hexavalent 0,05
Cyanures	0,1	0,05
Fluorures	1,5	1,2
Plomb	0,05	0,1
Mercure	0,001	0,001
Azote nitrique	10	45
Azote nitreux	Non précisé	0,1
Sélénium	0,01	0,01
Argent	Non précisé	0,05
Sodium	Non précisé	100

(Tableau 5-2 – Suite)

Paramètres	Directives WHO	Normes algériennes provisoires Valeur maximale admissible
Réglementation des matières organiques pour la santé	$\mu\text{g}/\ell$	$\mu\text{g}/\ell$
Benzène	10	—
Tétrachlorure de carbone	3 (*T)	—
1, 2 - dichloroéthane	10	—
1, 1 - dichloroéthylène	0,3	—
Tétrachloroéthylène	10 (*T)	—
Trichloroéthylène	30 (*T)	—
Phénol	Non précisé	2
Pentachlorophénol	10	—
2, 4, 6 - Trichlorophénol	10	—
	(Concentration maximale perceptible	—
	0,1)	—
Benzo( $\alpha$ )pyrène	0,01	—
Chloroforme	30	—
Aldrin/Dieldrine	0,03	1
Chlordane	0,3	—
2, 4 - D	100	20
D. D. T.	1	4
Heptachlore et époxyde de heptachlore	0,1	—
Hexachlorobenzène	0,01	—
Lindane	3	4
Méthoxychlore	30	10
Radioactivité	$\text{Bq}/\ell$	$\text{PCI}/\ell$
Radioactivité alpha globale	0,1	3 (0,1 $\text{Bq}/\ell$ )
Radioactivité beta globale	1	30 (1 $\text{Bq}/\ell$ )

NOTA: (\*T) Valeur préliminaire

(Tableau 5-2 -- Suite et fin)

Paramètres	Directives WHO	Normes algériennes provisoires Valeur maximale admissible
Eléments généraux	mg/l	mg/l
Aluminium	0,2	0,2
Chlorures	250	600
Cuivre	1,0	1,5
Dureté (en CaCO <sub>3</sub> )	500	500
Fer	0,3	0,5
Manganèse	0,1	0,2
Sodium	200	100
Sulfates	400	400
TDS (quantité totale de matières dissoutes)	1 000	2 000
Zinc	5,0	5
Coloration	15 TCU	Inférieure ou égale à 20 unités de l'échelle au platino-cobalt
Saveur et odeur	Non pas désagréable	Aucune saveur désagréable ni aucune odeur dégagée
Température	Non précisée	25°C
Turbidité	5 unités néphélométriques au maximum (Valeur recommandée: 1 au maximum)	30 unités turbidimétriques au maximum
pH	6,5 à 8,5	6,5 à 8,5

**Tableau 5-3 Qualité de l'eau produite**

Eléments	Eau produite au procédé distillation	Eau produite au procédé osmose inverse	Directives W.H.O.
pH	7 à 8,5	7 à 8,5	6,5 à 8,5
Dureté totale (en CaCO <sub>3</sub> ) (mg/l)	60 au plus	56 au plus	500
Ion chlore (mg/l)	30 au plus	250 au plus	250
Ion sulfate (mg/l)	5 au plus	28 au plus	400
TDS (quantité totale de matières dissoutes) (mg/l)	100 au plus	500 au plus	1 000
Température (°C)	32 au plus	16 à 26	—
Ion calcium (mg/l)	28 au plus	23 au plus	—
Ion magnésium (mg/l)	2 au plus	17 au plus	—

#### 5.4 Qualité de l'eau de mer brute

Une analyse a été faite sur l'eau de mer prélevée au large d'Ouréah qui était site possible de l'Unité. Les résultats sont indiqués à l'Annex 1-1 et 1-2. Entre lesdits résultats, les données retenues sont des eaux échantillonnées aux profondeurs de 5 m et 10 m à la St. A ainsi que de 5 m et 6 m à la St. B. La qualité de l'eau de mer brute constituant une des conditions de planning de l'Unité est établie sur la base de ces données et précisée au Tableau 5-4.

**Tableau 5-4 Qualité de l'eau de mer brute**

Eléments	Unité	Moyenne
Ca	mg/l	351
Mg	mg/l	1359
Na	mg/l	11960
K	mg/l	535
Cl	mg/l	20657
SO <sub>4</sub>	mg/l	2460
CO <sub>3</sub>	mg/l	193
NO <sub>3</sub>	mg/l	1
NO <sub>2</sub>	mg/l	0
NH <sub>4</sub>	mg/l	0,40
T - P	mg/l	0,113
Conductibilité électrique	mS/cm	51,8
Matières dissoutes à 110 °C	mg/l	39010
pH	mg/l	8,25
Oxygène dissous	mg/l	7,7
DCO	mg/l	5,3
Température (estimée)	°C	20

## 5.5 Utilités et produits chimiques

### 5.5.1 Electricité

L'électricité sera fournie par les réseaux de distribution d'électricité de la SONELGAZ. Les conditions d'alimentation et le prix sont indiqués au Tableau 5-5.

**Tableau 5-5 Conditions d'alimentation et prix d'électricité**

Eléments	Conditions et prix
Tension	60 kV
Fréquence	50 Hz
Phase	Triphasé
Prix	16,5 centimes/kWh

### 5-5-2. Gaz combustible

Le gaz combustible sera fourni par les réseaux de distribution de gaz de ville de la SONELGAZ. Les conditions d'alimentation et le prix sont indiqués au Tableau 5-6.

**Tableau 5-6 Conditions d'alimentation et prix de gaz combustible**

Eléments	Conditions	
Pouvoir calorifique	9 400 kcal/N m <sup>3</sup>	
Composition	He	0,19 ± 0,02
	N <sub>2</sub>	5,80 ± 0,20
	CO <sub>2</sub>	0,21 ± 0,03
	C <sub>1</sub>	83,00 ± 0,30
	C <sub>2</sub>	7,10 ± 0,15
	C <sub>3</sub>	2,25 ± 0,10
	i C <sub>4</sub>	0,40 ± 0,07
	n C <sub>4</sub>	0,60 ± 0,08
	i C <sub>5</sub>	0,12 ± 0,03
	n C <sub>5</sub>	0,15 ± 0,04
	C <sub>6</sub> <sup>+</sup>	0,18 ± 0,05
	Poids spécifique (air 1,0)	0,660 ± 0,003
	H <sub>2</sub> S :	0,750 mg/m <sup>3</sup>
	Soufre :	30 mg/m <sup>3</sup>
Pression d'origine	40 Bar	
Pression d'alimentation	4 Bar	
Prix	1,22 centimes/1000 kcal	

### 5.5.3 Produits chimiques

Les spécifications et le prix unitaire des produits chimiques nécessaires à l'Unité sont indiqués au Tableau 5-7 pour les deux procédés: distillation et osmose inverse.

**Tableau 5-7 Spécifications et prix unitaire des produits chimiques****(1) Procédé distillation**

Produits chimiques	Spécifications	Prix unitaire
Inhibiteur d'entartrage	Concentration 100 %	3,913 \$US/kg
Agent antimousse	—	4,343 \$US/kg
Calcaire	Solide en 100 %	240 DA/tonne
Soude calcinée	Poudre en 100 %	318 \$US/tonne

**(2) Procédé osmose inverse**

Produits chimiques	Spécifications	Prix unitaire
Chlorure ferrique	Concentration 40 %	318 \$US/tonne
Acide sulfurique	Concentration 98 %	410 DA/tonne
Chaux éteinte	Poudre en 100 %	392,5 DA/tonne
Coagulant	Poudre en 100 %	19,57 \$US/kg
Acide citrique	Poudre en 100 %	5,670 DA/tonne
Ammoniac	Concentration 25 %	478 \$US/tonne

**5.6 Protection de l'environnement**

Les facteurs par lesquels l'exploitation de l'Unité peut affecter l'environnement sont les effluents, les fumées et le bruit. Contre ces facteurs, les mesures de protection seront prises de façon qu'elles satisfassent aux valeurs réglementaires décrites ci-après:

**5.6.1 Effluents**

La protection contre la pollution des eaux littorales devant l'Unité se conformera aux normes algériennes décrétées de la qualité des effluents. Les valeurs réglementaires de celles-ci sont reprises au Tableau 5-8.

**Tableau 5-8 Normes algériennes de la qualité des effluents**

Eléments	Rejet maximum admissible
pH	5,5 à 9,0
DCO	120 mg/l (après 2 heures de décantation suivie d'une filtration)
Matières en suspension	100 mg/l (moyenne sur 2 heures)
Huiles et graisses totales	20 mg/l
Phénol volatil	5 mg/l

L'Unité de dessalement dégorge une grande quantité d'eau de mer légèrement concentrée. Actuellement, l'eau de mer concentrée ne fait pas l'objet de la réglementation. Toutefois, son mélange avec les eaux littorales sera prévu suffisamment pour ne pas affecter l'environnement.

#### 5.6.2 Fumées

Nombreux pays recommandent à leur nation de respecter les normes instituées pour la protection de l'environnement et portant les dispositions sur les matières nuisibles dans l'air. Le Tableau 5-9 montre les normes américaines et japonaises dont la réglementation est la plus avancée du monde.

Pour respecter ces normes, il faut contrôler le débit de chacune des matières nuisibles à partir de son générateur. Les normes d'émission sont définies compte tenu des particularités locales, des conditions sociales et naturelles, ainsi que des types d'installations.

Par ailleurs, le gaz combustible utilisé pour l'Unité est tel que précisé au Tableau 5-6. Les fumées produites par la combustion de ce gaz ne contiennent l'oxyde de soufre, l'oxyde de carbone et les matières particulaires en suspension qu'en une faible teneur ne dépassant pas les normes d'émission. Ainsi, seul l'oxyde d'azote fera l'objet du contrôle adoptant comme valeur standard celle de la réglementation japonaise suivante:

Valeur standard de l'oxyde d'azote à l'émission:

- 100 cm<sup>3</sup> au maximum dans 1 Nm<sup>3</sup> des fumées d'échappement pour une chaudière chauffée exclusivement par le gaz et déchargeant les fumées en un volume égal ou supérieur à 100 000 Nm<sup>3</sup>/heure.

**Tableau 5-9 Normes de l'environnement relatives à la pollution d'air**

Matières	Japon	U. S. A.
Bioxyde de soufre	0,04 ppm au plus en moyenne journalière des valeurs horaires dont chacune ne doit pas dépasser 0,1 ppm.	0,03 ppm au plus en moyenne journalière des valeurs horaires dont chacune ne doit pas dépasser 0,14 ppm.
Oxyde de carbone	10 ppm au plus en moyenne journalière des valeurs horaires dont la moyenne sur 8 heures ne doit pas dépasser 20 ppm.	9 ppm au plus en moyenne journalière des valeurs horaires dont la moyenne sur 8 heures ne doit pas dépasser 35 ppm.
Matières particulaires en suspension	0,10 ppm au plus en moyenne journalière des valeurs horaires dont chacune ne doit pas dépasser 0,20 ppm.	0,075 ppm au plus en moyenne journalière des valeurs horaires dont chacune ne doit pas dépasser 0,26 ppm.
Bioxyde d'azote	0,04 à 0,06 ppm en moyenne journalière des valeurs horaires	0,05 ppm en moyenne journalière des valeurs horaires

### 5.6.3 Bruit

La réglementation du bruit varie suivant les modes d'activités sociales d'alentour.

Le site de l'Unité n'a pas d'habitations près de ses limites. Ainsi, le bruit produit par le fonctionnement de l'Unité (notamment des pompes, moteurs et chaudières) causera peu d'ennuis à l'environnement. Toutefois, la protection contre le bruit sera prise en considération dans l'implantation de l'Unité où les générateurs de bruit seront écartés des limites du site ou enfermés dans des bâtiments.

### 5.7 Autres conditions à en tenir compte dans le planning de l'Unité

Pour faciliter l'exploitation et ainsi maintenir élevé le taux d'utilisation, on prendra les mesures suivantes:

- (1) La commande sera complètement automatique sauf la mise en marche et arrêt;
- (2) Au moins un ensemble de réserve sera prévu pour chacun des équipements rotatifs de service permanent ou d'importance majeure;
- (3) L'Unité aura en stock les pièces de rechange pour deux ans d'exploitation.

## Chapitre 6

### Etude conceptuelle de l'Unité de dessalement par distillation



## Chapitre 6. Etude conceptuelle de l'Unité de dessalement par distillation

Différents paramètres sont à prendre en considération dans l'étude conceptuelle de l'Unité de dessalement par distillation à vaporisation instantanée par détentes successives. Compte tenu des diverses exigences imposées au Projet, notamment des conditions économiques et techniques, la présente F/S a déterminé les spécifications générales mentionnées ci-après. Les considérations de base ayant conduit à ces spécifications sont telles que décrites au § 6.1.4.

### 6.1 Spécifications générales

#### 6.1.1 Spécifications de l'Unité

Procédé	:	distillation à vaporisation instantanée par détentes successives à longs tubes (Unité à simple fin)
Capacité de production d'eau douce	:	60 000 m <sup>3</sup> /jour
Nombre d'unités constituantes	:	30 000 m <sup>3</sup> /jour × 2 unités
Fonctionnement	:	recyclage de saumure
Contrôle d'entartrage	:	injection d'un inhibiteur d'entartrage à haute température et nettoyage à boules
Nombre d'étages d'évaporation:	:	Récupération de chaleur 30 étages
	:	Dégagement de chaleur 3 étages
	:	Total 33 étages
Qualité de l'eau produite	:	satisfait aux directives de la qualité d'eau W.H.O.
Bilan hydrique	:	Prise d'eau de mer 499 000 m <sup>3</sup> /jour
	:	Rejet d'eau 439 000 m <sup>3</sup> /jour
Conditions principales d'exploitation:		
Rapport de production d'eau	:	8,0
Température maximale de la saumure recyclée	:	110°C
Température de la saumure usée	:	34°C (maxi.)
Température de l'eau produite	:	32°C (maxi.)
Rapport de concentration de la saumure recyclée	:	1,82

#### 6.1.2 Composition de l'Unité

Installations de production d'eau:

Evaporateur

Réchauffeur de saumure

Purgeur d'air

Désaérateur

Equipement de nettoyage à boules

Installation d'injection de produits chimiques

Ouvrage de prise et rejet d'eau

Générateur de vapeur

Installation de traitement ultérieure d'eau produite

Installations d'adduction d'eau produite  
(Réservoir d'eau pure et pompe d'adduction)

Installation de réception et transformation de l'électricité

### 6.1.3 Utilités et produits chimiques

Gaz combustible : 23 400 Nm<sup>3</sup>/h

Electricité : 1 170 kW

Produits chimiques :

Inhibiteur d'entartrage	29,2	kg/h
Agent antimousse	0,486	kg/h
Calcaire	150	kg/h
Soude calcinée	3,8	kg/h

### 6.1.4 Considérations ayant dirigé la conception

L'Unité a été conçue sur la base des considérations fondamentales suivantes:

#### (1) Unité à simple fin ou à double fin

L'Unité de dessalement d'eau de mer par distillation à vaporisation instantanée par détentes successives peut être soit à simple fin réservée exclusivement à la production d'eau avec une chaudière spécifique, soit une unité à double fin où la vapeur obtenue après la production d'électricité sert ensuite à la production d'eau. La zone de Mostaganem se dispose d'une suffisante alimentation en électricité. Approvisionnée des énergies à bas prix, elle a peu besoin de recourir à une unité à double fin. Or, celle-ci demande un délai prolongé de construction et un vaste emplacement. Pour la zone de Mostaganem, c'est l'eau seule qui est de nécessité urgente. Ainsi, le planning a porté sur une unité à simple fin.

#### (2) Nombre et capacité des unités constituantes

Généralement pour une même capacité totale de production d'eau, les unités constituantes à grande capacité apportent l'avantage d'échelle, permettant de réduire les frais de construction, d'exploitation et de maintenance, et de raccourcir le délai de construction. En revanche, quand elles sont arrêtées pour l'inspection périodique ou par suite de pannes, la diminution de production entraîne des conséquences importantes. Ainsi, la capacité unitaire et le nombre d'unités constituantes doivent être déterminés convenablement.

La F/S les a fixés à 30 000 m<sup>3</sup>/jour × 2 unités, compte tenu des paramètres suivants:

- 1) Conformément à la demande des autorités algériennes, une importance primordiale est accordée aux résultats d'exploitation des unités similaires (capacité unitaire maximale 36 000 m<sup>3</sup>/jour). La capacité retenue sera celle à laquelle peut

répondre la technologie conventionnelle.

2) La considération du rendement économique tenant compte des résultats d'exploitation a conduit à la capacité unitaire de 30 000 m<sup>3</sup>/jour X 2 unités.

(3) Système à long tubes

Le système à courts tubes a un condenseur (composé de tubes condenseurs, plaques tubulaires et chambres d'eau) indépendant pour chaque étage, tandis qu'au système à longs tubes, un condenseur commun traverse une série continue d'étages dans le module. De grandes installations utilisent le plus souvent le système à longs tubes avec lequel les frais d'équipement sont moins grands.

L'Unité considérée étant d'une grande capacité, nous lui avons adopté le système à longs tubes.

(4) Contrôle d'entartrage

Dans le cas où le pH est contrôlé par l'injection d'acide sulfurique, on pourra échapper au problème d'entartrage. Toutefois, le problème de corrosion des matériaux utilisés se posera si le contrôle du pH de la saumure recyclée et l'entretien après l'arrêt de l'Unité ne sont pas effectués correctement. Compte tenu de ce fait, nous avons introduit, d'une part le système d'injection d'un inhibiteur d'entartrage dont, l'exploitation et contrôle étant aisés, l'efficacité est prouvée chez nombreux utilisateurs au Moyen-Orient, et d'autre part, le nettoyage à boules qui est réalisable sur l'installation en charge.

Un inhibiteur d'entartrage le plus avancé techniquement, c'est-à-dire, celui de service à haute température sera utilisé en vue de la réduction des frais.

(5) Rapport de production d'eau

Dans la conception de l'Unité de dessalement d'eau de mer par distillation à vaporisation instantanée, le facteur le plus fondamental est la valeur donnée au rapport de production d'eau.

Si les énergies sont coûteuses, il est économique de mettre le rapport de production d'eau à une valeur aussi grande que possible. Par contre, dans le cas où elles sont peu coûteuses, un grand rapport n'est pas toujours économique, car cela augmente les frais de construction.

Ainsi, les unités similaires dans les pays à prix d'énergies élevés ont un rapport de production si grand que de l'ordre de 12, mais celles dans les pays producteurs de pétrole à bas prix d'énergies sont le plus souvent au rapport d'environ 8.

A l'issue de l'optimisation du rendement économique, compte tenu du prix d'énergie (gaz combustible) en vigueur en Algérie, nous avons fixé à 8 le rapport de production d'eau de l'Unité.

(6) Entraînement par turbine

La pompe d'alimentation en eau de mer, la pompe de circulation de saumure, la pompe d'alimentation de la chaudière, le ventilateur pour celle-ci et la pompe d'adduction

seront entraînés par la turbine à vapeur.

Généralement, les pompes sont souvent entraînées par moteur électrique. Compte tenu du rendement de production d'électricité à vapeur, leur entraînement direct par vapeur est moins coûteux lorsqu'on peut obtenir une vapeur satisfaisant aux conditions requises. De plus, le gaz saumure pour l'utilisation efficace de sa chaleur latente en vue d'une économie d'énergie.

(7) Rapport de concentration

Selon les standards d'emploi de l'inhibiteur d'entartrage, la concentration de la saumure recyclée peut aller jusqu'à 70 000 à 75 000 mg/l. En prévoyant une marge de sécurité pour l'Unité considérée, la concentration a été fixée à 67 300 mg/l et le rapport de contraction à 1,82 (= 67 300/37 000).

(8) Température maximale de la saumure recyclée

Selon les standards d'emploi de l'inhibiteur d'entartrage, la température de la saumure recyclée peut aller jusqu'à 116 à 118°C. En prévoyant une marge de sécurité pour l'Unité, la température maximale a été fixée à 110°C.

(9) Nombre d'étages d'évaporation

Nous avons fixé le nombre optimal au rapport de production d'eau de 8, à 30 étages pour la section récupération de chaleur, à 3 étages pour la section récupération de chaleur et au total à 33 étages.

(10) Protection de l'environnement

1) Influence sur les eaux côtières

L'Unité de dessalement d'eau de mer par distillation dégorge les eaux résiduelles chaudes légèrement concentrées en une quantité de 439 000 m<sup>3</sup>/jour, à une température de 34°C et à une teneur en sels de 42 100 mg/l. Il est estimé par ailleurs que l'effluent, moins dense que les eaux d'alentour, va se diffuser à la surface de la mer en une couche de 2 à 3 m d'épaisseur. Les installations de prise d'eau ont été conçues de façon à limiter à 20 cm/sec au plus la vitesse de prise à la tête pour éviter la reprise des effluents à la surface de la mer et par suite le recyclage de ces derniers.

Quand l'élévation de température des eaux côtières par diffusion des effluents chauds est de 1°C au maximum, l'influence de ceux-ci sur l'environnement peut être considérée nulle.

2) Pollution d'air

L'Unité de dessalement sera équipée d'une chaudière servant exclusivement à lui fournir l'énergie thermique de vapeur. La chaudière est du type compact rendant un long et grand service chez de nombreuses usines générales. Son combustible étant le gaz naturel, il n'y a pas lieu de craindre l'oxyde de soufre et les fumées de charbon. Pour l'oxyde d'azote, il est possible d'en limiter l'émission à moins de 100 cc/Nm<sup>3</sup> prévus par les standards japonais.

### 3) Bruit

Les équipements à niveau de bruit le plus élevé dans l'Unité de dessalement sont l'éjecteur et le refroidisseur-détendeur de vapeur. Le bruit s'y produit par le frottement de la vapeur à haute pression. La protection contre le bruit sera assurée par la disposition des équipements dans l'enceinte de l'Unité et par des dispositifs d'insonorisation placés selon la nécessité.

## 6.2 Description générale du procédé

### 6.2.1 Processus technologiques

Les schémas de principe sont indiqués aux Fig. 6-1 et 6-2.

A partir de la tête de prise placée à un point profond de 10 m et distant de 400 m de la ligne côtière, l'eau de mer est introduite librement, par les tuyaux sous-marins, dans le réservoir d'eau prise installé près de la côte. De là, elle est envoyée, par la pompe d'alimentation en eau de mer (P-101), à la section dégagement de chaleur de l'évaporateur comme eau de mer de refroidissement.

Une portion de l'eau de mer d'alimentation est introduite dans les condenseurs (E-103 et E-104) du purgeur d'air servant à la fois à l'élimination du gaz non condensable et au maintien de la dépression dans l'évaporateur, puis renvoyée à la ligne de sortie de la section dégagement de chaleur de l'eau constitué par l'éjecteur de vapeur (J-101) à trois étages en tandem, le condenseur d'aération (E-103) et le condenseur à éjection (E-104).

La plupart de l'eau de mer sortant de la section dégagement de chaleur est conduite vers le fossé d'évacuation. Une certaine portion passe le désaérateur (V-101) et constitue l'eau d'appoint qui est mélangée avec la saumure l'injection par les pompes doseuses (P-107 et P-108) de l'inhibiteur d'entartrage et de l'agent antimousse destiné à la prévention du moussage de saumure dans la chambre de vaporisation.

De la saumure ayant atteint l'étage final de l'évaporateur, une portion est mise hors système par la pompe d'évacuation de saumure (P-105) avant le mélange avec l'eau d'appoint. La plupart en est conduite dans les tubes échangeurs de chaleur à l'étage à la plus basse température de la section récupération de chaleur de l'évaporateur (E-101), à l'aide de la pompe de circulation de saumure (P-102) à entraînement par turbine. La saumure conduite dans les tubes échangeurs de chaleur récupère par condensation la chaleur latente de la vapeur produite à chaque étage de la section récupération de chaleur et arrive, en s'échauffant, au premier étage de cette section.

La section dégagement de chaleur de l'évaporateur est constituée par un seul module, tandis que la section récupération de chaleur se compose de trois modules, contrainte par la longueur des tubes échangeurs de chaleur.

La saumure sortant des tubes échangeurs de chaleur du premier étage est envoyée pour le chauffage complémentaire au réchauffeur de saumure (E-102). Au sortir de celui-ci, la saumure est envoyée à la chambre de vaporisation du premier étage de la section

récupération de chaleur. Elle s'écoule par la différence de pression entre les étages, tout en se donnant à la vaporisation instantanée successivement à partir du premier étage jusqu'à l'étage final de la section dégagement de chaleur.

La ligne allant du réchauffeur de saumure jusqu'à la chambre de vaporisation du premier étage est équipée d'un filtre à boules (S-101). De là, les boules destinées au nettoyage des tubes échangeurs de chaleur sont conduites, à travers la pompe de circulation de boules (P-106) et le collecteur de boules (X-101), vers la ligne de refoulement de la pompe de circulation de saumure, pour circuler dans les tubes échangeurs de chaleur de la section récupération de chaleur et du réchauffeur de saumure.

La vapeur à haute pression provenant du générateur de vapeur est envoyée à la turbine d'entraînement des équipements tels que la pompe de circulation de saumure et la pompe d'alimentation en eau de mer. La vapeur à moyenne pression est distribuée à l'éjecteur du purgeur d'air, et celle à basse pression au réchauffeur de saumure. La vapeur d'échappement de la turbine d'entraînement des pompes est envoyée également au réchauffeur de saumure pour l'utilisation efficace de sa chaleur latente. Le condensat produit au réchauffeur de saumure est renvoyé au générateur de vapeur par la pompe à condensat (P-104).

De même que la saumure, l'eau distillée (eau douce) produite à chaque étage de l'évaporateur s'écoule du premier étage jusqu'à l'étage final, tout en reprenant la vaporisation instantanée successivement suivant la baisse de pression et en se condensant par les tubes échangeurs de chaleur placés en haut. Elle est extraite de l'étage final par la pompe à eau distillée (P-103) et est envoyée à l'installation de traitement ultérieur.

