

Chapitre 6

Etude conceptuelle de l'Unité de dessalement par distillation

Chapitre 6. Etude conceptuelle de l'Unité de dessalement d'eau de mer par distillation

Différents paramètres sont à prendre en considération dans l'étude conceptuelle de l'Unité de dessalement par distillation à vaporisation instantanée par détente 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 détente successives à longs tubes	
Capacité de production d'eau douce	:	150 000 m ³ /jour	
Nombre d'unités constituantes	:	30 000 m ³ /jour × 5 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	1 248 000 m ³ /jour
	:	Rejet d'eau	1 098 000 m ³ /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 ultérieur 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	:	58 500 Nm ³ /h
Electricité	:	2 250 kW
Produits chimiques	:	
Inhibiteur d'entartrage		72,9 kg/h
Agent antimousse		1,215 kg/h
Calcaire		375 kg/h
Soude calcinée		9,4 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. L'agglomération oranaise 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 l'agglomération oranaise, 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, leur arrêt pour l'inspection périodique ou par suite de pannes entraîne une grande diminution de production. Ainsi, la capacité unitaire et le nombre d'unités constituantes doivent être déterminés convenablement.

La F/S les a fixés à 30 000 m³/jour X 5 unités, compte tenu des paramètres suivants:

- 1) Parmi les paramètres à en tenir compte, une importance primordiale est accordée aux résultats obtenus des unités similaires (capacité unitaire maximale 36 000 m³/jour), conformément à la demande des autorités algériennes. La capacité retenue sera celle à laquelle peut répondre la technologie conventionnelle.
- 2) La synthétisation des résultats, du rendement économique et de la capacité totale (150 000 m³/jour) a conduit à la capacité unitaire de 30 000 m³/jour × 5 unités.

(3) **Système à longs tubes**

Le système à courts tubes a un condenseur (composé de tubes condenseurs, plagues 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. De grandes installations utilisent le plus souvent le système à longs tubes pour réduire les frais d'équipement.

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

(4) **Contrôle d'entartrage**

Le contrôle du pH par injection d'acide sulfurique permet d'échapper au problème d'entartrage. Toutefois, le problème de corrosion des matériaux utilisés resterait à résoudre si le contrôle du pH de la saumure recyclée et l'entretien après l'arrêt de l'Unité ne sont pas effectués correctement. Ainsi, nous avons introduit, d'une part le système d'injection d'un inhibiteur d'entartrage dont, l'exploitation et le 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 installations industrielles dans les pays à prix d'énergies élevé ont un rapport de production aussi grand que de l'ordre de 12, mais celles au Moyen-Orient 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'aduction 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 d'échappement de la turbine sera employé au chauffage de 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 dégagement 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 d'environ 1 098 000 m³/jour, à une température de 34 °C et à une teneur en sels de 42 100 mg/l. Cet effluent, satisfaisant aux normes de rejet pour la protection de l'environnement, ne pose pas de problème sur la qualité.

Il est estimé cependant 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 la vitesse de prise à 20 cm/sec au plus 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 celle compacte utilisée 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/Nm³ 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 processus de production sont indiqués aux Fig. 6-1 et 6-2.

A partir de la tête de prise installée 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 pompe d'alimentation en eau de mer (P-101), à la section dégagement de chaleur de l'évaporateur comme eau de mer froide. 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 de mer froide. Le purgeur d'air est 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 circulant dans le système. La ligne d'appoint reçoit 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 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 déchargées 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.

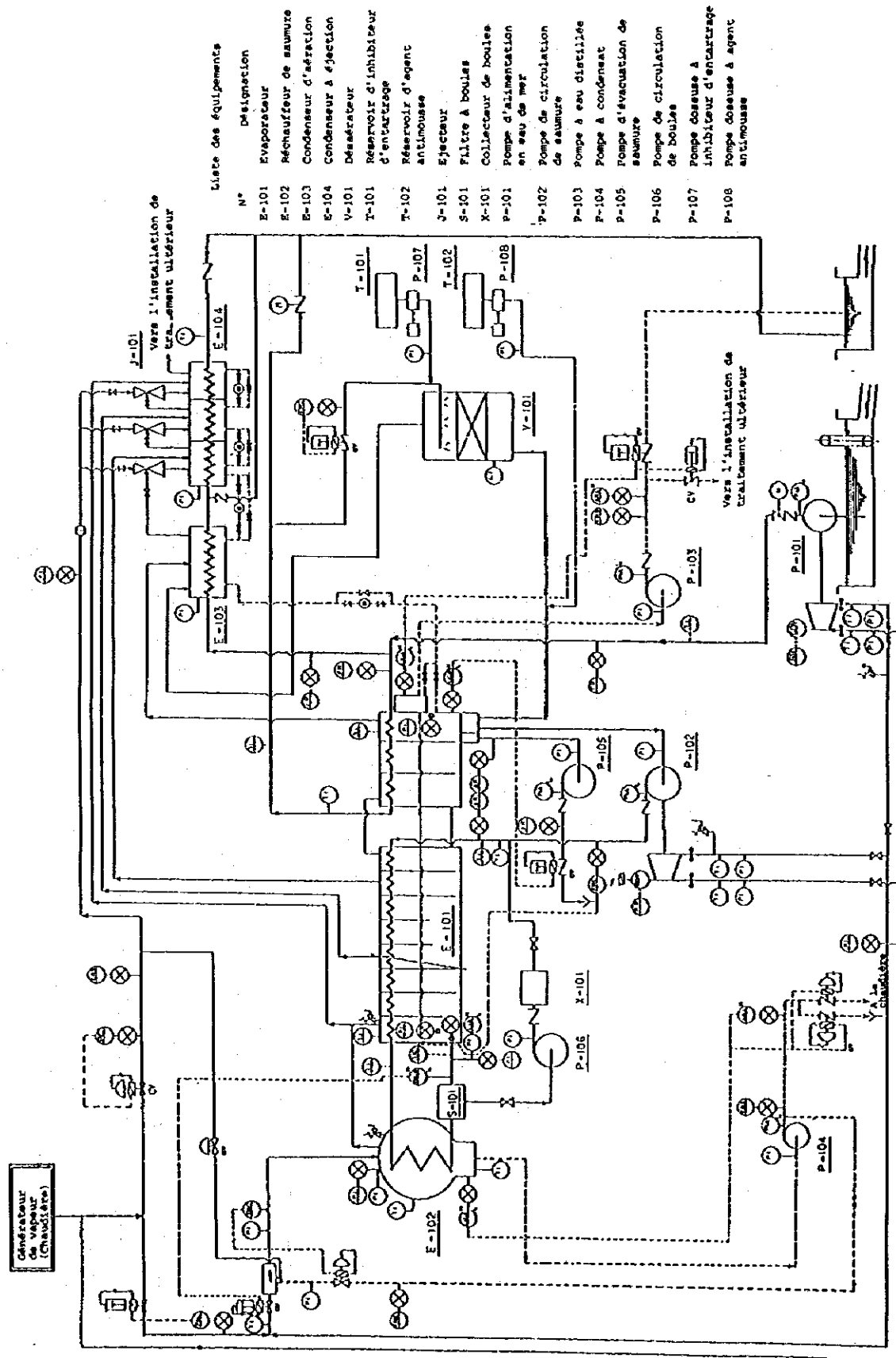


Fig. 6-1 Unité de dessalement par distillation
Schéma de fonctionnement (30 000 m³/jour)

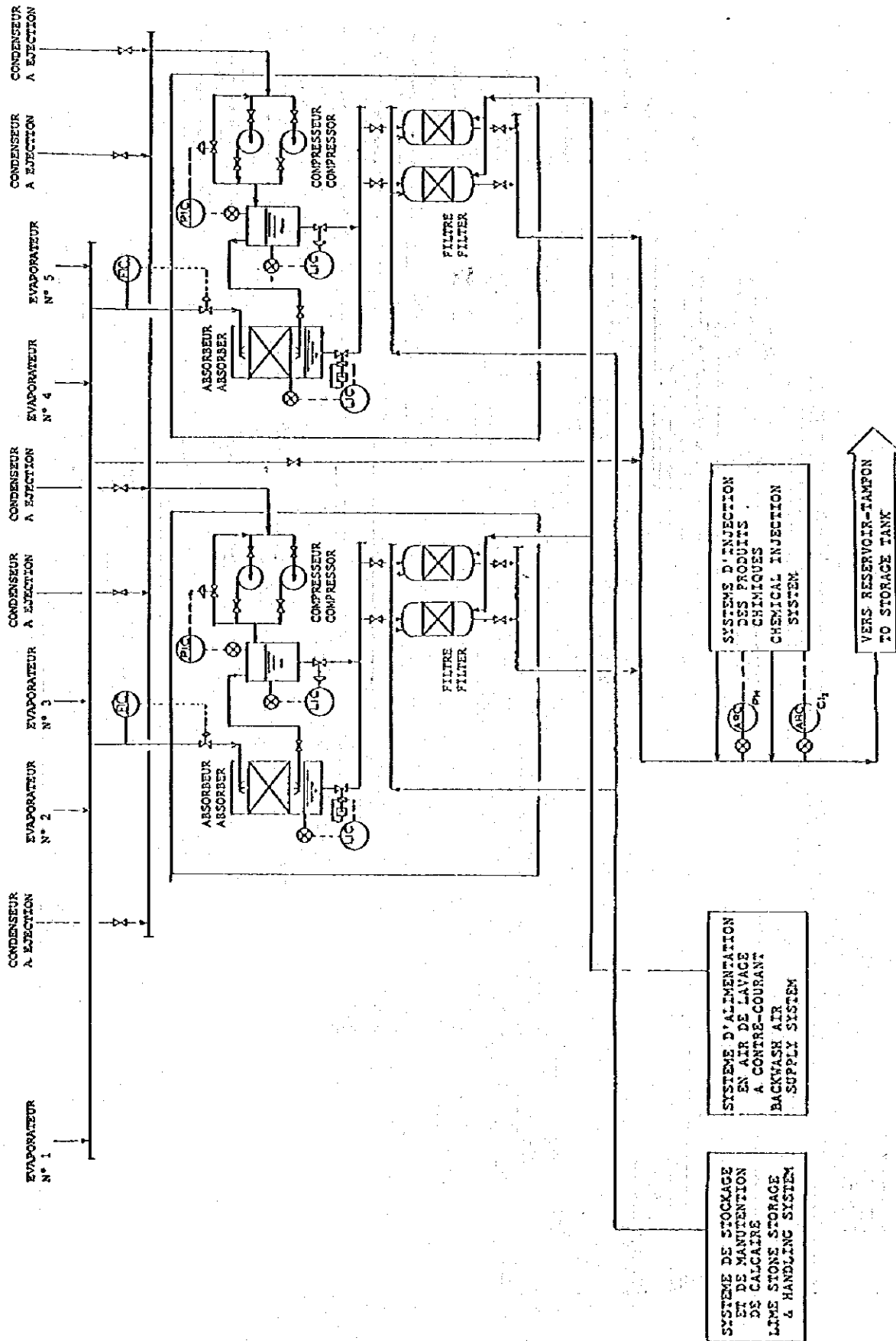
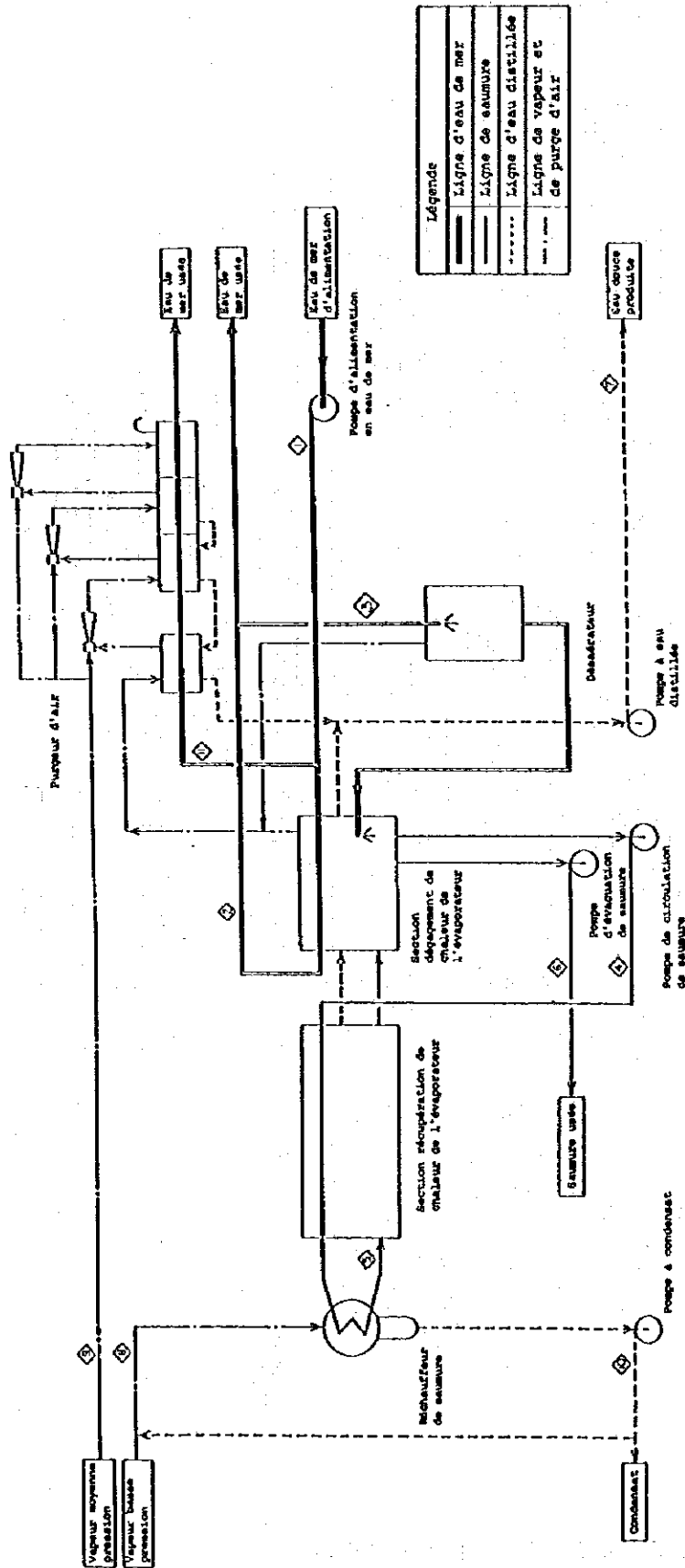


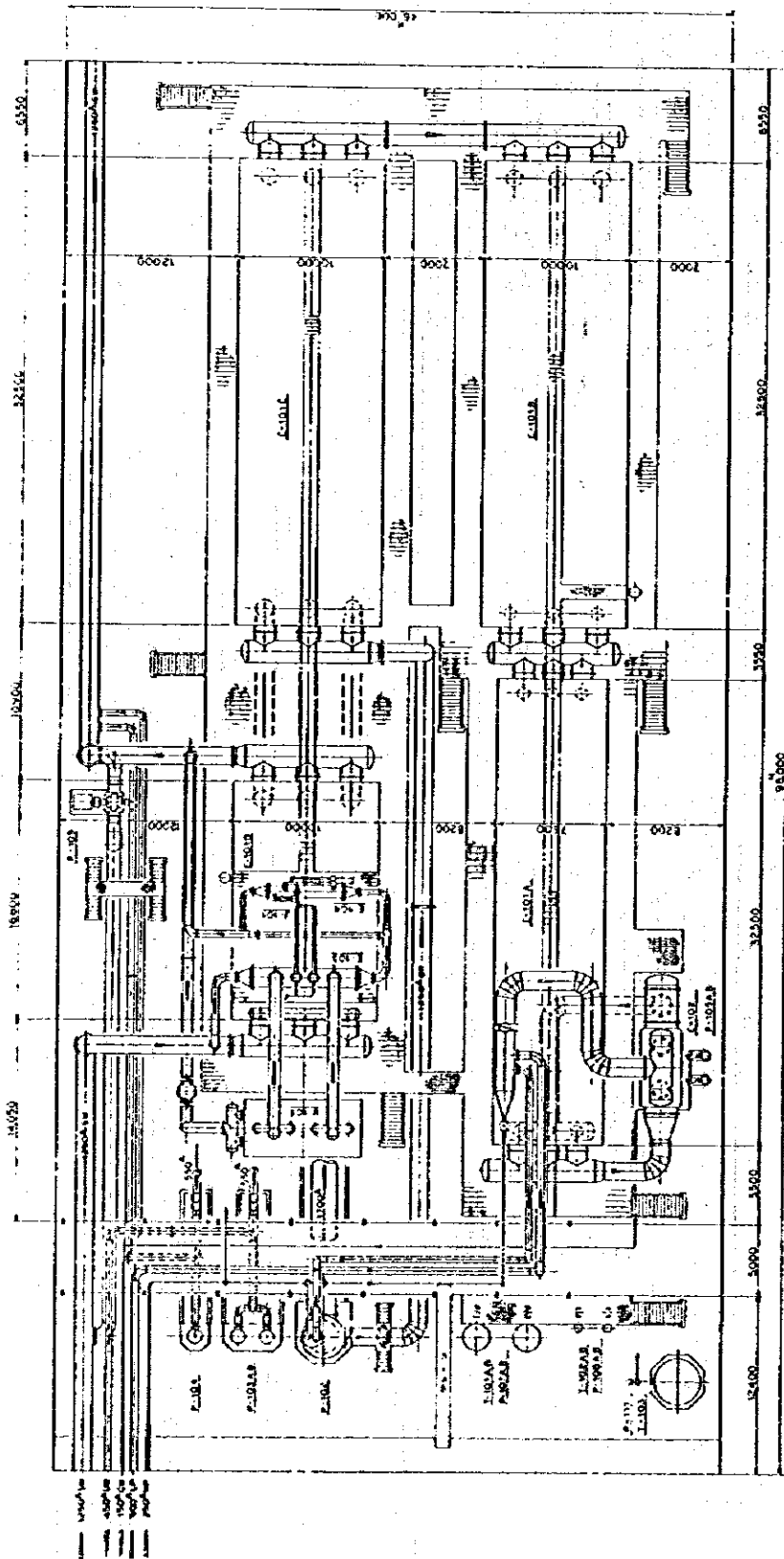
Fig. 6-2 Unité de dessalement par distillation
Schéma du traitement ultérieur



NOTE : Le débit indique concerne une unité constituée de désaérateur. Le multiplier par 5 pour avoir le débit total des 5 unités constitutives.

N°	Fluide		Section récupération de chaleur		Mélangeur de saumure		Mélangeur de chauffage		Vapeur de chauffage		Ejecteur		Condensat d'alimentation	
	Eau de mer	Eau de mer de sortie	Eau de mer de sortie	Eau de mer de sortie	Saumure de sortie	Saumure de sortie	Saumure de sortie	Saumure de sortie	Vapeur d'antérieur	Vapeur d'antérieur	Eau de mer de sortie	Eau de mer de sortie	Eau de mer de sortie	Eau de mer de sortie
1	37 000	37 000	37 000	37 000	67 500	67 500	76 500	76 500	200	200	120	120	25	25
2	10 400	10 400	9 200	9 200	10 570	10 570	11 800	11 800	156	156	156	156	156	1 200
3			2 430	2 430	10 570	10 570	1 180	1 180	4	4	156	156	1 200	1 200
4					34	34	34	34	32	32	90	90	37 000	37 000
5					110	110	110	110	120	120	120	120	25	25
6					34	34	34	34	32	32	90	90	37 000	37 000
7					10 570	10 570	1 180	1 180	156	156	156	156	1 200	1 200
8					110	110	110	110	120	120	120	120	25	25
9					34	34	34	34	32	32	90	90	37 000	37 000
10					10 570	10 570	1 180	1 180	156	156	156	156	1 200	1 200
11					34	34	34	34	32	32	90	90	37 000	37 000

Fig. 6-3 Unité de dessalement par distillation
Bilan massique calorifique (30 000 m³/jour)



LISTE des équipements

N°	Désignation	Nbr.	N°	Désignation	Nbr.
P-101A - C	Evaporateur (section régénération de strobure)	3	P-102	Pompe de circulation de strobure	1
P-101D	Evaporateur (section régénération de strobure)	1	P-103A, B	Pompe à eau distillée	2
P-102	Équipement de strobure	1	P-104	Pompe d'alimentation de strobure	1
P-103	Mélangeur de strobure	1	P-105A, B	Pompe à condensat	2
P-104	Condensateur d'alimentation	1	P-107, B	Pompe de retour à l'unité d'entraînement	2
V-101	Désalinateur	2	P-107A, B	Pompe de retour à l'unité d'entraînement	2
T-107A, B	Manivelle d'entraînement	2	P-109	Pompe de circulation d'eau de mer	1
T-102A, B	Manivelle d'agent antirouille	2	P-111	Pompe à acide chlorhydrique	2/5 unités
T-103	Manivelle d'acide chlorhydrique	2/5 unités	J-101	Éjecteur	1 ensemble

Fig. 6-4 Unité de dessalement par distillation
Disposition des équipements dans une unité
constituante (30 000 m³/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 fonctionnement des Fig. 6-1 et 6-2, seront décrits ci-après pour chaque ligne.

(1) Ligne de vapeur chaude

La vapeur chaude 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 chaude 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 chaude 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 l'abaissement de la température maximale de la saumure et la diminution du volume de circulation de celle-ci.

(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'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. Le volume d'eau d'appoint fait l'objet d'un autocontrôle à mesure de débit.

(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 au large éloigné de 600 m de la côte. Elle est conduite 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 les tuyaux de prise d'eau et autres.

La saumure et l'eau de refroidissement sont dégorgées 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

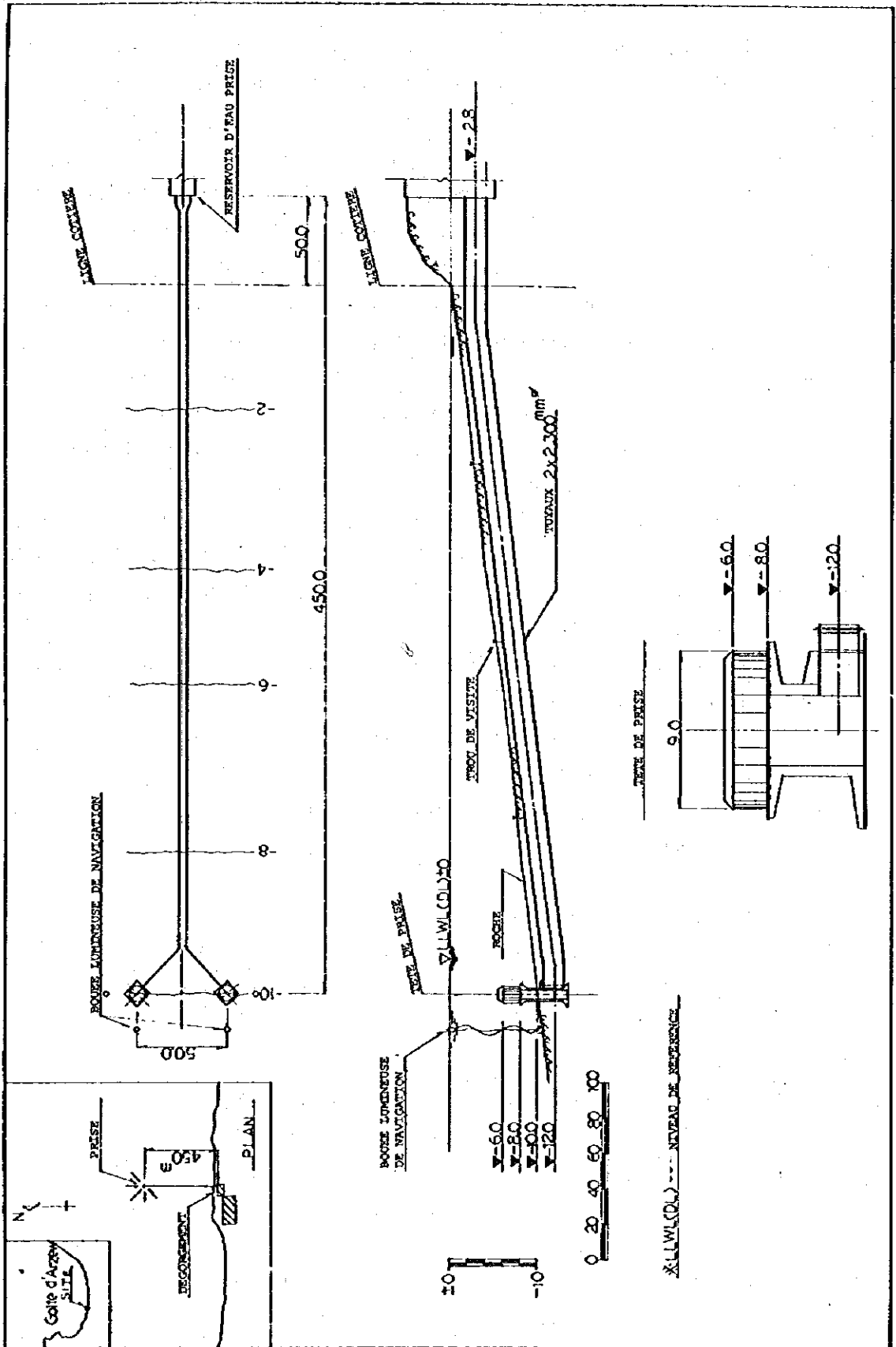


Fig. 6-5 Unité de dessalement par distillation
Cuvrage de prise d'eau

- ceux-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.

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, la solution d'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 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^{er} module : 3,3 m long X 7,2 m large X 4 m haut

2^e et 3^e modules : 3,3 m long X 9,6 m large X 4 m haut

Tube échangeur de chaleur (pour un module) :

φ 19,0 mm X 1,0 mm ép. X 33 m long

– Matériaux des composants principaux

Corps et diaphragme :

1^{er} module : tôle d'acier + placage en acier inoxydable 316L

2^e et 3^e modules : tôle d'acier + revêtement en résines époxydes

Plaque tubulaire de distillateur :

Tube échangeur de chaleur : tube en laiton d'aluminium

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

– Construction

Le 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 5 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 intérieur 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 X 9,6 m large X 4 m haut

Tube échangeur de chaleur :

φ 16,0 mm X 0,4 mm ép. X 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 X 10,7 m long
 - Tube échangeur de chaleur : ϕ 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 + garnissage 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 6 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 ϕ 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 ϕ 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 m³/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 m³/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 m³/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 ³ /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 d'adduction

– Type	: pompe à volute à deux ouïes
– Nombre	: 5 de service normal 1 de réserve
– Capacité	: 20,83 m ³ /mn
– Hauteur totale d'élévation	: 350 m
– Entraînement	: 5 turbines à vapeur de service normal 1 moteur électrique de réserve, 1 600 kW

6) Pompe à condensat

– Type	: pompe à volute à une ouïe à axe horizontal
– Nombre	: 2
– Capacité	: 188 m ³ /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

7) 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 : 9 000 mm ϕ X 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 : 2 300 mm ϕ X 400 m long X 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 : 20 m long X 15 m large X 10 m profond
 Réservoir : Durée de séjour 5 minutes, 4 000 m³
 Accessoires :
 Vanne batardeau : 3 m large X 10 m haut X 4 lignes X 2 rangs
 Grille à barreaux : 3 m large X 10 m haut X 4 ensembles
 Tamis roulant : 3 m large X 10 m haut X 4 ensembles
 avec pompe de lavage

Générateur de chlore par électrolyse : Cl₂ 110 kg/h

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

Type : Réservoir souterrain en béton
 Durée de séjour et : 3 minutes, 2 900 m³
 capacité utile

6.3.3 Installation de traitement ultérieur de l'eau produite

Systeme	: Dissolution de calcaire au moyen du gaz d'échappement de l'évaporateur
Quantité de traitement	: 150 000 m ³ /jour (La moitié de la quantité d'eau produite sera traitée puis mélangée avec l'autre moitié.)
Dureté totale de l'eau traitée	: 60 ± 10 ppm (en CaCO ₃)
Equipements principaux :	
Colonne d'absorption de gaz carbonique 4 ensembles
Filtre à lit fixe de calcaire 6 + 1 ensembles
Compresseur 2 + 2 ensembles
Systeme de contrôle du pH 1 ensemble
Systeme de stockage et d'alimentation de calcaire 1 ensemble
Systeme de lavage de calcaire 1 ensemble

6.3.4 Réservoir d'eau pure

Type	: Réservoir à toit conique en tôle d'acier
Durée de séjour et capacité utile	: 1 heure, 3 500 m ³ X 2 réservoirs
Dimensions	: 20 m φ X 12 m haut

6.3.5 Générateur de vapeur

Nombre	: 5 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 X 16 m large X 20 m haut (y compris la cheminée, le désaérateur et le réchauffeur d'air à gaz, non compris les installations annexes communes.)

Composants

Chaudière	5 ens.
Equipement de combustion automatique	5 ens.
Equipement de commande automatique	5 ens.
Pompe d'alimentation en eau, turbine et moteur	5 ens. + 5 de réserve
Ventilateur soufflant, turbine et moteur	5 ens.
Cheminée et conduit	5 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 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	: 4 000 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	: 22 tableau
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	: 380/220 V

(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 : 24 m long X 18 m large X 9,5 m haut
 - Surface totale de plancher : 864 m²
 - Construction : en béton armé à un étage
- (2) Salle d'électricité et d'instrumentation
 - Dimensions approximatives : 25 m long X 50 m large X 9,5 m haut
 - Surface totale de plancher : 2 500 m²
 - Construction : en béton armé à un étage
- (3) Entrepôt-atelier d'entretien
 - Dimensions approximatives : 30 m long X 50 m large X 6 m haut
 - Surface totale de plancher : 1 500 m²
 - Construction : en béton armé sans étage
- (4) Bâtiment de stockage de calcaire
 - Dimensions approximatives : 20 m long X 20 m large X 4 m haut
 - Surface totale de plancher : 400 m²
 - Construction : en béton armé sans étage
- (5) Bâtiment compresseur d'instrumentation
 - Dimensions approximatives : 30 m long X 10 m large X 4 m haut
 - Surface totale de plancher : 300 m²
 - Construction : en béton armé sans étage
- (6) Bâtiment générateur de chlore
 - Dimensions approximatives : 20 m long X 10 m large X 4 m haut
 - Surface totale de plancher : 200 m²

6.4 Implantation de l'Unité

La superficie requise pour l'Unité est de 105 800 m² (environ 400 m X 250 m + 100 m X 100 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 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 cinq unités constituantes 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.

La superficie nécessaire à l'Unité est de 95 800 m² pour les installations principales et de 10 000 m² pour l'ouvrage de prise d'eau, soit au total de 105 800 m². Elle comprend une route large de 6 m, l'espace vert et le parking. Le schéma d'implantation générale de l'Unité est donné à la Fig. 6-6.

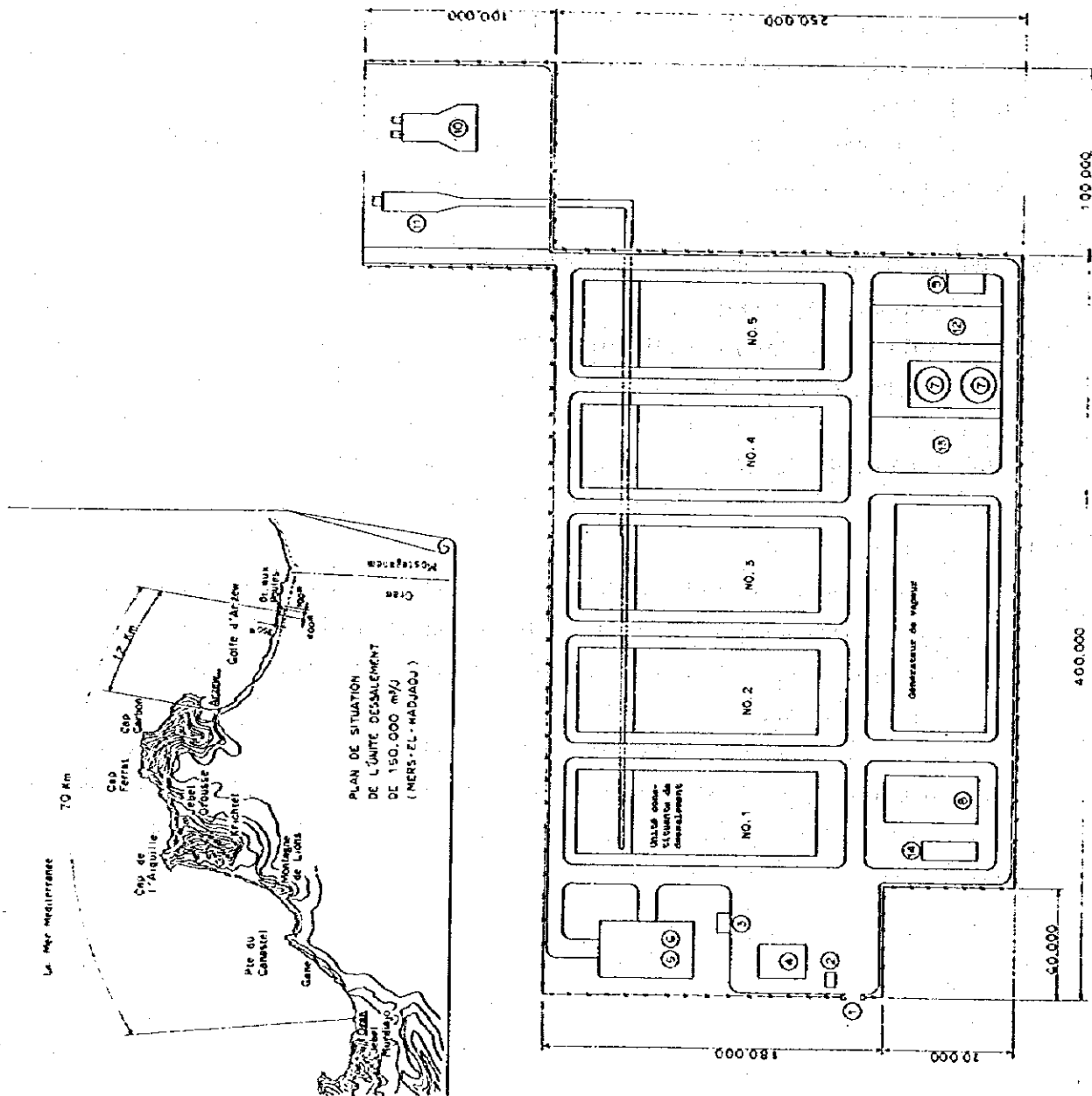


Fig. 6-6 Unité de dessalement par distillation
Schéma d'implantation générale

6.5 Programme de construction

La Fig. 6-7 montre le programme de construction allant du commencement des études en janvier 1985 jusqu'à la mise en service commerciale de l'Unité en octobre 1987. Le programme prévoit pour l'année 1987, le démarrage successif des unités, comme l'unité n° 1 (capacité de production d'eau 30 000 m³/jour) en avril, l'unité n° 2 à mi-mai et ainsi de suite, pour voir le plein fonctionnement de l'Unité par le démarrage de l'unité n° 5 en octobre. La réalisation du programme implique nécessairement que le marché avec l'entrepreneur soit signé avant le début 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 approbations 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 rotière 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-marines pour la quasi-totalité et le temps le plus long (20 mois). Cet ouvrage qui doit être achevé avant la mise en service de l'unité d'évaporateurs n° 1, régit 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

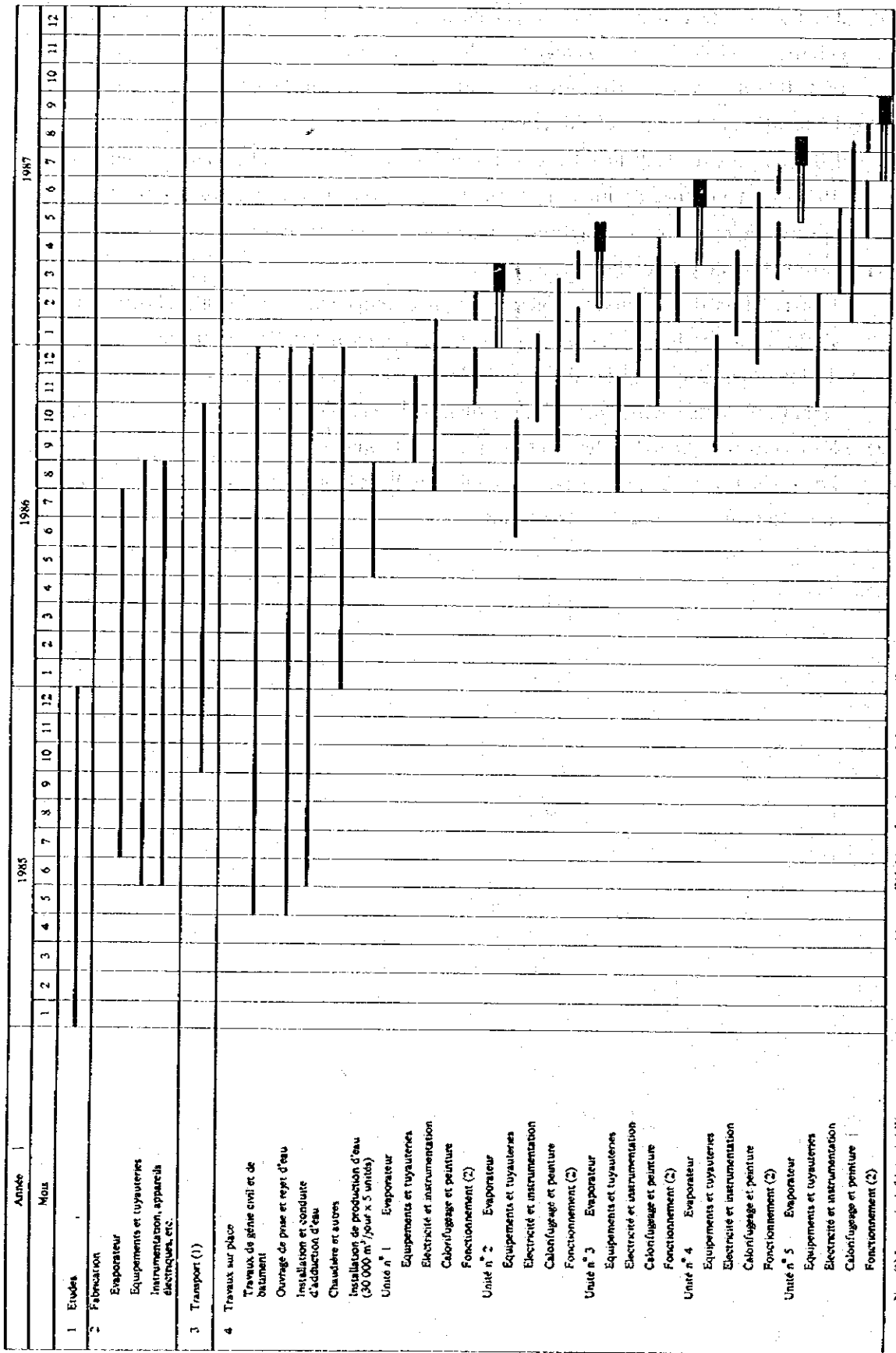
Elles ne posent pas de problème, étant estimées réalisables dans un délai d'environ 19 mois. Toutefois, il faut faire rapidement les démarches auprès des autorités en ce qui concerne la détermination de l'acheminement des conduites.

4) Installation de production d'eau

L'installation de production d'eau se divise en cinq unités qui sont prévues pour s'achever à des intervalles 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.



Note (1) Les matériels fabriqués à l'étranger seront mis en transport maritime vers l'Algérie au fur et à mesure de leur sortie d'usine.
 (2) Mise en service et marche d'essai; Etai de fonctionnement

Fig. 6-7 Programme de construction de l'Unité de dessalement par distillation

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 73 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 (11 personnes)

Un responsable, six employés de bureau et quatre gardiens

(2) Service exploitation (47 personnes)

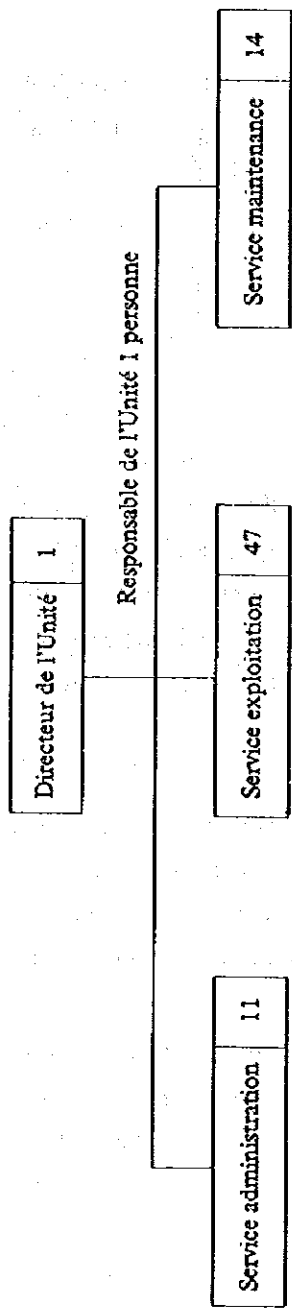
Le fonctionnement technologique de l'Unité est assuré par les effectifs au nombre total de 61 dont 47 du service exploitation et 14 du service maintenance. Les 47 personnes pour l'exploitation comprennent un responsable, quatre équipes d'onze opérateurs (un chef d'équipe et dix opérateurs) et deux analystes. Ainsi, l'Unité est conduite normalement par onze opérateurs dont le chef d'équipe seul doit posséder une certaine technique concernant l'unité de dessalement d'eau de mer, le reste de dix opérateurs n'ayant qu'à surveiller le fonctionnement.