La saumure concentrée déchargée et l'eau de mer ayant servi au refroidissement sont dégorgees à travers l'ouvrage de rejet d'eau.

Le bilan massique calorifique des processus ci-dessus est donné à la Fig. 6-3. La disposition des équipements dans une unité constituante est montrée à la Fig. 6-4.

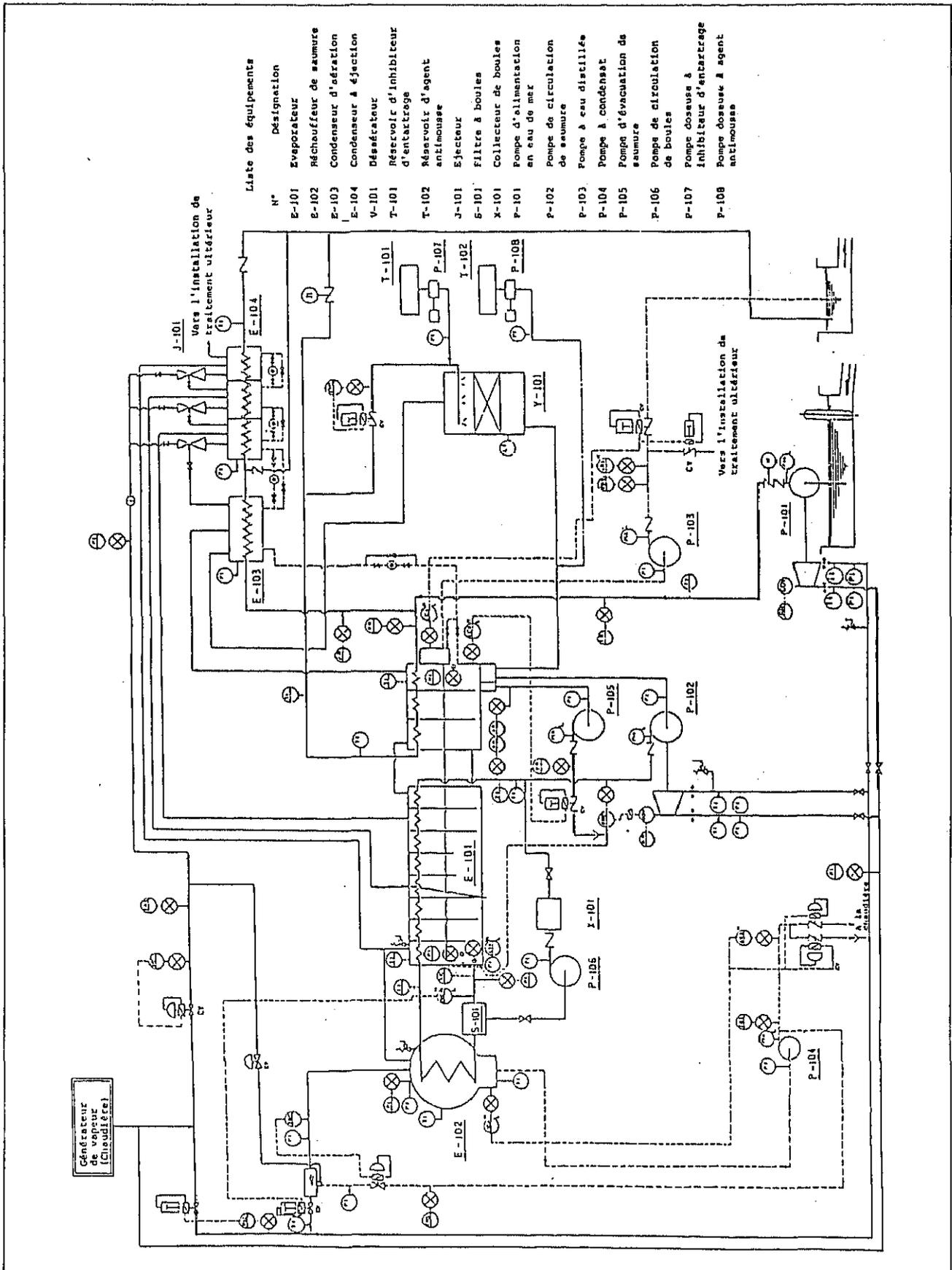


Fig. 6-1 Unité de dessalement par distillation  
Schéma de fonctionnement (30 000 m<sup>3</sup>/jour)

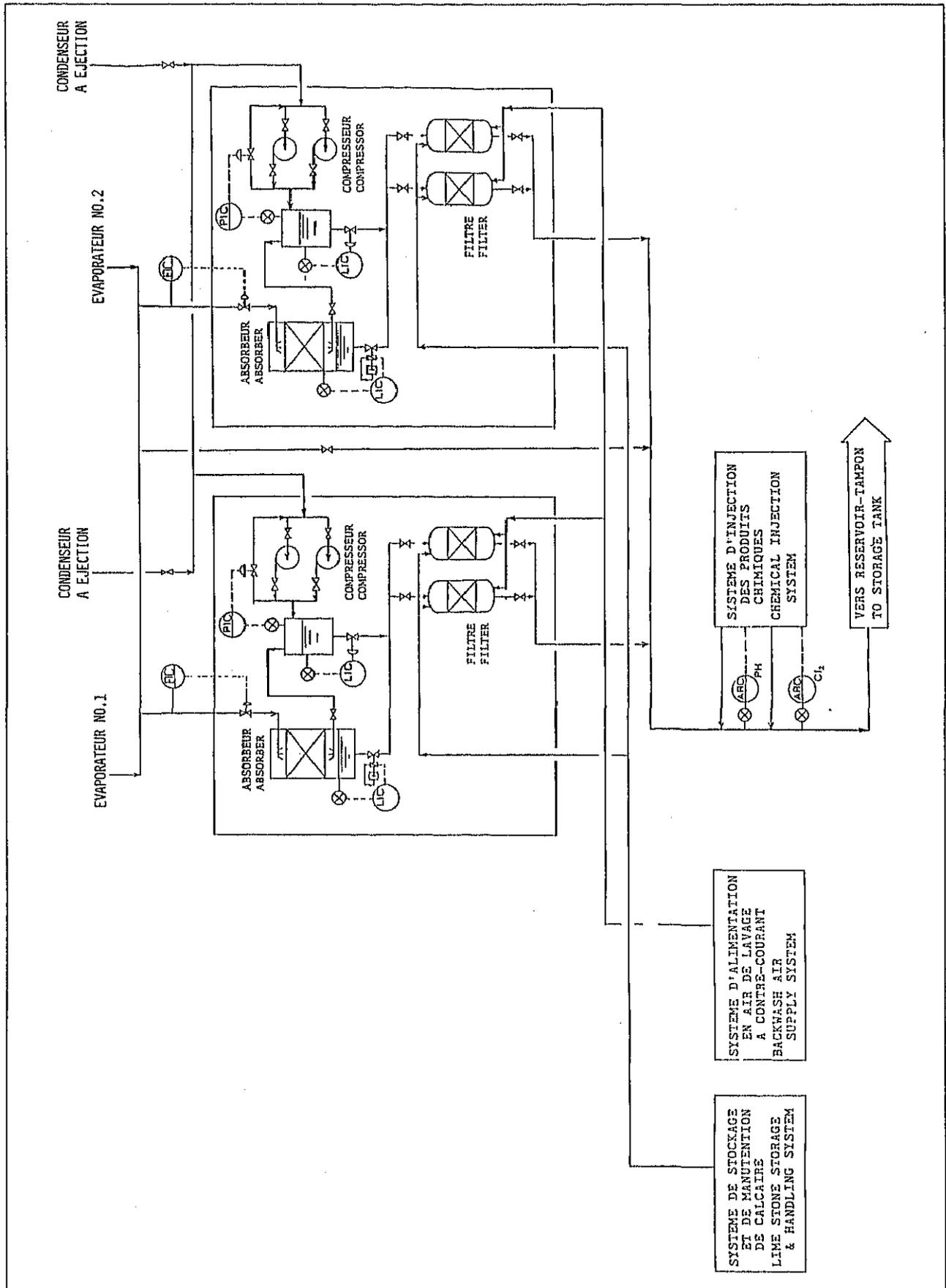


Fig. 6-2 Unité de dessalement par distillation  
Schéma du traitement ultérieur



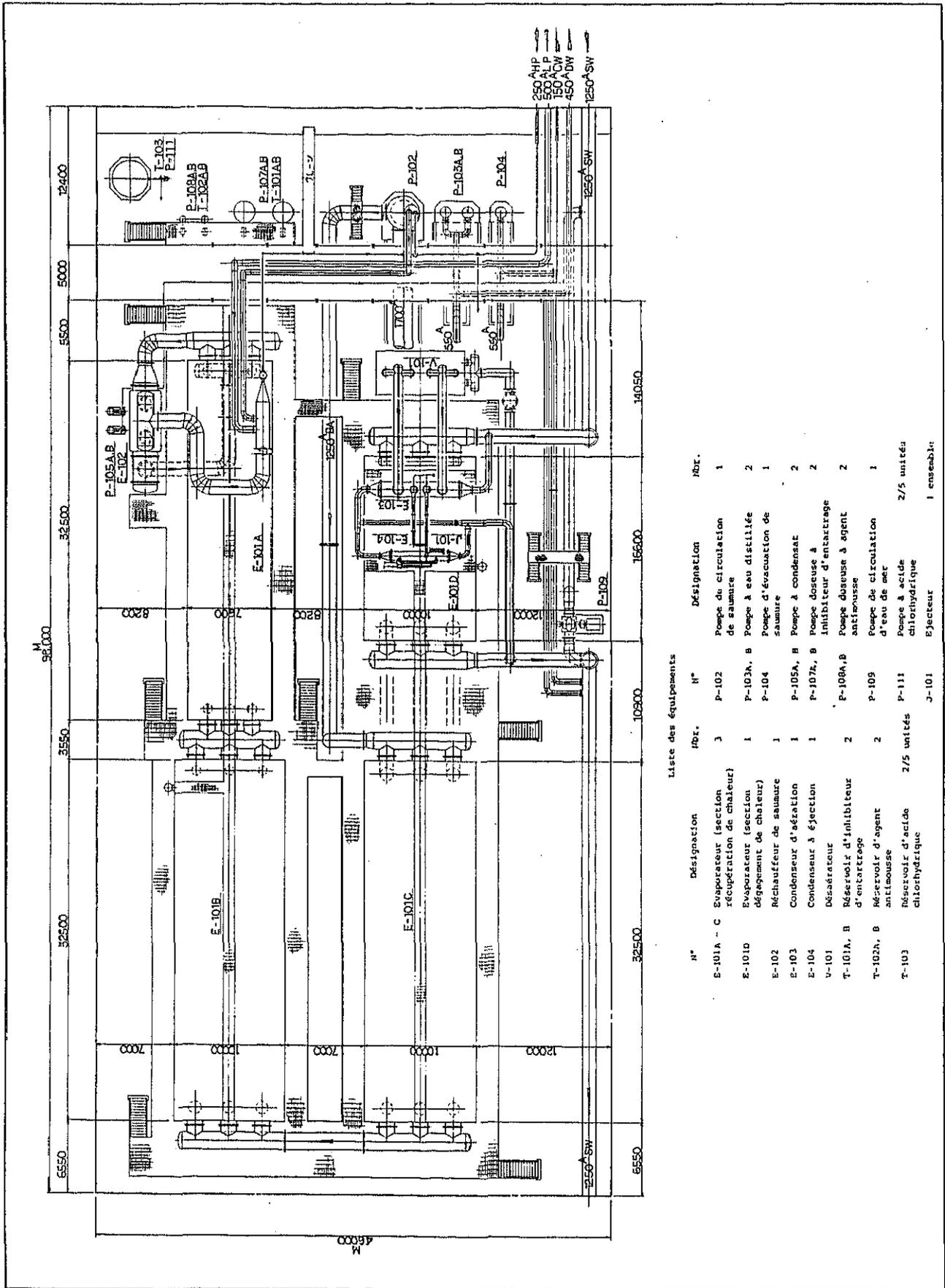


Fig. 6-4 Unité de dessalement par distillation  
Disposition des équipements dans une unité  
constituante (30 000 m<sup>3</sup>/jour)

### 6.2.2 Contrôle des processus

L'Unité de dessalement serait mise en fonctionnement continu sur toute l'année et par conséquent, leur mise en marche et arrêt est estimée peu fréquente. Sauf la mise en marche et arrêt, commandée par le personnel d'exploitation, le fonctionnement automatique de l'Unité sera assuré par le système de commande automatique qui effectue le réglage de la production (charge) selon le besoin.

Ce système de contrôle intégré permet de réaliser à partir de la salle de commande centrale, toutes les commandes y compris le démarrage et arrêt, ainsi que la surveillance de l'état de fonctionnement.

Il comprend les enclenchement requis pour la protection contre les accidents et l'endommagement des équipements, ainsi que le mécanisme d'arrêt automatique de l'Unité pour parer à toute éventualité. L'Unité de dessalement aura en outre les systèmes de contrôle permettant de maintenir son fonctionnement continu stable durant longtemps. Ces systèmes, indiqués sur le schéma de principe des Fig. 6-1 et 6-2, seront décrits ci-après pour chaque ligne.

#### (1) Ligne de vapeur de chauffage

La vapeur de chauffage apportée au réchauffeur de saumure est un mélange d'une part de la vapeur à basse pression obtenue par la détente de la vapeur à haute pression provenant du générateur de vapeur, et d'autre part, de la vapeur d'échappement de la turbine à vapeur servant à l'entraînement des pompes. Pour le réglage de pression de cette vapeur-là, une soupape régulatrice sera mise en place. Pour maintenir à 110°C la température de la saumure circulante à la sortie du réchauffeur de saumure, une vanne de réglage de débit est installée en amont du réchauffeur.

La température de la vapeur de chauffage avant le réchauffeur de saumure sera mesurée pour éviter la précipitation de tartre dans les tubes échangeurs de chaleur de celui-ci. Une vanne de réglage sera installée sur la ligne d'eau refroidie partant de la pompe à condensat et sur la ligne de vapeur atomisée pour régler la température de la vapeur de chauffage par saturation de celle-ci en surchauffe.

#### (2) Ligne de recyclage de saumure

Pour maintenir constant le volume de circulation de saumure, le régulateur de la turbine d'entraînement des pompes contrôle le nombre de tours de celle-ci. Le signal de contrôle est transmis au régulateur par l'enregistreur de réglage de débit.

Le fonctionnement à faible charge de l'Unité sera réalisé par deux opérations simultanées: abaissement de température maximale de la saumure et diminution de son volume de circulation.

#### (3) Ligne d'évacuation de saumure

Pour maintenir constante la profondeur du courant de saumure dans le système, le débit sera contrôlé par l'actionnement de la vanne de réglage installée sur la ligne d'évacuation de saumure, suivant le signal de niveau de saumure à l'étage final.

(4) Ligne d'eau douce

L'eau douce produite dans le système est collectée à l'étage final. Suivant le signal de niveau de cette collection, le débit est contrôlé par l'actionnement de la vanne de réglage montée sur la ligne d'eau douce.

La ligne d'eau douce est munie d'un densimètre et d'une vanne de vidange que le signal de celui-ci met en action. L'eau douce de pureté inadéquate ne sera pas envoyée au réservoir d'eau pure, mais évacuée au puisard (réservoir d'eau à évacuer).

(5) Ligne d'eau d'appoint

Le volume d'eau d'appoint est contrôlé pour maintenir constante la concentration de la saumure circulante. Il s'agit là d'un autocontrôle mesurant le débit. L'eau de mer d'appoint est soumise, avant le mélange avec la saumure circulante, à l'addition de l'inhibiteur d'entartrage pour la protection anti-tartre, à l'addition de l'inhibiteur d'entartrage pour la protection anti-tartre, à l'élimination de l'oxygène dissous par le désaérateur en vue de la protection contre la corrosion, et enfin au dosage de l'agent antimousse pour modérer la vaporisation instantanée dans l'évaporateur et éviter la baisse de pureté de l'eau douce due à l'entraînement par vapeur des éclaboussures d'eau de mer.

(6) Ligne de condensat

La vapeur ayant chauffé la saumure au réchauffeur de saumure devient condensat s'accumulant dans le carter au fond du réchauffeur. Suivant ce niveau qui constitue le signal de contrôle, la vanne de réglage montée sur la ligne de condensat effectue le contrôle du débit de condensat. Pour la ligne d'eau refroidie, le contrôle est tel que décrit au paragraphe (1) ci-dessus.

La pureté du condensat est mesurée pour en réutiliser la plupart comme eau d'alimentation de la chaudière. Toute pureté inadéquate donne lieu à la mise hors système du condensat et sert à avertir des incidents sur le réchauffeur de saumure.

### 6.2.3 Ouvrage de prise et rejet d'eau

L'eau est prise à l'aide d'un système de prise d'eau profonde par conduite sous-marine, au large éloigné de 400 m de la côte. Elle est amenée par introduction libre, à travers les tuyaux de prise d'eau posés au fond de la mer, vers le puits (réservoir d'eau prise). Celui-ci est équipé d'une grille à barreaux et d'un tamis roulant pour éliminer les gros corps solides. L'eau chlorée produite par l'électrolyse de l'eau de mer est injectée au point de prise pour stériliser l'eau de mer et éviter le dépôt d'organismes marins sur la conduite de prise d'eau et ailleurs. Pour l'anticorrosion, la conduite de prise d'eau est équipée d'une protection électrique à anode voltaïque.

La saumure et l'eau de refroidissement sont déchargées par gravité à travers le canal découvert posé sur la côte.

Un aperçu de l'ouvrage de prise d'eau est donné à la Fig. 6-5.

La maintenance de l'ouvrage de prise d'eau consiste entre autres à vérifier:

- la santé de la tête et conduite de prise d'eau et le dépôt d'organismes marins sur celles-ci par un plongeur;
- l'effet de la protection anticorrosion électrique par potentiométrie, et;
- l'effet de l'injection de chlore par mesure de chlore résiduel.

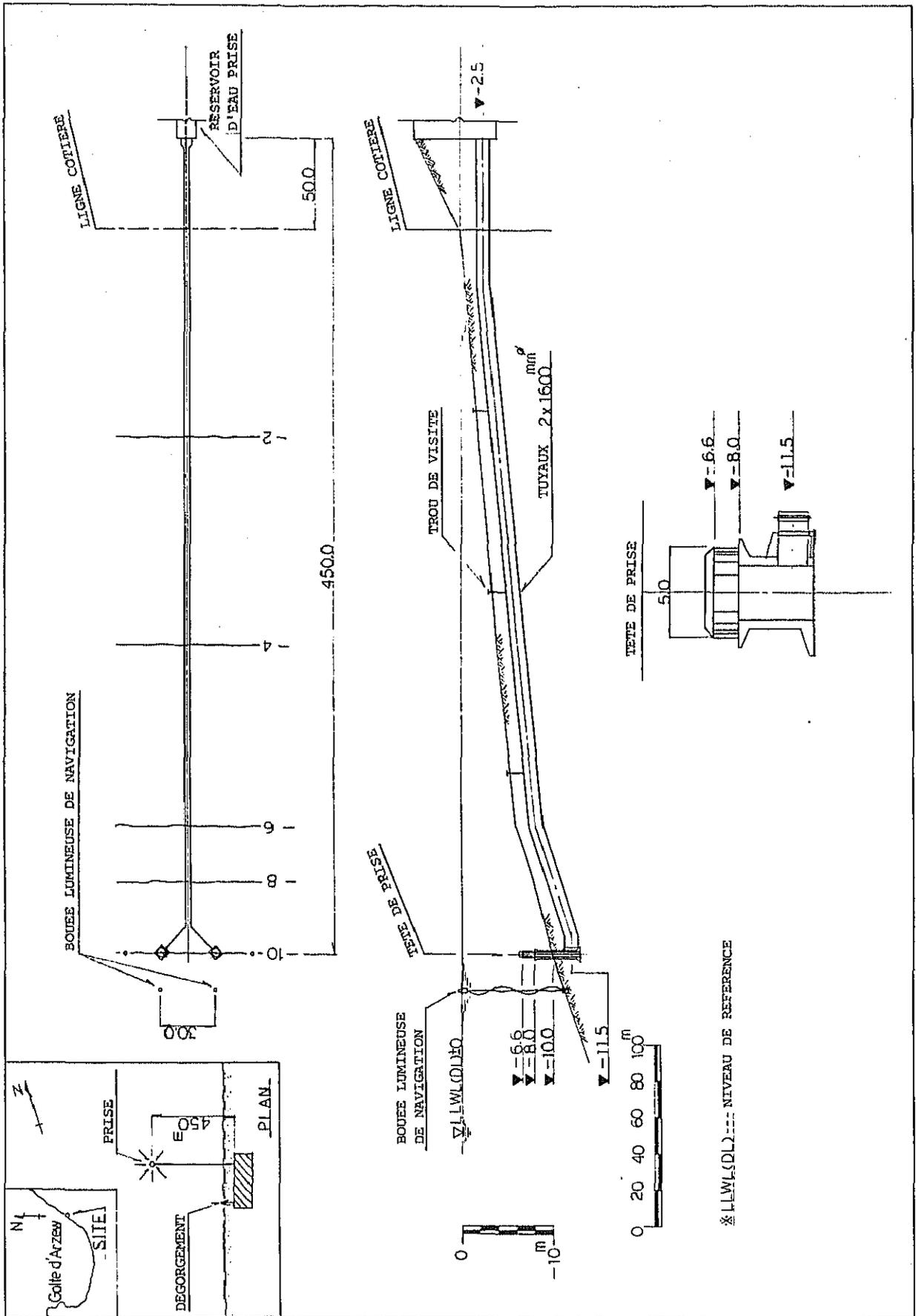


Fig. 6-5 Unité de dessalement par distillation  
Ouvrage de prise d'eau

#### 6.2.4 Installation de traitement ultérieur de l'eau produite

L'installation de traitement ultérieur est destinée à la protection contre la corrosion du réservoir d'eau pure et des installations d'adduction. Ses équipements principaux sont la colonne d'absorption de gaz carbonique et le filtre à lit fixe de calcaire.

L'eau produite par chacune des unités constituantes de dessalement est envoyée par la pompe à eau distillée à la colonne d'absorption de gaz carbonique. Le gaz carbonique est obtenu à partir du gaz d'échappement (contenant le gaz carbonique) de la désaération et de la purge d'air. En fait, le gaz d'échappement du condenseur à éjection est comprimé par un compresseur, puis envoyé à la colonne d'absorption de gaz carbonique pour se mettre en contact avec l'eau produite.

L'eau produite ayant absorbé du gaz carbonique est envoyée ensuite au filtre à lit fixe de calcaire. Là, le composant d'acide carbonique de l'eau produite réagit sur le calcaire (carbonate de calcium) pour former les ions de calcium et de bicarbonate qui servent à contrôler la dureté de l'eau produite.

Par surcroît, l'eau chlorée électrolytique est injectée pour la stérilisation et enfin, la solution aqueuse de soude calcinée est ajoutée pour le contrôle du pH.

L'eau produite ayant subi le traitement ultérieur aura une dureté totale de 60 mg/l (en  $\text{CaCO}_3$ ), un indice de Langelier maintenu entre 0 à + 0,5 et le pH contrôlé à 7,0 – 8,5. Ces mesures rendent l'eau produite non corrosive et conforme aux directives de la qualité d'eau potable W.H.O.

#### 6.2.5 Ouvrage de stockage d'eau produite

Après le contrôle de la qualité par filtration à lit fixe de calcaire, l'eau produite est stockée dans le réservoir d'eau pure. La durée de séjour dans ce réservoir est d'une heure.

### 6.3 Spécifications des équipements

#### 6.3.1 Installation de production d'eau (pour une unité constituante)

##### (1) Evaporateur

##### 1) Section récupération de chaleur

- Type : en caisson rectangulaire à longs tubes
- Nombre d'étages : 30
- Nombre de modules : 3 (chacun à 10 étages)
- Dimensions principales

Chambre de vaporisation (pour un étage) :

1<sup>er</sup> module : 3,3 m long × 7,2 m large × 4 m haut

2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> modules : 3,3 m long × 9,6 m large × 4 m haut

Tube échangeur de chaleur (pour un module) :

ϕ 19,0 mm × 1,0 mm ép. × 33 m long

– Matériaux des composants principaux

Corps et diaphragme	:	
1 <sup>er</sup> module	:	tôle d'acier + placage en acier inoxydable 316L
2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> modules	:	tôle d'acier + revêtement en résines époxydes
Plaque tubulaire de distillateur	:	cupro-nickel 90/10
Tube échangeur de chaleur	:	tube en laiton d'aluminium
Chambre d'eau de distillateur	:	tôle d'acier + placage en cupro-nickel 90/10

– Construction

La section récupération de chaleur est constituée par trois modules composés chacun de dix étages de chambres de vaporisation.

Le diaphragme sépare deux chambres de vaporisation contiguës de chaque module. La chambre de vaporisation comporte le plateau à eau distillée et le faisceau de tubes échangeurs de chaleur. Celui-ci se divise en 3 groupes de tubes de profil identique, munis chacun du plateau à eau distillée et montés dans chaque module, longitudinalement à des intervalles égaux. Les tubes échangeurs de chaleur sont fixés à la plaque tubulaire par évasement aux deux extrémités.

Chaque chambre de vaporisation a, sur l'enveloppe extérieure, un trou de visite, un regard d'inspection servant à la surveillance de l'état de fonctionnement intérieure, ainsi que des indicateurs de niveau de saumure et d'eau distillée, avec un calorifugeage appliqué sur la plaque extérieure pour empêcher la perte thermique.