(3) Service maintenance (14 personnes)

Quatorze personnes chargées de la maintenance comprennent un responsable pour chacune des sections mécanique, électricité et instrumentation, avec 11 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 6-1 montre l'organigramme de l'Unité.

Tableau 6-1 Organigramme de l'Unité de dessalement au procédé MSF



Responsable de l'administration	1 personne	Responsable de l'exploitation	1 personne	Responsable de la maintenance (mécanicien)	1 personne
Employé de bureau	6 personnes	Chef d'équipe	1 x 4 personnes	Electricien	1 personne
Gardien	1 x 4 personnes	Opérateur	10 x 4 personnes	Technicien d'instrumentation	1 personne
		Analyste	2 personnes	Ouvrier mécanicien	5 personnes
				Ouvrier électricité-instrumentation	4 personnes
				Magasinier	2 personnes

Total : 73 personnes

6.6.2 Planning du personnel

Le planning du personnel de l'Unité présuppose la signature du marché pour le Projet avant le début 1985 et la mise en plein fonctionnement de l'Unité en octobre 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 13 personnes au total, à savoir, le directeur, quatre 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 début 1985 où est prévue la mise en exécution de celui-ci, et sept contre-mâtres 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 30 personnes, avant le mois de juillet 1986 et l'autre moitié avant la fin octobre 1986, 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.

Tableau 6-2 Qualités requises pour le personnel

	Personnel	Qualités		Fonction à assurer
		Diplômé de	Expérience	
Service administration	Responsable de l'administration	Lycée supérieur	Au moins 5 ans	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/Électricité/Instrumentation	Université	Au moins 1 an d'expérience dans la maintenance en charge	Direction de la maintenance
	Ouvrier Mécanique/Électricité/Instrumentation	Lycée supérieur	Au moins 6 mois d'expérience dans l'exécution des travaux en charge	Travaux de maintenance
	Magasinier	--		Manutention dans le magasin

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 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 le 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 au début 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 des unités n° 2 à 5. Ainsi, la formation professionnelle aura pour objectif de permettre aux opérateurs l'exploitation de l'Unité en pleine charge à partir du mois d'octobre 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 : 150 000 m³/jour

Nombre d'unités constituantes :

Installation d'osmose inverse : 15 000 m³/jour × 10 unités

Installation de prétraitement : 107 000 m³/jour × 4 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 : 461 000 m³/jour

Alimentation aux modules RO : 429 000 m³/jour

Production d'eau : 150 000 m³/jour

Rejet d'eau concentrée : 311 000 m³/jour

(avec 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/cm²

Taux de récupération : 35 %

Coefficient d'encrassement : 4 au plus

(FI) de l'eau d'alimentation

(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

Cl₂ 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 d'injection de produits chimiques

Installation de réception et transformation de l'électricité

7.1.3 Utilités et produits chimiques

- Electricité : 37 345 (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 soude calcinée. 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 150 000 m³/jour. Le prétraitement se divise en quatre trains et l'osmose inverse en dix 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 m³/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 m³/jour d'eau produite au taux de récupération de 35 %. L'Unité sera donc composée de dix unités constituantes ayant chacune une capacité de 15 000 m³/jour. Le réglage du nombre d'unités en fonctionnement permet de varier la production d'eau journalière à des intervalles de 10 % en taux de charge, suivant le besoin, à partir du maximum de 150 000 m³/jour.

(2) Prétraitement

D'après l'analyse de l'eau de mer prise à proximité du site, l'eau est relativement limpide, présentant une turbidité de 0,5 à 1,5 mg/l. 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 460 000 m³/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 75 unités de ce filtre dont la capacité unitaire maximale est d'environ 7 000 m³/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 l'énergie de rotation 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 donc 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 élevé 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/cm² et 65 kg/cm².

(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 enregistrement 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 de modules d'osmose inverse présente une teneur en sels de 56 900 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 400 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 (15 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 2 500 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 mises 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.

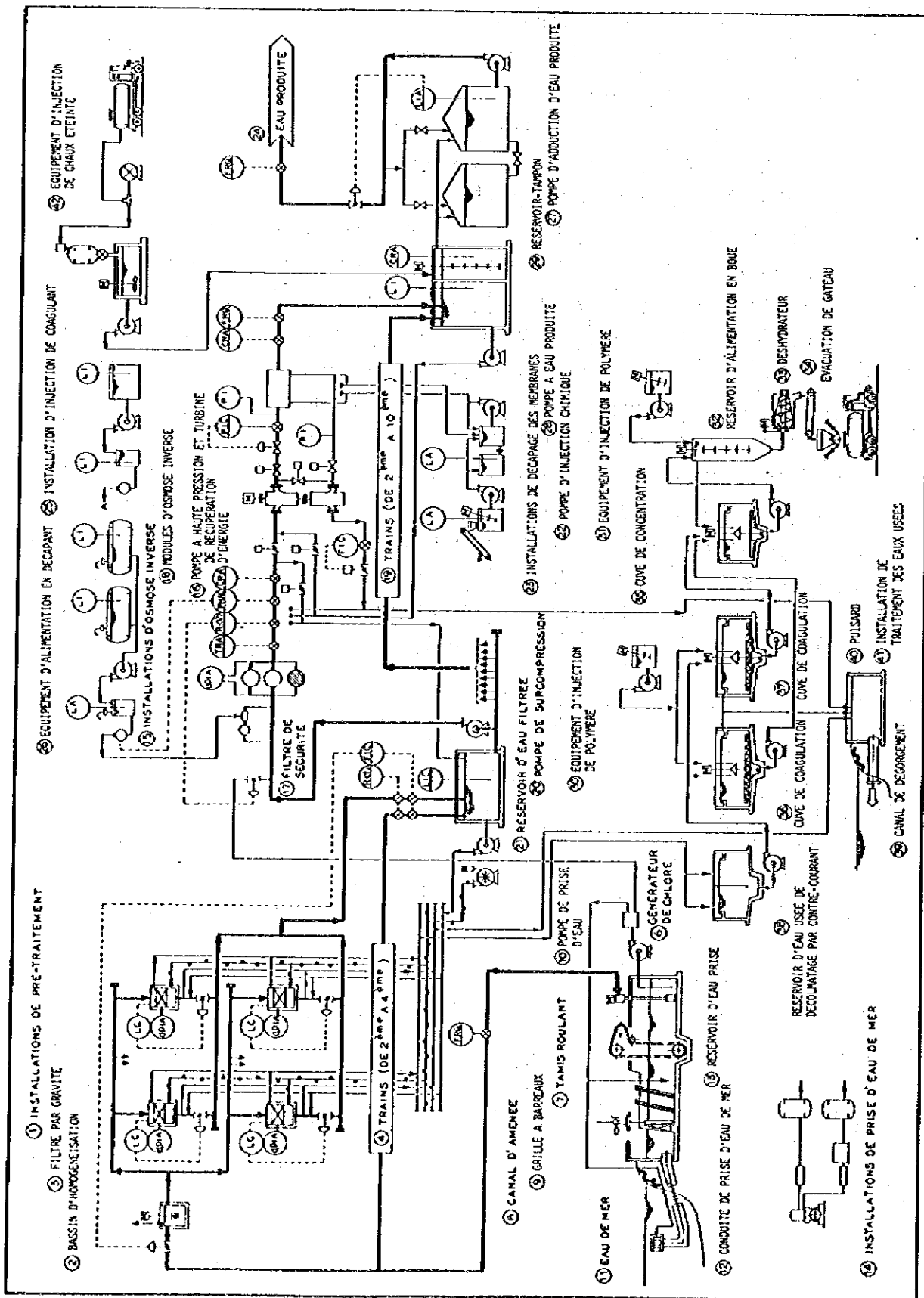


Fig. 7-1 Unité de dessalement par osmose inverse
Schéma de fonctionnement

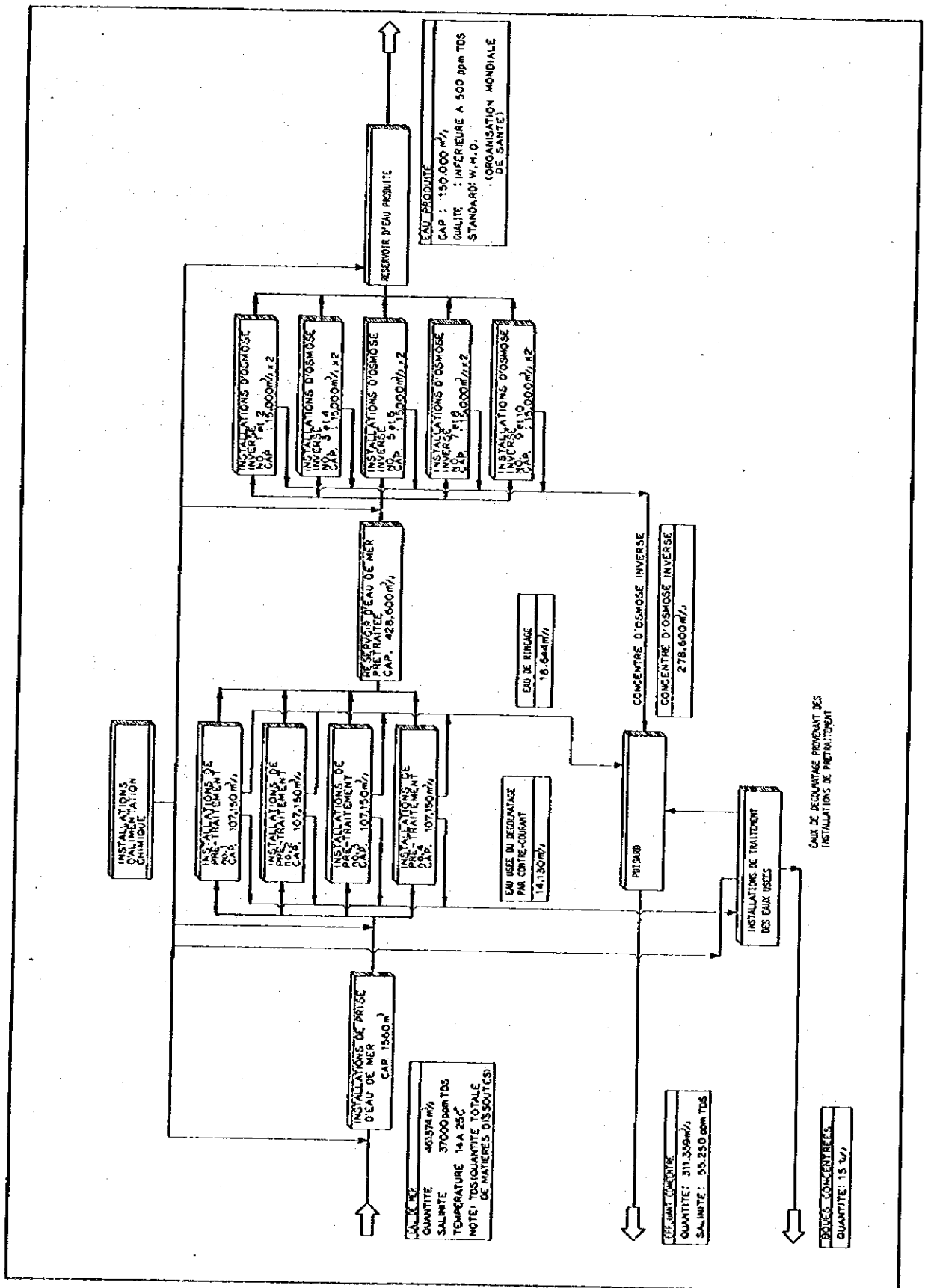


Fig. 7-2 Unité de dessalement par osmose inverse
Bilan hydrique (massique)

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 – chloration

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 quatre trains ayant chacun une capacité de 112 500 m³/jour et peuvent fonctionner indépendamment.

L'eau de mer chlorurée dans le réservoir d'eau prise est envoyée par quatre pompes de prise d'eau, à un débit déterminé (450 000 m³/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 32 filtres (4 trains X 8 lignes).

Le filtre est constitué par deux couches de sable et d'anthracite. 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 résiduelles 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 inférieur à quatre.

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

1. EAUX USEES DE DECOLMANTAGE PAR CONTRE-COURANT
2. FILTRES PAR GRAVITE
3. EVENT
4. AIR DE DECOLMANTAGE PAR CONTRE-COURANT
5. EAU FILTRES
6. EAU DE DECOLMANTAGE PAR CONTRE-COURANT
7. BASSIN D'HOMOGENEISATION
8. CANAL D'AMENEE D'EAU DE MER
9. DECHARGE DES EAUX USEES DE DECOLMANTAGE
10. DECHARGE DES EAUX USEES DE RINÇAGE
11. ACTIVATEUR

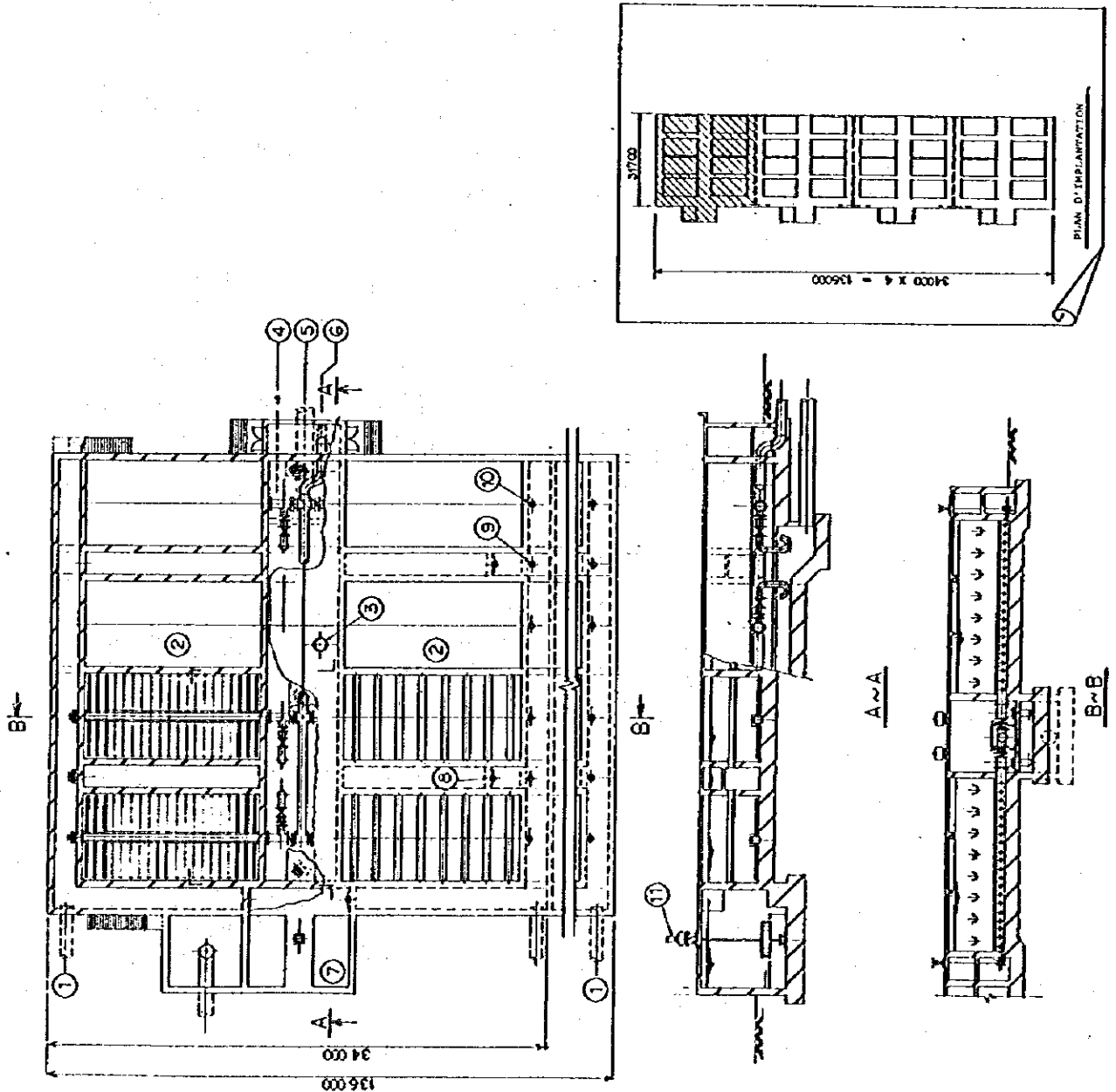


Fig. 7-3 Unité de dessalement par osmose inverse
Installation de prétraitement

(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 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 8-4.

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 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) Filtre 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 à 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 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 du 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 spirale, 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 m³/jour) se compose de deux blocs. Chaque bloc est constitué par 317 modules empilés en 25 rangs à 13 étages.

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.

1. SALLE D'ELECTRICITE
2. SALLE DE COMMANDE
3. SALLE DES MODULES D'OSMOSE INVERSE
4. SALLE DES POMPES A HAUTE PRESSION
5. SALLE DES FILTRES DE SECURITE
6. SALLE DE DECAPAGE DES MEMBRANES
7. MODULE D'OSMOSE INVERSE
8. SALLE DES OPERATEURS
9. POMPE DE DECAPAGE DES MEMBRANES
10. CUVE DE DISSOLUTION CHIMIQUE
11. CUVE DE DECAPAGE DES MEMBRANES
12. ECHAN DE SECURITE
13. POMPE A HAUTE PRESSION
14. TUYAUTERIE ET CALAJE
15. MONTURE DES MODULES D'OSMOSE INVERSE
16. POMPE A HAUTE PRESSION
17. MODULE D'OSMOSE INVERSE

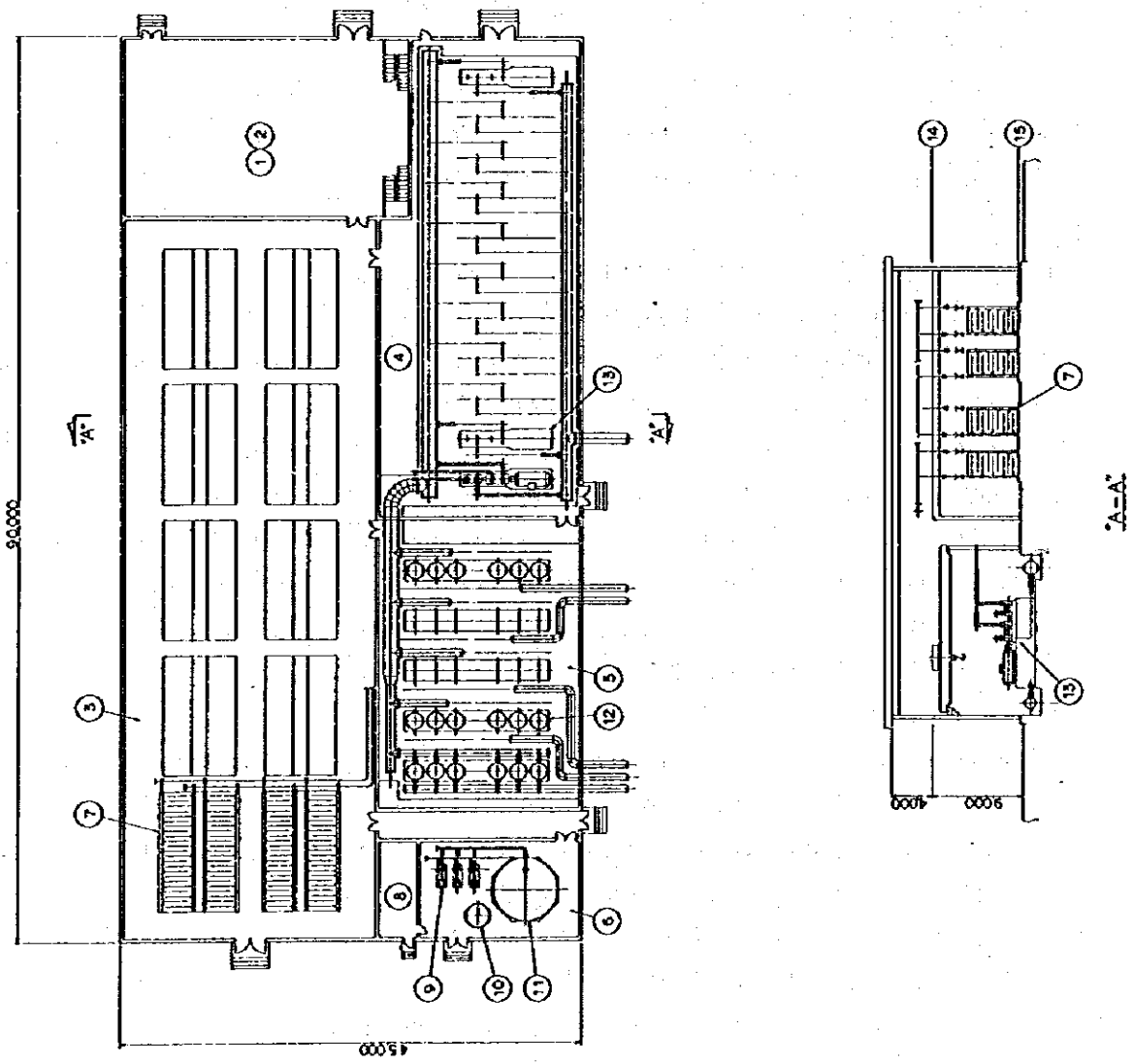


Fig. 7-4 Unité de dessalement par osmose inverse
 Installation d'osmose inverse (15 000 m³ /jour)

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 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 potentiométrie; et
- 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.