2) Section dégagement de chaleur

– Type	:	en caisson rectangulaire à longs tubes
– Nombre d'étages	:	3
– Nombre de modules	:	1
– Dimensions principales		

Chambre de vaporisation (pour un étage) :

5,7 m long × 9,6 m large × 4 m haut

Tube échangeur de chaleur :

φ 16,0 mm × 0,4 mm ép. × 17,1 m long

– Matériaux des composants principaux

Corps et diaphragme	:	tôle d'acier + revêtement en résines époxydes
Plaque tubulaire de distillateur	:	cupro-nickel 90/10
Tube échangeur de chaleur	:	tube de titane

Chambre d'eau de distillateur : tôle d'acier + placage en cupro-nickel 90/10

– Construction

La section dégagement de chaleur est constituée par un module composé de trois étages de chambres de vaporisation, avec la construction identique à la section récupération de chaleur.

(2) Réchauffeur de saumure

– Type : échangeur de chaleur à calandre, type horizontal

– Nombre : 1

– Dimensions principales

Corps : diamètre du corps 2,8 m X 10,7 m long

Tube échangeur de chaleur :  $\phi$  19,0 mm X 1,0 mm ép.

– Matériaux des composants principaux

Corps : tôle d'acier

Tube échangeur de chaleur : tube de cupro-nickel 90/10

Plaque tubulaire : tôle de cupro-nickel 90/10

Chambre d'eau : tôle d'acier + placage en tôle de cupro-nickel 90/10

(3) Désaérateur

– Type : colonne garnie à dépression

– Nombre : 1

– Performance de désaération : 20 ppb au plus en oxyde dissous

– Dimensions principales : section 4 m long X 8 m large X 6,7 m haut

– Matériaux des composants principaux

Corps : tôle d'acier + garnissage en caoutchouc de néoprène

Pulvérisateur : acier inoxydable 316L

Garnissage : polypropylène

(4) Purgeur d'air

1) Ejecteur de vapeur

– Type : à trois étages en tandem

2) Condenseur d'aération

– Type : échangeur de chaleur à calandre, type horizontal

– Nombre : 1

– Dimensions principales : diamètre du corps  $\phi$  1,3 m environ X 9 m long

3) Condenseur à éjection

– Type : échangeur de chaleur à calandre, type horizontal

– Nombre : 1

– Dimensions principales : diamètre du corps  $\phi$  0,8 m environ X 7 m long

(5) Equipement de nettoyage à boules

- 1) Filtre à boules : 1 ensemble
- 2) Collecteur de boules : 1 ensemble
- 3) Accessoires : boules, pompe et moteur

(6) Pompes principales

1) Pompe d'alimentation en eau de mer

- Type : pompe à flux mixte à axe vertical
- Nombre : 1
- Capacité : 11 440 m<sup>3</sup> /h
- Hauteur totale d'élévation : 25 m
- Entraînement : turbine à vapeur  
Le secours est assuré par un moteur électrique.
- Matériaux des composants principaux
  - Corps : fonte résistante au nickel
  - Rouet : fonte inoxydable 316L
  - Arbre principal : acier inoxydable 316L

2) Pompe de circulation de saumure

- Type : pompe en caisson à flux mixte à axe vertical
- Nombre : 1
- Capacité : 11 750 m<sup>3</sup> /h
- Hauteur totale d'élévation : 50 m
- Entraînement : turbine à vapeur
- Matériaux des composants principaux
  - Corps : fonte inoxydable 316L
  - Rouet : fonte inoxydable 316L
  - Arbre principal : acier inoxydable 316L
  - Cylindre : tôle d'acier + garnissage en caoutchouc de néoprène

3) Pompe d'évacuation de saumure

- Type : pompe en caisson à flux mixte à axe vertical
- Nombre : 1
- Capacité : 1 416 m<sup>3</sup> /h
- Hauteur totale d'élévation : 20 m
- Entraînement : moteur électrique
- Matériaux des composants principaux
  - Corps : fonte inoxydable 316L
  - Rouet : fonte inoxydable 316L
  - Arbre principal : acier inoxydable 316L

- Cylindre : tôle d'acier + garnissage en caoutchouc de néoprène
- 4) Pompe à eau distillée
- Type : pompe en caisson à flux mixte à axe vertical
  - Nombre : 2
  - Capacité : 1 500 m<sup>3</sup>/h
  - Hauteur totale d'élévation : 20 m
  - Entraînement : moteur électrique
  - Matériaux des composants principaux
    - Corps : fonte inoxydable 316L
    - Rouet : fonte inoxydable 316L
    - Arbre principal : acier inoxydable 316L
    - Cylindre : tôle d'acier + garnissage en caoutchouc de néoprène
- 5) Pompe à condensat
- Type : pompe à volute à une ouïe à axe horizontal
  - Nombre : 2
  - Capacité : 188 m<sup>3</sup>/h
  - Hauteur totale d'élévation : 35 m
  - Entraînement : moteur électrique
  - Matériaux des composants principaux
    - Corps : fonte inoxydable 304
    - Rouet : fonte inoxydable 304
    - Arbre principal : acier inoxydable 304

6) Tuyauterie

La tuyauterie sera posée en principe sur terre, les croisements avec la route étant enterrés (conduite d'eau de mer) et montés sur support.

Fluide	Température de service	Matériaux
Eau de mer	34°C au plus	tube d'acier + garnissage en mortier ou caoutchouc
Saumure à haute température	80°C au moins	tube d'acier + placage en cupro-nickel 90/10
Saumure à basse température	80°C au plus	tube d'acier + garnissage en caoutchouc de néoprène
Eau douce et condensat	32°C, 120°C	tube d'acier inox. 304
Vapeur	120 à 300°C	tube d'acier

### 6.3.2 Ouvrage de prise et rejet d'eau

#### (1) Tête de prise d'eau de mer

Système : prise d'eau profonde  
Tête : 5 000 mm $\phi$   $\times$  2 ensembles  
Matériaux : Acier + revêtement intérieur et extérieur en goudron/époxydes  
Accessoire : Protection anticorrosion électrique

#### (2) Conduite de prise d'eau de mer

Système : prise d'eau profonde  
Tuyau : 1 600 mm $\phi$   $\times$  450 m long  $\times$  2 séries  
Matériaux : Tube d'acier + Revêtement intérieur en goudron/époxydes, Revêtement extérieur double en émail de goudron et toile de verre  
Accessoire : Protection anticorrosion électrique

#### (3) Puits de prise d'eau

Type : Réservoir souterrain en béton  
Canal d'amenée : 18 m long  $\times$  10,5 m large  $\times$  9 m profond  
Réservoir : Durée de séjour 7 minutes, 2 530 m<sup>3</sup>  
Accessories :  
Vanne batardeau : 3 m large  $\times$  9 m haut  $\times$  3 lignes  $\times$  2 rangs  
Grille à barreaux : 3 m large  $\times$  9 m haut  $\times$  3 ensembles  
Tamis roulant : 3 m large  $\times$  9 m haut  $\times$  3 ensembles  
avec pompe de lavage

Générateur de chlore par électrolyse : Cl<sub>2</sub> 44 kg/h

#### (4) Puisard (réservoir d'eau à évacuer)

Type : Réservoir souterrain en béton  
Durée de séjour et : 4 minutes, 1 250 m<sup>3</sup>  
capacité utile

### 6.3.3 Installation de traitement ultérieur de l'eau produite

Système : Dissolution de calcaire au moyen du gaz d'échappement de l'évaporateur  
Quantité de traitement : 60 000 m<sup>3</sup>/jour (La moitié de la quantité d'eau produite sera traitée puis mélangée avec l'autre moitié.)  
Dureté totale de l'eau traitée : 60  $\pm$  10 ppm (en CaCO<sub>3</sub>)

Equipements principaux :

Colonne d'absorption de gaz carbonique . . . . 2 ensembles  
Filtre à lit fixe de calcaire . . . . 3 + 1 ensembles  
Compresseur . . . . 1 + 1 ensembles  
Système de contrôle du pH . . . . 1 ensemble

Système de stockage et d'alimentation de calcaire	. . . . 1 ensembles
Système de lavage de calcaire	. . . . 1 ensembles

#### 6.3.4 Réservoir d'eau pure

Type	: Réservoir à toit conique en tôle d'acier
Durée de séjour et capacité utile	: 1 heure, 1 250 m <sup>3</sup> × 2 réservoirs
Dimensions	: 13 m $\phi$ × 11,5 m haut

#### 6.3.5 Générateur de vapeur

Nombre	: 2 unités
Type	: extérieur à tubes d'eau
Quantité d'évaporation	: 168 000 kg/h/unité
Pression de vapeur	: 40 bars G
Température de vapeur	: 300 °C
Combustible	: gaz naturel
Dimensions principales	: 27,5 m long × 16 m large × 20 m haut (y compris la cheminée, le désaérateur et le réchauffeur d'air à gaz, non compris les installations annexes communes.)

##### Composants

Chaudière	2 ens.
Équipement de combustion automatique	2 ens.
Équipement de commande automatique	2 ens.
Pompe d'alimentation en eau, turbine et moteur	2 ens. + 2 de réserve
Ventilateur soufflant, turbine et moteur	2 ens.
Cheminée et conduit	2 ens.

#### 6.3.6 Installation de réception et transformation de l'électricité

##### (1) Poste de réception à haute tension

###### Tableau de réception à haute tension

Nombre	: 1
Type	: intérieur blindé
Tension de régime	: 60 kV

##### (2) Poste de transformation

Compte tenu de l'importance de l'Unité et pour que son fonctionnement ne soit pas affecté par l'impossibilité de réception à un circuit en panne, la réception sera assurée par deux circuits avec un transformateur de réserve pouvant remplacer celui de service normal en 100 % de capacité. Les transformateurs prévus sont donc au nombre de 2.

- 1) Transformateur A
  - Nombre : 2
  - Type : extérieur à bain d'huile refroidi par air
  - Capacité : 3 000 kVA
  - Tension primaire : 60 kV
  - Tension secondaire : 5,5 kV
- 2) Transformateur B
  - Nombre : 2
  - Type : extérieur à sec autorefroidi
  - Tension primaire : 5,5 kV
  - Tension secondaire : 380 V
- 3) Transformateur C
  - Nombre : 2
  - Type : extérieur à sec autorefroidi
  - Tension primaire : 5,5
  - Tension secondaire : 220 V
- (3) Appareillage de commutation
  - 1) Appareillage pour machines auxiliaires à haute tension
    - Nombre : 1 ensemble
    - Type : intérieur blindé
    - Tension de régime : 5,5 kV
  - 2) Appareillage pour machines auxiliaires à basse tension
    - Nombre : 1 ensemble
    - Type : tableau de distribution, type centre de commande intérieur
    - Tension de régime : 380/220V
- (4) Moteur électrique
  - Type : extérieur entièrement fermé à cage d'écureuil à ventilateur extérieur
  - Tension : 110 kW ou plus 5 500 V
  - moins de 110 kW 380 V
  - Isolement : 5 500 V ..... classe B
  - 380 V ..... classe E

### 6.3.7 Bâtiments

Les bâtiments principaux construits pour l'Unité sont les suivants :

- (1) Bâtiment administratif
  - Dimensions approximatives : 20 m long × 16 m large × 9,5 m haut
  - Surface totale de plancher : 640 m<sup>2</sup>
  - Construction : en béton armé à deux étages

- (2) Salle d'électricité et d'instrumentation
  - Dimensions approximatives : 25 m long × 30 m large × 9,5 m haut
  - Surface totale de plancher : 1 500 m<sup>2</sup>
  - Construction : en béton armé à deux étages
- (3) Entrepôt-atelier d'entretien
  - Dimensions approximatives : 25 m long × 40 m large × 6 m haut
  - Surface totale de palncher : 1 000 m<sup>2</sup>
  - Construction : en béton armé à un étage
- (4) Bâtiment de stockage de calcaire
  - Dimensions approximatives : 15 m long × 10 m large × 4 m haut
  - Surface totale de plancher : 150 m<sup>2</sup>
  - Construction : en béton armé à un étage
- (5) Bâtiment compresseur d'instrumentation
  - Dimensions approximatives : 20 m long × 10 m large × 4 m haut
  - Surface totale de plancher : 200 m<sup>2</sup>
  - Construction : en béton armé à un étage
- (6) Bâtiment générateur de chlore
  - Dimensions approximatives : 15 m long × 10 m large × 4 m haut
  - Surface totale de plancher : 150 m<sup>2</sup>

#### 6.4 Implantation de l'Unité

La superficie requise pour l'Unité est de 37 200 m<sup>2</sup> (300 m × 122 m + 30 m × 20 m). L'implantation générale de l'Unité est montrée sur la Fig. 6-6.

##### 6.4.1 Evaporateur

L'évaporateur se divise en quatre modules au total dont trois composés chacun de dix étages, soit en somme 30 étages, sont destinés à la section récupération de chaleur, et un composé de trois étages est réservé à la section dégagement de chaleur.

Comme montré sur le plan de disposition des équipements d'une unité constituante (voir Fig. 6-4), les modules sont disposés en fer à cheval pour faciliter l'entretien et inspection de l'Unité.

L'implantation tient compte de l'espace nécessaire à l'introduction/extraction sur place des tubes échangeurs de chaleur.

#### 6.4.2 Pompes et installation d'injection de produits chimiques

Les grandes pompes (pompe de circulation de saumure, pompe à eau distillée et pompe d'évacuation de saumure) et l'installation d'injection de produits chimiques sont rangées en une seule ligne pour faciliter leur maintenance avec un portique installé. L'implantation a été conçue de façon à permettre la commutation sans délai des grandes pompes à celles de réserve et à faciliter le ravitaillement en produits chimiques de l'installation d'injection.

#### 6.4.3 Implantation générale

Les deux unités constituant de dessalement et le générateur de vapeur entoureront le centre de commande principal dont le bâtiment abrite entre autres la salle de commande, l'installation de réception et transformation de l'électricité pour assurer là le contrôle intégré de toute l'Unité. Le bureau d'administration générale est contigu au centre de commande principal.

La superficie nécessaire à l'Unité est de 37 200 m<sup>2</sup>. Elle comprend une route large de 8 m, l'espace vert et le parking. Le schéma d'implantation générale de l'Unité est donné à la Fig. 6-6.

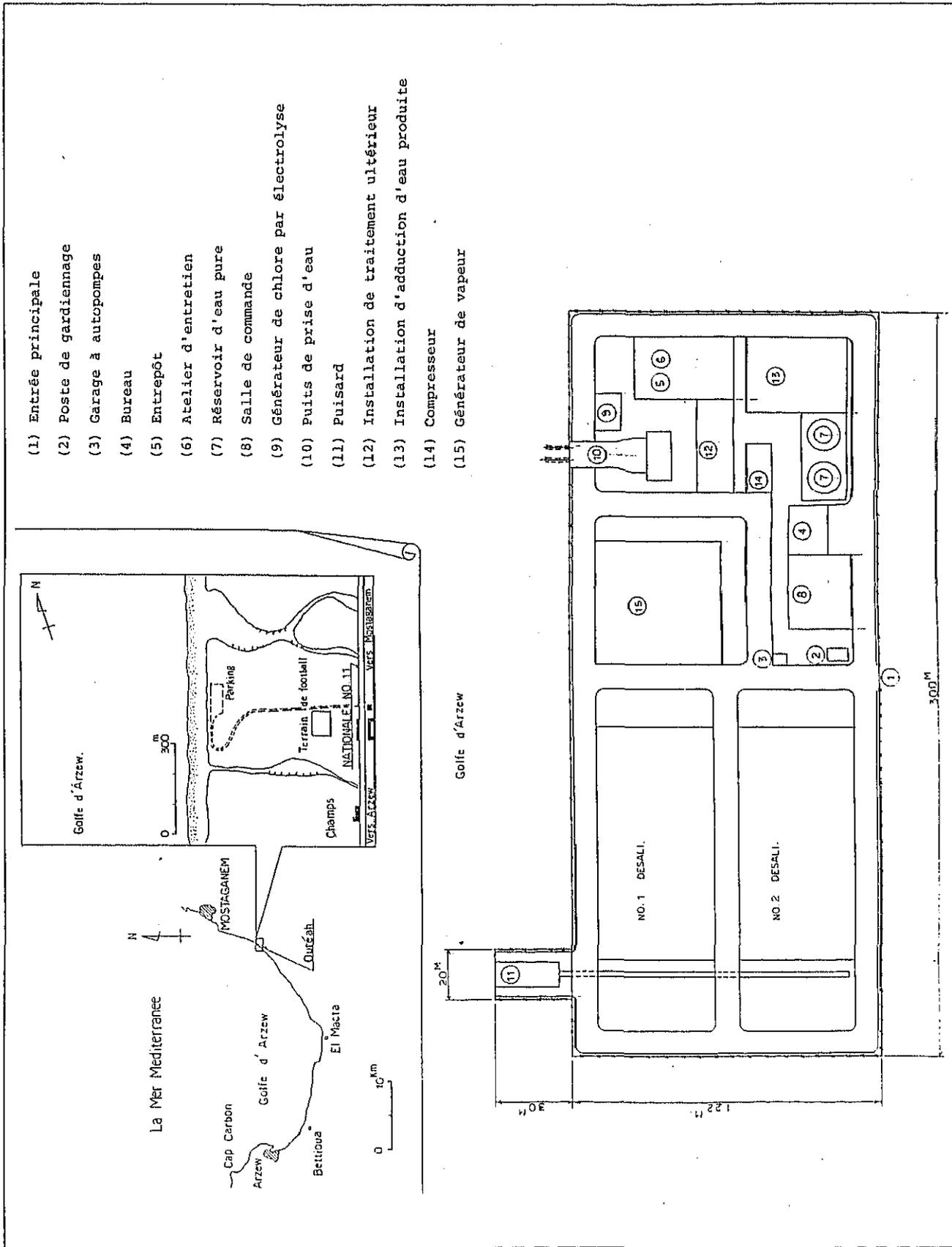


Fig. 6-6 Unité de dessalement par distillation  
Schéma d'implantation générale

## 6.5 Programme de construction

La Fig. 6-7 montre le programme de construction allant du commencement des études en avril 1985 jusqu'à la mise en service commerciale de l'Unité en août 1987. Le programme prévoit pour l'année 1987, le démarrage de l'unité n° 1 (capacité de production d'eau 30 000 m<sup>3</sup> /jour) à mi-juin, pour voir le plein fonctionnement de l'Unité par le démarrage de l'unité n° 2 en août. La réalisation du programme implique nécessairement que le marché avec l'entrepreneur soit signé avant le mois de mars 1985.

La procédure à suivre après la présente F/S jusqu'à l'achèvement de l'Unité est citée en gros ci-après :

- (1) Etablissement du cahier des charges et rédaction du dossier d'appel d'offres
- (2) Appel d'offres, soumission et évaluation des soumissions
- (3) Choix de l'entrepreneur et passation du marché
- (4) Etudes
- (5) Fabrication des équipements et approvisionnement des matériaux
- (6) Travaux sur place
- (7) Mise en service, marche d'essai et essai de fonctionnement
- (8) Exploitation commerciale

Il faut en outre les opérations telles que l'acquisition du terrain, l'embauchage et formation professionnelle de la main-d'oeuvre, l'approvisionnement des utilités et produits chimiques.

### 6.5.1 Opérations jusqu'au choix de l'entrepreneur et à la passation du marché

Les opérations jusqu'au choix de l'entrepreneur et à la passation du marché doivent être menées par le réalisateur du Projet de sa propre initiative, régulièrement dans un court délai, vu les opérations qui suivent à faire.

A cet effet, le réalisateur du Projet doit prendre des décisions rapides en tout temps. Pour maintenir une telle rapidité, il est nécessaire d'employer des conseillers spécialisés qui lui donnent des renseignements et conseils utiles et valables.

L'entrepreneur qui doit construire une aussi grande Unité à bref délai doit exceller dans les techniques spécifiques, connaître bien les situations du lieu de construction et avoir une bonne organisation d'engineering de projets permettant l'exécution systématique des travaux.

### 6.5.2 Construction de l'Unité

Une fois signé le marché avec l'entrepreneur, celui-ci assumera principalement la responsabilité du respect du programme suivant les instructions du réalisateur du Projet. Toutefois, le programme lui-même étant minuté très strictement, il faut faciliter l'exécution des travaux par l'entrepreneur. A cet effet, le réalisateur du Projet doit se réserver un pouvoir et responsabilité étendus en ce qui concerne le Projet, donner sans délai les approbations nécessaires et accorder son appui puissant à l'entrepreneur dans les démarches auprès

des autorités afin d'obtenir diverses autorisations et approbation prévues par les dispositions législatives et réglementaires.

Nos considérations sur les opérations prédominantes sont décrites ci-après:

(1) Etudes

Les études de l'Unité se divisent en les deux études: de base et de détail. L'étude de base a pour but de déterminer les spécifications des processus telles que le bilan d'écoulement massique, le bilan massique calorifique et l'implantation générale. L'étude de détail concerne la conception d'après la première des équipements, tuyauteries, électricité et instrumentation, génie civil et bâtiment. Le temps nécessaire aux études est estimé de 12 mois du commencement de l'étude de base jusqu'à la fin d'établissement de la quasi-totalité des plans d'exécution des équipements et travaux.

(2) Fabrication des équipements et approvisionnement des matériaux

C'est l'évaporateur qui prend le temps le plus long dans la fabrication.

Pour la construction d'évaporateurs, la méthode qu'on adopte généralement ces dernières années consiste à transporter sur barge une remorque routière extra-lourde portant les produits finis et à la débarquer sur le quai proche du site de l'unité. Cette méthode n'est pas avantageuse pour le projet considéré. La plage devant le site de l'Unité étant étendue à pente douce, la construction d'un quai provisoire compromet le respect du programme et augmente les frais de construction. Ainsi, nous avons adopté la méthode de préfabrication consistant à monter sur place les demi-produits de fabrication en usine. Le délai de construction nécessaire pour une unité est de dix mois y compris le transport.

(3) Travaux sur place

1) Travaux de génie civil et de bâtiment

Il s'agit des divers travaux comprenant l'aménagement du terrain, la mise en place de la fondation des équipements, la construction des bâtiments, le revêtement des routes et la réalisation de l'espace vert. Ils doivent d'ailleurs précéder tous autres travaux. Le commencement de bonne heure des travaux de génie civil et de bâtiment est un facteur important pour l'avancement des travaux de construction comme prévu dans le programme. Le temps nécessaire pour ces travaux-là est estimé d'environ 20 mois. Il peut toutefois varier suivant les conditions géologiques du site. Pour le commencement de bonne heure des travaux et la réalisation de l'Unité dans le délai prévu, il faut donc effectuer la reconnaissance du sol le plus tôt possible.

2) Ouvrage de prise et rejet d'eau

Il demande les travaux sous-marins pour la quasi-totalité et à long délai d'exécution (19 mois). Cet ouvrage qui doit être achevé avant la mise en service de l'unité d'évaporateurs n° 1, règne effectivement sur l'avancement d'ensemble des travaux de construction. Le temps nécessaire indiqué ci-dessus dépend des

conditions géologiques sous-marines plus que les travaux du paragraphe 1) ne le font. Il faut donc une suffisante reconnaissance du sol préalable.

3) Installation et conduite d'adduction d'eau

Elles ne posent pas de problème, étant estimées réalisables dans un délai d'environ 19 mois. Toutefois, il faut faire rapidement les démarches auprès des autorités en ce qui concerne la détermination de l'acheminement des conduites.

4) Installation de production d'eau

L'installation de production d'eau se divise en deux unités qui sont prévues pour s'achever à un intervalle de 1,5 mois. Le temps nécessaire pour une unité est de 10 mois. Aux derniers deux mois, les travaux de peinture et de calorifugeage seront effectués parallèlement à ceux de mise en service.

5) Mise en service, marche d'essai et essai de fonctionnement

La durée prévue pour la mise en service et la marche d'essai est de deux mois, avec un mois réservé à l'essai de fonctionnement.



## 6.6 Organisation et planning du personnel

### 6.6.1 Organisation

Compte tenu des résultats de gestion de grandes unités similaires, nous avons fixé à 51 personnes l'effectif principal qui doit assurer le fonctionnement de l'Unité. L'Unité, ayant le directeur comme responsable en chef de la gestion, se compose des services administration, exploitation et maintenance qui fonctionnent respectivement sous la conduite directe d'un responsable. Les services sont organisés comme suit :

(1) Service administration (9 personnes)

1 responsable, 4 employés de bureau et 4 gardiens

(2) Service exploitation (31 personnes)

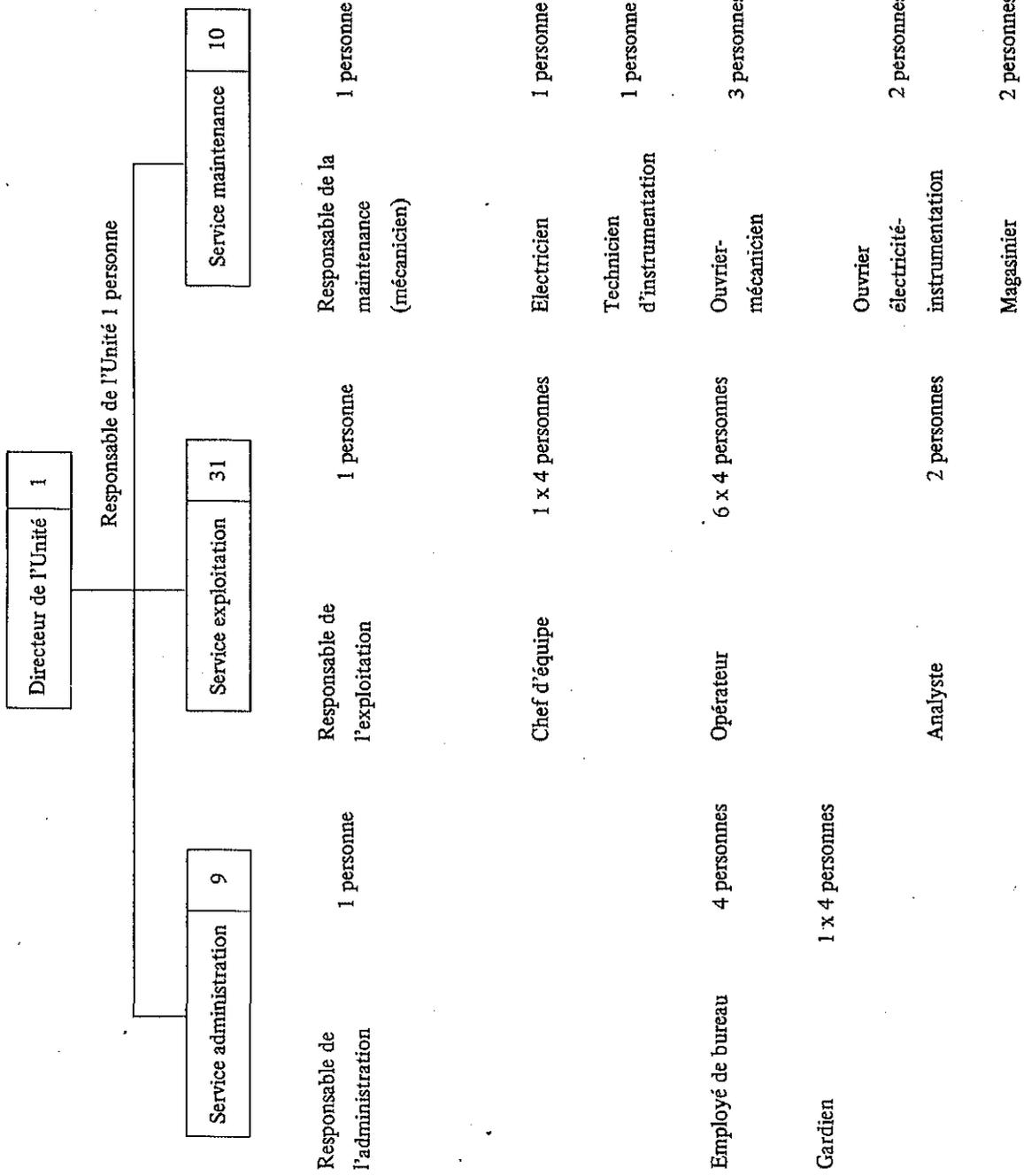
Le fonctionnement technologique de l'Unité est assuré par les effectifs au nombre total de 41 dont 31 du service exploitation et 10 du service maintenance. Les 31 personnes pour l'exploitation comprennent un responsable, 4 équipes de 7 opérateurs (1 chef d'équipe et 6 opérateurs) et 2 analystes. Ainsi, l'Unité est conduite normalement par 7 opérateurs (1 chef d'équipe et 6 opérateurs) et 2 analystes. Ainsi, l'Unité est conduite normalement par 7 opérateurs dont le chef d'équipe seul doit posséder une certaine technique concernant l'unité de dessalement d'eau de mer, le reste de 6 opérateurs n'ayant qu'à surveiller le fonctionnement.

(3) Service maintenance (10 personnes)

10 personnes chargées de la maintenance comprennent un responsable pour chacune des sections mécanique, électricité et instrumentation, avec 7 exécutants. Elles n'ont pas besoin de posséder une technique de maintenance et contrôle requise par les usines ordinaires.

Le personnel mentionné ci-dessus est celui qui doit constituer le noyau de l'Unité dans sa gestion. Il ne comprend pas le personnel nécessaire au travail de manoeuvre quotidien, au service spécial comme chauffeur, et à la réparation périodique. Le tableau 6-1 montre l'organigramme de l'Unité.

Tableau 6-1 Organigramme (M.S.F.)



Total : 51 personnes

Tableau 6-2 Qualités requises du personnel

	Personnel	Qualités		Fonction à assurer
		Diplômé de	Expérience	
Service administration	Responsable de l'administration	Lycée supérieur	Au moins 5 ans dans la gestion pratique	Administration d'ensemble de l'Unité
	Employé de bureau	Lycée supérieur		Travaux administratifs
Service exploitation	Responsable de l'exploitation	Université	Au moins 3 ans d'expérience dans l'exploitation d'usines	Contrôle d'exploitation
	Chef d'équipe	Lycée supérieur	Au moins 3 ans d'expérience dans l'exploitation d'usines	Direction de l'équipe d'exploitation
	Opérateur	Lycée supérieur	Au moins 1 an d'expérience dans l'exploitation d'usines	Exploitation
	Analyste	Lycée supérieur	Au moins 1 an d'expérience dans l'analyse chimique	Analyse chimique pour le contrôle d'exploitation
Service maintenance	Technicien Mécanique/Electricité/Instrumentation	Université	Au moins 1 an d'expérience dans la maintenance en charge	Direction de la maintenance
	Ouvrier Mécanique/Electricité/Instrumentation	Lycée supérieur	Au moins 6 mois d'expérience dans l'exécution des travaux en charge	Travaux de maintenance
	Magasinier	-		Manutention dans le magasin

### 6.6.2 Planning du personnel

Le planning du personnel de l'Unité présuppose la signature du marché pour le Projet avant le mois de mars 1985, la mise en exécution du Projet dès avril 1985 et la mise en plein fonctionnement de l'Unité en août 1987.

L'appel d'offres, l'évaluation des soumissions et les négociations pendant la période avant la signature du marché sont supposés faits par les agents du ministère de l'Hydraulique en collaboration avec des conseillers extérieurs. Il est souhaitable que certains des agents chargés du suivi du Projet soient le pivot futur de la gestion de l'Unité. De même, le personnel qui constitue le noyau de l'Unité dans sa conception, construction, exploitation et gestion devra participer aux travaux de création de l'Unité. Il s'agit de 11 personnes au total, à savoir le directeur, 2 chefs de service, 1 responsable de l'administration et 1 employé de bureau qui doivent y participer pendant la période après la signature du marché jusqu'au mois d'avril 1985 où est prévu la mise en exécution de celui-ci, et 6 contremaîtres qui doivent s'ajouter avant le mois d'octobre 1985. Sauf celui mentionné ci-dessus, le personnel devra être embauché successivement pour engager la moitié, soit 19 personnes, avant le mois d'octobre 1986 et l'autre moitié avant mi-avril 1987, soit deux mois avant le démarrage de l'unité n° 1. Les qualités requises pour le personnel sont telles qu'indiquées sur le tableau 6-2.

Les techniciens, contremaîtres, opérateurs et autres personnes qui assurent le fonctionnement de l'Unité de dessalement d'eau de mer subiront, avant la mise en exploitation commerciale de celle-ci, la formation professionnelle à l'étranger et en Algérie pour acquérir les connaissances nécessaires et s'entraîner à l'exploitation par la pratique chez des usines de démonstration. La formation à l'étranger sera effectuée sur la moitié des techniciens, opérateurs et contremaîtres pendant environ deux mois pour se terminer au plus tard avant le mois d'octobre 1986. Les grandes lignes du programme de formation sont les suivantes:

- (1) Orientation
- (2) Cours technique élémentaire
- (3) Cours général sur la technologie de dessalement d'eau de mer
- (4) Cours sur les installations et systèmes d'une usine de dessalement d'eau de mer
- (5) Exercice pratique en usine
- (6) Cours sur les procédés d'exploitation et maintenance
- (7) Entraînement par simulateur

Le personnel ayant subi la formation à l'étranger assumera la fonction de leader ou partenaire de l'autre moitié des opérateurs à embaucher ultérieurement et participera aux travaux sur place pour apprendre divers services. Par surcroît, six mois avant la mise en plein fonctionnement de l'Unité, tout son effectif subira la formation en Algérie durant environ deux mois en vue de bien connaître l'exploitation.

Avant la mise en service de l'Unité n°1 en mars 1987, l'effectif suivra l'enseignement sur le mode opératoire des différents équipements et instruments de mesure, la notice

d'exploitation, etc. et sera expérimenté dans le service en charge par l'exploitation effective de l'Unité, effectuée parallèlement. Des spécialistes détachés par les fournisseurs assureront la formation professionnelle et l'assistance à l'exploitation décrites ci-dessus. Le personnel emmagasinera davantage la technique et le know-how d'exploitation suivant le démarrage de l'Unité n° 2. Ainsi, la formation professionnelle aura pour objectif de permettre aux opérateurs l'exploitation de l'Unité en pleine charge à partir du mois d'août 1987.

Pendant un an après la mise en plein fonctionnement, un spécialiste restera sur place pour servir de superviseur et assurer l'assistance à l'exploitation. Ce superviseur sera détaché par un contrat séparé d'envoi de superviseur.

## Chapitre 7

### Etude conceptuelle de l'Unité de dessalement par osmose inverse



## Chapitre 7. Etude conceptuelle de l'Unité de dessalement par osmose inverse

### 7.1 Spécifications générales

#### 7.1.1 Spécifications de l'Unité

Procédé	: dessalement à un étage par osmose inverse
Capacité de production d'eau douce	: 60 000 m <sup>3</sup> /jour
Nombre d'unités constituanes :	
Installation d'osmose inverse	: 15 000 m <sup>3</sup> /jour × 4 unités
Installation de prétraitement	: 92 500 m <sup>3</sup> /jour × 2 unités
Qualité de l'eau produite	: satisfait aux directives de la qualité d'eau W.H.O. (O.M.S.)

#### Bilan hydrique :

Prise d'eau de mer	: 185 000 m <sup>3</sup> /jour
Alimentation aux modules RO	: 172 000 m <sup>3</sup> /jour
Production d'eau	: 60 000 m <sup>3</sup> /jour
Rejet d'eau concentrée	: 125 000 m <sup>3</sup> /jour

(y compris d'autres eaux usées)

Module d'osmose inverse : module pour dessalement à un étage de l'eau de mer

#### Conditions d'exploitation des modules :

Pression	: 60 à 65 kg/cm <sup>2</sup>
Taux de récupération	: 35 %

Coefficient d'encrassement (FI) de l'eau d'alimentation : 4 au plus

(Nota : Le coefficient d'encrassement est un indice servant à représenter en valeur numérique la turbidité minime de l'eau d'alimentation aux modules d'osmose inverse.)

pH de l'eau d'alimentation	: 6,0 à 6,5
Cl <sub>2</sub> de l'eau d'alimentation	: 1,0 mg/l au plus
Température de l'eau d'alimentation	: 15 à 25 °C

#### 7.1.2 Composition de l'Unité

Installation de prétraitement

Installation d'osmose inverse :

    Module d'osmose inverse

    Pompe à haute pression

    Turbine de récupération d'énergie

Ouvrage de prise et rejet d'eau

Installation d'adduction d'eau produite

Installation de décapage des membranes

- Installation de traitement des eaux usées
- Installation d'injection de produits chimiques
- Installation de réception et transformation de l'électricité

### 7.1.3 Utilités et produits chimiques

- Electricité : 15 000 kW (puissance requise après récupération d'énergie)
- Produits chimiques : Les produits chimiques principaux à utiliser sont l'acide sulfurique de 98 %, la solution de chlorure ferrique de 40 % et la chaux éteinte. Leur détail est donné au paragraphe 7.2.2 (7) ci-après. Ils seront stockés dans un réservoir pouvant contenir une quantité correspondant à un mois d'utilisation.

### 7.1.4 Considérations ayant dirigé la conception

Les considérations de base ayant dirigé l'étude conceptuelle de l'Unité sont les suivantes :

#### (1) Nombre et capacité des unités constituantes

L'Unité a une capacité totale de production d'eau douce élevée à 60 000 m<sup>3</sup>/jour. Le prétraitement se divise en 2 trains et l'osmose inverse en 4 trains, chaque train pouvant fonctionner indépendamment.

Chaque unité constituante de l'installation d'osmose inverse est munie d'une pompe à haute pression et d'un équipement de récupération d'énergie. Plus la capacité de ces pompes est grande, plus leur rendement augmente. Cela permet de réduire le nombre d'étages nécessaires et donc les frais de construction. La dimension des pompes étant toutefois limitée par les exigences de fabrication, la présente F/S a adopté une pompe ayant un débit de 30 m<sup>3</sup>/mn et une hauteur d'élévation de 670 m CE. Une capacité pareille est déjà réalisée dans d'autres domaines, par exemple pour la pompe d'alimentation de la chaudière et la pompe d'injection d'eau de mer pour exploitation des mines pétrolières.

Cette pompe refoule 15 000 m<sup>3</sup>/jour d'eau produite au taux de récupération de 35 %. L'Unité sera donc composée de 4 unités constituantes ayant chacune une capacité de 15 000 m<sup>3</sup>/jour. Le réglage du nombre d'unités en fonctionnement permet de varier la production d'eau journalière à des intervalles de 25 % en taux de charge, suivant le besoin, à partir du maximum de 60 000 m<sup>3</sup>/jour.

#### (2) Prétraitement

L'eau de mer devant le site est relativement limpide. De ce fait, nous avons adopté le prétraitement par coagulation en ligne.

Le volume d'eau de mer à prétraiter est aussi grand que d'environ 185 000 m<sup>3</sup>/jour. Dans cette condition, il est économique d'utiliser le filtre par gravité en béton qui s'emploie largement, par exemple aux stations d'épuration (épuration d'eau brute du barrage pour obtenir l'eau de robinet). Il est d'ailleurs d'exploitation et contrôle aisés. Le filtre sous pression en tôle d'acier s'emploie souvent aux installations à

échelle plus petite. L'Unité aurait besoin de plus de 25 unités de ce filtre dont la capacité unitaire maximale est d'environ 7 000 m<sup>3</sup>/jour. Il ne convient donc pas à l'Unité.

Le filtre par gravité ne nécessite pas de pompe et la construction en béton lui assure une bonne durabilité.

(3) Equipement de récupération d'énergie

La plupart des installations de dessalement d'eau de mer réalisées dernièrement sont munies d'un équipement de récupération d'énergie en vue de réduire la consommation d'électricité. La saumure sortant des modules d'osmose inverse est conduite dans la turbine de récupération d'énergie. L'énergie que possède sa pression y est convertie en le couple qui doit faire partie de la force motrice nécessaire à l'entraînement de la pompe à haute pression. La turbine de récupération d'énergie a les types variés dont Francis, Pelton et turbo-pompe. C'est la turbine Francis qui convient aux grandes installations. Comme mentionné plus haut au paragraphe (1), elle présente un rendement très grand et récupère une grande force motrice.

(4) Conditions d'exploitation de l'installation d'osmose inverse

1) Taux de récupération

Plus le taux de récupération est élevé, plus la quantité d'eau d'alimentation des modules est faible et la consommation d'électricité diminue. En revanche, cela augmente la concentration de la saumure et soulève le problème d'entartrage. De plus, la hausse de la pression osmotique par suite demande l'élévation de la pression de fonctionnement ou l'augmentation du nombre de modules. Dans le cas de grandes installations pour lesquelles le prix unitaire d'électricité est relativement bas et le rendement de récupération d'énergie est élevé, il est préférable de limiter le taux de récupération à une valeur plus ou moins faible. Par ailleurs, la quantité totale de matières dissoutes (TDS) de l'eau de mer à dessaler par l'Unité est de 37 000 mg/l. Elle est légèrement plus grande que l'eau de mer standard. Compte tenu des facteurs ci-dessus mentionnés, nous avons fixé le taux de récupération à 35 %.

2) Pression de fonctionnement

Plus la pression de fonctionnement est élevée, plus la consommation d'électricité augmente. En revanche, cela réduit le nombre de modules ainsi que les frais de construction et ceux de remplacement des membranes (compris dans les frais de réparation). Par ailleurs, plus la pression de fonctionnement est élevée, plus le taux d'élimination de sels des membranes augmente. Cela améliore la qualité d'eau, mais accélère la compaction des membranes, entraînant souvent la diminution de débit.

Pour les pays où l'électricité est disponible à bas prix unitaire, il est préférable de mettre le taux de récupération bas, la pression de fonctionnement élevée et le nombre de modules réduit. La présente F/S a donné à la pression de fonctionnement une valeur relativement haute, variable entre 60 kg/cm<sup>2</sup> et 65 kg/cm<sup>2</sup>.

(5) Automatisation

L'installation d'osmose inverse est relativement facile à automatiser, ce qui permet de diminuer le nombre de personnel d'exploitation. A certaines installations existantes, la mise en marche et arrêt est complètement automatique suivant le besoin en eau.

L'installation considérée est conçue de façon qu'on n'ait qu'à appuyer sur le bouton poussoir pour la mettre, automatiquement par microprocesseur, sous les conditions de fonctionnement requises. Au démarrage, elle suit une procédure légèrement compliquée pour la commutation de la pompe à haute pression à la turbine de récupération d'énergie. Le réglage, indication et entregistrement de débit, de pression, etc. des modules d'osmose inverse sont télécommandés à partir du tableau de commande dans la salle de commande.

#### (6) Protection de l'environnement

##### 1) Diffusion de l'eau de mer concentrée

L'eau de mer concentrée sortant des modules d'osmose inverse présente une teneur en sels de 57 000 mg/l et une densité de 1,045 (20 °C). Ces deux valeurs sont plus grandes que l'eau de mer d'alentour. L'eau concentrée dégorgée dans tel état se précipite, s'arrête puis se diffuse au-dessus du fond de la mer.

De ce fait, l'ouvrage de prise d'eau a été conçu de façon à éviter la reprise de l'effluent et le recyclage de celui-ci dans l'Unité, en limitant la vitesse de prise à la galerie à 20 cm/s au plus. A l'heure actuelle, aucune des réglementations de l'environnement en vigueur dans le monde ne vise la salinité des effluents. Cependant, la présente étude a pris soin de limiter l'augmentation de salinité à un maximum de 2 000 mg/l par rapport aux eaux d'alentour, dans un rayon de 168 m autour du dégorgeoir et à une profondeur de 2 m au-dessus du fond de la mer. D'éventuels écoulements d'eau entraînés par marée, courant marin ou autres réduisent la salinité davantage de plus que la moitié.

La teneur en sels de l'eau de mer est généralement variable dans une large mesure, suivant le changement du débit entrant d'eau de rivière, la précipitation, l'évaporation par ensoleillement, la profondeur et la distance de la côte. Il n'y aurait aucun problème si la différence de concentration avec l'eau d'alentour est de moins de 2 000 mg/l environ, puisqu'une telle différence entre dans la sphère de variation naturelle.

##### 2) Dégorgement de l'effluent de décolmatage par contre-courant

Comme nous le verrons plus bas, au paragraphe 7.2.2 (6), l'effluent de décolmatage par contre-courant provenant du filtre de l'installation de prétraitement est concentré dans les cuves de coagulation et de concentration. Par surcroît, le déshydrateur en fait un gâteau ayant une teneur en eau de 85 %.

Le gâteau est mis hors site par camion (6 tonnes par jour) et jeté sous terre. Le gâteau, dont le composant principal est l'hydrate de peroxyde de fer, n'affecte pas l'environnement.

Pour les eaux claires obtenues dans les cuves de coagulation et de concentration,

on peut limiter les matières en suspension à moins de 1 mg/l, ce qui satisfait aux dispositions réglementaires sur l'environnement.

### 3) Protection contre le bruit

Les plus grands générateurs de bruit dans l'installation d'osmose inverse sont la pompe à haute pression et les équipements périphériques (pompe, turbine, moteur, etc.). La turbine de récupération d'énergie a pour effet de modérer le son à haute fréquence produit lorsque la haute pression de l'eau de mer concentrée est abaissée.

Le grand moteur de 2 550 kW, dont le nombre de tours est de 3 000 tr/mn, fait estimer que le niveau de bruit autour de la pompe à haute pression est de l'ordre de 120 décibels. La salle des pompes à haute pression dans le bâtiment d'osmose inverse subit une insonorisation complète en parpaing de béton. Par ailleurs, l'implantation prévoit que le bâtiment d'osmose inverse lui-même se situe au centre de l'Unité, suffisamment distant de la ligne de démarcation de celle-ci. Ces mesures préventives permettent de maintenir le niveau de bruit aux limites de l'Unité à moins de 50 décibels, à la valeur qui n'exerce aucune incidence sur l'environnement.

Il n'y a pas de problème pour les autres pompes: de prise d'eau, de surcompression, etc. ayant une faible capacité et mise dans la salle des pompes.

Le schéma de fonctionnement de l'Unité est donné à la figure 7-1. Le bilan massique (bilan hydrique) est montré à la figure 7-2.

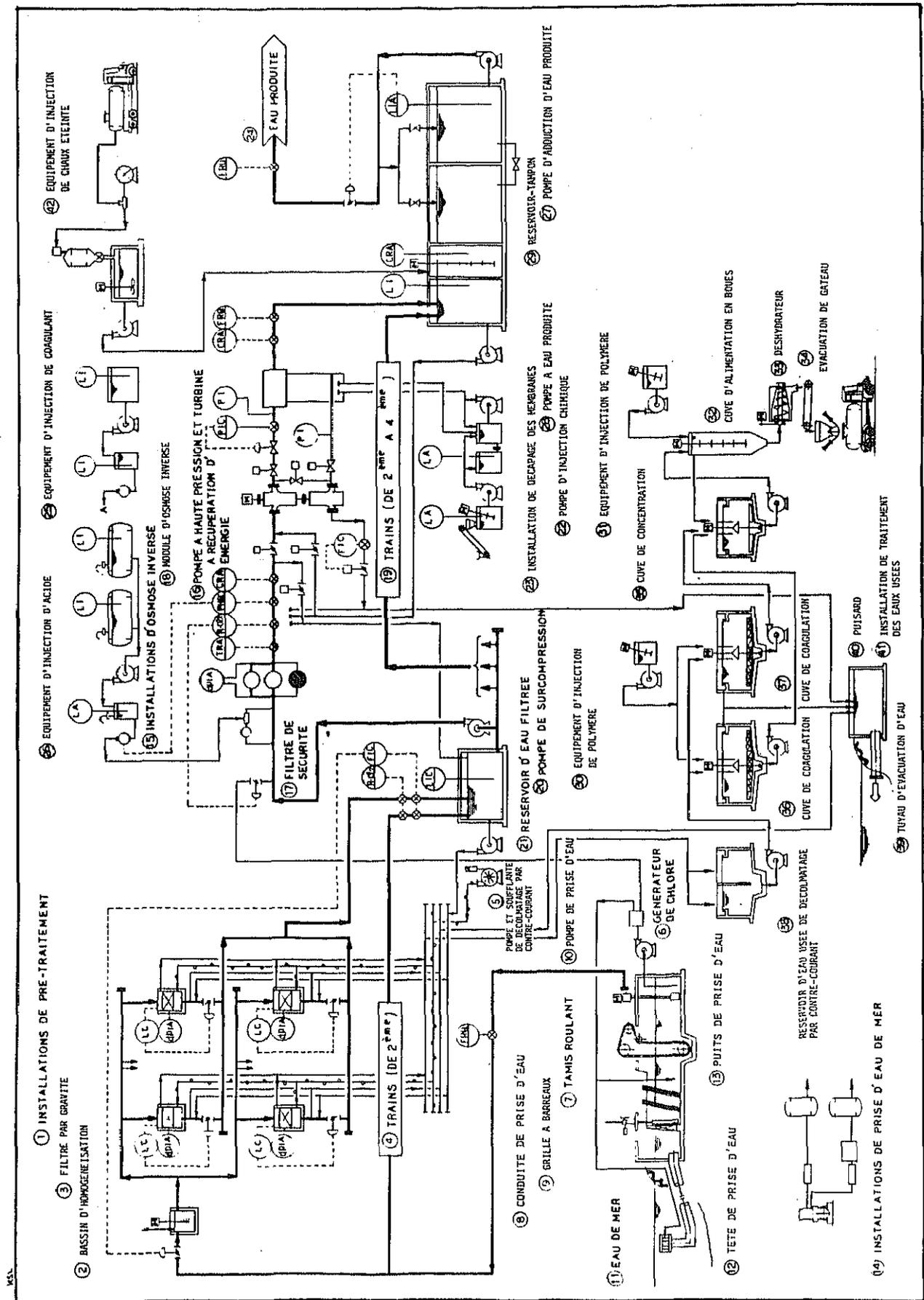


Fig. 7-1 Unité de dessalement par osmose inverse  
Schéma de fonctionnement

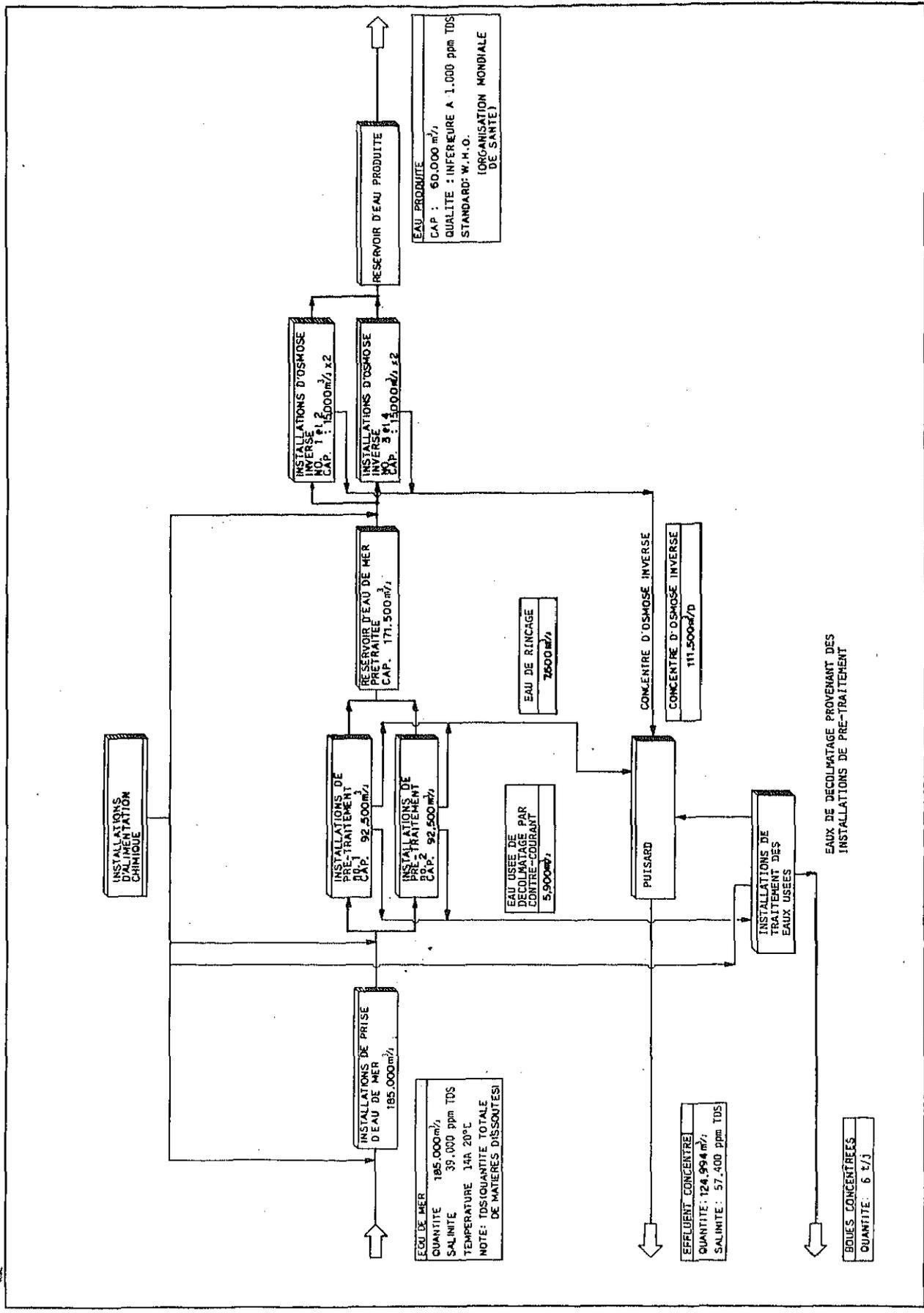


Fig. 7-2 Unité de dessalement par osmose inverse  
Bilan hydrique (massique)

## 7.2 Description générale du procédé

### (1) Installation de prétraitement

L'installation de prétraitement est mise en place afin d'éliminer préalablement de l'eau de mer, les matières nuisibles aux membranes d'osmose inverse. Elle assure les fonctions suivantes:

- 1) Elimination des matières polluantes des membranes – coagulation et filtration
- 2) Protection contre la détérioration chimique des membranes – contrôle du pH et contrôle de la qualité par l'élimination des matières nuisibles, etc.
- 3) Elimination des matières déposées sur les membranes – contrôle du pH
- 4) Prévention du dépôt de boue – chloruration

Ces opérations contrôlent la qualité de l'eau de mer apportée aux membranes d'osmose inverse, en mettant le FI à 4 au plus, le pH à 6,0 - 6,5 et le chlore résiduel à 0,2 - 1,0 mg/l

Le prétraitement se compose de 2 trains ayant chacun une capacité de 92 500 m<sup>3</sup>/jour et pouvant fonctionner indépendamment.