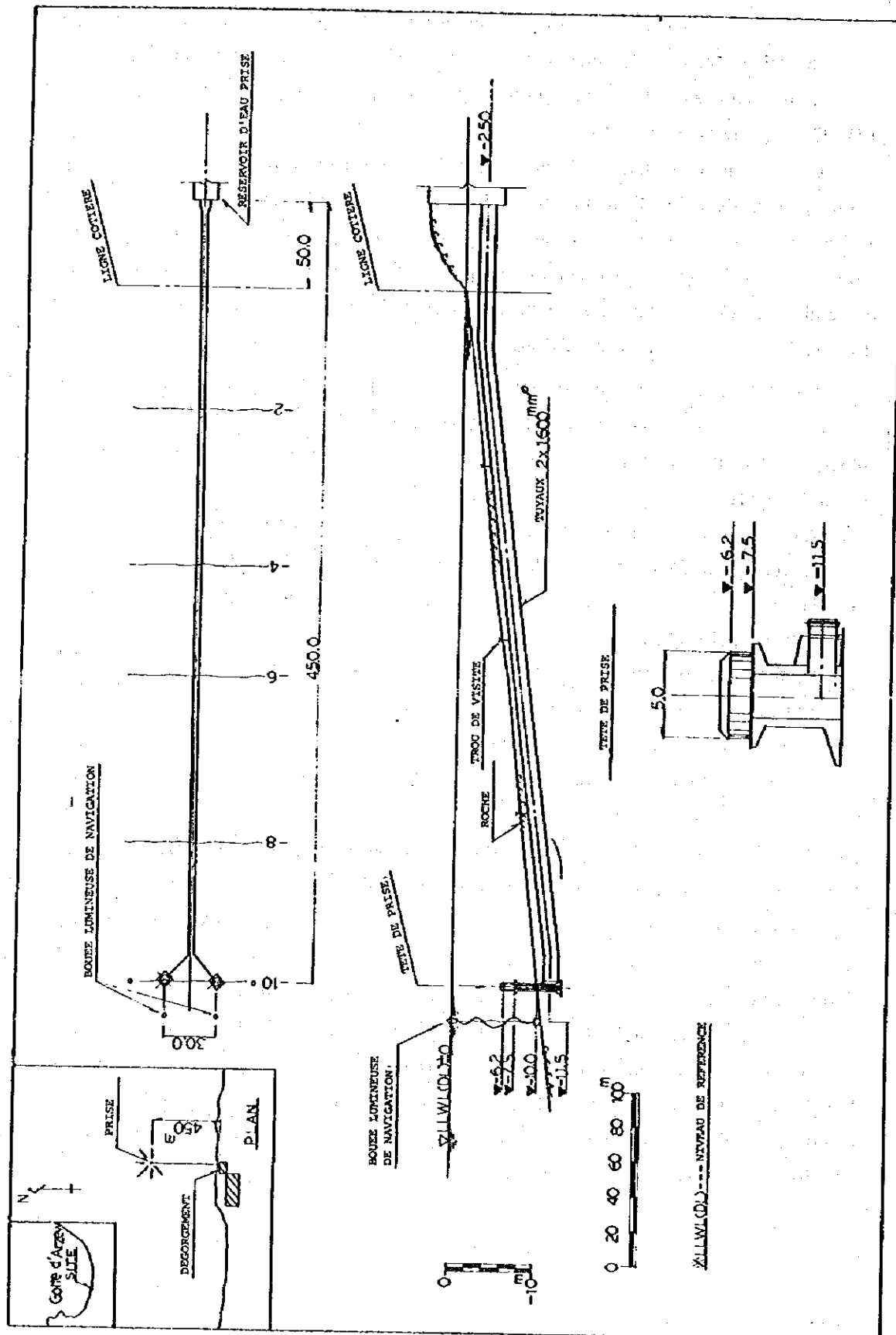


Fig. 7-5 Unité de dessalement par osmose inverse
Ouvrage de prise d'eau

(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 résiduelles de l'Unité se divisent en les trois groupes: les eaux usées de décolmatage par contre-courant des filtres, celles de rinçage, décrit plus bas, et l'eau de mer concentrée sortant des modules.

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 32 filtres. Dans le cas de décolmatage par deux filtres toutes les 1,5 heures, une fois de décolmatage produit un débit à évacuer de 860 m³ qui est amené à 13 760 m³ pour 16 fois de décolmatage par jour.

Ces eaux sont stockées dans le réservoir d'eau usée de décolmatage par contre-courant de 900 m³ 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 15 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 18 000 m³. Les eaux usées de rinçage contiennent moins de 1 mg/l de matières en suspension et sont dégorgees 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 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'ammoniac sont utilisés pour le décapage des modules effectué une ou deux fois par an.

Ces produits chimiques sont 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	5 000 kg/jour
Acide sulfurique 98 %	60 mg/l	26 000 kg/jour
Chaux éteinte 100 %	26 mg/l	3 900 kg/jour
Coagulant :		
Anionique	2 mg/l (d'eau usée)	28 kg/jour
Cationique	150 mg/l (de boue)	12 kg/jour
Décapant :		
Acide citrique	(une fois/an)	60 000 kg/an
Ammoniac	(une fois/an)	18 000 kg/an

(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 49 000 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	: 4
Dimensions	: 5 m (L) X 12 m (l) X 6 m (h)
Capacité utile et durée de séjour	: 400 m ³ , 5 mn
Agitateur	: 4 ensembles/1 bassin 60 tr/mn X 15 kW

2) Filtre

Type	: Filtre par gravité à flux descendant (en béton)
Nombre	: 4 trains X 8 lignes Total : 32
Vitesse de filtration (LV)	: 200 m/jour
Dimensions et surface	: 6 m (L) X 12 m (l) X 6 m (h) 72 m ²
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'air et 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	: 42 m ³ /mn X 20 m CE X 190 kW
Matériaux principaux	: 316 fonte inoxydable et acier inoxydable

— Soufflante de décolmatage par contre-courant

Type	: Souffleur Roots
Nombre	: 2
Capacité	: 48 m ³ /mn X 5 m CE X 75 kW
Matériaux principaux	: 316 fonte inoxydable et acier inoxydable

4) Réservoir d'eau filtrée

Nombre	: 1
Dimensions	: 45 m (L) X 30 m (l) X 8 m (p)

- Capacité utile et durée de séjour : 10 000 m³
30 mn
- Matériau : Réservoir souterrain en béton
- (2) Installation d'osmose inverse
- 1) Pompe de surcompression
- Type : Pompe à volute à deux ouïes
- Nombre : 10 + 1 (réserve)
- Capacité : 30 m³/mn X 20 m CE X 150 kW
- Matériaux principaux : 316 fonte inoxydable et acier inoxydable
- 2) Filtre de sécurité
- Nombre : (2 + 1) X 10
- Capacité : 900 m³/h/filtre
- Maille de l'élément : 10 µm
- Dimensions du filtre : φ 800 mm X 1 600 mm (h) (inoxydable)
- Pompe de lavage : 30 m³/mn X 20 m CE X 150 kW X 1 ens.
- 3) Pompe à haut pression
- Type : Pompe à volute multicellulaire
- Nombre : 10 + 1 (réserve)
- Capacité : 30 m³/mn X 670 m CE (refoulement)
- Rendement : 85 %
- Matériaux principaux : 316 fonte inoxydable et acier inoxydable
- 4) Turbine de récupération d'énergie
- Type : Turbine Francis
- Nombre : 10 + 1 (réserve)
- Capacité : 19,5 m³/mn X 610 m CE
- Rendement : 82 %
- Energie récupérée : 1 685 kW
- Matériaux principaux : 316 fonte inoxydable et acier inoxydable
- 5) Moteur
- Nombre : 10 + 1 (réserve)
- Capacité : 2 550 kW
- 6) Empilage de modules d'osmose inverse
- Nombre : 20 blocs (Deux blocs constituent une unité.)
- Capacité d'un bloc : 7 500 m³/jour
- Nombre de modules d'un bloc : 317 (13 étages X 25 rangs)
- Dimensions d'un bloc : 3,6 m (L) X 11 m (l) X 5,5 m (h)
- Conditions d'exploitation (d'une unité) :
- Débit d'alimentation : 42 860 m³/jour (1 800 m³/h)
- Débit de produit : 15 000 m³/jour (625 m³/h)

Taux de récupération : 35 %
Pression de fonctionnement (variable) : 60 à 65 kg/cm²

7.3.2 Ouvrage de prise et rejet d'eau

(1) Tête de prise d'eau de mer

Système : Prise d'eau profonde
Tête : ϕ 5 000 mm X 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 : ϕ 1 600 mm X 400 m X 2 trains
Matériaux : Tube d'acier + revêtement intérieur 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) X 4,0 m (l) X 8 m (p) X 3 canaux
Puits : Durée de séjour – 5 mn
1 560 m³
13 m (L) X 20 m (l) X 8 m (p)

Accessoires :

Vanne bartardeau : 4 m (l) X 8 m (h) X 3 lignes X 2 trains
Grille à barreaux : 4 m (l) X 8 m (h) X 3 ens.
Tamis roulant : 4 m (l) X 8 m (h) X 3 ens. avec pompe de lavage
Générateur de chlore : Cl₂ 42 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 : 4
Capacité : 80 m³/mn X 15 m CE X 280 kW
Matériaux principaux : 316 fonte inoxydable et acier inoxydable

(5) Puisard

Type : Réservoir sur terre en béton
Débit total à évacuer : 311 000 m³/jour
Durée de séjour et capacité utile : 3 mn, 650 m³
Dimensions : 15 m (L) X 20 m (l) X 3 m (h)

7.3.3 Installation de stockage

(1) Réservoir-tampon

- Type : Construction semi-souterraine en béton
(avoisinant le réservoir d'eau pure)
- Capacité utile : 1 350 m³
- Dimensions : 3 m (L) X 30 m (l) X 17,5 m (h)

(2) Réservoir d'eau pure

- Type : Réservoir à toit conique en tôle d'acier
- Durée de séjour et capacité utile : 1 heure
3 500 m³ X 2 ens.
- Dimensions : ϕ 20 mm X 12 m (h)

(3) Pompe d'adduction

- Type : Pompe à volute à deux ouïes
- Nombre : 5 de service normal
1 de réserve
- Capacité : 20,83 m³/mn X 350 m CE X 1 600 kW

7.3.4 Installation de décapage des membranes

(1) Cuve de décapage

- Nombre : 2
- Capacité : 50 m³ (en FRP – plastiques renforcés à la fibre de verre)
- Dimensions : ϕ 3 400 X 6 190 mm (h)

(2) Cuve de dissolution d'acide citrique

- Nombre : 1
- Capacité : 10 m³ (en FRP)
- Dimensions : ϕ 2 200 X 3 080 mm (h)
- Accessoires : Agitateur, convoyeur et trémie

(3) Pompe de décapage

15 m³/mn X 30 m CE X 150 kW X 1 ens.

(4) Pompe de transfert d'acide citrique

1 m³/mn X 10 m CE X 3,7 kW X 1 ens.

(5) Pompe de rinçage

30 m³/mn X 40 m CE X 280 kW X 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 : 900 m³
16 m³ (L) X 16 m (l) X 4 m (h)

- Construction : Réservoir souterrain en béton
- (2) Cuve de coagulation
- Nombre : 2
- Dimensions : $\phi 28 \text{ m} \times 4 \text{ m (h)}$
- 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 : $\phi 11 \text{ m} \times 4 \text{ m (h)}$
- Construction : Semi-souterraine en béton
- Accessoires : Collecteur de boue et pompe d'évacuation de boue
- (4) Déshydrateur
- Réceptacle de boue : 2 m³
- Déshydrateur : Décanteur à hélice, 10 m³/h
- Convoyeur
- Trémie à gâteau
- (5) Pompe de transfert des eaux usées
- Type : Pompe à volute à une ouïe
- Nombre : 1
- Capacité : 12 m³/mn \times 10 m CE \times 30 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 : 5 190 kg/jour
- Réservoir de stockage : 50 m³ (en FRP) \times 3 ens.
Pour 30 jours
- Réservoir de service : 5 m³ (en FRP) \times 1 ens.
- Pompe de transfert : 0,2 m³/mn \times 5 m CE \times 0,75 kW \times 1 ens.
- Pompe d'injection : 760 ml/mn \times 20 m CE \times 4 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 : 25 700 kg/jour
- Réservoir de stockage : 210 m³ (en acier) \times 2 ens.
Pour 30 jours
- Réservoir de service : 15 m³ (en acier) \times 1 ens.

- Pompe de transfert : 0,2 m³/mn × 5 m CE × 0,75 kW × 1 ens.
- Pompe d'injection : 980 ml/mn × 20 m CE × 10 ens.
- (3) Installation de contrôle du pH de l'eau produite
- Produit chimique : Chaux éteinte
- Consommation : 3 900 kg/jour
- Réservoir de stockage : 250 m³ (en tôle d'acier) × 1 ens.
Pour 30 jours
- Trémie : 55 m³ (en tôle d'acier) × 1 ens.
- Cuve de dissolution : 100 m³ (en béton)
- Soufflante de transfert : 2 m³/mn × 5 m CE × 5,5 kW
- Pompe d'injection : 55 litres/mn × 5 kg/cm² × 1,5 kW
- Agitateur de dissolution : 120 tr/mn × 15 kW
- Accessoires : Filtre à manches (2)
Vanne à opercule tournant (1)
Vibrateur (3)
- (4) Installation d'injection de coagulant pour traitement des eaux usées
- Produits chimiques : Coagulant macromoléculaire anionique (A)
Coagulant macromoléculaire cationique (C)
- Consommation : (A) 28,3 kg/jour
(C) 11,6 kg/jour
- Réservoir de stockage : 30 m³ × 1 ens. (pour A)
15 m³ × 1 ens. (pour C)
- Cuve de dissolution : 3 m³ × 1 ens. (pour A)
1,5 m³ × 1 ens. (pour C)
- Pompe d'injection : 2,4 litres/mn × 20 m CE × 0,2 kW × 1 ens.
(pour A)
2,5 litres/mn × 20 m CE × 0,2 kW × 1 ens.
(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 : 49 000 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 : 24 m (L) X 18 m (l) X 9,5 m (h)

Surface totale de plancher : 864 m²

Construction : en béton armé à un étage

Rez-de-chaussée : Bureau, salle de conférence, salle des opérateurs, laboratoire d'analyse, etc.

1^{er} étage : Salle de directeur, salon, salle de contrôle, salle de conférence, etc.

(2) Bâtiment d'osmose inverse

Dimensions approximatives : 90 m (L) X 45 m (l) X 13 m (h)

Surface totale de plancher : 8 100 m²

Construction : en béton armé sans 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 : 10 m (L) X 20 m (l) X 10 m (h)

Surface totale de plancher : 200 m²

Construction : en béton armé sans étage

- (4) Bâtiment de prise d'eau
- Dimensions approximatives : 30 m (L) X 15 m (l) X 5 m (h)
- Surface totale de plancher : 450 m²
- Construction : en béton armé à un étage
- Equipement : Générateur de chlore, pompe de prise d'eau et installation électrique
- (5) Bâtiment de traitement de la boue
- Dimensions approximatives : 20 m (L) X 12 m (l) X 10 m (h)
- Surface totale de plancher : 480 m²
- Construction : en béton armé à un étage
- Equipement : Décanteur, cuve d'alimentation en boue, installation d'injection de coagulant, convoyeur, pompe et salle d'électricité
- (6) Salle des pompes principale
- Dimensions approximatives : 30 m (L) X 25 m (l) X 20 m (h)
- Surface totale de plancher : 1 500 m²
- Construction : en béton armé à un étage
(avec un sous-sol)
- Equipement : 11 pompes de surcompression, 4 pompes d'adduction d'eau produite et installation électrique
- (7) Sous-station
- Dimensions approximatives : 25 m (L) X 15 m (l) X 6 m (h)
- Surface totale de plancher : 375 m²
- Construction : en béton armé sans étage
- (8) Entrepôt-atelier d'entretien
- Dimensions approximatives : 40 m (L) X 30 m (l) X 6 m (h)
- Surface totale de plancher : 1 200 m²
- Construction : en béton armé sans étage
- (9) Poste de gardiennage

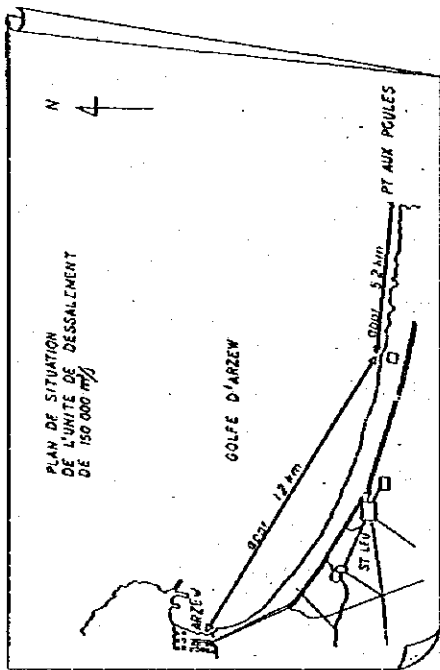
7.4 Implantation de l'Unité

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 sol. 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 66 700 m² pour les installations principales et de 5 000 m² pour l'ouvrage de prise d'eau, soit au total de 71 700 m². L'implantation sera faite avec assez de marge, y compris 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.



- | | | | |
|----|---|----|--|
| 1 | ENTREE PRINCIPALE | 16 | ATELIER |
| 2 | POSTE DE GARDIENNAGE | 17 | ENTRÉE |
| 3 | BATIMENT D'OSMOSE INVERSE | 18 | BATIMENT D'INJECTION CHIMIQUE |
| 4 | SALLE DES FILTRES DE SECURITE | 19 | RESERVOIR DE PRODUIT CHIMIQUE |
| 5 | SALLE D'ELECTRICITE | 20 | ENTREE SECONDAIRE |
| 6 | SALLE DES POMPES A HAUTE
PRESSION | 21 | RESERVOIR D'EAU USEE |
| 7 | HALL | 22 | INSTALLATION DE TRAITEMENT
DES EAUX USEES |
| 8 | BATIMENT ADMINISTRATIF | 23 | CUVE DE CONGULATION |
| 9 | BATIMENT DE LUTTE CONTRE
D'INCENDIE | 24 | CUVE DE CONGULATION |
| 10 | GARAGE | 25 | PUISARD |
| 11 | SOUS-STATION | 26 | RESERVOIR D'ACIDE SULFURIQUE |
| 12 | RESERVOIR D'EAU PURE ET
RESERVOIR-TAMPON | 27 | BATIMENT GENERATEUR DE CHLORE |
| 13 | SALLE DES POMPES | 28 | RESERVOIR D'EAU PRISE |
| 14 | RESERVOIR A EAU MELGEE | 29 | PUITS DE PRISE D'EAU |
| 15 | FILTRE PAR GRAVITE | 30 | TANIS |

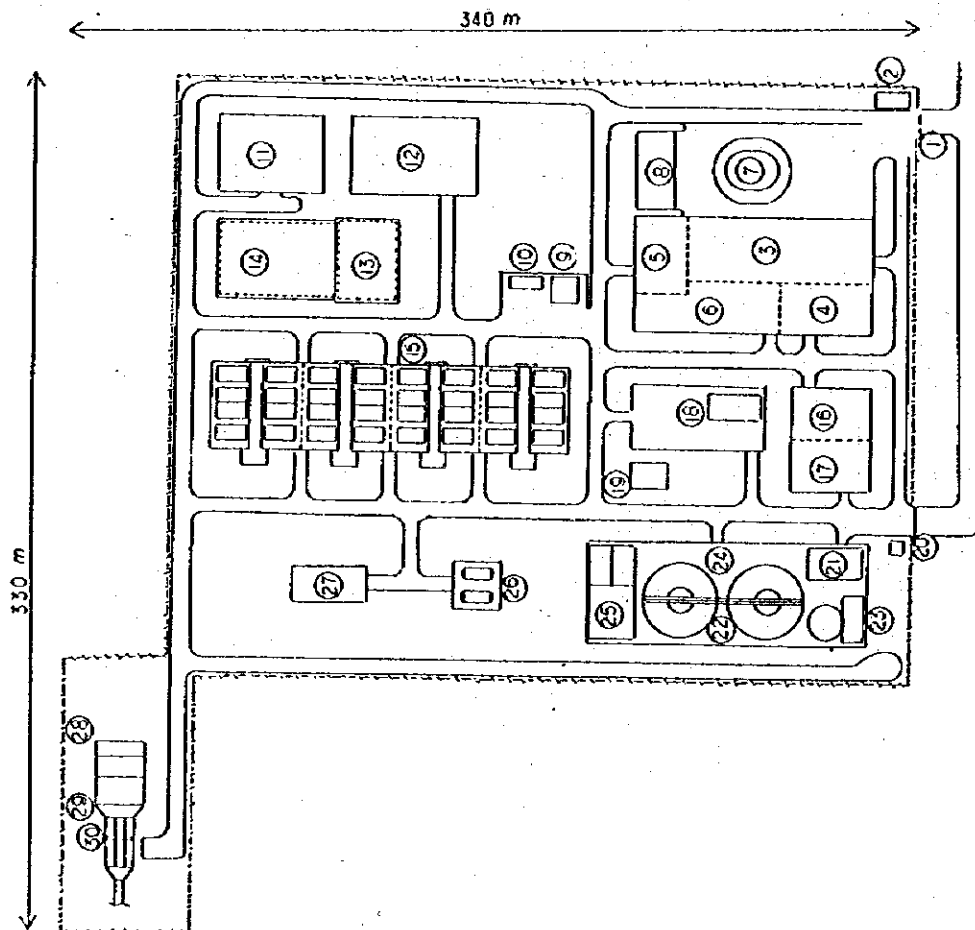


Fig. 7-6 Unité de dessalement par osmose inverse
Schéma d'implantation générale

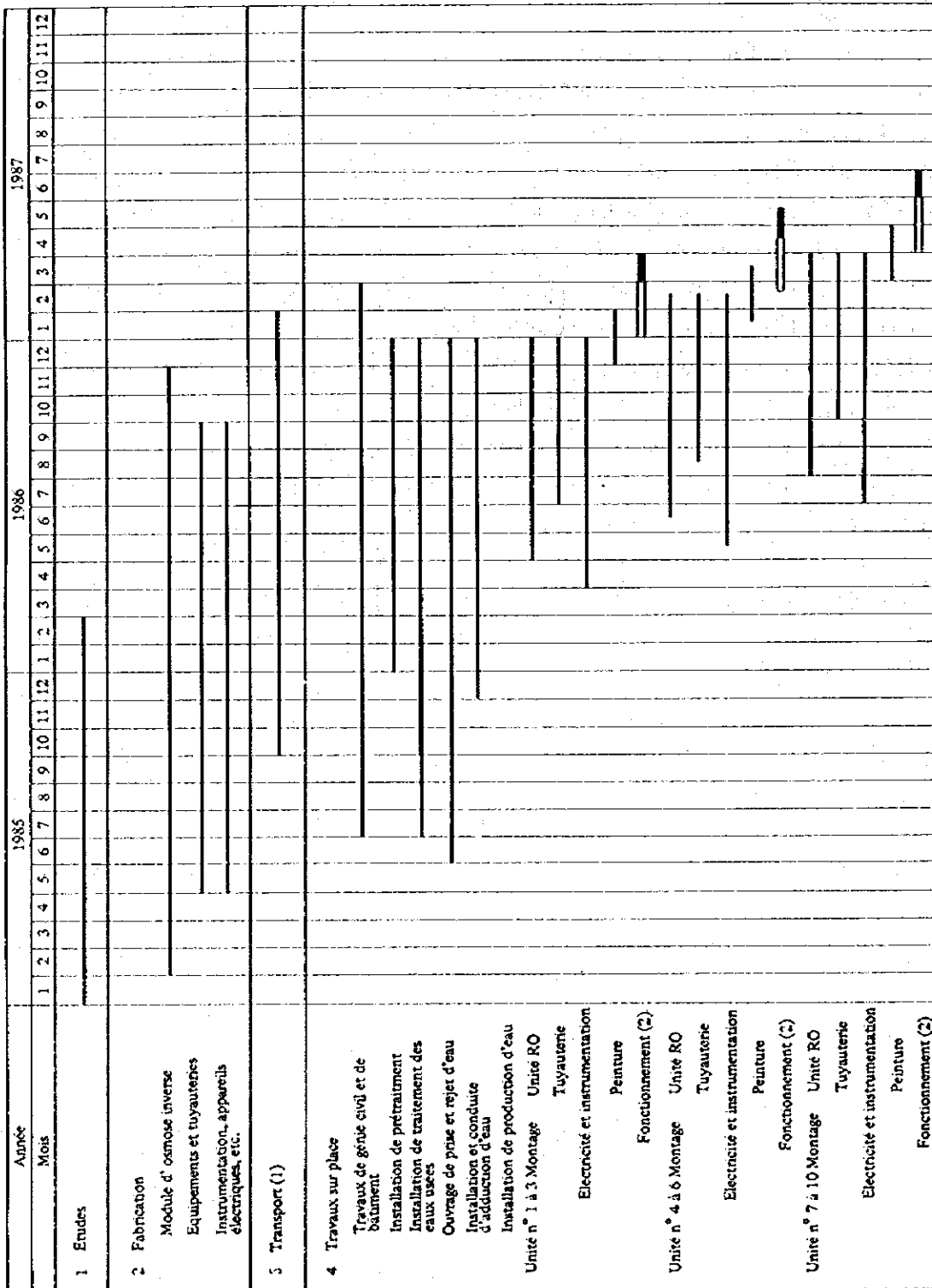
7.5 Programme de construction

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 est à peu près identique à celui pour l'Unité de dessalement par distillation dont la construction prend toutefois un temps plus long que l'Unité à osmose inverse. Les travaux de montage sur place pour l'installation d'osmose inverse sont divisés en trois groupes comme indiqué sur le programme. 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 début 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.

Le débit d'adduction d'eau est monté en trois étages: 45 000 m³/jour, 90 000 m³/jour et 150 000 m³/jour. La montée en débit de chaque étage est précédée d'un mois par l'essai de fonctionnement.



Note (1) Les matériels fabriqués à l'étranger sont mis au transport maritime vers l'Algérie au fur et à mesure de leur sortie d'usine.

(2) [Symbol] Mise en service et marche d'essai [Symbol] Essai de fonctionnement

Fig. 7-7 Programme de construction de l'Unité de dessalement d'eau de mer par osmose inverse

7.6 Organisation et planning du personnel

7.6.1 Organisation

Même que l'Unité de dessalement par distillation.

L'exploitation de l'Unité est très aisée. Avec l'automatisation par surcroît, le personnel d'exploitation nécessaire est peu nombreux par rapport à l'Unité à distillation. Les services à assurer par le personnel d'exploitation sont entre autres, la mise en marche et arrêt de l'Unité, la surveillance, réglage et contrôle des instruments de mesure, l'inspection en patrouille des équipements, la tenue du journal d'exploitation et l'établissement des fiches techniques. Le cas échéant, l'Unité peut être mise en fonctionnement sans surveillance pendant la nuit. La présente F/S prévoit le fonctionnement en trois postes de quatre équipes. Une équipe est composée d'un contremaître et quatre opérateurs, soit au total de cinq personnes. L'exploitation du déshydrateur de l'installation de traitement des eaux usées ou le rejet de gâteau ne seront effectués que dans la journée par trois aides-opérateurs.

Les services de journée tels que la direction et instruction d'exploitation, l'analyse des données et de la qualité d'eau, seront assurés par un ingénieur en chef, deux ingénieurs de production et deux analystes. Ces techniciens sont de préférence des personnes qui ont suivi à l'université les études spécialisées dans la chimie ou la mécanique. Il est désirable que l'ingénieur en chef, diplômé d'une université, ait au moins dix ans d'expérience dans le dessalement ou le traitement des eaux.

La composition et le personnel nécessaire des services maintenance et administration sont les mêmes que pour l'Unité à distillation. En ce qui concerne les qualités requises du personnel, se reporter au tableau 6-2.

Les facteurs ci-dessus sont résumés à l'Organigramme (RO) du tableau 7-1. L'effectif total de l'Unité est de 54 personnes y compris le directeur (voir le paragraphe 6.6.2).

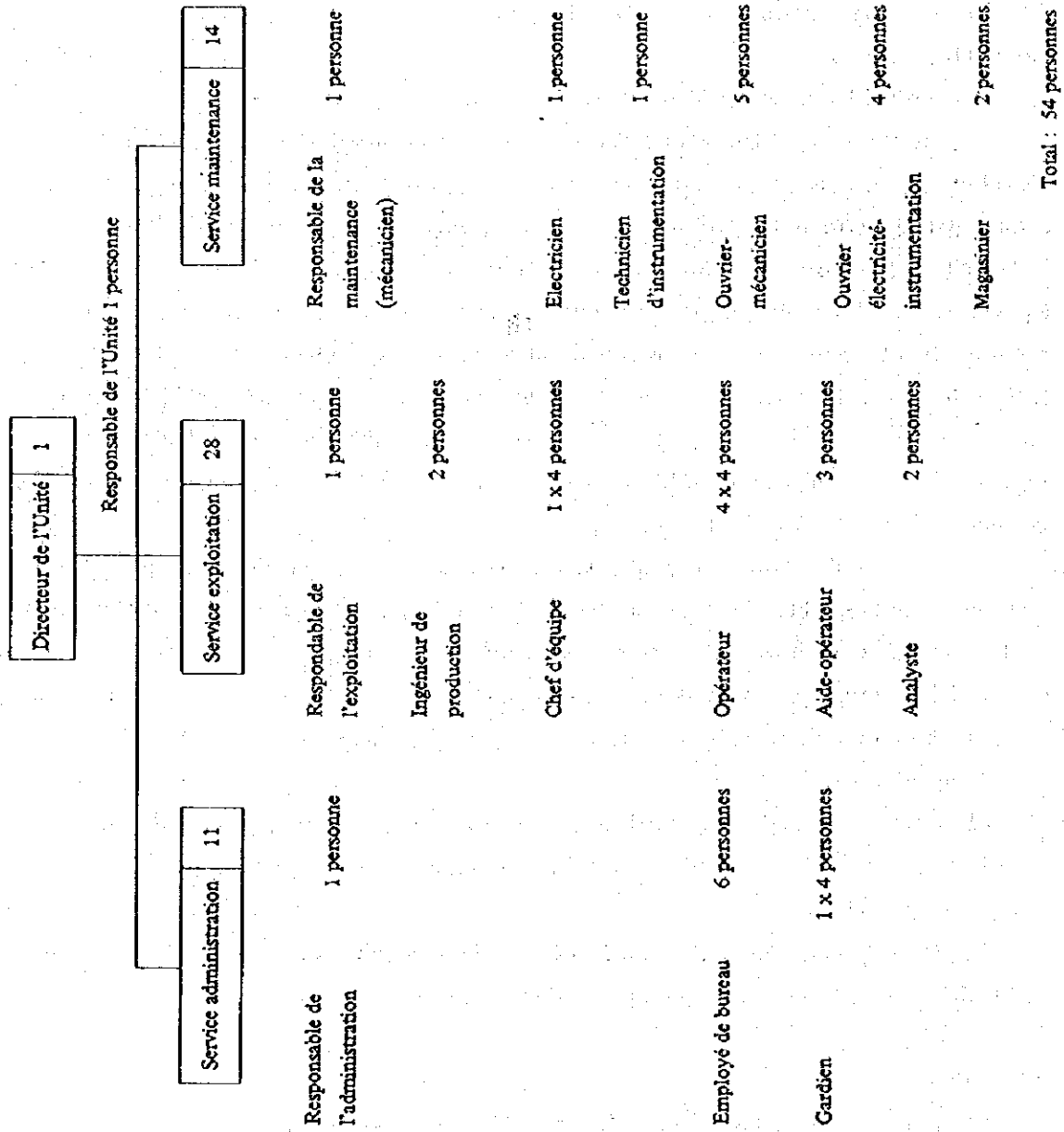
7.6.2 Planning du personnel

Dès le début 1987, les unités n° 1,2 et 3 (45 000 m³/jour) se mettent en fonctionnement et l'adduction d'eau est entreprise. Trois mois avant cette date, les membres principaux, indiqués à l'Organigramme (RO) du tableau 7-1, entrent en fonction pour assurer la surveillance des travaux de montage des équipements et suivre l'enseignement donné par l'entrepreneur sur l'exploitation, maintenance et gestion de l'Unité, ainsi que sur la technique d'analyse de la qualité d'eau.

La marche d'essai de l'Unité commencera un mois avant la mise en adduction d'eau. Entre-temps, le personnel subira la formation professionnelle sur le mode opératoire des équipements et instruments de mesure, la notice d'exploitation, etc. et assumera parallèlement le service en charge comme il faut dans l'exploitation effective.

Pour la formation professionnelle et l'assistance à l'exploitation, l'entrepreneur détachera sur place huit techniciens, dont deux resteront comme superviseurs pendant un an après la mise en plein fonctionnement en juillet 1987, pour poursuivre l'assistance à l'exploitation et régler d'éventuels incidents.

Tableau 7-1 Unité de dessalement au procédé RO
Organigramme



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 et la pompe d'adduction, appropriés à l'alimentation de l'agglomération oranaise en eau produite par l'Unité de dessalement d'eau de mer.

Le choix du point de raccordement de la conduite d'adduction a pris en considération les réseaux d'alimentation et bases de distribution existants, ainsi que les projets de renforcement des ressources hydriques futures.

8.1 Choix du point de raccordement aux réseaux de distribution existants

(1) Réseaux d'alimentation et bases de distribution de l'agglomération oranaise

La ville d'Oran, noyau de l'agglomération oranaise, a deux villes-satellites: la ville d'Es Senia comme voisine immédiate au sud et la ville d'Arzew un peu éloignée à l'est. Actuellement, sa population représente 93 % du total des 3 villes. En perspective, les villes-satellites ont un avenir de développement et d'accroissement démographique certes, mais la position centrale sera occupée toujours par la ville d'Oran. Là, ces dernières années, de nouvelles zones urbaines se développent autour de la vieille zone, dans le sud et l'est.

Les réseaux de distribution témoignent de cette situation. La distribution aux différentes zones urbaines est assurée par les bases de distribution installées sur le plateau périphérique de la vieille zone. Celles-ci sont alimentées respectivement par les réseaux est et ouest d'adduction partant des ressources principales à l'extérieur de la wilaya.

Le réseau ouest d'adduction de Beni-Bahdel est amené d'abord à la base dite B.C.8 proche du bac de répartition d'Aïn el Beida, puis aux bacs de répartition d'Eckmühl, de Monreal et d'Aïn el Beida, disposés comme s'ils délimitaient l'ouest de la vieille zone urbaine.

Le réseau est de Fergoug est introduit dans le bac de répartition de Gambetta installé sur le plateau est dominant toute la vieille zone (Voir Fig. 8-1).

Ces bacs de répartition assurent l'alimentation des zones urbaines, vieille et nouvelles périphériques, de la ville d'Oran.

La communication entre les réseaux est et ouest d'adduction se fait par la conduite principale de distribution reliant le bac de répartition de Gambetta à B.C.8.

La ville d'Arzew est alimentée en quantité requise par la dérivation à Aïn el Bia de la conduite d'adduction (diamètre intérieur 900 mm) du réseau de Fergoug.

A l'est de Gambetta, il y a le bac de répartition de Bir el Djir. La conduite de distribution se dirigeant vers la ville d'Arzew à partir de ce bac alimente la zone entre les villes d'Oran et d'Arzew.

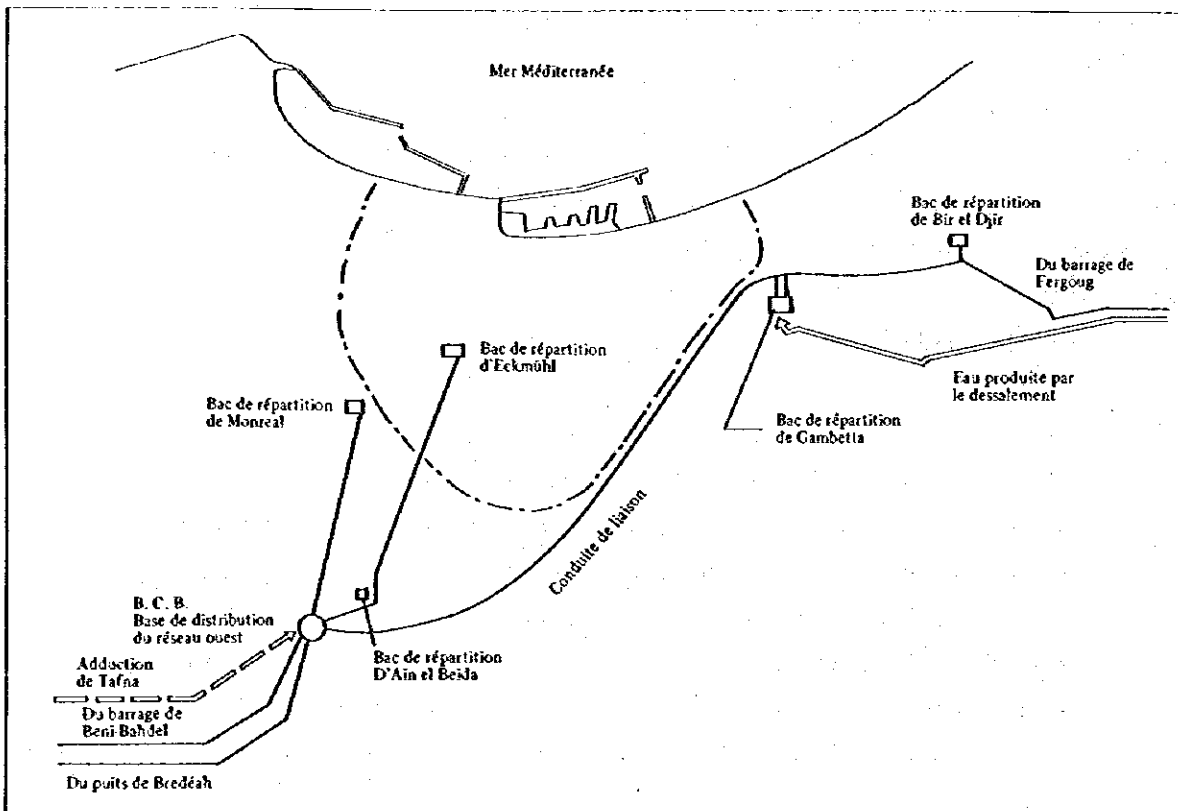


Fig. 8-1 Point de raccordement de l'eau produite aux réseaux de distribution existants

(2) Ressources futures projetées et points de raccordement prévus

Le renforcement des ressources hydriques pour l'agglomération oranaise est projeté comme suit:

Pour le réseau est, il s'agit de l'adduction du barrage qui va s'installer sur l'oued Cheliff. Le point de raccordement prévu provisoirement est le bac de répartition de Bir el Djir mentionné plus haut. On n'a pas encore de précision sur la date de mise en adduction et le débit.