L'eau de mer chlorurée dans le puits de prise d'eau est envoyée par 2 pompes de prise d'eau, à un débit déterminé (185 000 m<sup>3</sup>/jour) au bassin d'homogénéisation, où une dose d'environ 1,5 mg/l (en Fe) de chlorure ferrique est injectée pour la floculation.

Ensuite, l'eau de mer s'écoule par gravité à partir du bassin d'homogénéisation jusqu'au filtre par gravité. Le filtre se compose au total de 16 filtres (2 trains × 8 lignes).

Le filtre est constitué par deux couches de sable et d'antracite. La vitesse de filtration (LV) est de 200 m/jour. Suivant l'avancement de la filtration, la pression différentielle s'élève et le débit de filtration diminue. Ainsi, chaque filtre se met automatiquement au décolmatage par contre-courant périodiquement à des intervalles de 24 heures. Huit filtres d'un train se lavent donc successivement toutes les trois heures.

Le décolmatage par contre-courant est effectué suivant, dans l'ordre d'énumération, les processus de vidange d'eau, lavage par retour d'air, lavage par retour d'eau filtrée et rinçage. Le temps nécessaire est d'environ une heure. Les eaux résiduaires de décolmatage par contre-courant sont envoyées au réservoir spécifique (réservoir d'eau usée du décolmatage par contre-courant) et celles de rinçage au puisard (réservoir d'évacuation). Le lavage par retour d'eau filtrée est effectué à une vitesse de 720 m/jour (LV) pendant huit à dix minutes.

L'eau filtrée est envoyée au réservoir d'eau filtrée ayant une durée de séjour d'environ 30 minutes. L'eau filtrée juste après le décolmatage par contre-courant présente une qualité médiocre. Cependant, elle est mélangée, dans le réservoir d'eau filtrée, avec l'eau filtrée de bonne qualité provenant d'autres filtres sans servir au lavage. Cela permet d'apporter aux modules d'osmose inverse une eau prétraitée de FI intérieur à 4.

L'installation de prétraitement est représentée schématiquement à la figure 7-3.

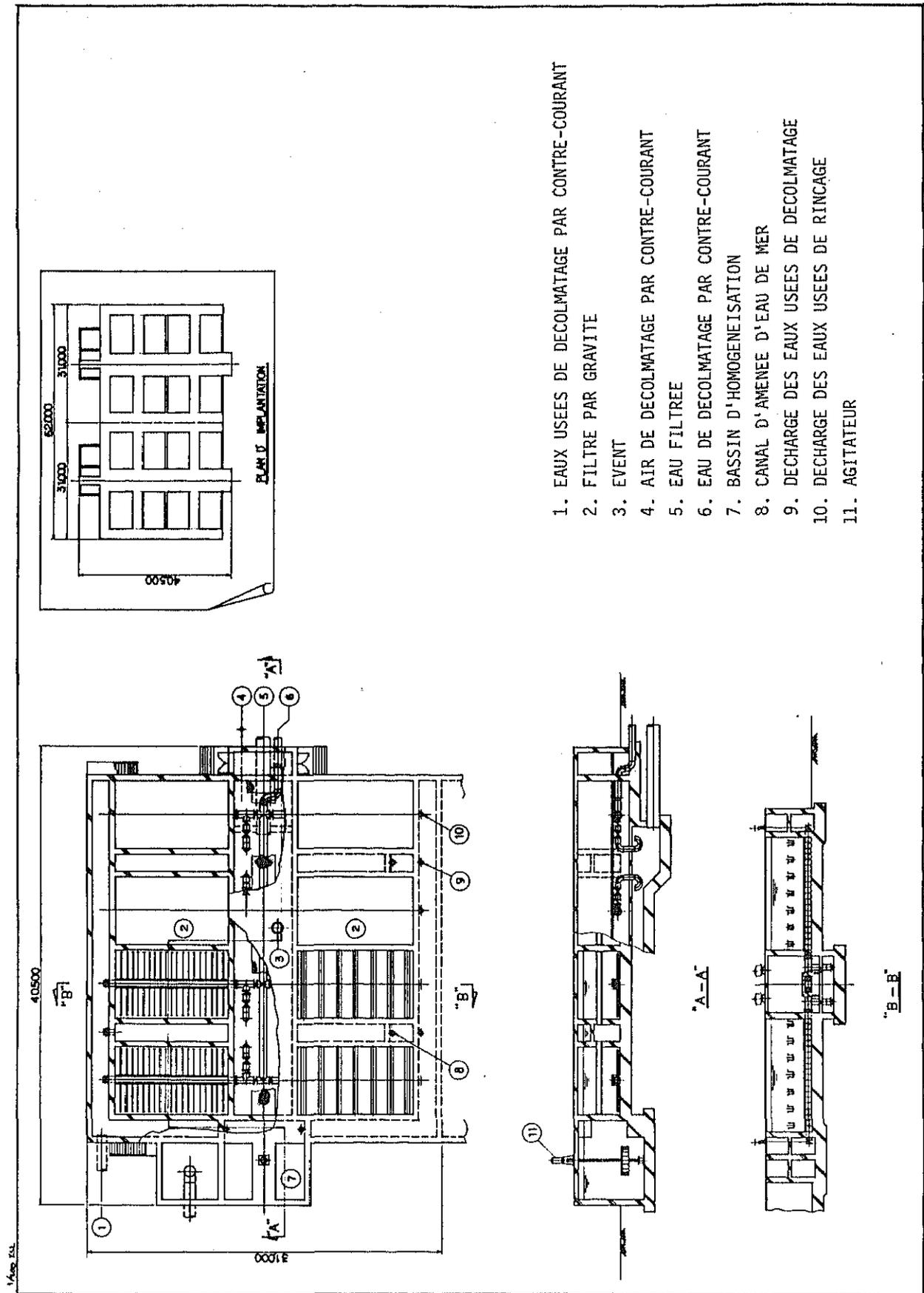


Fig. 7-3 Unité de dessalement par osmose inverse  
 Installation de prétraitement

## (2) Installation d'osmose inverse

L'eau prétraitée provenant du réservoir d'eau filtrée subit l'élévation de pression par la pompe de surcompression. A travers le filtre de sécurité, elle est conduite vers la pompe à haute pression où elle est mise sous la pression de  $67 \text{ kg/cm}^2$ . Elle est ensuite apportée aux modules d'osmose inverse. L'acide sulfurique est injecté à la sortie de la pompe de surcompression pour contrôler le pH de l'eau de mer à 6,0 - 6,5.

Les modules d'osmose inverse rapportent une quantité d'eau dessalée correspondant à 35 % de l'alimentation. Le reste de 65 % est évacué comme saumure concentrée et envoyé à la turbine de récupération d'énergie.

La pression et le débit des modules d'osmose inverse sont contrôlés respectivement par la soupape régulatrice et la vanne de réglage.

Le filtre en cartouche, la pompe à haute pression et les modules d'osmose inverse sont mis dans un même bâtiment. Un tableau de surveillance et contrôle est installé dans la salle de commande du bâtiment pour permettre la surveillance et contrôle des différents instruments de mesure, ainsi que la commande de marche-arrêt.

L'installation d'osmose inverse est représentée schématiquement à la figure 7-4.

### 1) Pompe de surcompression

La pompe de surcompression est utilisée pour envoyer l'eau de mer du réservoir d'eau filtrée vers la pompe à l'eau de mer du réservoir d'eau filtrée vers la pompe à haute pression. Le filtre de sécurité étant monté à un point intermédiaire sur cette canalisation, la pompe doit avoir une pression de refoulement d'au moins 20 m CE. Elle est installée dans la salle des pompes voisine du réservoir d'eau filtrée.

### 2) Fuite de sécurité

L'eau de mer prétraitée est très limpide et dépourvue presque complètement de matières en suspension. Le filtre de sécurité est installé sur la canalisation d'alimentation pour que le fer en fuite du filtre et les corps étrangers mélangés dans le réservoir d'eau ne pénètrent pas dans la pompe à haute pression et les modules d'osmose inverse.

Le filtre de sécurité à utiliser est du type permettant sa régénération par lavage. L'élément filtrant intérieur à une maille de dix microns est mis dans un carter inoxydable.

Chaque unité a trois filtres. La filtration est effectuée par deux filtres dont un est commuté au troisième, lorsque la pression différentielle s'est élevée à la valeur requise. Tout filtre bouché est soumis à la régénération par lavage à l'air et à l'eau qui s'effectue automatiquement.

### 3) Pompe à haute pression et turbine de récupération d'énergie

L'eau de mer est mise sous une pression de  $67 \text{ kg/cm}^2$  par la pompe à haute pression et envoyée aux modules d'osmose inverse.

La saumure concentrée sortant des modules d'osmose inverse est conduite vers la turbine de récupération d'énergie qui en récupère la force motrice servant d'auxiliaire à l'entraînement de la pompe à haute pression. Cette installation a sur un même soubassement, la pompe à haute pression, la turbine de récupération d'énergie et le moteur rangés dans l'ordre d'énumération et accouplés par un même arbre. La pompe à haute pression et la turbine sont du type à spirale à deux étages. Leur rendement respectif est d'au moins 85 % aux conditions optimales. Le matériau de leur partie en contact avec le liquide est SUS 316 ou acier inoxydable spécial.

Le fonctionnement de l'installation est complètement automatique, avec une légère complexité dans la commutation des soupapes ou vannes après le démarrage jusqu'à l'entrée en régime permanent. Il s'arrête automatiquement dans les cas d'urgence tels que la baisse de niveau de réservoir d'eau filtrée et la valeur anormale du pH.

#### 4) Module d'osmose inverse

Il y a plusieurs modules commercialisés pour le dessalement d'eau de mer à un étage. Par type, ils sont divisés en gros en les types à fibre creuse et spiral, étant regroupés selon le matériau de la membrane en les types à acétate de cellulose et non acétatée.

Ces modules diffèrent par les performances, les conditions d'utilisation et le mode opératoire. Il faut donc que la conception de l'Unité soit adaptée au module employé.

Une unité (15 000 m<sup>3</sup>/jour) se compose de deux blocs. Chaque bloc est constitué par 317 modules empilés en 25 rangs à 13 étages.

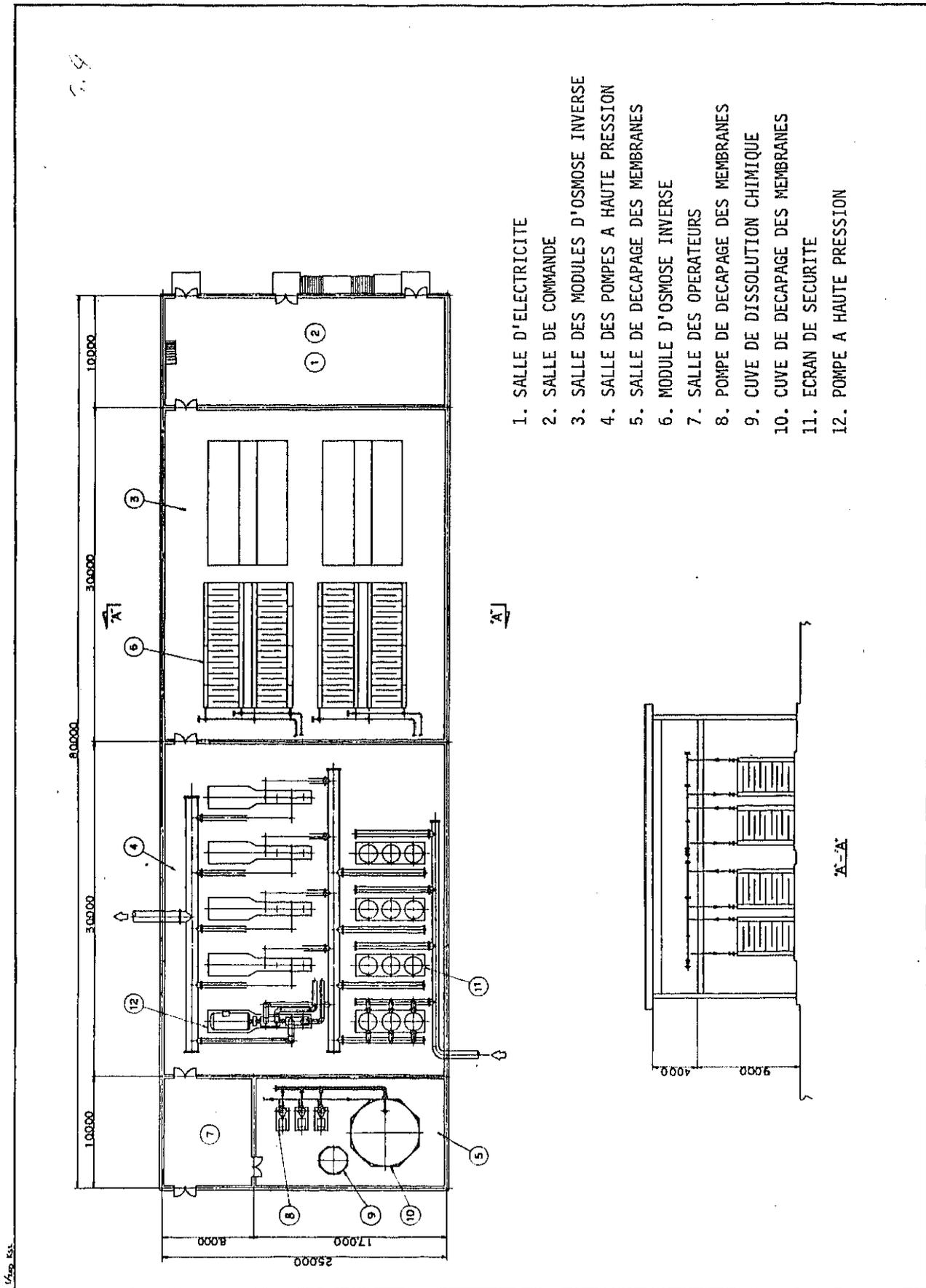


Fig. 7-4 Unité de dessalement par osmose inverse  
 Installation d'osmose inverse (15 000 m<sup>3</sup> /jour)

La membrane d'osmose inverse est caractérisée par le fait que sa capacité de production d'eau tend à augmenter suivant l'élévation de température d'eau et à diminuer suivant l'écoulement de temps d'utilisation. Cependant, il est préférable dans l'exploitation effective de maintenir constants le volume de production d'eau et le taux de récupération. Cette condition est réalisée par un réglage convenable du nombre de modules utilisés et de la pression de fonctionnement.

La variation de rendement des membranes peut être jugée pour chaque bloc par la vérification du débit et de la qualité d'eau enregistrés dans la salle de commande. Pour le débit d'eau, il faut la conversion des données en celles aux conditions standard de température, nombre de modules et pression. Un indicateur de qualité d'eau est installé pour chaque bloc. Sur toute anomalie découverte à l'un des indicateurs, on procède à l'analyse d'eau de chacun des modules couverts par l'indicateur et au remplacement de module ou à d'autres opérations de remise en état.

Lorsque le débit, la qualité d'eau produite ou la pression différentielle des modules pour chaque bloc a dépassé la valeur déterminée, on effectue le décapage des modules.

Le remplacement des membranes est effectué périodiquement une fois par an, exclusivement pour les membranes dont le rendement a diminué considérablement. Il est réalisable assez facilement au moyen d'un échafaudage grim pant.

### (3) Ouvrage de prise et rejet d'eau

L'eau de mer est prise au large éloigné d'environ 400 m de la ligne côtière au moyen d'un système de prise d'eau profonde. Elle est introduite librement dans le puits de prise d'eau à travers la conduite sous-marine. Le puits a une grille à barreaux et un tamis roulant pour éliminer les gros corps solides. A la tête de prise, l'eau chlorée obtenue par l'électrolyse de l'eau de mer est injectée pour prévenir le dépôt d'organismes marins notamment sur les tuyaux de prise d'eau et stériliser l'eau de mer prise.

L'eau de mer concentrée sortant des modules d'osmose inverse est stockée provisoirement dans le puisard. Avec les autres eaux résiduaires comme celles traitées après le décolmatage par contre-courant du filtre, elle est dégorgée librement à partir de la côte par le canal découvert.

L'ouvrage de prise d'eau est représenté schématiquement à la figure 7-5.

La maintenance de l'ouvrage de prise d'eau consiste notamment à vérifier:

- la santé de la tête et conduite de prise d'eau et le dépôt d'organismes marins sur celles-ci par un plongeur;
- L'effet de la protection anticorrosion électrique par potentiomètre;
- l'effet d'injection de chlore par mesure du chlore résiduel.

(4) Installation de stockage d'eau produite

L'installation de stockage d'eau produite se compose d'un réservoir-tampon et de réservoirs d'eau pure.

L'eau produite par les modules d'osmose inverse entre dans le réservoir-tampon pour y subir le contrôle du pH à chaux éteinte. Elle en déborde ensuite pour être stockée dans le réservoir d'eau pure ayant une durée de séjour d'une heure. L'eau dans le réservoir-tampon est utilisée pour le retour d'eau par suite de l'osmose directe occasionnée lors de l'arrêt de l'installation d'osmose inverse et pour le rinçage à l'eau pure.

L'eau produite contient de 0,2 à 0,5 mg/l de chlore résiduel. Elle ne laisse donc pas à craindre la prolifération de bactéries. Son pH est réglé à 7,0 - 8,5 pour avoir un indice de Langelier de 0 à + 0,5 en vue de la protection anticorrosion des réservoirs d'eau pure et des installations d'adduction. Pour les autres caractéristiques également, l'eau produite satisfait aux directives de la qualité d'eau potable W.H.O.

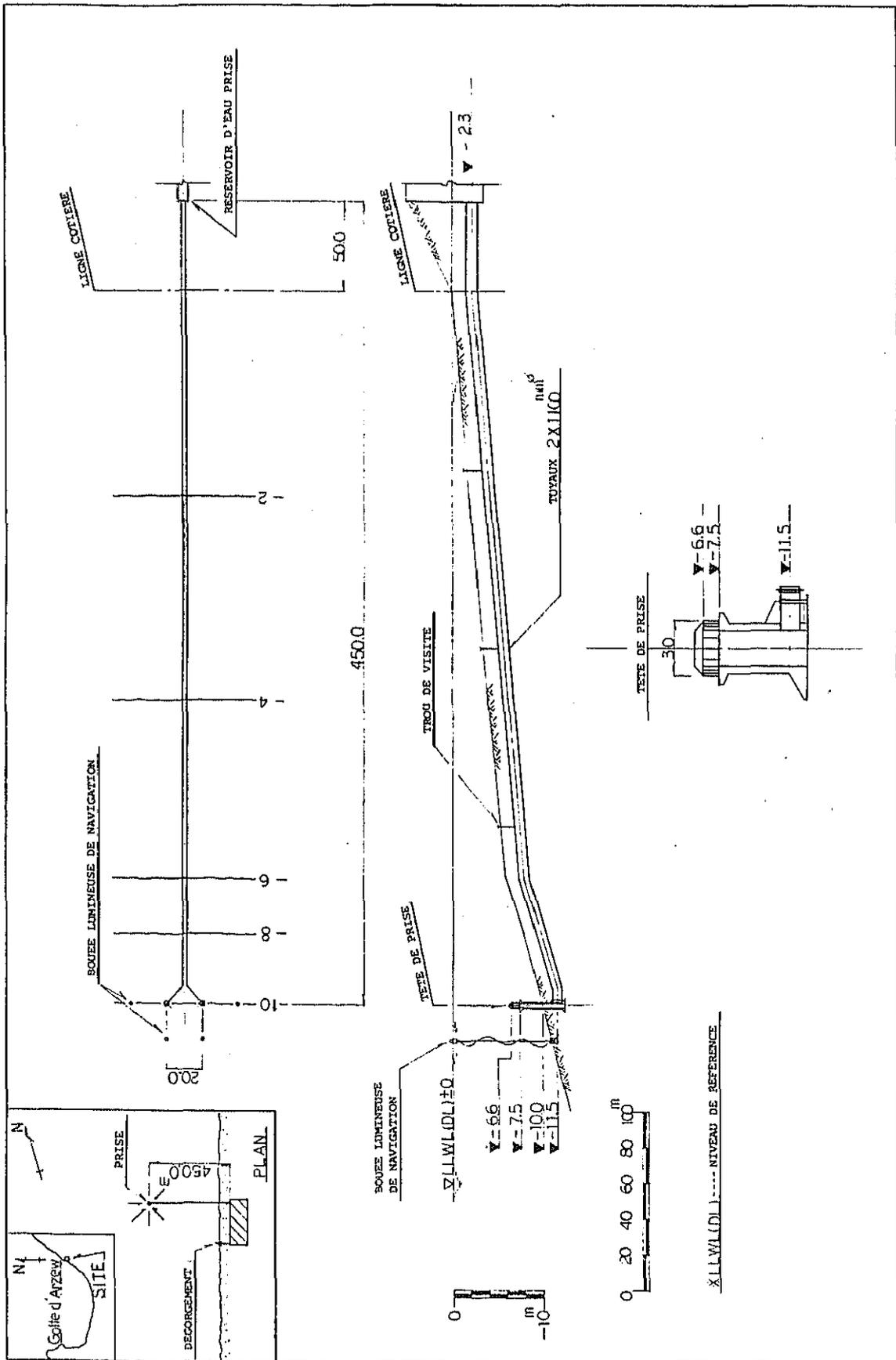


Fig. 7-5 Unité de dessalement par osmose inverse  
Ouvrage de prise d'eau

(5) Installation de décapage des membranes

Lorsque la pression différentielle des modules d'osmose inverse est trop élevée et que leurs rendements caractéristiques (débit et qualité d'eau produite) ont diminué, ils peuvent être remis en état par le décapage des membranes. Sur les membranes modulaires, c'est le dépôt de fer qui peut se produire le plus souvent. L'élimination en est réalisée par le lavage à l'acide citrique.

L'installation est mise en place de façon à permettre le lavage des modules par unité. La fréquence de lavage varie selon les cas, mais on peut la mettre à peu près à une ou deux fois par an. L'installation de décapage des membranes se trouve dans un hall du bâtiment d'osmose inverse.

Les processus de décapage sont:

- (a) remplacement d'eau dans les modules;
- (b) dissolution de l'acide citrique (en poudre) dans la cuve de dosage chimique;
- (c) contrôle de concentration de l'acide citrique dans le réservoir de décapant et contrôle du pH par injection d'ammoniaque;
- (d) lavage par circulation entre le réservoir de décapant et les modules d'osmose inverse.

La solution d'acide citrique ayant servi au décapage et restant dans le réservoir de décapant est utilisable pour le prochain lavage. Elle y est stockée sans rejeter.

L'arrêt de l'Unité occasionne, juste après, l'osmose directe par suite de laquelle l'eau produite retourne du réservoir-tampon dans l'installation d'osmose inverse. Par surcroît, il y a lieu de remplacer par eau pure l'eau restant dans l'installation d'osmose inverse. La pompe de rinçage est prévue à cet effet.

(6) Installation de traitement des eaux usées de décolmatage du filtre

Les eaux résiduaires de l'Unité se divisent en les deux groupes: du décolmatage par contre-courant des filtres et du rinçage, décrit plus bas.

Les eaux usées de décolmatage par contre-courant provenant du filtre de l'installation de prétraitement contiennent environ 1 000 mg/l de matières en suspension, ce qui ne permet pas de les dégorger telles quelles dans la mer. Elles sont ainsi envoyées à l'installation de traitement des eaux usées. Le filtre se compose au total de 16 filtres. Dans le cas de décolmatage par deux filtres toutes les 3 heures, une fois de décolmatage produit un débit à évacuer de 720 m<sup>3</sup> qui est amené à 5 760 m<sup>3</sup> pour 8 fois de décolmatage par jour.

Ces eaux sont stockées dans le réservoir d'eau usée de décolmatage par contre-courant de 800 m<sup>3</sup> où elles sont agitées pour que la boue ne se précipite pas. Elles sont ensuite envoyées par la pompe d'évacuation à la cuve de coagulation où l'injection de coagulant macromoléculaire donne lieu à la sédimentation de boue. La boue est conduite par la pompe à boue liquide vers la cuve de concentration. Les eaux claires obtenues dans les cuves de coagulation et de concentration sont envoyées au puisard.

La boue concentrée sortant de la cuve de concentration est transportée par la pompe à boue liquide au déshydrateur qui en fait un gâteau dont la teneur en eau est d'environ 85 %. Le gâteau en une quantité de l'ordre de 6 tonnes par jour est mis hors site et jeté sous terre.

Après le décolmatage par contre-courant du filtre, le rinçage à l'eau est effectué pendant environ 30 minutes pour donner un débit total à évacuer par jour d'environ 7 600 m<sup>3</sup>. Les eaux usées de rinçage contiennent moins de 1 mg/l de matières en suspension et sont déchargées dans tel état par l'intermédiaire du puisard.

(7) Installation d'injection de produits chimiques

Les principaux produits chimiques utilisés pour l'Unité sont la solution de chlorure ferrique (40 %), l'acide sulfurique (98 %) et la chaux éteinte (100 %). Le chlorure ferrique sert de coagulant au prétraitement. L'acide sulfurique et la chaux éteinte sont injectés respectivement pour le contrôle du pH de l'eau d'alimentation des modules d'osmose inverse et de l'eau produite. Par ailleurs, pour le traitement des eaux usées de décolmatage par contre-courant, le polymère anionique est utilisé comme coagulant et le polymère cationique comme agent auxiliaire de déshydratation. En outre, l'acide citrique et l'ammoniaque sont utilisés pour le décapage des modules effectué une ou deux fois par an.

Ces produits chimiques ont stockés dans un réservoir pouvant contenir une quantité correspondant à un mois de consommation. Après être transféré provisoirement dans le réservoir de service, ils sont injectés en dose déterminée par la pompe doseuse.

Leur dosage et consommation par jour sont les suivants:

	Dosage	Consommation
Chlorure ferrique 40 %	1,5 mg/l en Fe	2 076 kg/jour
Acide sulfurique 98 %	60 mg/l	10 280 kg/jour
Chaux éteinte 100 %	26 mg/l	1 560 kg/jour
Coagulant :		
Anionique	2 mg/l (d'eau usée)	11,3 kg/hour
Cationique	150 mg/l (de boue)	4,6 kg/jour
Décapant :		
Acide citrique	(une fois/an)	24 000 kg/jour
Ammoniac	(une fois/an)	7 200 kg/jour

## (8) Installation de réception et transformation de l'électricité

L'électricité fournie par la SONELGAZ à 60 kV, triphasé, 50 Hz est reçue par la sous-station pour la transformer aux tensions de service. La capacité maximale de réception est de 19 000 kVA.

La tension de 60 kV est abaissée à 380 V (pour moteurs de charge inférieure à 150 kW), à 220 V (pour commande et contrôle) et à 110 V (pour éclairage et instrumentation). Elle est ensuite transmise dans le bâtiment d'osmose inverse à la salle d'électricité ou sur le tableau d'amorçage de chaque salle des pompes pour la distribution aux moteurs de celles-ci.

### 7.3 Spécifications des équipements

#### 7.3.1 Installations principales

##### (1) Installation de prétraitement

###### 1) Bassin d'homogénéisation

Type	: Réservoir sur terre en béton
Nombre	: 2
Dimensions	: 5 m (L) × 12 m (l) × 6 m (h)
Capacité utile et durée de séjour	: 330 m <sup>3</sup> , 5 mn
Agitateur	: 1 ensemble/1 bassin 60 tr/mn × 15 kW

###### 2) Filtre

Type	: Filtre par gravité à flux descendant (en béton)
Nombre	: 2 trains × 8 lignes Total : 16
Vitesse de filtration (LV)	: 200 m/hour
Dimensions et surface	: 6 m (L) × 10 m (l) × 6 m(h) 60 m <sup>2</sup>
Matériaux filtrants :	
Anthracite (0,9 mm)	Hauteur de couche : 600 mm
Sable (0,5 mm)	Hauteur de couche : 400 mm
Collecteur	: Parpaing perforé
Lavage	: Décolmatage automatique par contre-courant à l'eau filtrée. Temps nécessaire d'environ une heure y compris le rinçage qui suit

3) Equipement de décolmatage par contre-courant du filtre

— Pompe de décolmatage par contre-courant

Type : Pompe à volute à deux ouïes  
Nombre : 2  
Capacité : 35 m<sup>3</sup>/mn × 20 m CE × 150 kW  
Matériaux principaux : 316 fonte inoxydable et acier inoxydable

— Soufflante de décolmatage par contre-courant

Type : Souffleur Roots  
Nombre : 2  
Capacité : 40 m<sup>3</sup>/mn × 5 m CE × 60 kW  
Matériaux principaux : 316 fonte inoxydable et acier inoxydable

4) Réservoir d'eau filtrée

Nombre : 1  
Dimensions : 18 m (L) × 30 m (l) × 8 m (p)  
Capacité utile et durée de séjour : 3 800 m<sup>3</sup>  
30 mn  
Matériau : Réservoir souterrain en béton

(2) Installation d'osmose inverse

1) Pompe de surcompression

Type : Pompe à volute à deux ouïes  
Nombre : 4 + 1 (réserve)  
Capacité : 30 m<sup>3</sup>/mn × 20 m CE × 150 kW  
Matériaux principaux : 316 fonte inoxydable et acier inoxydable

2) Filtre de sécurité

Nombre : (2 + 1) × 4  
Capacité : 900 m<sup>3</sup>/h/filtre  
Maille de l'élément : 10 m  
Dimensions du filtre :  $\phi$  800 mm × 1 600 mm (h) (inoxydable)  
Pompe de lavage : 30 m<sup>3</sup>/mn × 20 m CE × 150 kW × 1 ens.

3) Pompe à haute pression

Type : Pompe à volute multicellulaire  
Nombre : 4 + 1 (réserve)  
Capacité : 30 m<sup>3</sup>/mn × 670 m CE (refoulement)  
Rendement : 85 %  
Matériaux principaux : 316 fonte inoxydable et acier inoxydable

4) Turbine de récupération d'énergie

Type : Turbine Francis  
Nombre : 4 + 1 (réserve)  
Capacité : 19,5 m<sup>3</sup>/mn × 610 m CE  
Rendement : 82 %

Energie récupérée	: 1 685 kW
Matériaux principaux	: 316 fonte inoxydable et acier inoxydable
5) Moteur	
Nombre	: 4 + 1 (réserve)
Capacité	: 2 550 kW
6) Empilage de modules d'osmose inverse	
Nombre	: 8 blocs (Deux blocs constituent une unité.)
Capacité d'un bloc	: 7 500 m <sup>3</sup> /jour
Nombre de modules d'un bloc	: 317 (13 étages × 25 rangs)
Dimensions d'un bloc	: 3,6 m (L) × 11 m (l) × 5,5 m (h)
Conditions d'exploitation (d'une unité) :	
Débit d'alimentation	: 42 860 m <sup>3</sup> /jour (1 800 m <sup>3</sup> /h)
Débit de produit	: 15 000 m <sup>3</sup> /jour (625 m <sup>3</sup> /h)
Taux de récupération	: 35 %
Pression de fonctionnement (variable)	: 60 à 65 kg/cm <sup>2</sup>

### 7.3.2 Ouvrage de prise et rejet d'eau

(1) Tête de prise d'eau de mer	
Système	: Prise d'eau profonde
Tête	: $\phi$ 3 000 mm × 2 ens.
Matériaux	: Acier + revêtement intérieur en goudron/époxydes
Accessoire	: Protection anticorrosion électrique
(2) Conduite de prise d'eau de mer	
Système	: Prise d'eau profonde
Tuyau	: $\phi$ 1 100 mm × 450 m × 2 trains
Matériaux	: Tube d'acier + revêtement: intérieur en goudron/époxydes, extérieur double en émail de toile de verre
Accessoire	: Protection anticorrosion électrique
(3) Puits de prise d'eau de mer	
Type	: Réservoir souterrain en béton
Canal d'amenée	: 25 m (L) × 7 m (l) × 8,5 m (p) × 2 canaux
Puits	: Durée de séjour – 5 mn 650 m <sup>3</sup>
Accessoires:	
Vanne bartardeau	: 3 m (l) × 8,5 m (h) × 2 lignes × 2 trains
Grille à barreaux	: 3 m (l) × 8,5 m (h) × 2 ens.
Tamis roulant	: 3 m (l) × 8,5 m (h) × 2 ens. avec pompe de lavage

Générateur de chlore : Cl<sub>2</sub> 20 kg/h  
par électrolyse

Avec pompe de prise d'eau et pompe d'injection

- (4) Pompe de prise d'eau de mer
- Type : Flux mixte à axe vertical
  - Nombre : 2
  - Capacité : 32 m<sup>3</sup>/mn × 15 m CE × 220 kW
  - Matériaux principaux : 316 fonte inoxydable et acier inoxydable
- (5) Puisard
- Type : Réservoir sur terre en béton
  - Débit total à évacuer : 125 000 m<sup>3</sup>/jour
  - Durée de séjour et capacité utile : 5 mn, 420 m<sup>3</sup>
  - Dimensions : 15 m (L) × 20 m (l) × 3 m (h)

### 7.3.3 Installation de stockage d'eau produite

- (1) Réservoir-tampon
- Type : Construction semi-souterraine en béton (avoisinat le réservoir d'eau pure)
  - Capacité utile : 390 m<sup>3</sup>
  - Dimensions : 4 m (L) × 18 m (l) × 8 m (h)
- (2) Réservoir d'eau pure
- Type : Réservoir semi-souterraine en béton
  - Durée de séjour et capacité utile : 1 heure  
1 500 m<sup>3</sup> × 2 ens.
  - Dimensions : 25 m (L) × 9 m (l) × 8 m (h)

### 7.3.4 Installation de décapage des membranes

- (1) Cuve de décapage
- Nombre : 1
  - Capacité : 50 m<sup>3</sup> (en FRP – plastiques renforcés à la fibre de verre)
  - Dimensions :  $\phi$  3 400 × 6 190 mm (h)
- (2) Cuve de dissolution d'acide citrique
- Nombre : 1
  - Capacité : 10 m<sup>3</sup> (en FRP)
  - Dimensions :  $\phi$  2 200 × 3 080 mm (h)
  - Accessoires : Agitateur, convoyeur et trémie
- (3) Pompe de décapage  
15 m<sup>3</sup>/mn × 30 m CE × 150 kW × 1 ens.
- (4) Pompe de transfert d'acide citrique

1 m<sup>3</sup>/mn × 10 m CE × 3,7 kW × 1 ens.

(5) Pompe de rinçage

30 m<sup>3</sup>/mn × 40 m CE × 280 kW × 2 ens.

### 7.3.5 Installation de traitement des eaux usées

(1) Réservoir d'eau usée de décolmatage par contre-courant

Nombre : 1  
Capacité et dimensions : 800 m<sup>3</sup>  
12 m<sup>3</sup> (L) × 20 m (l) × 4 m (h)  
Construction : Réservoir souterrain en béton

(2) Cuve de coagulation

Nombre : 1  
Dimensions :  $\phi$  25 m × 4 m (h)  
Charge superficielle : 0,5 m/h  
Construction : Semi-souterraine en béton  
Accessoires : Collecteur de boue à entraînement central et pompe d'évacuation de boue

(3) Cuve de concentration

Nombre : 1  
Dimensions :  $\phi$  10 m × 4 m (h)  
Construction : Semi-souterraine en béton  
Accessoires : Collecteur de boue et pompe d'évacuation de boue

(4) Déshydrateur

Récepteur de boue : 1 m<sup>3</sup>  
Déshydrateur : Décanteur à hélice, 4 m<sup>3</sup>/h  
Convoyeur  
Trémie à gâteau

(5) Pompe de transfert des eaux usées

Type : Pompe à volute à une ouïe  
Nombre : 1  
Capacité : 5 m<sup>3</sup>/mn × 10 m CE × 15 kW  
Matériaux principaux : 316 fonte inoxydable et acier inoxydable

### 7.3.6 Installation d'injection de produits chimiques

(1) Installation d'injection de coagulant

Coagulant : Solution de chlorure ferrique de 40 %  
Consommation : 2 076 kg/jour  
Réservoir de stockage : 50 m<sup>3</sup> (en FRP) × 1 ens.  
Pour 30 jours

- |                      |  |
|----------------------|--|
| Réservoir de service | : 5 m <sup>3</sup> (en FRP) × 1 ens.                 |
| Pompe de transfert   | : 0,2 m <sup>3</sup> /mn × 5 m CE × 0,75 kW × 1 ens. |
| Pompe d'injection    | : 608 ml/mn × 20 m CE × 0,2 kW × 2 ens.              |
- (2) Installation de contrôle du pH de l'eau d'alimentation aux modules d'osmose inverse
- |                       |   |
|-----------------------|---|
| Produit chimique      | : Acide sulfurique concentré de 98 %                      |
| Consommation          | : 10 280 kg/jour  |
| Réservoir de stockage | : 170 m <sup>3</sup> (en acier) × 1 ens.<br>Pour 30 jours |
| Réservoir de service  | : 15 m <sup>3</sup> (en acier) × 1 ens.                   |
| Pompe de transfert    | : 0,2 m <sup>3</sup> /mn × 5 m CE × 0,75 kW × 1 ens.      |
| Pompe d'injection     | : 390 ml/mn × 20 m CE × 0,2 kW × 4 ens.                   |
- (3) Installation de contrôle du pH de l'eau produite
- |                          |  |
|--------------------------|--|
| Produit chimique         | : Chaux éteinte  |
| Consommation             | : 1 560 kg/jour  |
| Réservoir de stockage    | : 100 m <sup>3</sup> (en tôle d'acier) × 1 ens.<br>Pour 30 jours         |
| Trémie                   | : 22 m <sup>3</sup> (en tôle d'acier) × 1 ens.                           |
| Cuve de dissolution      | : 40 m <sup>3</sup> (en béton)   |
| Soufflante de transfert  | : 0,8 m <sup>3</sup> /mn × 5 m CE × 2,2 kW                               |
| Pompe d'injection        | : 22 litres/mn × 5 kg/cm <sup>2</sup> × 1,5 kW                           |
| Agitateur de dissolution | : 120 tr/mn × 7,5 kW   |
| Accessoires              | : Filtre à manches (2)<br>Vanne à opercule tournant (1)<br>Vibrateur (3) |
- (4) Installation d'injection de coagulant pour traitement des eaux usées
- |                       |   |
|-----------------------|---|
| Produits chimiques    | : Coagulant macromoléculaire anionique (A)<br>Coagulant macromoléculaire cationique (C)                           |
| Consommation          | : (A) 11,3 kg/jour<br>(C) 4,6 kg/jour   |
| Réservoir de stockage | : 12 m <sup>3</sup> × 1 ens. (pour A)<br>6 m <sup>3</sup> × 1 ens. (pour C)                                       |
| Cuve de dissolution   | : 1 m <sup>3</sup> × 1 ens. (pour A)<br>0,6 m <sup>3</sup> × 1 ens. (pour C)                                      |
| Pompe d'injection     | : 0,96 litres/mn × 20 m CE × 0,2 kW × 1 ens.<br>(pour A)<br>1,0 litres/mn × 20 m CE × 0,2 kW × 1 ens.<br>(pour C) |

### 7.3.7 Tuyauteries

Les tuyauteries seront posées en principe sur terre, les croisements avec la route étant

enterrés ou montés sur support.

Les tuyauteries d'eau de mer, de saumure et d'eau produite seront faites des matériaux suivants:

- Conduites principales  
Tube d'acier + garnissage en polyéthylène
- Conduites de petit diamètre  
Tube d'acier inoxydable SUS 316 ou tube en FRP

### 7.3.8 Installation de réception et transformation de l'électricité

#### (1) Réception, transformation et distribution

##### 1) Tableau de réception à haute tension

Réception : 60 kV, triphasé, 50 Hz  
Capacité totale de réception : 19 000 kVA

##### 2) Transformation et distribution

60 kV/6 kV : Charge de 150 kW ou plus  
60 kV/380 V : Charge inférieure à 150 kW  
380 V/220 V : Alimentation de commande/contrôle  
380 V/110 V : Alimentation d'éclairage/instrumentation

##### 3) Tableau de démarrage

Tableau de démarrage à haute tension (démarrateur combiné)  
Tableau de démarrage à basse tension (centre de commande des moteurs)

#### (2) Installation de surveillance et contrôle

- 1) Tableau de surveillance et contrôle (avec tableau graphique)
- 2) Tableau de commande
- 3) Tableau de relais

### 7.3.9 Bâtiments

#### (1) Bâtiment administratif

Dimensions approximatives : 18 m (L) × 12 m (l) × 9,5 m (h)  
Surface total de plancher : 432 m<sup>2</sup>  
Construction : en béton armé à deux étages  
Rez-de-chaussée : Bureau, salle de conférence, salle des opérateurs, laboratoire d'analyse, etc.  
1<sup>er</sup> étage : Salle de directeur, salon, salle de contrôle, salle de conférence, etc.

#### (2) Bâtiment d'osmose inverse

Dimensions approximatives : 80 m (L) × 25 m (l) × 13 m (h)  
Surface totale de plancher : 4 000 m<sup>2</sup>  
Construction : en béton armé à un étage  
Equipement : Installation d'osmose inverse

(module d'osmose inverse, pompe à haute pression, filtre de sécurité, etc., installation de décapage des membranes et installation électricité/instrumentation)

(3) Bâtiment de stockage de produits chimiques

Dimensions approximatives : 24 m (L) × 16 m (l) × 9 m (h)  
(16 m (h) en partie)

Surface totale de plancher : 384 m<sup>2</sup>

Construction : en béton armé à un étage

(4) Bâtiment de prise d'eau

Dimensions approximatives : 8 m (L) × 5 m (l) × 4 m (h)

Surface totale de plancher : 40 m<sup>2</sup>

Construction : en béton armé à un étage

Équipement : Générateur de chlore et installation électrique

(5) Bâtiment de traitement de la boue

Dimensions approximatives : 18 m (L) × 12 m (l) × 5 m (h)  
(10 m (h) en partie)

Surface totale de plancher : 360 m<sup>2</sup>

Construction : en béton armé à deux étages

Équipement : Décanteur, cuve d'alimentation en boue, installation d'injection de coagulant, convoyeur, pompe et salle d'électricité

(6) Sous-station

Dimensions approximatives : 12 m (L) × 12 m (l) × 6 m (h)

Surface totale de plancher : 144 m<sup>2</sup>

Construction : en béton armé à un étage

(7) Entrepôt-atelier d'entretien

Dimensions approximatives : 24 m (L) × 12 m (l) × 6 m (h)

Surface totale de plancher : 288 m<sup>2</sup>

Construction : en béton armé à un étage

(8) Poste de gardiennage

#### 7.4 Implantation de l'Unité

L'implantation générale de l'Unité est montrée à la figure 7-6.

L'Unité se divise en gros en installation de prétraitement et installation d'osmose inverse. La première ressemble à une station d'épuration ordinaire. Son équipement principal est le réservoir en béton installé à l'air libre. Les pompes de prise d'eau, de surcompression, etc. sont installées dans la salle des pompes pour les protéger contre le dommage du sel. L'installation d'osmose inverse (pompe à haute pression, filtre de sécurité, module d'osmose inverse, etc.) et l'installation de décapage des membranes sont abritées par le bâtiment d'osmose inverse. Les installations et bâtiments auxiliaires mentionnés à l'article 7.3 sont disposés dans une meilleure corrélation fonctionnelle.

La superficie requise pour l'Unité est de  $100 \text{ m} \times 250 \text{ m} = 25\,000 \text{ m}^2$ . Elle comprend une route large de 6 m, l'espace vert et le parking.

Une vue en plan de l'installation de prétraitement et un schéma de disposition du bâtiment d'osmose inverse sont donnés respectivement aux figures 7-3 et 7-4.

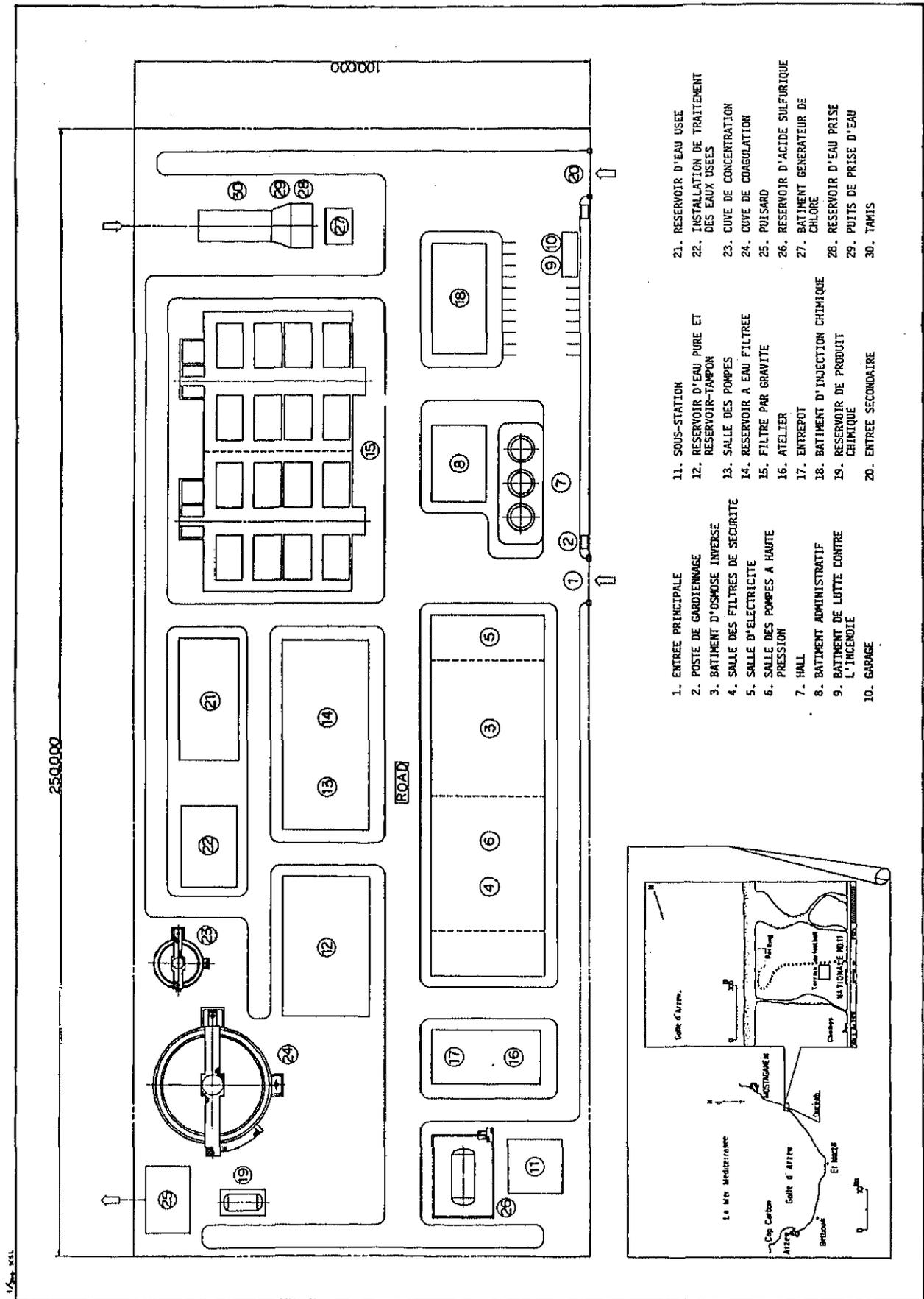


Fig. 7-6 Unité de dessalement par osmose inverse  
Schéma d'implantation générale

## 7.5 Programme de construction

La construction de l'Unité doit suivre un programme minuté très strictement. De toute façon, le choix d'un entrepreneur approprié permettra l'achèvement de l'Unité au milieu de l'année 1987. Le programme de construction est indiqué à la figure 7-7. Le déroulement des travaux et le délai de construction sont à peu près identiques à ceux pour l'Unité de dessalement par distillation. Le montage des modules d'osmose inverse eux-mêmes est réalisable dans un délai aussi court que de l'ordre de deux mois pour chaque groupe.

L'installation de prétraitement est réalisée par les travaux sur place en majeure partie. Les travaux doivent être à peu près achevés avant le mois d'avril 1987.

En ce qui concerne l'ouvrage de prise et rejet d'eau, l'installation d'adduction d'eau, l'installation de réception et transformation d'électricité, les bâtiments et la route, les travaux sont identiques à ceux décrits pour l'Unité par distillation.