Pour le réseau ouest, c'est l'adduction de l'oued Tafna, constituant une ressource de renfort en attendant la réalisation du réseau de Cheliff. L'adduction Tafna est prévue en deux phases pour un débit maximal de 230 000 m³/jour. Le point de raccordement est le terminal B.C.8 du réseau ouest, cité plus haut. Compte tenu des réseaux de distribution existants et des points de raccordement prévus dans les projets de renforcement des ressources futures, les bases d'alimentation à retenir, celles s'adaptant à la situation actuelle, sont le terminal B.C.8 pour le réseau ouest et le bac de répartition de Gambetta (secondé par celui de Bir el Djir) pour le réseau est. Les deux bases sont aussi appropriées du point de vue de l'équilibre massique hydrique entre les réseaux est et ouest.

(3) Destination de l'adduction d'eau produite par le dessalement

Pour des raisons décrites ci-après, la présente F/S a prévu l'adduction d'eau dessalée à destination de la ville d'Oran seule et non pas de la zone industrielle d'Arzew, voisine du site de l'Unité de dessalement, ni de la ville d'Arzew. Cette exclusion se fonde sur l'hypothèse où l'accroissement de la demande en la ville d'Arzew sera satisfait par l'augmentation de débit du réseau de Fergoug.

Raisons:

1) Du point de vue de la quantité absolue demandée:

La population actuelle de la ville d'Oran est d'environ 660 000 personnes (amenés à environ 690 000 personnes y compris la ville d'Es Senia), tandis que celle de la ville d'Arzew est d'un peu plus de 30 000 personnes demandant donc l'alimentation en une quantité plus faible que la ville d'Oran.

La ville d'Arzew, aménagée pour une nouvelle ville industrielle et équipée d'une bonne infrastructure, a un avenir prometteur de développement. Si la ville d'Arzew continue à voir l'implantation successive d'entreprises et l'accroissement de population à demeure, elle enregistrera tout naturellement l'augmentation de demande en eau industrielle et domestique.

A l'occasion de l'étude sur place, les autorités algériennes ne nous ont pas donné de précisions sur les projets d'implantation industrielle prévus pratiquement pour la ville d'Arzew, ainsi que sur les valeurs prévisionnelles de ses demandes en eau industrielle et domestique. Nous ne disposons donc d'aucune documentation laissant prévoir une augmentation brusque de la demande en eau.

2) Du point de vue technique de l'adduction:

Pour l'adduction à la ville d'Oran du site de l'Unité de dessalement, la pompe utilisée doit avoir une hauteur d'élévation extrêmement élevée de 350 m, compte tenu de la charge effective et de la perte de charge sur canalisation. Dans cette condition, il est désavantageux de dériver une portion d'eau de la conduite à haute pression d'adduction à un point tout proche du site de l'Unité. Cela soulève des problèmes techniques d'adduction, notamment sur la construction, matériaux, exploitation et maintenance des installations de dérivation.

Pour l'adduction de l'eau dessalée à la zone industrielle d'Arzew voisine du site de l'Unité, il est préférable de l'y amener dans une conduite indépendante par une pompe ayant une hauteur d'élévation beaucoup moins élevée, comme il faut pour l'adduction.

(4) Point de raccordement de l'eau produite par le dessalement

L'eau produite par l'Unité de dessalement, objet de la F/S, partira des réservoirs d'eau pure installés dans l'enceinte de l'Unité se trouvant au Port aux Poules à l'est de la ville d'Oran. L'adduction se fera en une quantité maximale de 150 000 m³/jour.

Compte tenu de la situation géographique du Port aux Poules et des projets de renforcement des ressources futures mentionnés plus haut, le point raisonnable de raccordement aux réseaux existants est le bac de répartition de Gambetta constituant la base de distribution du réseau est. (Fig. 8-1)

Avant la réalisation de l'adduction d'eau dessalée, il faut bien examiner l'équilibre massique hydrique entre les deux réseaux est et ouest, la qualité d'eau et les installations de distribution en aval du point de raccordement.

1) **Equilibre massique hydrique entre les réseaux est et ouest:**

Voici la description sommaire de l'équilibre massique hydrique entre les réseaux est et ouest dans le cas où le débit du dessalement, soit 150 000 m³/jour, est amené exclusivement au réseau est.

Le réseau ouest dispose, après la réalisation de l'adduction Tafna, d'une alimentation de 82 000 m³/jour de Beni-Bahdel + 230 000 m³/jour de Tafna, soit au total de 312 000 m³/jour. Quant au réseau est, l'alimentation disponible est de 59 000 m³/jour de Fergoug + 150 000 m³/jour d'eau dessalée, soit au total de 209 000 m³/jour. Le rapport massique de l'est à l'ouest est de 2 contre 3. Ce chiffre est jugé raisonnable vu le plan d'alimentation future de l'agglomération oranaise.

Il y a une alternative de raccordement de l'eau dessalée à un point intermédiaire entre le terminal B.C.8 et le bac de répartition de Gambetta. Cette alternative doit faire l'objet d'une étude séparée en corrélation avec le plan d'ensemble sur l'alimentation future de l'agglomération oranaise.

2) **Qualité d'eau des réseaux est et ouest:**

L'eau des ressources existantes présente une TDS relativement élevée pour les deux réseaux. Il est désirable que l'eau à TDS moins élevée, offerte par le dessalement, soit partagée entre le bac de répartition de Gambetta du réseau est et le terminal B.C.8 du réseau ouest, dans la mesure du possible.

A cet effet, il faut étudier les installations de distribution en aval du point de raccordement.

3) **Installations de distribution en aval du point de raccordement:**

Le planning des installations de distribution en aval du point de raccordement doit étudier les matières suivantes:

- 1° – Doses de l'eau dessalée et de l'eau des ressources existantes, mélangées au bac de répartition de Gambetta;
- 2° – Transport de l'eau dessalée au réseau ouest;
- 3° – Augmentation de capacité nécessaire à la conduite de distribution partant du bac de répartition ou du terminal B.C.8;
- 4° – Augmentation de capacité de réglage nécessaire au bac de répartition ou au terminal B.C.8.

L'étude pratique en ces matières n'entre pas dans l'étendue de la présente F/S, car il est préférable qu'elle soit menée séparément par les autorités algériennes en la confrontant avec le plan d'alimentation future de l'agglomération oranaise.

8.2 Acheminement de la conduite d'adduction

Pour amener l'eau dessalée au bac de répartition de Gambetta à partir des réservoirs d'eau pure dans l'enceinte de l'Unité se trouvant au Port aux Poules, il faut poser la conduite d'adduction sur des terrains relativement plats, en évitant les zones urbaines et le bord des grandes routes de forte circulation. La nécessité en vient des raisons économique et géographique. Pour diminuer le nombre de croisement avec les grandes routes principales, la conduite doit être enterrée le long du sentier dans la terre cultivée au sud de la Nationale 11. La présente F/S n'a pas effectué l'étude des ouvrages enterrés existants, la détermination de résistivité spécifique du sol et la reconnaissance du sol le long de l'itinéraire prévu pour la conduite. Il est donc difficile de tracer celui-ci en détail. Le chemin indiqué sur la Fig. 8-2 représente un tracé jugé le plus économique d'après les cartes et les résultats de l'exploration effectuée sur certains terrains. A la phase de réalisation du Projet, il faut nécessairement effectuer l'étude et reconnaissance ci-dessus mentionnées pour déterminer le tracé optimal.

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

Débit	: 150 000 m ³ /jour (6 250 m ³ /h)
Diamètre	: 1 200 mm
Matériau	: Tube d'acier revêtu de goudron/époxydes
Longueur totale	: 40 km
Vitesse d'écoulement	: 1,54 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 est élevée, étant donné que l'adduction au bac de répartition de Gambetta doit passer les collines à environ 200 m d'altitude à partir du Port aux Poules à environ 10 m d'altitude. Compte tenu des facteurs ci-dessus, les spécifications de la pompe ont été déterminées comme suit:

Type	: pompe à volute à deux ouïes
Diamètre de l'orifice	: Aspiration ϕ 400 mm Refoulement ϕ 250 mm
Débit	: 20, 83 m ³ /mn
Hauteur totale d'élévation	: 350 m
Puissance du moteur	: 1 600 kW
Nombre	: 5 de service normal 1 de réserve

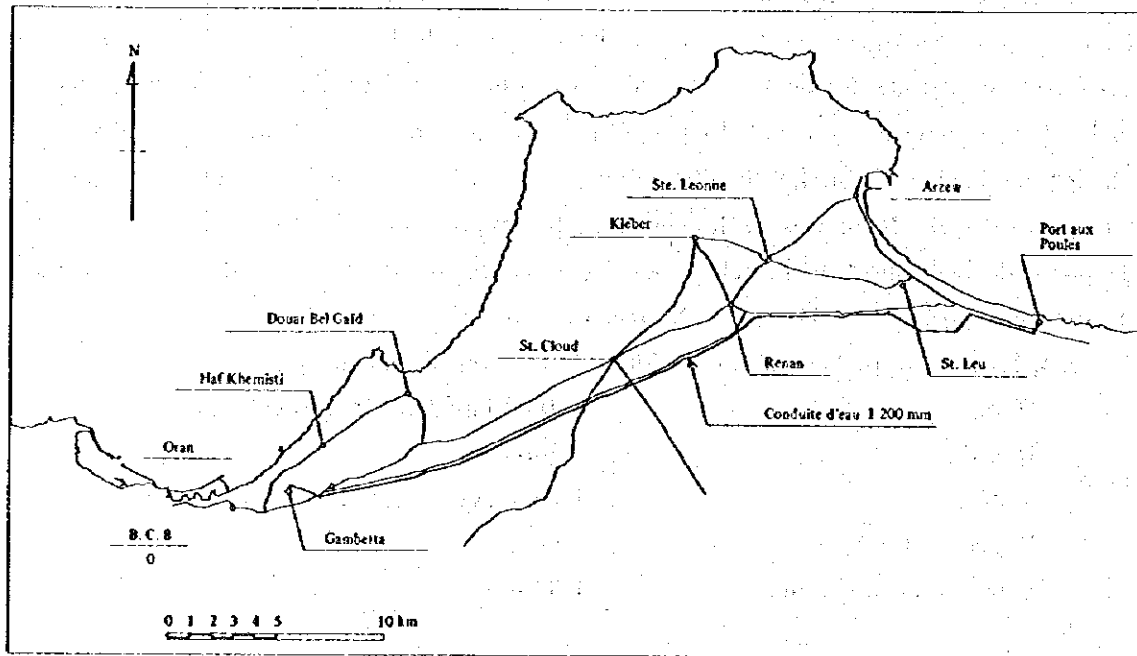


Fig. 8-2 Acheminement de la conduite d'adduction

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 l'agglomération oranaise (ci-après désigné le Projet), on 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 297 255 000 dollars US pour le MSF, à 272 070 000 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 au début de 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	232 460	34 175	266 635
Frais avant le démarrage	2 502	3 868	6 370
Fonds de roulement préliminaires	7 019	492	7 511
Intérêt durant construction	16 739	—	16 739
Somme de fonds nécessaires	258 720	38 535	297 255

Procédé RO

(en mille dollars US)

Poste	Part en devise	Part en DA	Total
Frais de construction de l'Unité	210 630	37 294	247 924
Frais avant le démarrage	1 493	2 388	3 881
Fonds de roulement préliminaires	6 458	625	7 083
Intérêt durant construction	13 182	—	13 182
Somme de fonds nécessaires	231 763	40 307	272 070

- 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'acquisition, la gestion pendant les travaux et les frais directement liés à ces services.

(2) Installations de procédé

Ce sont les équipements principaux de l'Unité de dessalement, la conduite auxiliaire, 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	15 450	2 000	13 590	2 000
Installations de procédé	121 110	62 480	84 030	55 280
Bâtiment et génie civil	23 990	58 750	45 490	79 560
Installations auxiliaires	50 780	25 900	48 370	25 900
(1) Prise et rejet d'eau	(11 120)	(2 500)	(8 710)	(2 500)
(2) Adduction de l'eau produite	(39 660)	(23 400)	(39 660)	(23 400)
Frais de réserve	21 130	14 910	19 150	16 270
Total	232 460	164 040	210 630	179 010

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 au début de 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 la direction du Projet.

(3) Frais de personnel

Les ingénieurs et les opérateurs sont embauchés au fur et à mesure pour s'occuper de la conception, réalisation, marche d'essai, etc. Les frais comprennent leurs salaires avec primes et les charges relatives aux avantages sociaux.

(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 d'essai

On estime d'abord les charges de services généraux, produits chimiques et divers à prévoir pendant l'essai qui précède le démarrage ainsi que les rémunérations des superviseurs affectés à ce titre. Les frais d'essai sont donnés en prélevant sur le total de ces charges les recettes sur les ventes de l'eau produite pendant l'essai. Les recettes ont été estimées compte tenu du taux d'exploitation pendant l'essai, système tarifaire de la ville d'Oran, taux de mise en valeur, 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	786	916
Frais de personnel	—	609	609
Coût de formation	589	131	720
Frais d'essai	1 353	2 272	3 625
Total	2 502	3 868	6 370

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	732	862
Frais de personnel	—	468	468
Coût de formation	478	102	580
Frais d'essai	455	1 016	1 471
Total	1 493	2 388	3 881

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.

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

Par ailleurs, les fonds relatifs aux pièces de rechange pour les équipements principaux de l'Unité et aux membranes de réserve 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 33 mois pour le procédé MSF et de 30 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	65 532	161 511	39 592
Frais avant le démarrage	869	876	4 625
Fonds de roulement préliminaires	-	-	7 511
Intérêt durant construction	-	3 719	13 020
Total	66 401	166 106	64 748

-Procédé RO

(en mille dollars US)

Poste	Année		
	-3 (1984-1985)	-2 (1985-1986)	-1 (1986-1987)
Frais de construction	39 028	152 773	56 123
Frais avant le démarrage	798	733	2 350
Fonds de roulement préliminaires	-	-	7 083
Intérêt durant construction	-	2 230	10 952
Total	39 826	155 736	76 508

9.2 Frais d'exploitation

Maintenant les frais à compter pour l'exploitation de l'Unité sont décrits et estimés. Ce qui suit est une liste de postes à prévoir.

(1) Frais variables

Combustible

Electricité

Produits chimiques

(2) Frais fixes

Frais de personnel

Frais de gestion

Frais d'entretien

Impôt foncier, 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 indiqués dans les tableaux 9-5 et 9-6 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	—	11 069	—	—
Electricité	—	613	—	10 168
Chlorure ferrique	—	—	514	—
Acide sulfurique	—	—	—	725
Chaux éteinte	—	—	—	106
Coagulant	—	—	—	—
Détergent	—	—	258	—
Inhibiteur d'entartrage	—	—	8	71
Agent antimousse	2 257	—	—	—
Calcaire	42	—	—	—
Soude calcinée	—	149	—	—
Sous-total	2 323	11 831	780	11 070
Total		14 154		11 850

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	--	446	--	324
Frais de gestion	57	273	57	273
Frais d'entretien	4,696	990	6,310	990
Impôt foncier, prime d'assurance	--	2,666	--	2,479
Sous-total	4,753	4,375	6,367	4,066
Total		9,128		10,433

9.2.1 Frais variables

Il s'agit de frais d'achat de combustible, électricité, produits chimiques nécessaires à l'exploitation de l'Unité. Leur consommation unitaire et prix unitaire qui sont décrits dans le chapitre 5 se montrent globalement au 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 ³)
Gaz combustibles (L.C.)	9,36 Nm ³ /m ³	2,389 US\$/Nm ³	22,361
Electricité (L.C.)	0,36 kWh/m ³	3,438 US\$/kWh	1,238
Inhibiteur d'entartrage (F.C.)	0,01166 kg/m ³	391,3 US\$/kg	4,563
Agent antimousse (F.C.)	0,1944 g/m ³	0,4348 US\$/g	0,085
Calcaire (F.C.)	0,060 kg/m ³	5,000 US\$/kg	0,300
Soude calcinée (L.C.)	1,50 g/m ³	0,0318 US\$/g	0,048
Total	--	--	28,595

- Procédé RO

Utilités/produits chimiques		Consommation	Prix unitaire		Coût (en US\$/m ³)
Electricité	(L.C.)	5,975 kWh/m ³	3,434	US\$/kWh	20,542
Chlorure ferrique	(F.C.)	0,0332 kg/m ³	31,30	US\$/kg	1,039
Acide sulfurique	(L.C.)	0,1714 kg/m ³	8,542	US\$/kg	1,464
Chaux éteinte	(L.C.)	0,0260 kg/m ³	8,177	US\$/kg	0,213
Coagulant	(F.C.)	0,266 g/m ³	1,957	US\$/g	0,521
Acide citrique	(L.C.)	1,2121 g/m ³	0,1181	US\$/g	0,143
Ammoniac	(F.C.)	0,3636 g/m ³	0,0478	US\$/g	0,017
Total		-	-		23,939

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 chapitre 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	8	95	108
III	Opérateur	2 700 DA/mois	52	32	351	216
	Personnel d'ingénierie Personnel d'entretien					
Total			59	40	446	324

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 de bien-être, les charges sociales et les primes. Les autres 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 4000 DA/mois	1	14
	III	Employé de bureau Gardien	2 7000 DA/mois	9	61
	Sous-total			14	165
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.				165
Total					330

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 dégâts est compté pour 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 47,04 cents US (MSF) et de 45,02 cents US (RO) par mètre cube de l'eau produite.

La conduite actuelle de l'Unité nécessite les frais relatifs à l'amortissement, acquittement des intérêts d'emprunts, impôts et taxes en dehors des frais cités plus haut tels que frais variables et fixes qui sont directement liés à l'exploitation. Le coût général de revient de l'eau qui en tient compte 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 ³ (en cents US)
Frais variables	14 154	28,60
Frais fixes	9 128	18,44
Total	23 282	47,04

- Procédé RO

Poste	Coût annuel (en mille dollars US)	Coût par m ³ (en cents US)
Frais variables	11 850	23,94
Frais fixes	10 433	21,08
Total	22 283	45,02

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 d'améliorer l'aspect hygiénique et social de la vie de la population ainsi que de faire disparaître la pénurie aggravante en eau. 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 le 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 comprendre 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 profits et pertes à partir des frais généraux (dépenses d'investissement et d'exploitation, etc.) et des recettes sur les ventes, ce qui permet de donner le compte de profits et pertes 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 octobre 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 septembre 1984 à septembre 1987 (3 ans)

Période d'exploitation : d'octobre 1987 à septembre 2002 (15 ans)

(RO)

Période avant exploitation : de septembre 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, la figure 10-1 montre le calendrier général qui donne les années nominales nécessaires à l'analyse financière. Bien qu'en cas de MSF la période qui précède la passation du contrat et la mise en exploitation soit dans l'ensemble de 3 ans et un mois, les dépenses faibles entraînées par un premier mois sont prises en compte dans la (-) troisième année. L'analyse se basera donc sur la période de 3 ans avant exploitation.

Procédé MSF

Item \ Année	1984	1985	1986	1987	1988	1989 - 2002
Soumission & Evaluation	oo					
Etude & Construction		Passation du contrat Etudes & construction				
Exploitation				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	oo					
Etude & Construction		Passation du contrat Etudes & construction				
Exploitation				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 : 150 000 m³/jour
- Procédé MSF : 30 000 m³/jour X 5 unités
- Procédé RO : 15 000 m³/jour X 10 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 Impôts et taxes

Les impôts 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) Impôts sur les sociétés

Le taux est de 60 % des revenus imposables.

(2) Impôts sur les recettes

Pour une entreprise des eaux, le taux applicable à son chiffre d'affaires est réduit à 60 % du taux imposé généralement de 2,55 %. 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 prévoir avant le démarrage

Pièces de rechange : quantité suffisante pour 2 ans d'exploitation (environ 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 à Oran, 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 sources existantes ou barrages.