## 7.6 Organisation et planning du personnel

### 7.6.1 Organisation

Compte tenu des résultats de gestion de grandes unités similaires, nous avons fixé à 40 personnes l'effectif principal qui doit assurer le fonctionnement de l'Unité. L'Unité, ayant le directeur comme responsable en chef de la gestion, se compose des services administration, exploitation et maintenance qui fonctionnent respectivement sous la conduite directe d'un responsable. Les services sont organisés comme suit:

(1) Service administration (9 personnes)

Un responsable, 4 employés de bureau et 4 gardiens

(2) Service exploitation (21 personnes)

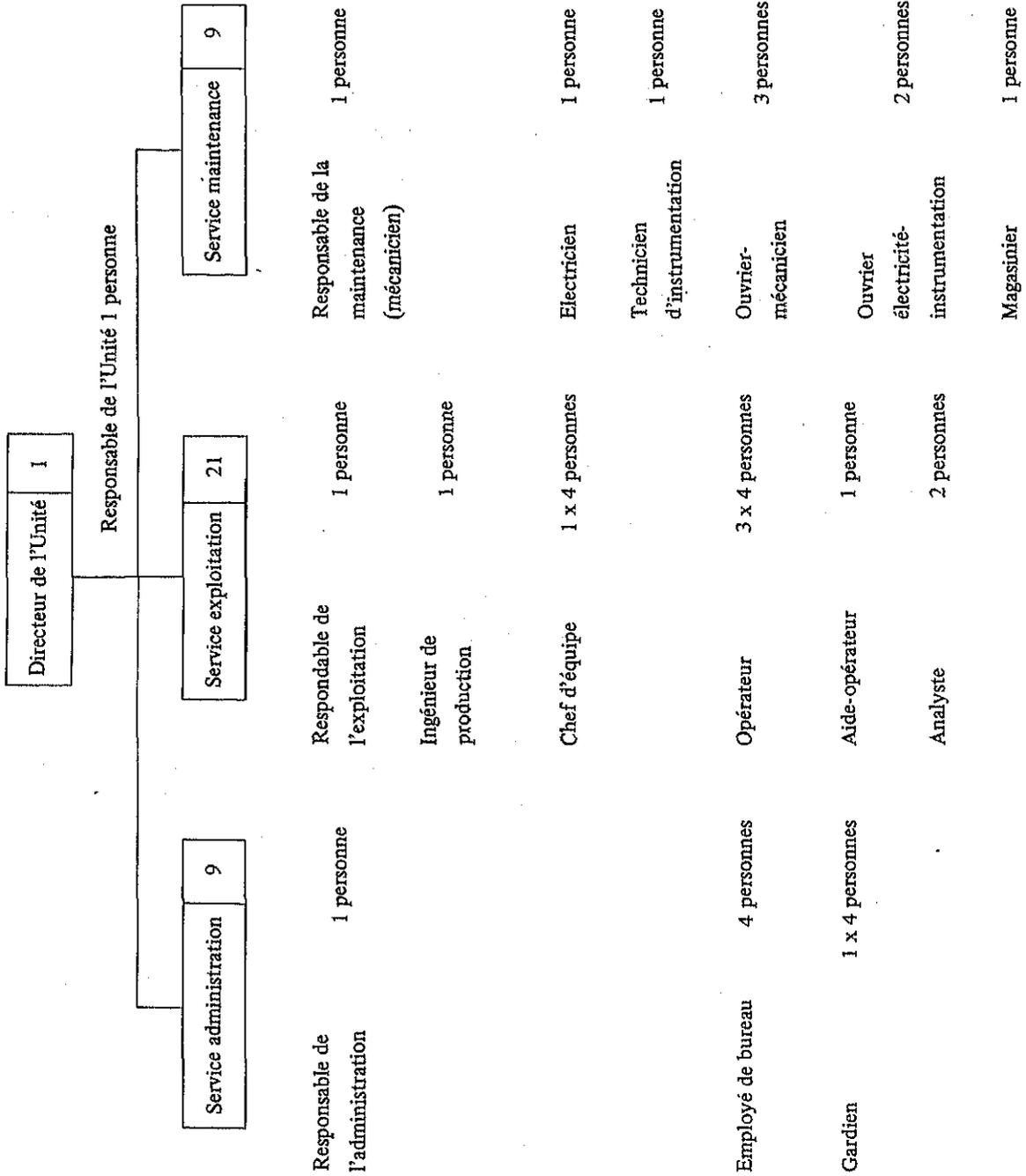
Le fonctionnement technologique de l'Unité est assuré par les effectifs au nombre total de 30 dont 21 du service exploitation et 9 du service maintenance. Les 21 personnes pour l'exploitation comprennent un responsable, 4 équipes de 4 opérateurs (un chef d'équipe et 3 opérateurs), 2 aides-opérateurs et 2 analystes. Ainsi, l'Unité est conduite normalement par 6 opérateurs dont le chef d'équipe seul doit posséder une certaine technique concernant l'unité de dessalement d'eau de mer, le reste de 5 opérateurs n'ayant qu'à surveiller le fonctionnement.

(3) Service maintenance (9 personnes)

Neuf personnes chargées de la maintenance comprennent un responsable pour chacune des sections mécanique, électricité et instrumentation, avec 6 exécutants. Elles n'ont pas besoin de posséder une technique d'ordre supérieur, spécifique à l'Unité de dessalement d'eau de mer. Il leur suffit de la technique de maintenance et contrôle requise par les usines ordinaires.

Le personnel mentionné ci-dessus est celui qui doit constituer le noyau de l'Unité dans sa gestion. Il ne comprend pas le personnel nécessaire au travail de manoeuvre quotidien, au service spécial comme chauffeur, et à la réparation périodique. Le tableau 7-1 montre l'organigramme de l'Unité.

Tableau 7-1 Organigramme (RO)



Total : 40 personnes

### 7.6.2 Planning du personnel

Le planning du personnel de l'Unité présuppose la signature du marché pour le Projet avant le début 1985, la mise en exécution du Projet dès avril 1985 et la mise en plein fonctionnement de l'Unité en juillet 1987.

L'appel d'offres, l'évaluation des soumissions et les négociations pendant la période avant la signature du marché sont supposés faits par les agents du ministère de l'Hydraulique en collaboration avec des conseillers extérieurs. Il est souhaitable que certains des agents chargés du suivi du Projet soient le pivot futur de la gestion de l'Unité. De même, le personnel qui constitue le noyau de l'Unité dans sa conception, construction, exploitation et gestion devra participer aux travaux de création de l'Unité. Il s'agit de 12 personnes au total, à savoir, le directeur, 2 chefs de service, un responsable de l'administration et un employé de bureau qui doivent y participer pendant la période après la signature du marché jusqu'au mois d'avril 1985 où est prévue la mise en exécution de celui-ci, et 7 contremaîtres qui doivent s'ajouter avant le mois de juillet 1985. Sauf celui mentionné ci-dessus, le personnel devra être embauché successivement pour engager la moitié, soit 15 personnes, avant le mois de mai 1986 et les 14 personnes restantes avant la fin février 1986, soit deux mois avant la mise en service. Les qualités requises pour le personnel sont telles qu'indiquées sur le tableau 6-2.

Les techniciens, contremaîtres, opérateurs et autres personnes qui assurent le fonctionnement de l'Unité de dessalement d'eau de mer subiront, avant la mise en exploitation commerciale de celle-ci, la formation professionnelle à l'étranger et en Algérie pour acquérir les connaissances nécessaires et s'entraîner à l'exploitation par la pratique chez des usines de démonstration. La formation à l'étranger sera effectuée sur le responsable de l'exploitation, tous les contremaîtres et la moitié des opérateurs pendant environ deux mois pour se terminer au plus tard avant le mois de juillet 1986. Les grandes lignes du programme de formation sont les suivantes:

- (1) Orientation
- (2) Cours technique élémentaire
- (3) Cours général sur la technologie de dessalement d'eau de mer
- (4) Cours sur les installations et systèmes d'une usine de dessalement d'eau de mer
- (5) Exercice pratique en usine
- (6) Cours sur les procédés d'exploitation et maintenance
- (7) Entraînement par simulateur

Le personnel ayant subi la formation à l'étranger assumera la fonction de leader ou partenaire de l'autre moitié des opérateurs à embaucher ultérieurement et participera aux travaux sur place pour apprendre divers services.

Avent la mise en service de l'Unité en avril 1987, l'ensemble de son effectif subira la formation en Algérie durant environ deux mois en vue de bien connaître l'exploitation par l'enseignement sur le mode opératoire des différents équipements et instruments de mesure, la notice d'exploitation, etc. En même temps, il sera expérimenté dans le service en charge par l'exploitation effective de l'Unité, effectuée parallèlement. Des spécialistes détachés par les fournisseurs assureront la formation professionnelle et l'assistance à l'exploitation décrites ci-dessus. Le personnel emmagasinera davantage la technique et le know-how d'exploitation. Ainsi, la formation professionnelle aura pour objectif de permettre aux opérateurs l'exploitation de l'Unité en pleine charge à partir du mois de juillet 1987.

Pendant un an après la mise en plein fonctionnement, un spécialiste restera sur place pour servir de superviseur et assurer l'assistance à l'exploitation. Ce superviseur sera détaché par un contrat séparé d'envoi de superviseur.

## Chapitre 8

# Raccordement aux réseaux de distribution existants



## Chapitre 8. Raccordement aux réseaux de distribution existants

L'étude au présent chapitre concerne le point de raccordement, l'acheminement de la conduite d'adduction, la pompe et conduite d'adduction, appropriés à l'alimentation de la zone de Mostaganem en eau produite par l'Unité de dessalement d'eau de mer.

### 8.1 Choix du point de raccordement aux réseaux de distribution existants

La formation de zones urbaines et la topographie de la ville de Mostaganem sont telles que décrites au Chapitre 2. L'état actuel du service des eaux est présenté ci-après:

Les ressources hydriques de la zone de Mostaganem sont constituées de sources et puits. Les sources se trouvent près du centre ville et les puits à l'extérieur. L'eau est élevée par pompe aux bacs de répartition installés sur des plateaux convenables d'où elle se distribue par gravité ou par pompe sous pression.

Suivant l'accroissement démographique futur, de nouvelles zones urbaines seront formées autour de la zone existante, mais le système de distribution susdit ne subirait pas de grand changement.

Tous les bacs de répartition existants ont une faible capacité et peu de marge d'extension, limitée par leur emplacement.

Actuellement, une nouvelle source ayant une capacité nominale de prise de 130 ltr/sec (11 200 m<sup>3</sup>/jour) est en cours d'aménagement au secteur Ain Soltane à l'est de la ville. Il est prévu que l'eau de source sera amenée au bac de répartition à 2 réservoirs de 5 000 m<sup>3</sup> chacun (altitude 240 m environ) en construction à El Djenavet dans la banlieue est de la ville.

Ce bac aura dans le futur 2 réservoirs de 5 000 m<sup>3</sup> complémentaires pour constituer une grande base de répartition ayant une capacité totale de 20 000 m<sup>3</sup>. Il offre un bon lieu de raccordement, vu l'altitude, la marge d'extension future de l'emplacement et la distance de 12 km d'Ouréah, site de l'Unité de dessalement. L'eau produite par l'Unité sera donc amenée dans l'enceinte du bac de répartition d'El Djenavet.

L'étude sur le mélange de l'eau produite par l'Unité avec l'eau des ressources existantes et sur la capacité du bac de répartition n'est pas traitée ici, car elle n'entre pas dans l'étendue de la présente F/S qui ne concerne que la construction de l'Unité de dessalement (Voir l'Etendue des Travaux). Il est souhaitable que ladite étude soit menée séparément par les autorités algériennes en la confrontant avec le plan d'alimentation de la zone de Mostaganem.

### 8.2 Acheminement de la conduite d'adduction

Pour amener à El Djenavet l'eau produite à Ouréah, site de l'Unité, il faut faire le tracé compte tenu des facteurs économiques et géographiques. Comme montré à la Fig. 8-1, la conduite d'adduction doit cheminer en évitant la zone urbaine de Mostaganem et le quartier de Mazagran, sans franchir la montagne escarpée entre Mazagran et Rivoli, en longeant les routes

existantes montant à pente aussi douce que possible et à un minimum de croisement avec les routes principales et les chemins de fer.

La F/S n'était pas fournie de la documentation et données concernant entre autres les ouvrages enterrés existants, la résistivité spécifique du sol et la géologie le long de l'itinéraire prévu pour l'adduction. Par manque notamment de la reconnaissance de dureté du rocher affleurant la surface aux environs du quartier Mazagran, il est difficile à la phase actuelle de déterminer le tracé en détail. La Fig. 8-1 représente un chemin estimé le plus économique, établi d'après les cartes et les résultats de l'exploration partielle. A la phase de réalisation, il est absolument nécessaire d'exécuter les reconnaissances du sol ci-dessus mentionnées pour déterminer l'itinéraire optimal.

Les spécifications de la conduite d'adduction sont les suivantes:

Débit	: 60 000 m <sup>3</sup> /jour (2 500 m <sup>3</sup> /h)
Diamètre	: 750 mm
Matériau	: Tube d'acier revêtu de goudron/époxydes
Longueur totale	: 14 km
Vitesse d'écoulement	: 1,6 m/sec

### 8.3 Pompe d'adduction

Pour la pompe d'adduction, le nombre et la capacité unitaire doivent être déterminés en vue du fonctionnement à un point aussi proche du rendement maximal que possible. Du point de vue de la maintenance, il est désirable que les pompes soient interchangeable, ayant une même capacité unitaire. Toutes les pompes doivent fonctionner pour le débit maximal.

La hauteur totale d'élévation d'une pompe comprend toutes les pertes de charge sur les canalisations d'aspiration et de refoulement. Par ailleurs, la pression hydrostatique elle-même s'élève à 235 m, étant donné que l'adduction au bac de répartition d'El Djenavet (altitude 240 m) doit passer le sud du quartier Mazagran (altitude 140 m) à partir d'Ouréah à environ 5 m d'altitude. Il faut donc une pompe de grand capacité à grande hauteur d'élévation. Les spécification de la pompe ont été déterminées comme suit:

Type	: Pompe à volute à deux ouïes
Diamètre de l'orifice	: Aspiration $\phi$ 400 mm Refoulement $\phi$ 250 mm
Débit	: 20,83 m <sup>3</sup> /mn
Hauteur totale d'élévation	: 340 m
Puissance du moteur	: 1 600 kW
Nombre	: 2 de service normal (turbine à vapeur pour MSF) (moteur électrique pour RO) 1 de reserve (moteur électrique)

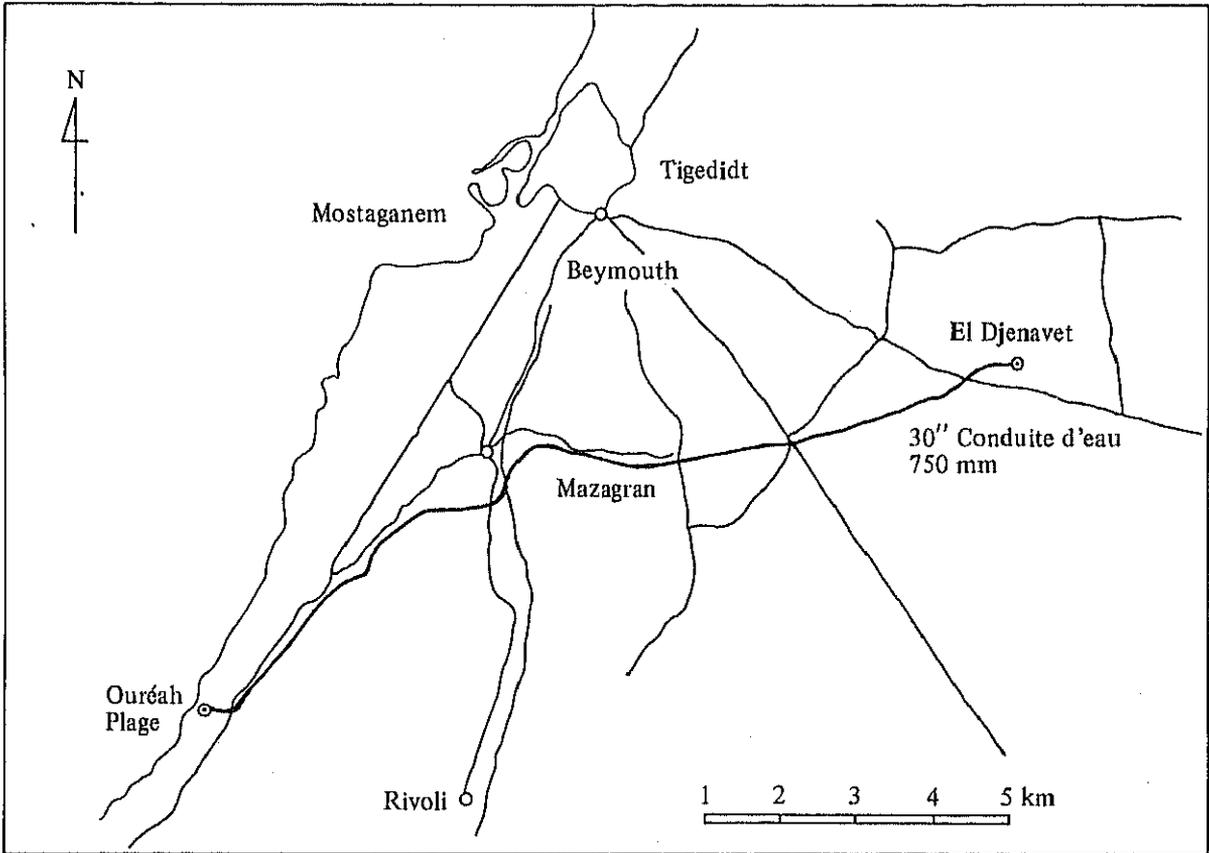


Fig. 8-1 Acheminement de la conduite d'adduction



## Chapitre 9

### Fonds nécessaires et frais d'exploitation



## Chapitre 9. Fonds nécessaires et frais d'exploitation

Nous décrivons ici poste par poste les fonds nécessaires et les frais d'exploitation à prévoir pour l'Unité de dessalement par son procédé, soit par distillation à étages multiples (ci-après désigné le MSF), soit par osmose inverse (le RO).

### 9.1 Fonds nécessaires

Au sens du projet de dessalement d'eau de mer à la zone de Mostananem (ci-après désigné le Projet), on s'entend par les fonds nécessaires, la somme des capitaux à investir avant le dernier semestre 1987, où est prévue la mise en service industrielle de l'Unité, et ayant les postes d'éléments constitutifs suivants:

- (1) Frais de construction de l'Unité
- (2) Frais avant le démarrage
- (3) Fonds de roulement préliminaires
- (4) Intérêt durant construction

Les montants de ces postes ont été estimés et donnés au Tableau 9-1 d'après lequel ils s'élèvent dans l'ensemble à 162 162 000 dollars US pour le MSF, à 145 659 000 dollars US pour le RO.

Le calcul de ces fonds se base sur le prix en vigueur en 1984 et prend comme hypothèse que le contrat "clés en main" /forfaitaire sera passé en mars 1985 avec le constructeur de l'Unité. Le taux de change retenu est de 4,8 DA pour 1,00 dollar US.

**Tableau 9-1 Sommaire des fonds nécessaires**

-Procédé MSF

(en mille dollars US)

Poste	Part en devise	Part en DA	Total
Frais de construction de l'Unité	131 211	15 984	147 195
Frais avant le démarrage	1 328	1 668	2 996
Fonds de roulement préliminaires	4 148	288	4 436
Intérêt durant construction	7 535	—	7 535
Somme de fonds nécessaires	144 222	17 940	162 162

-Procédé RO

(en mille dollars US)

Poste	Part en devise	Part en DA	Total
Frais de construction de l'Unité	115 646	16 984	132 630
Frais avant le démarrage	1 098	1 270	2 368
Fonds de roulement préliminaires	3 710	289	3 999
Intérêt durant construction	6 662	—	6 662
Somme de fonds nécessaires	127 116	18 543	145 659

- NOTA: 1. Sur la base des prix en 1984.  
 2. Non compris l'installation de dérivation sur le chantier des réseaux d'électricité et de gaz.

### 9.1.1 Frais de construction de l'Unité

A partir des conditions de planning de l'Unité, ses spécifications, calendrier de sa réalisation, etc. expliqués plus haut, les frais de construction se sont évalués tels qu'indiqués au Tableau 9-2 pour leurs différents éléments constitutifs, figurant dans la colonne "Poste" et décrits ci-après:

(1) Coût d'ingénierie

Il comprend de différents coûts relatifs à la conception de l'Unité, le personnel nécessaire à l'approvisionnement, la surveillance des travaux et les frais directement liés à ces services.

(2) Installations de procédé

Ce sont les équipements principaux de l'Unité de dessalement, les tuyauteries annexes, les matériaux de l'instrumentation et des installations électriques dont les coûts font l'objet de ce poste ainsi que leurs frais de mise en place.

(3) Bâtiment et génie civil

Il s'agit ici des coûts de travaux publics, gros oeuvre, bétonnage et construction,

(4) Installations auxiliaires

Les équipements pour la prise de l'eau de mer, le rejet d'eau, l'adduction de l'eau produite y sont concernés. Les frais de construction de l'ouvrage de prise d'eau sont estimés en supposant qu'un port de refuge se trouve à une distance à portée en moins d'une heure de navigation des bateaux de travail et en excluant les droits de port dont ces derniers sont éventuellement redevables.

(5) Frais de réserve

Les 10 % de l'ensemble des coûts décrits plus haut sont comptés comme frais de réserve.

**Tableau 9-2 Frais de construction de l'Unité**

Poste	Procédé MSF		Procédé RO	
	Part en devise (en mille dollars US)	Part en DA (en mille DA)	Part en devise (en mille dollars US)	Part en DA (en mille DA)
Coût d'ingénierie	12 823	1 740	11 555	1 690
Installations de procédé	70 773	37 342	51 173	27 039
Bâtiment et génie civil	16 005	24 485	24 368	39 791
Installations auxiliaires	19 682	6 181	18 037	5 601
(1) Prise et rejet d'eau	(8 318)	(2 250)	(6 673)	(1 670)
(2) Adduction de l'eau produite	(11 364)	(3 931)	(11 364)	(3 931)
Frais de réserve	11 928	6 975	10 513	7 411
<b>Total</b>	<b>131 211</b>	<b>76 723</b>	<b>115 646</b>	<b>81 522</b>

Note: Les installations de branchement sur les réseaux d'électricité et de gaz existants ne sont pas comprises dans les frais de construction de l'Unité.

### 9.1.2 Frais avant le démarrage

Le Tableau 9-3 montre les différents frais à prévoir en dehors des coûts de construction, avant le démarrage de l'Unité. Ce qui suit décrit les postes concernés et les conditions préalables à l'estimation.

(1) Appel et évaluation des offres

Vu le caractère particulier du Projet, il y a lieu de faire l'appel d'offres et l'évaluation des soumissions dans un bref délai afin que le contrat soit passé en mars 1985. Il est à compter pour cette opération les honoraires de six consultants spécialisés pendant quatre mois et les frais accessoires.

(2) Frais de gestion

Il s'agit des rémunérations et frais indirects annexes à prévoir avant le démarrage pour les gestionnaires et le personnel de direction du Projet.

(3) Frais de personnel

Les ingénieurs et les opérateurs sont embauchés au fur et à mesure pour s'occuper de la réalisation et marche d'essai de l'Unité. Les frais comprennent leurs salaires avec primes et les frais de bien-être.

(4) Coût de formation

Le coût s'est estimé à condition que l'ensemble d'ingénieurs et de contremaîtres ainsi que les 50 % d'opérateurs seront formés pendant deux mois à l'étranger deux ans avant le démarrage. Le personnel en totalité subira une formation en Algérie six mois avant le démarrage en vue de connaître à fond l'Unité où il doit travailler. Il est compté ici les salaires payés aux stagiaires et le coût requis à la formation.

(5) Frais de fonctionnement d'essai

On estime d'abord les frais des utilités, produits chimiques et divers à prévoir pendant le fonctionnement d'essai ainsi que les rémunérations des superviseurs affectés à ce titre. Les frais de fonctionnement d'essai sont donnés en prélevant sur le total desdits frais les recettes sur les ventes de l'eau produite pendant l'essai sont donnés en prélevant sur les ventes de l'eau produite pendant l'essai. Les recettes ont été estimées prenant en considération le taux d'utilisation de l'Unité pendant le fonctionnement d'essai, les tarifs d'eau de la ville de Mostaganem, le taux de rendement, etc.

Tableau 9-3 Frais avant le démarrage

-Procédé MSF

(en mille dollars US)

Poste	Part en devise	Part en DA	Total
Appel et évaluation des offres	430	70	500
Frais de gestion	130	684	814
Frais de personnel	—	424	424
Coût de formation	465	96	561
Frais de fonctionnement d'essai	303	394	697
Total	1 328	1 668	2 996

-Procédé RO

(en mille dollars US)

Poste	Part en devise	Part en DA	Total
Appel et évaluation des offres	430	70	500
Frais de gestion	130	664	794
Frais de personnel	—	337	337
Coût de formation	403	77	480
Frais de fonctionnement d'essai	135	122	257
Total	1 098	1 270	2 368

### 9.1.3 Fonds de roulement préliminaires

Il est nécessaire de prévoir les fonds permettant une mise en service régulière de l'Unité construite. On les inscrit ici à titre de fonds de roulement préliminaires faisant partie des capitaux à investir.

Ils comprennent de l'argent liquide et un stock de pièces de rechange. Leur montant total correspond aux fonds de roulement à prévoir après le démarrage, dont le détail se décrit au paragraphe 10.2.6.