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 de ces données 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 Programme commercial

Item	Valeur
Capacité nominale de l'Unité	150 000 m ³ /jour
Taux d'exploitation	100 %
Nombre de jours ouvrables	330 jours
Production	49 500 x 10 ³ m ³ /an
Taux de rendement	70 %
Ventes	34 650 x 10 ³ m ³ /an
Tarif de l'eau	en moyenne 0,75 DA/m ³
Recettes	5 414 x 10 ³ 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'EPEOR 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/m³ (petit consommateur) et de 0,90 DA/m³ (gros consommateur). Le prix moyen, cependant, revient à peu près à 0,75 DA/m³ 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

(US\$1 000)

Item	Procédé	MSF	RO
	Frais de construction de l'Unité		266 635
Installations de procédé		(164 989)	(120 509)
Bâtiment et génie civil		(39 852)	(68 271)
Installations annexes		(61 794)	(59 144)
Frais avant le démarrage		6 370	3 881
Fonds de roulement préliminaires		7 511	7 083
Intérêt durant construction		16 739	13 182
Total		297 255	272 070

(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

(US\$1 000)

Item	Année	-3	-2	-1
		(1984 - 1985)	(1985 - 1986)	(1986 - 1987)
Frais de construction de l'Unité		65 532	161 511	39 592
Installations de procédé		(37 158)	(101 493)	(26 338)
Bâtiment et génie civil		(12 629)	(23 238)	(3 985)
Installations annexes		(15 745)	(36 780)	(9 269)
Frais avant le démarrage		869	876	4 625
Fonds de roulement préliminaires		-	-	7 511
Intérêt durant construction		-	3 719	13 020
Total		66 401	166 106	64 748

Procédé RO

(US\$1 000)

Item	Année	-3	-2	-1
		(1984 - 1985)	(1985 - 1986)	(1986 - 1987)
Frais de construction de l'Unité		39 028	152 773	56 123
Installations de procédé		(13 546)	(78 741)	(28 222)
Bâtiment et génie civil		(13 654)	(39 139)	(15 478)
Installations annexes		(11 828)	(34 893)	(13 423)
Frais avant le démarrage		798	733	2 350
Fonds de roulement préliminaires		-	-	7 083
Intérêt durant construction		-	2 230	10 952
Total		39 826	155 736	76 508

10.4.3 Frais d'exploitation

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

Tableau 10-4 Sommaire des frais d'exploitation

(US\$1 000)

Item	Procédé	MSF		RO	
		F.C.	L.C.	F.C.	L.C.
Frais variables					
Gaz naturel		-	11 069	-	-
Électricité		-	613	-	10 168
Produits chimiques		2 323	149	780	902
Sous-total		2 323	11 831	780	11 070
Frais fixes					
Frais de personnel		-	446	-	324
Frais de gestion		57	273	57	273
Frais d'entretien		4 696	990	6 310	990
Impôt foncier, prime d'assurance		-	2 666	-	2 479
Sous-total		4 753	4 375	6 367	4 066
Total		7 076	16 206	7 147	15 136
Frais généraux d'exploitation		23 282		22 283	

(Note) F.C.: Monnaie étrangère

L.C.: Monnaie locale

10.5 Mode d'analyse financière

Voici le mode d'analyse et les comptes financiers résultant de l'analyse.

10.5.1 Définition du critère de rentabilité

L'analyse financière a pour but d'établir les indices financiers par la méthode DCF dans les conditions et hypothèses mentionnées jusqu'ici. Vu la particularité signalée plus haut du Projet, notre orientation consiste à définir le montant de subvention nécessaire après avoir retenu à 0,0 % le taux de rentabilité intérieur aux fonds propres (IRROE).

10.5.2 Formule de calcul (valeur retenue de IRROE et montant de subvention)

Les capitaux investis au Projet comprennent les fonds propres (du gouvernement algérien) et les emprunts. Le montant de subvention se détermine donc d'après la formule basée sur le taux IRROE qui traduit les conditions particulières au Projet de financement.

$$\sum_{i=1}^n \frac{(\text{CFE})^i}{(1+R)^{i-1}} + \frac{W}{(1+R)^{n-1}} = 0$$

Ici, CFE (Cash Flow Element) qui signifie le "Cashflow" de chaque année fiscale, se compose de facteurs suivants:

- (CFE) = (–) fonds propres
- (+) recettes sur les ventes
- (–) frais d'exploitation
- (–) charge financière (remboursement de principal et d'intérêt)
- (–) impôts sur les revenus
- (+) subvention nécessaire

Les autres signes dans la formule représentent les suivants:

- R : taux de rentabilité intérieur
- i : i-ème année fiscale y compris la période de réalisation
- n : période pour l'évaluation de la rentabilité (n = 18 ans)
- W : récupération de fonds de roulement et de la valeur restante

10.5.3 Comptes financiers

Les résultats de l'analyse qui se trouvent en détail en Annexe II (Données de sortie d'ordinateur) comprennent les états suivants:

- Résultat d'estimation/conditions préalables
- Compte de profits et pertes
- Compte de "Cashflow"
- Bilan
- Bordereau de fonds de roulement
- Frais d'exploitation détaillés
- Principaux indices financiers

10.6 Résultats de l'analyse financière

L'analyse s'est effectuée pour les procédés MSF et RO compte tenu des conditions préalables citées plus haut. Ce qui suit est l'ensemble des résultats relevés sur le cas de base (IRROE = 0,0 %).

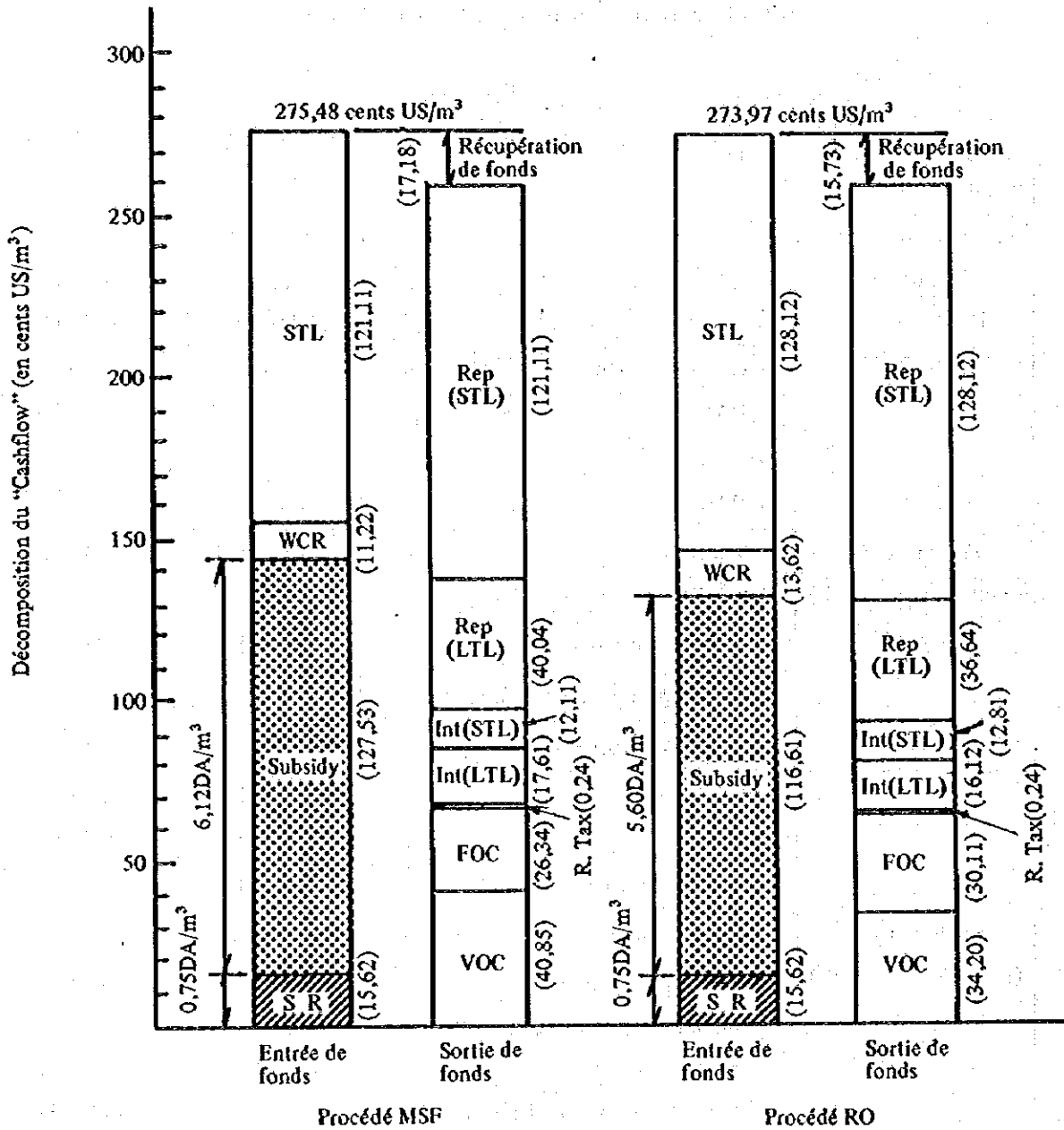
10.6.1 Sommaire de résultats

Le tableau 10-5 et la figure 10-2 résument les résultats de l'analyse relative au cas de base pour les procédés MSF et RO. Ils mettent en relief la situation financière du Projet dans laquelle le bénéfice n'entre pas dans le compte et les fonds récupérés correspondent aux capitaux investis, ceci dans le but de minimiser le montant de subvention. En d'autres termes, c'est par les subventions et emprunts à court terme que le Projet arrive tout juste à combler le déficit financier. Dans le cas présent, chercher à accroître la rentabilité signifie d'augmenter la subvention et cela n'est pas autre chose que de transférer les fonds dans l'Etat algérien. Il est donc plus important de parler du montant défini de subvention plutôt que de parler de la situation financière analysée sous l'hypothèse de subvention minimum. Le montant minimum requis à la conduite du Projet est de 6,12 DA/m³ pour le MSF et de 5,60 DA/m³ pour le RO.

Tableau 10-5 Sommaire de l'analyse financière

(en mille dollars US)

Item		Procédé MSF	Procédé RO
Capitaux investis		297 255	272 070
Financement:			
Fonds propres		89 177	81 621
Dettes		208 078	190 449
Entrée de fonds (en moyenne annuelle)	Recettes sur les ventes (en DA/m ³)	5 414 (0,75)	5 414 (0,75)
	Subvention nécessaire (en DA/m ³)	44 188 (6,12)	40 405 (5,60)
	Sous-total (Prix de l'eau produite en DA/m ³)	49 602 (6,87)	45 819 (6,35)
	Emprunt à court terme	41 964	44 395
	Récupération de fonds de roulement, etc.	3 889	4 719
	Entrée totale de fonds	95 455	94 933
Sortie de fonds (en moyenne annuelle)	Frais variables	14 154	11 850
	Frais fixes	9 128	10 433
	Impôt sur les recettes	83	83
	Impôt sur les sociétés	0	0
	Remboursement de dettes:	66 135	67 117
	Emprunt à long terme (principal)	(13 872)	(12 697)
	Emprunt à long terme (intérêt)	(6 104)	(5 586)
	Emprunt à court terme (principal)	(41 964)	(44 395)
Emprunt à court terme (intérêt)	(4 196)	(4 439)	
Sortie totale de fonds	89 501	89 483	
"Cashflow" (en moyenne annuelle)		5 954	5 450
"Cashflow" (en total pendant le projet)		89 319	81 750
Taux de rentabilité intérieur aux fonds propres (IRROE)		0,00%	0,00%
Récupération des capitaux investis dans:		15,0 ans	15,0 ans



Légende:

- | | | | |
|---------|--|-----------|--|
| SR | : Recettes sur les ventes | R. Tax | : Impôt sur les revenus |
| Subsidy | : Subventions nécessaires | Int (LTL) | : Intérêt (Emprunt à long terme) |
| WCR | : Récupération de fonds de roulement, etc. | Int (STL) | : Intérêt (Emprunt à court terme) |
| STL | : Emprunts à court terme | Rep (LTL) | : Remboursement de principal (Emprunt à long terme) |
| VOC | : Frais variables | Rep (STL) | : Remboursement de principal (Emprunt à court terme) |
| FOC | : Frais fixes | | |

Fig. 10-2 Sommaire de l'analyse financière
(Décomposition du "Cashflow")

10.6.2 Analyse du coût de production d'eau

(1) Coût de revient

Le coût de revient correspond à la somme de frais d'exploitation, amortissement et intérêt d'emprunt (hors l'impôt sur les recettes). Le tableau 10-6 le montre par m³ de la production brute selon l'année fiscale d'exploitation. Le coût unitaire moyen relevé est de 100,02 cents US/m³ (4,80 DA/m³) pour le MSF et de 92,38 cents US/m³ (4,43 DA/m³) pour le RO.

Tableau 10-6 Coût de revient de l'eau produite
(hors l'impôt sur les recettes)

- Procédé MSF

(en mille dollars US)

Année	Décomposition du coût de revient			Coût de revient	
	Frais d'exploitation	Frais d'amortissement	Charge financière	Montant annuel	Coût par m ³ (en cents US)
1	23 282	19 009	16 646	58 937	119,06
2	23 282	19 009	16 103	58 394	117,97
3	23 282	19 009	15 506	57 797	116,76
4	23 282	19 009	14 849	57 140	115,43
5	23 282	19 009	14 126	56 417	113,97
6	23 282	14 387	13 331	51 000	103,03
7	23 282	14 387	12 457	50 126	101,26
8	23 282	14 387	11 495	49 164	99,32
9	23 282	14 387	10 437	48 106	97,18
10	23 282	14 387	9 273	46 942	94,83
11	23 282	14 387	7 993	45 662	92,25
12	23 282	14 387	6 168	43 837	88,56
13	23 282	14 387	4 161	41 830	84,51
14	23 282	14 387	1 954	39 623	80,05
15	23 282	14 387	0	37 669	76,10
Valeur moyenne	23 282	15 928	10 300	49 510	100,02

(en mille dollars US)

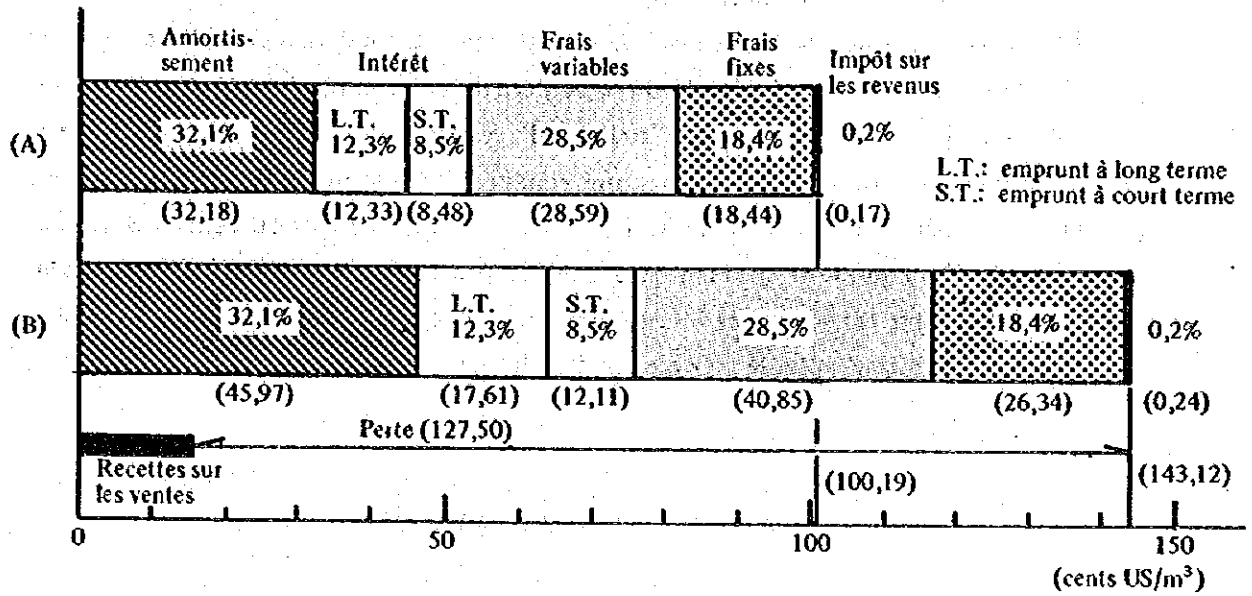
Année	Décomposition du coût de revient			Coût de revient	
	Frais d'exploitation	Frais d'amortissement	Charge financière	Montant annuel	Coût par m ³ (en cents US)
1	22 283	15 694	15 236	53 213	107,50
2	22 283	15 694	14 795	52 772	106,61
3	22 283	15 694	14 310	52 287	105,63
4	22 283	15 694	13 777	51 754	104,55
5	22 283	15 694	13 190	51 167	103,37
6	22 283	12 281	12 545	47 109	95,17
7	22 283	12 281	11 835	46 399	93,74
8	22 283	12 281	11 054	45 618	92,16
9	22 283	12 281	10 195	44 759	90,42
10	22 283	12 281	9 250	43 814	88,51
11	22 283	12 281	8 210	42 774	86,41
12	22 283	12 281	6 686	41 250	83,33
13	22 283	12 281	5 009	39 573	79,95
14	22 283	12 281	3 165	37 729	76,22
15	22 283	12 281	1 136	35 700	72,12
Valeur moyenne	22 283	13 419	10 026	45 728	92,39

(2) Eléments constitutifs du coût de revient

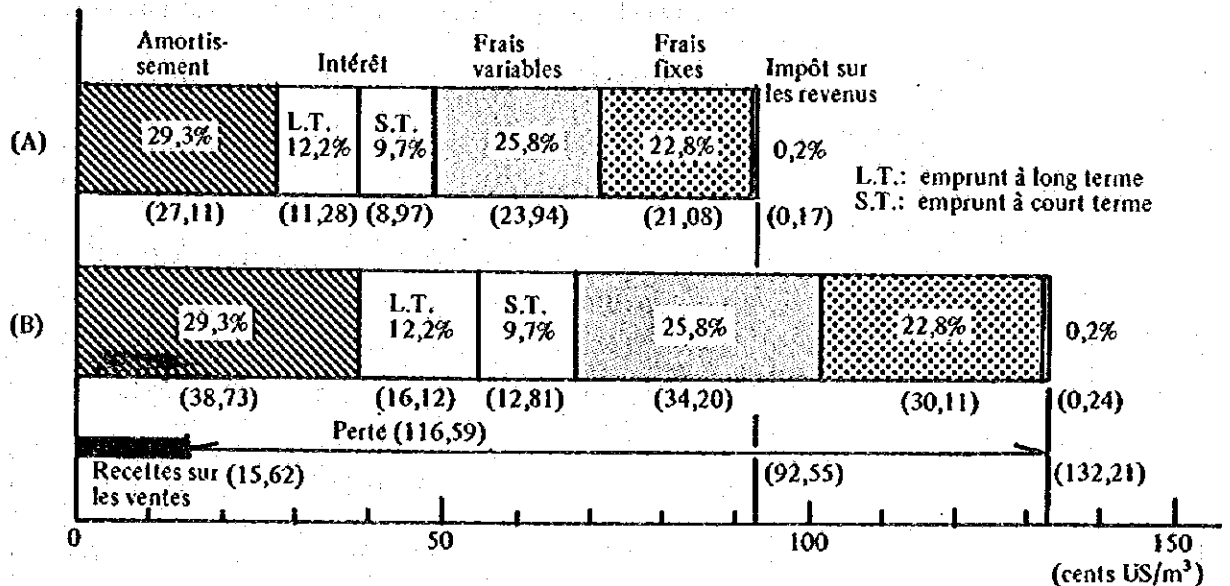
C'est le réseau actuel de distribution qui permettra à l'eau produite du Projet d'atteindre les consommateurs. Il est donc nécessaire de prendre en considération le taux de fuite et l'efficacité dans la perception de tarifs dans le réseau existant afin d'estimer les recettes sur les ventes. Comme la présente F/S retient le taux de rendement à 70 % (voir plus haut), le prix unitaire de l'eau mise en valeur devient considérablement plus élevé que le coût de revient précédemment défini. Par ailleurs, les ventes de l'eau produite sont frappées de l'impôt sur les recettes qui fera donc partie du coût de production.

La figure 10-3 décompose le coût de revient et le coût unitaire de l'eau mise en valeur (y compris l'impôt sur les recettes). Elle montre d'une part le bordereau des frais constituant le coût de production et d'autre part, le fait que la perception de tarifs ne suffit pas à elle seule pour éviter une perte importante. La perte sur les ventes par unité de l'eau mise en valeur est de 127,50 cents US/m³ pour le MSF et de 116,59 cents US/m³ pour le RO.