Par ailleurs, les fonds nécessaires au stock de pièces de rechange pour les équipements principaux de l'Unité sont comptés en 3 % des frais de construction de l'Unité, excepté les frais des ouvrages d'adduction d'eau produite, et en 1 % de ces derniers frais.

### 9.1.4 Intérêt durant construction

La construction de l'Unité prend une période de 28 mois pour le procédé MSF et de 27 mois pour le RO. Le Tableau 9-4 montre un calendrier global d'investissement établi en tenant compte du programme de dépense des frais de construction pendant cette période et du programme d'investissement des frais avant le démarrage et des fonds de roulement préliminaires.

Comme nous le verrons plus bas, ces dépenses seront couvertes par les fonds propres et les emprunts à long terme. Les intérêts intercalaires, engendrés par les emprunts et payables pendant la période de construction, font partie du montant total des capitaux à investir et sont à ajouter aux capitaux fixes, comme indiqués au Tableau 9-4.

**Tableau 9-4 Calendrier d'investissement des capitaux**

Procédé MSF

(en mille dollars US)

Poste	Année			
		-3 (1984-1985)	-2 (1985-1986)	-1 (1986-1987)
Frais de construction		17 481	96 392	33 322
Frais avant le démarrage		740	707	1 549
Fonds de roulement préliminaires		—	—	4 436
Intérêt durant construction		—	1 020	6 515
Total		18 211	98 119	45 822

-Procédé RO

(en mille dollars US)

Poste	Année			
		-3 (1984-1985)	-2 (1985-1986)	-1 (1986-1987)
Frais de construction		13 629	88 848	30 153
Frais avant le démarrage		712	622	1 034
Fonds de roulement préliminaires		—	—	3 999
Intérêt durant construction		—	803	5 859
Total		14 341	90 273	41 045

## 9.2 Frais d'exploitation

Les postes des frais d'exploitation de l'Unité sont les suivants:

(1) Frais variables

Combustible

Electricité

Produits chimiques

(2) Frais fixes

Frais de personnel

Frais de gestion

Frais d'entretien

Impôt foncier et prime d'assurance

Ces frais sont définis dans les conditions suivantes:

- (1) Le taux d'utilisation de l'Unité est prévu à 100 % dès la première année avec 330 jours ouvrables/an;
- (2) Le calcul des frais se base sur le prix en vigueur en 1984 sans tenir compte de la révision des prix.

Il en résulte les montants annuels indiqués dans les Tableaux 9-5 (Frais variables) et 9-6 (Frais fixes) qui sont suivis de la description sur les différents postes.

**Tableau 9-5 Frais variables**

(en mille dollars US)

Poste	Procédé MSF		Procédé RO	
	Part en devise	Part en DA	Part en devise	Part en DA
Services généraux/ produits chimiques				
Gaz combustibles	—	4 427	—	—
Electricité	—	319	—	4 105
Chlorure ferrique	—	—	206	—
Acide sulfurique	—	—	—	290
Chaux éteinte	—	—	—	42
Coagulant	—	—	103	—
Détergent	—	—	3	28
Inhibiteur d'entartrage	903	—	—	—
Agent antimousse	17	—	—	—
Calcaire	—	59	—	—
Soude calcinée	10	—	—	—
Sous-total	930	4 805	312	4 465
<b>Total</b>		<b>5 735</b>		<b>4 777</b>

**Tableau 9-6 Frais fixes**

(en mille dollars US)

Poste	Procédé MSF		Procédé RO	
	Part en devise	Part en DA	Part en devise	Part en DA
Frais de personnel	—	311	—	237
Frais de gestion	52	250	52	250
Frais d'entretien	2 792	620	2 863	620
Impôt foncier, prime d'assurance	—	1 472	—	1 326
Sous-total	2 844	2 653	2 915	2 433
<b>Total</b>		<b>5 497</b>		<b>5 348</b>

### 9.2.1 Frais variables

Il s'agit des frais engendrés par l'achat des matières nécessaires à l'exploitation de l'Unité, telles que combustible, électricité et produits chimiques. Leur consommation et prix unitaires, décrits au chapitre 5, sont résumés dans le Tableau 9.7.

**Tableau 9-7 Consommation unitaire et prix unitaire des utilités et produits chimiques**

- Procédé MSF

Utilités/produits chimiques	Consommation	Prix unitaire	Coût (en US\$/m <sup>3</sup> )
Gaz combustibles (L.C.)	9,36 Nm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	2,389 US\$/Nm <sup>3</sup>	22,361
Electricité (L.C.)	0,468 kWh/m <sup>3</sup>	3,438 US\$/kWh	1,609
Inhibiteur d'entartrage (F.C.)	0,01166 kg/m <sup>3</sup>	391,3 US\$/kg	4,563
Agent antimousse (F.C.)	0,1944 g/m <sup>3</sup>	0,4348 US\$/g	0,085
Calcaire (L.C.)	0,060 kg/m <sup>3</sup>	5,000 US\$/kg	0,300
Soude calcinée (F.C.)	1,50 g/m <sup>3</sup>	0,0318 US\$/g	0,048
Total	—	—	28,966

- Procédé RO

Utilités/produits chimiques	Consommation	Prix unitaire	Coût (en US\$/m <sup>3</sup> )
Electricité (L.C.)	6,03 kWh/m <sup>3</sup>	3,438 US\$/kWh	20,731
Chlorure ferrique (F.C.)	0,0332 kg/m <sup>3</sup>	31,30 US\$/kg	1,039
Acide sulfurique (L.C.)	0,1714 kg/m <sup>3</sup>	8,542 US\$/kg	1,464
Chaux éteinte (L.C.)	0,0260 kg/m <sup>3</sup>	8,177 US\$/kg	0,213
Coagulant (F.C.)	0,266 g/m <sup>3</sup>	1,957 US\$/g	0,521
Acide citrique (L.C.)	1,2121 g/m <sup>3</sup>	0,1181 US\$/g	0,143
Ammoniac (F.C.)	0,3636 g/m <sup>3</sup>	0,0478 US\$/g	0,017
Total	—	—	24,128

Remarque : (L.C.) : DA, (F.C.) : Devise

## 9.2.2 Frais fixes

### (1) Frais de personnel

A partir de l'effectif à prévoir à l'exploitation de l'Unité qui a été défini dans les chapitres 6 et 7, nous calculons ci-après les frais du personnel direct. Celui-ci concerne les contremaîtres et les ouvriers des services d'exploitation et d'entretien, non compris les chefs de service. Le Tableau 9-8 montre l'ensemble des frais nécessaires à l'emploi dudit personnel. Les frais afférents au personnel comprennent les salaires, les frais de bien-être et les charges sociales, ainsi que les primes versées aux individus et collectivités (P.R.I. et P.R.C.).

**Tableau 9-8 Frais de personnel**

Classification professionnelle			Nombre		Frais annuels (en mille dollars US)	
Catégorie	Fonction	Coût moyen	MSF	RO	MSF	RO
II	Ingénieur Contremaître	5 400 DA/mois	7	7	95	95
III	Opérateur	2 700 DA/mois	32	21	216	142
	Personnel d'ingénierie Personnel d'entretien					
Total			39	28	311	237

Note: Le "Coût moyen" représente le coût unitaire comprenant les frais de bien-être, les charges sociales et les primes.

### (2) Frais de gestion

Dans ce poste s'inscrivent les frais de personnel et d'autres frais divers afférents au personnel de gestion, à savoir, le directeur d'usine, le personnel d'administration, les chefs de service et les cadres supérieurs des services d'exploitation et d'entretien. Les frais de personnel comprennent les frais divers sont comptés en 100 % des frais de personnel. Le Tableau 9-9 indique les frais de gestion ainsi définis.

**Tableau 9-9 Frais de gestion**

Poste	Classification professionnelle			Nbr	Frais annuels (en mille dollars US)
	Catégorie	Fonction	Coût moyen		
Frais du personnel de gestion	I	Directeur d'usine Chef de service	9 000 DA/mois	4	90
	II	Chef de bureau	5 400 DA/mois	1	14
	III	Employé de bureau Gardien	2 700 DA/mois	7	47
	Sous-total			12	151
Autres frais	(Le montant correspondant à 100 % des frais de personnel est destiné à couvrir les frais pour:) Correspondance, fournitures de bureau, réceptions, appareils d'analyse, voyages, déplacements, ébauchage et autres.				151
Total					302

Note: Le "Coût moyen" représente le coût unitaire comprenant les frais de bien-être, les charges sociales et les primes.

(3) Frais d'entretien

Le montant annuel des frais nécessaires à l'entretien de l'Unité et à l'achat des pièces de rechange et d'usure est estimé à la somme de 2,5 % des frais de construction de l'Unité, excepté les frais de l'ouvrage d'adduction d'eau produite, plus 0,5 % de ces derniers pour le procédé MSF.

Il est compté, pour le RO auquel les installations de procédé n'occupe qu'une faible part des frais de construction de l'Unité, en la somme des trois termes: 1,5 % des frais de construction excluant les frais de l'ouvrage d'adduction d'eau produite, 0,5 % de ceux-ci et enfin les frais d'achat et de renouvellement des membranes.

(4) Impôt foncier, prime d'assurance

Le montant annuel à prévoir pour l'impôt sur les biens immobiliers et la prime d'assurance contre les dommages est compté en 1,0 % des frais de construction de l'Unité.

### 9.3 Coût annuel d'exploitation

Le coût annuel entraîné par l'exploitation de l'Unité s'indique au Tableau 9-10. Il est de 56,73 cents US (MSF) et de 51,14 cents US (RO) par mètre cube de l'eau produite.

La conduite réelle de l'Unité nécessite les frais relatifs à l'amortissement, à l'acquittement des intérêts, impôts et taxes, etc. en dehors desdits frais variables et fixes, liés directement à l'exploitation. Le coût de revient général de l'eau produite compte tenu de ces frais sera abordé dans le Chapitre 10.

**Tableau 9-10 Coût annuel d'exploitation**

- Procédé MSF

Poste	Coût annuel (en mille dollars US)	Coût par m <sup>3</sup> (en cents US)
Frais variables	5 735	28,97
Frais fixes	5 497	27,76
Total	11 232	56,73

- Procédé RO

Poste	Coût annuel (en mille dollars US)	Coût par m <sup>3</sup> (en cents US)
Frais variables	4 777	24,13
Frais fixes	5 348	27,01
Total	10 125	51,14

# **Chapitre 10**

## **Analyse financière**



## Chapitre 10. Analyse financière

### 10.1 Objectif et méthode de l'analyse financière

Le présent chapitre porte sur l'analyse financière du Projet. Il s'agit d'analyser le bilan financier prévisible avec la mise en oeuvre du Projet afin d'évaluer sa solidité du point de vue financier.

Le Projet a comme objectif de faire disparaître la pénurie aggravante en eau en vue d'améliorer l'aspect hygiénique et social de la vie de la population. Compte tenu d'un caractère public propre aux services des eaux et de l'objectif et la signification du Projet, les autorités algériennes envisagent de compléter par la subvention gouvernementale de déficit financier prévu après le démarrage de l'Unité, au lieu de le récupérer par la modification du système tarifaire en vigueur actuellement. Par conséquent, la présente analyse nécessiterait une approche différente par rapport à un projet industriel général à but lucratif.

C'est dans ce contexte que l'analyse vise ici à la définition du prix de l'eau produite qui permet d'assurer le "Cashflow" minimum indispensable à la conduite du Projet. En d'autres termes, on s'efforcera à concevoir une condition d'exploitation susceptible de minimiser, malgré la faible rentabilité du Projet, le prix de l'eau produite qui se compose de tarif perçu et de subvention gouvernementale. Cela nous permettra de déterminer la somme de subvention d'Etat nécessaire aux conditions dans lesquelles l'entreprise sera poursuivie sans que le système tarifaire actuel soit soumis à une modification. Nous aurons ainsi les éléments permettant de prendre une décision sur le oui et le non de l'exécution du Projet.

La technique d'analyse appliquée ici est la même que pour un projet industriel courant. C'est-à-dire, nous prenons le Projet pour une entreprise et faisons le compte de pertes et profits à partir des frais généraux (investissement, frais d'exploitation, etc.) et des recettes sur les ventes, ce qui permet de donner le compte de pertes et profits et le "Cashflow" pendant l'exécution du Projet. Nous allons finalement présenter la situation financière qui traduit la réalité du Projet après avoir défini la subvention nécessaire à la trésorerie solide compte tenu de la particularité mentionnée plus haut.

Ces travaux d'analyse suivent la méthode DCF (Discounted Cashflow Method) et supposent la mise en service du Projet en août 1987 pour le MSF, en juillet 1987 pour le RO, et le délai de service économique (Economic Life Span) de 15 ans à compter du démarrage.

### 10.2 Principales conditions préalables à l'analyse financière

#### 10.2.1 Conditions préalables de base

Les conditions préalables de base pour l'analyse financière du Projet sont comme suit:

(1) Durée de l'exécution du Projet

(MSF)

Période avant exploitation : de décembre 1984 à juillet 1987

Période d'exploitation : d'août 1987 à juillet 2002 (15 ans)

(RO)

Période avant exploitation : de décembre 1984 à juin 1987

Période d'exploitation : de juillet 1987 à juin 2002 (15 ans)

Compte tenu du calendrier de réalisation décrit dans les chapitres 6 et 7, l'analyse financière utilise les années nominales telles que définies à la figure 10-1.

Procédé MSF

Item \ Année	1984	1985	1986	1987	1988	1989 – 2002
Soumission & Evaluation				Juil.	Août	
Etude & Construction		Etudes & construction				
Exploitation		Avril		Mise en service	Exploitation	
Années nominales pour analyse financière	Année (-3)	Année (-2)	Année (-1)	1ère année	2ème - 15ème année	
	Période avant exploitation			Période d'exploitation		

Procédé RO

Item \ Année	1984	1985	1986	1987	1988	1989 – 2002
Soumission & Evaluation				Juil.	Août	
Etude & Construction		Etudes & construction				
Exploitation		Avril		Mise en service	Exploitation	
Années nominales pour analyse financière	Année (-3)	Année (-2)	Année (-1)	1ère année	2ème - 15ème année	
	Période avant exploitation			Période d'exploitation		

Fig. 10-1 Calendrier du Project

- (2) Capacité de l'Unité : 6 000 m<sup>3</sup>/jour  
Procédé MSF : 30 000 m<sup>3</sup>/jour × 2 unités  
Procédé RO : 15 000 m<sup>3</sup>/jour × 4 unités

(3) Taux d'exploitation

Il sera de 100 % dès la première année avec 330 jours par an ouvrables.

## 10.2.2 Base du prix

### (1) Base du prix

Le prix est fixé sur la base de 1984. C'est-à-dire, le niveau de prix établi comme prix effectif en 1984 sera appliqué à tous les frais (construction, exploitation, etc.) et aux recettes sur les ventes de l'eau. Le prix ne se modifiera pas pendant l'exécution du Projet.

### (2) Taux de change

Un dollar US = 4,8 DA

Un dollar US = 220 yens

## 10.2.3 Conditions de financement

### (1) Acquisition de fonds nécessaires (pendant la réalisation)

Les fonds nécessaires à la mise en oeuvre du Projet ont été montrés au chapitre 9. Nous définissons comme suit le mode d'acquisition de ces fonds en tenant compte des avis de l'administration compétente de l'Algérie:

#### 1) Sources de fonds

Fonds propres : 30 %

Les 30 % de fonds seront fournis de l'Etat. Nous les considérons comme fonds propres pour l'analyse financière.

Emprunts à long terme : 70 %

#### 2) Conditions d'emprunt à long terme

Il est supposé que l'emprunt à long terme sera accordé soit par un établissement international de crédit, soit par un accord bilatéral d'assistance financière. L'établissement de crédit étant indéterminé, l'analyse sera effectuée sur la base des conditions suivantes à titre provisoire, vu la situation financière des projets de développement dans le monde.

Intérêt : 8,0 %/an

Remboursement : le principal réparti et remboursé sur dix ans en dix fois

### (2) Financement pendant l'exploitation

#### 1) Perception de tarif et subvention

Les fonds introduits pour un équilibre financier pendant l'exploitation consistent en tarif perçu et subvention.

#### 2) Emprunts à court terme

En cas de déficit dans une année fiscale donnée, l'emprunt à court terme sera introduit aux conditions suivantes:

Intérêt : 10,0 % /an

Remboursement : acquittement total à l'année suivante

#### 10.2.4 Impôt et taxes

Les impôt et taxes faisant l'objet de l'analyse financière sont comme suit: Les taxes imposées aux matériels et matériaux importés sont comprises dans les frais de construction indiqués dans chapitre 9.

(1) Impôt sur les revenus de personnes juridiques

Le taux est de 60 % des revenus imposables.

(2) Impôts sur les recettes

Le taux généraux de 2,55 % imposé en principe sur le chiffre brut d'affaires est réduit à 60 % pour une entreprise des eaux. Le chiffre d'affaires correspond ici à la somme perçue du tarif.

(3) Impôt foncier, prime d'assurance

Conformément à la consultation auprès des autorités algériennes, les frais destinés à l'impôt foncier et à la prime d'assurance représentent 1,0 % de frais de construction de l'Unité.

#### 10.2.5 Conditions d'amortissement

Les conditions d'amortissement sont les suivantes:

	<u>Mode d'amortissement</u>	<u>Valeur restante</u>
Installations de procédé	Montant réparti sur 15 ans	0
Génie civil et bâtiment	Montant réparti sur 30 ans	0
Installations annexes	Montant réparti sur 30 ans	0
Frais avant le démarrage et intérêts durant construction	Montant réparti sur 5 ans	0

#### 10.2.6 Fonds de roulement

(1) Fonds de roulement pendant l'exploitation

1) Actif disponible

Argent comptant : équivalent de 30 jours de frais fixes (fonds de roulement)

Dettes actives : équivalent de 45 jours de la recette annuelle

Stockage : 2 ans de pièces de rechange et 4 mois de produits chimiques

2) Dettes liquides

Dettes passives : équivalent de 45 jours de services généraux et de produits chimiques

(2) Fonds de roulement à pouvoir avant le démarrage

Pièces de rechange : quantité suffisante pour 2 ans d'exploitation (3,0 % de frais de construction et 1 % de frais des installations d'adduction de l'eau produite)

Argent comptant : équivalent de fonds de roulement nécessaires à la première année sauf pièces de rechange

### 10.3 Rentabilité du Projet

Vu la situation préoccupante due à la pénurie d'eau dans la zone de Mostaganem, il est évident que le Projet nécessite d'être réalisé. Il n'en reste pas moins que le coût de l'eau produite sera prévisiblement beaucoup plus élevé que le tarif de l'eau alimentée des forages et sources existants.

Dans ces circonstances, les autorités algériennes qui attachent de l'importance au bien-être de la population, entendent mettre en oeuvre cette entreprise dans le cadre des travaux publics, tout en respectant le système tarifaire actuel au lieu d'augmenter le prix de vente de l'eau. Elles envisagent, pour cela, d'accorder des subventions selon les besoins pour la conduite du Projet.

Dans les conditions présentées jusqu'ici, accroître la rentabilité en augmentant les subventions, c'est la même chose que d'inscrire au bénéfice le transfert de fonds à partir d'Etat. Il serait donc inutile de discuter la solidité financière du Projet. Par conséquent, l'analyse financière va se baser sur les principes fondamentaux suivants:

- (1) Les recettes sur les ventes correspondent au chiffre d'affaires sur l'eau produite;
- (2) Ce sont les subventions qui complètent le déficit éventuel financier résultant de l'exploitation (frais d'exploitation, impôts sur recettes, remboursement d'intérêt et de principal d'emprunt);
- (3) En cas de manque de fonds dans une année fiscale malgré la subvention, l'emprunt à court terme s'introduit pour son équilibre financier;
- (4) Le Projet n'a pas un but lucratif et sa rentabilité pour toute période reste minimum. C'est-à-dire, il est à définir le montant minimum de subvention nécessaire en fonction du taux minimum de rentabilité intérieur;
- (5) Le taux minimum de rentabilité suppose une situation financière où sont récupérés seuls les fonds propres investis à la réalisation du Projet. Le taux de rentabilité intérieur aux fonds propres (IRROE) est donc de 0,0 %;
- (6) Ayant le taux IRROE de 0,0 % comme cas de base, nous analysons l'état financier du procédé, MSF et RO respectivement, afin de définir le montant de subvention et les différents indices financiers. Les valeurs relevées permettront de considérer le bien-fondé de la mise en oeuvre du Projet.

### 10.4 Programme de direction du Projet

On voit ici le programme commercial de l'eau produite, les fonds généraux nécessaires et les frais d'exploitation qui font l'objet du programme de direction du Projet. C'est par la synthèse des données de ce programme et des principales conditions préalables mentionnées plus haut qu'on fait l'analyse financière.

#### 10.4.1 Programme commercial de l'eau produite

L'analyse financière présuppose le programme commercial de l'eau produite comme indiqué au tableau 10-1.

**Tableau 10-1 Projet commercial**

Item	Valeur
Capacité nominale de l'Unité	60 000 m <sup>3</sup> /jour
Taux d'exploitation	100 %
Nombre de jours ouvrables	330 jours
Production	19 800 x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /an
Taux de rendement	70 %
Ventes	13 860 x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /an
Tarif de l'eau	0,60 DA/m <sup>3</sup> en moyenne
Recettes	1 732 x 10 <sup>3</sup> US\$

Ci-dessous se trouvent les conditions préalables au programme commercial.

##### (1) Taux de rendement

L'estimation de recettes dans le Projet nécessite une définition aussi bien du taux de fuite que du taux de récupération de tarifs. L'EPOMO n'épargnant pas d'efforts afin d'améliorer ces taux, on peut s'attendre à un grand progrès dans l'avenir. C'est donc en tenant compte de cette amélioration que la présente analyse présume 70 % de la production récupérable comme recettes pendant exploitation et applique ce taux à celui de rendement.

##### (2) Système tarifaire

Le tarif actuel de base est de 0,60 DA/m<sup>3</sup> (usines) et de 0,40 DA/m<sup>3</sup> (ménages). Le prix moyen, cependant, revient à peu près à 0,60 DA/m<sup>3</sup> après avoir étudié les différents éléments dans le tarif en fonction de la région, la destination ainsi que le tarif progressif. La présente analyse va définir les recettes à partir de ce tarif en vigueur.

#### 10.4.2 Fonds nécessaires

##### (1) Décomposition de fonds nécessaires

Les fonds qui ont été précisés dans le chapitre précédent peuvent se décrire en vue de l'analyse financière comme présenté au tableau 10-2. Dans celui-ci les frais d'ingénierie sont inclus dans les installations de procédé et les frais de réserve sont comptés à chaque poste.

**Tableau 10-2 Fonds nécessaires**

(en 1 000 US \$)

Item	Procédé	MSF	RO
	Frais de construction de l'Unité		147 195
Installations de procédé		(100 911)	( 75 581)
Bâtiment et génie civil		( 23 217)	( 35 924)
Installations annexes		( 23 067)	( 21 125)
Frais avant le démarrage		2 996	2 368
Fonds de roulement préliminaires		4 436	3 999
Intérêt durant construction		7 535	6 662
<b>Total</b>		<b>162 162</b>	<b>145 659</b>

(2) Calendrier de dépense des fonds

Il est supposé que les fonds décrits plus haut seront dépensés au cours de différentes années fiscales de la réalisation comme défini au tableau 10-3.

**Tableau 10-3 Calendrier de dépense des fonds nécessaires**

Procédé MSF

(en 1 000 US \$)

Item	Année	-3	-2	-1
		(1984 - 1985)	(1985 - 1986)	(1986 - 1987)
Frais de construction de l'Unité		17 481	96 392	33 322
Installations de procédé		( 8 225)	(69 323)	(23 363)
Bâtiment et génie civil		( 4 643)	(13 370)	( 5 204)
Installations annexes		( 4 613)	(13 699)	( 4 755)
Frais avant le démarrage		740	707	1 549
Fonds de roulement préliminaires		-	-	4 436
Intérêt durant construction		-	1 020	6 515
<b>Total</b>		<b>18 221</b>	<b>98 119</b>	<b>45 822</b>

## Procédé RO

(en 1 000 US \$)

Item	Année	-3	-2	-1
		(1984 - 1985)	(1985 - 1986)	(1986 - 1987)
Frais de construction de l'Unité		13 629	88 848	30 153
Installations de procédé		( 5 071)	(52 807)	(17 703)
Bâtiment et génie civil		( 5 389)	(22 438)	( 8 097)
Installations annexes		( 3 169)	(13 603)	( 4 353)
Frais avant le démarrage		712	622	1 034
Fonds de roulement préliminaires		-	-	3 999
Intérêt durant construction		-	803	5 859
<b>Total</b>		<b>14 341</b>	<b>90 273</b>	<b>41 045</b>

## 10.4.3 Frais d'exploitation

Le tableau 10-4 résume les frais d'exploitation. Il tient compte des conditions préalables relatives à chaque poste des frais d'exploitation précisés au chapitre 9.

**Tableau 10-4 Sommaire des frais d'exploitation**

(en 1 000 US \$)

Item	Procédé	MSF		RO	
		F.C.	L.C.	F.C.	L.C.
<b>Frais variables</b>					
Gaz naturel		-	4 427	-	-
Electricité		-	319	-	4 105
Produits chimiques		930	59	312	360
Sous-total		930	4 805	312	4 465
<b>Frais fixes</b>					
Frais de personnel		-	311	-	237
Frais de gestion		52	250	52	250
Frais d'entretien		2 792	620	2 863	620
Impôt foncier, prime d'assurance		-	1 472	-	1 326
Sous-total		2 844	2 653	2 915	2 433
<b>Total</b>		<b>3 774</b>	<b>7 458</b>	<b>3 227</b>	<b>6 898</b>
<b>Frais généraux d'exploitation</b>		<b>11 232</b>		<b>10 125</b>	

(Note) F.C.: Monnaie étrangère

L.C.: Monnaie locale