Procédé MSF



Procédé RO



Nota A : coût de revient sur la production globale
 Nota B : coût de revient sur le volume de vente

Fig. 10-3 Décomposition du coût da revient (Cas de base)

(3) Coût de production et bilan financier

Les tarifs perçus ne pouvant couvrir le coût de revient, un déficit considérable semble inévitable. Le manque de fonds dû à ce déficit sera complété par les subventions, emprunts à court terme, fonds de roulement récupérés au cours de la dernière année du Projet, etc. Le tableau 10-7 montre comment l'équilibre financier sera retrouvé contre ce déficit prévu. Pour le MSF, malgré le déficit de 127,50 cents US/m³ par unité de l'eau produite, le bilan sera quelque peu excédentaire grâce à subvention, etc., et on finit par récupérer 89 319 000 dollars US, équivalent de capitaux investis. Il en est de même pour le RO qui, malgré le déficit de 116,59 cents US/m³, verra retourner 81 750 000 dollars US.

Tableau 10-7 Bilan financier pendant l'exploitation

Procédé MSF

Poste		"Cashflow"		
		Pour tout Projet (en mille dollars US)	Moyenne annuelle (en mille dollars US)	"Cashflow" (en cents US/m ³)
Sortie de fonds	Fonds entraînés par l'exploitation	(-) 423 758	(-) 28 251	(-) 81,53
	(Profit après impôt)	(- 662 679)	(- 44 179)	(- 127,50)
	(Amortissement)	(+ 238 921)	(+ 15 928)	(+ 45,97)
	Remboursement du principal d'emprunts	(-) 837 536	(-) 55 836	(-) 161,15
	(Emprunt à long terme)	(- 208 079)	(- 13 872)	(- 40,04)
	(Emprunt à court terme)	(- 629 457)	(- 41 964)	(- 121,11)
	Total	(-) 1 261 294	(-) 84 087	(-) 242,68
Entrée de fonds	Subventions	(+) 662 822	(+) 44 188	(+) 127,53
	Emprunt à court terme	(+) 629 457	(+) 41 964	(+) 121,11
	Récupération de fonds de roulement, etc.	(+) 58 334	(+) 3 889	(+) 11,22
	Total	(+) 1 350 613	(+) 90 041	(+) 259,86
	Bilan financier	(+) 89 319	(+) 5 954	(+) 17,18

Procédé RO

Poste		"Cashflow"		
		Pour tout Projet (en mille dollars US)	Moyenne annuelle (en mille dollars US)	"Cashflow" (en cents US/m ³)
Sortie de fonds	Fonds entraînés par l'exploitation	(-) 404 660	(-) 26 977	(-) 77,86
	(Profit après impôt)	(- 605 939)	(- 40 396)	(- 116,59)
	(Amortissement)	(+ 201 279)	(+ 13 419)	(+ 38,73)
	Remboursement du principal d'emprunts	(-) 856 374	(-) 57 092	(-) 164,76
	(Emprunt à long terme)	(- 190 449)	(- 12 697)	(- 36,64)
	(Emprunt à court terme)	(- 665 925)	(- 44 395)	(- 128,12)
Total		(-) 1 261 034	(-) 84 069	(-) 242,62
Entrée de fonds	Subventions	(+) 606 069	(+) 40 405	(+) 116,61
	Emprunt à court terme	(+) 665 925	(+) 44 395	(+) 128,12
	Récupération de fonds de roulement, etc.	(+) 70 790	(+) 4 719	(+) 13,62
	Total	(+) 1 342 784	(+) 89 519	(+) 258,35
Bilan financier		(+) 81 750	(+) 5 450	(+) 15,73

10.6.3 Principaux indices financiers

C'est dans le tableau 10-8 que sont indiqués les principaux indices financiers des années fiscales d'exploitation pour les deux procédés. Ils sont définis d'après les formules suivantes:

- (1) Taux de bénéfice sur les fonds propres

$$\frac{\text{Bénéfice après impôt}}{\text{Fonds propres investis avant exploitation}} \times 100$$

- (2) Ratio de recouvrement d'emprunts

$$\frac{\text{Bénéfice après impôt} + \text{Subvention} + \text{Amortissement} + \text{Intérêt}}{\text{Remboursement de principal} + \text{Intérêt}}$$

- (3) Seuil de rentabilité = tarif de l'eau

$$\frac{V + f}{Q(1 - Tr)}$$

- (4) Seuil de suffisance de fonds - tarif de l'eau

$$\left(V + f + \frac{R - D}{1 - g} \right) \times \frac{1}{Q(1 - Tr)}$$

- où, f : frais fixes + amortissement + intérêt
 V : frais variables à chaque année fiscale
 R : remboursement de principal d'emprunt à long terme
 D : amortissement
 Q : volume de vente à chaque année fiscale
 Tr : taux d'impôt (impôt sur les recettes)
 g : taux d'impôt (impôt sur les revenus des personnes juridiques)

Tableau 10-8 Principaux indices financiers

Procédé MSF

Année	Taux de bénéfice sur fonds propres (%)	Ratio de recouvrement d'emprunts	Seuil de rentabilité (*)	Seuil de suffisance de fonds (*)
1	-60,11	0,70	172,7	185,9
2	-59,50	0,55	167,9	181,0
3	-58,83	0,45	163,0	176,2
4	-58,10	0,39	158,1	171,3
5	-57,29	0,34	153,2	166,4
6	-51,21	0,31	134,8	181,8
7	-50,23	0,29	129,9	177,0
8	-49,15	0,27	125,0	172,1
9	-47,97	0,26	120,2	167,2
10	-46,66	0,25	115,3	162,3
11	-45,23	0,30	110,4	68,2
12	-43,18	0,39	110,4	68,2
13	-40,93	0,57	110,4	68,2
14	-38,45	1,22	110,4	68,2
15	-36,26	-	110,4	68,2
Moyenne annuelle	-49,54	0,42	132,8 (6,37)	138,8 (6,66)

(*) Tarif de l'eau en cents US/m³

Procédé RO

Année	Taux de bénéfice sur fonds propres (%)	Ratio de recouvrement d'emprunts	Seuil de rentabilité (*)	Seuil de suffisance de fonds (*)
1	-58,66	0,68	156,0	180,5
2	-58,12	0,53	151,5	176,1
3	-57,53	0,43	147,0	171,6
4	-56,87	0,37	142,6	167,1
5	-56,16	0,32	138,1	162,7
6	-51,18	0,29	123,6	173,2
7	-50,31	0,27	119,2	168,2
8	-49,36	0,25	114,7	164,3
9	-48,30	0,23	110,2	159,8
10	-47,15	0,22	105,8	155,3
11	-45,87	0,26	101,3	65,3
12	-44,01	0,32	101,3	65,3
13	-41,95	0,43	101,3	65,3
14	-39,69	0,67	101,3	65,3
15	-37,21	1,88	101,3	65,3
Moyenne annuelle	-49,49	0,48	121,0 (5,81)	133,7 (6,42)

(*) Tarif de l'eau en cents US/m³

10.7 Analyse de sensibilité

Il s'agit d'étudier l'impact sur la rentabilité du Projet (le montant de subvention) de la variation des conditions par rapport au cas de base qui a fait l'objet de l'analyse financière.

(1) Définition des facteurs de variation (paramètres)

Nous avons défini comme suit les conditions (paramètres) et les valeurs relatives à la variation:

1) Rentabilité du Projet (IRR)

Contre 0,0 %, valeur retenue dans le cas de base, le taux IRROE est ici de 5,0 et 10,0 %.

2) Frais de construction de l'Unité

Variation de ± 20 % par rapport au cas de base

3) Taux d'exploitation

Contre 100 % dans le cas de base, il est, dans tout le Projet, de - 5 % et - 10 % (taux d'exploitation de 95 % et 90 %).

4) Intérêt de l'emprunt à long terme

Variation de ± 2,0 points par rapport à 8,0 % dans le cas de base

5) Rapport des emprunts aux fonds propres

Variation de ± 10 points (80/20 et 60/40) contre 70/30

(2) Résultats de l'analyse de sensibilité

Le prix de l'eau produite se définit de la somme de tarifs perçus et de subventions. L'impact sur ce prix des variations de paramètres indiqués ci-dessus est montré dans les tableaux 10-9, 10-10 et figures 10-4, 10-5.

Tableau 10-9 Sommaire de l'analyse de sensibilité

-Procédé MSF

Variation de facteurs financiers	Prix de l'eau produite			Total (en cents US/m ³)	Subventions introduites (en mille dollars US)		Emprunts introduits à court terme (en mille dollars US)		Fonds récupérés (en mille dollars US)
	Tarif de l'eau DA/m ³	Subvention DA/m ³	DA/m ³		Moyenne annuelle	Pour tout Projet	Moyenne annuelle	Pour tout Projet	
Cas de base	0,75	6,12	6,87	(143,15)					89 319
IRROE									
• 5,0%	0,75	6,63	7,38	(153,73)	47 854	717 809	15 370	230 549	184 197
• 10,0%	0,75	7,52	8,27	(172,51)	54 292	814 373	119	1 786	303 638
Frais de construction de l'Unité									
• -20%	0,75	5,18	5,93	(123,53)	37 392	560 881	33 656	504 846	71 834
• +20%	0,75	7,06	7,81	(162,76)	50 985	764 778	50 307	754 607	106 803
Taux d'exploitation de l'Unité									
• - 5% (95%)	0,75	6,38	7,13	(148,53)	43 750	656 254	41 986	629 784	89 335
• -10% (90%)	0,75	6,67	7,42	(154,51)	43 312	649 687	42 007	630 112	89 351
Intérêt d'emprunt à long terme									
• 6% P.A.	0,75	5,78	6,53	(136,01)	41 714	625 706	35 947	599 202	88 049
• 10% P.A.	0,75	6,47	7,22	(150,47)	46 725	700 824	48 147	722 209	90 595
Rapport d'emprunts aux fonds propres									
• 80/20	0,75	6,52	7,27	(151,53)	47 094	706 404	60 144	902 162	60 032
• 60/40	0,75	5,74	6,49	(135,26)	41 455	621 830	25 364	380 463	118 119

Tableau 10-10 Sommaire de l'analyse de sensibilité

-Procédé RO

Variation de facteurs financiers	Prix de l'eau produite			Subventions introduites (en mille dollars US)		Emprunts introduits à court terme (en mille dollars US)		Fonds récupérés (en mille dollars US)
	Tarif de l'eau DA/m ³	Subvention DA/m ³	DA/m ³	Moyenne annuelle	Four tout Projet	Moyenne annuelle	Pour tout Projet	
Cas de base	0,75	5,60	6,35	40 405	606 069	44 395	665 925	81 750
IRROE								
• 5,0%	0,75	6,05	6,80	43 642	654 629	17 935	269 029	170 000
• 10,0%	0,75	6,86	7,61	49 507	742 601	321	4 813	284 394
Frais de construction								
de l'Unité								
• -20%	0,75	4,80	5,55	34 649	519 728	35 586	533 786	65 650
• +20%	0,75	6,39	7,14	46 159	692 379	53 204	798 063	97 850
Taux d'exploitation								
de l'Unité								
• - 5% (95%)	0,75	5,84	6,59	40 081	601 218	44 412	666 180	81 763
• -10% (90%)	0,75	6,12	6,87	39 758	596 367	44 429	666 436	81 775
Intérêt d'emprunt								
à long terme								
• 6%P.A.	0,75	5,29	6,04	38 184	572 762	38 881	583 222	80 753
• 10%P.A.	0,75	5,91	6,66	42 674	640 106	50 040	750 604	82 752
Rapport d'emprunts								
aux fonds propres								
• 80/20	0,75	5,96	6,71	43 045	645 673	62 190	932 857	54 882
• 60/40	0,75	5,24	5,99	37 851	567 764	28 412	426 183	108 239

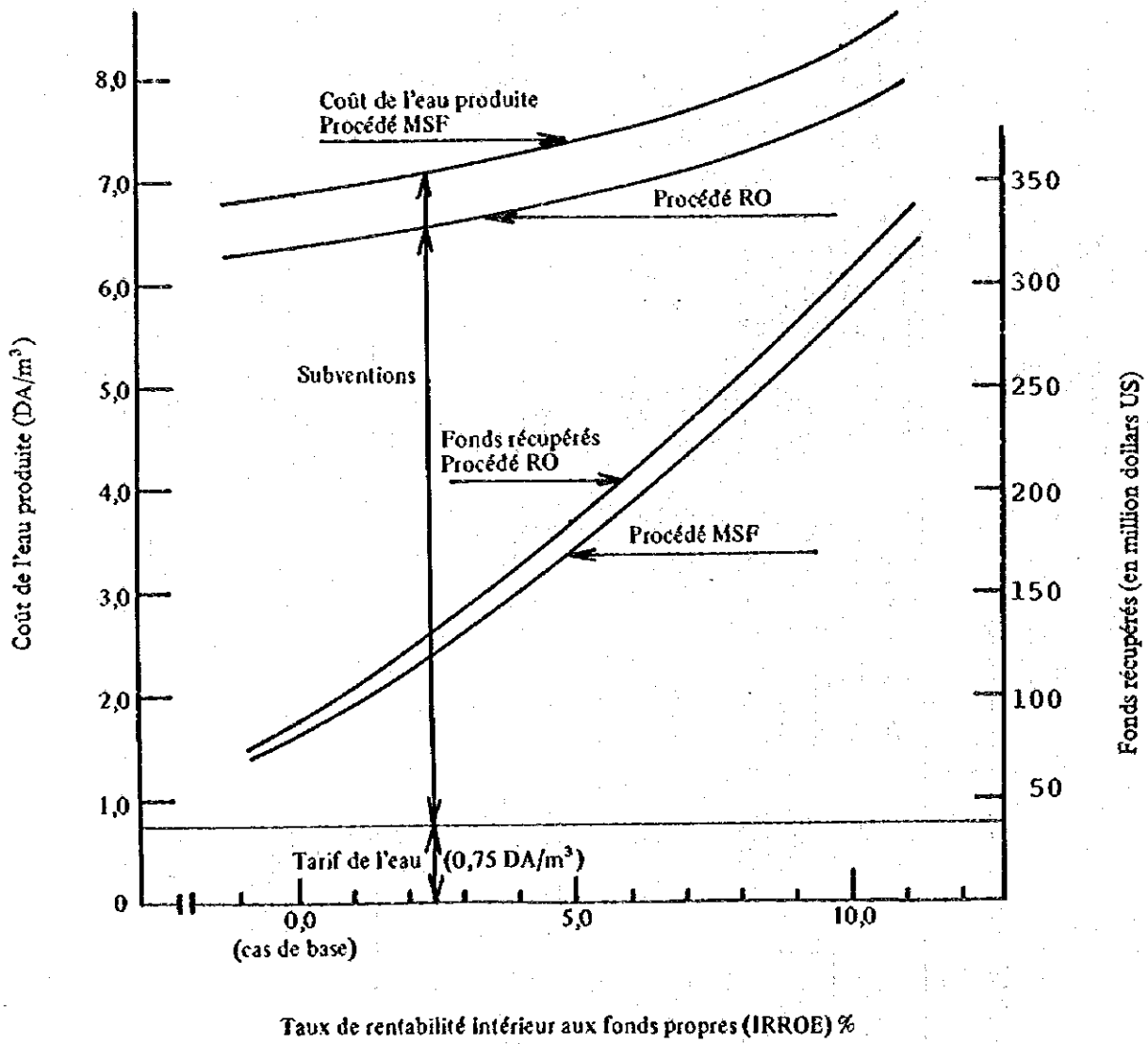


Fig. 10-4 Analyse de sensibilité
(Rentabilité du Projet)

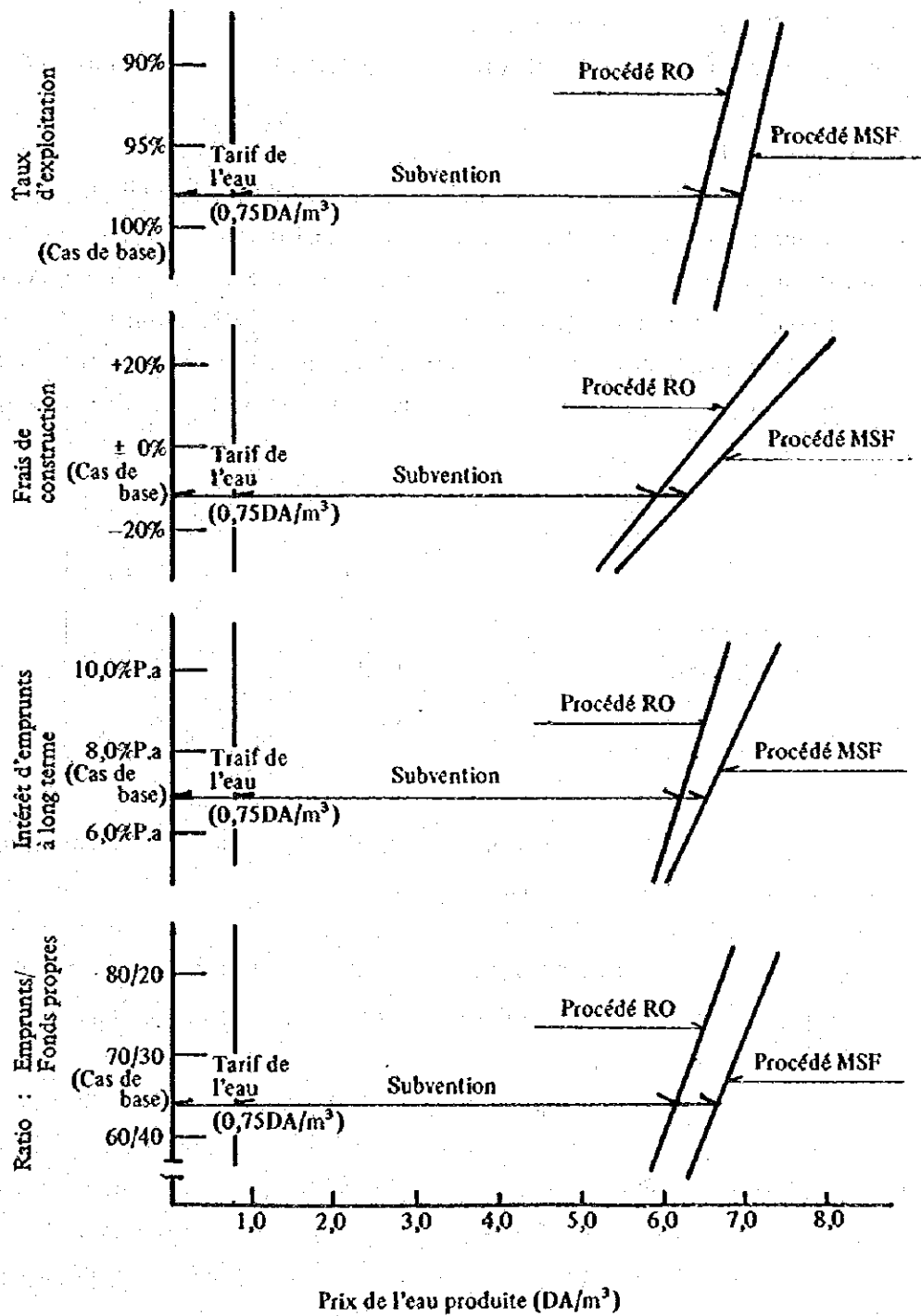


Fig. 10-5 Analyse de sensibilité
(Taux d'exploitation/Frais de construction/Intérêt d'emprunts/
Ratio d'emprunts aux fonds propres)

10.8 Evaluation des résultats de l'analyse financière

Ici sont évalués la rentabilité et la situation financière prévues à la réalisation du Projet.

10.8.1 Prix de l'eau produite

Vu son caractère en tant que travaux publics en faveur du bien-être de la population, le Projet sera mis en œuvre sans affecter le système actuel tarifaire. Il est envisagé que le gouvernement va accorder sa subvention en cas de difficulté de trésorerie qu'entraîne le Projet. Par conséquent, la présente analyse a visé notamment à la définition du montant minimum de subvention requise dans le cas où le taux de rentabilité intérieur aux fonds propres est de 0,0 %, valeur permettant le "Cashflow" minimum. Le prix de l'eau produite ainsi défini est comme suit:

(Unité : DA/m³)

	Procédé MSF	Procédé RO
Tarif de l'eau à percevoir	0,75	0,75
Subvention requise	6,12	5,60
Total	6,87	6,35

- (1) Compte tenu de la fuite et l'efficacité dans la perception de tarifs constatés dans le réseau existant, nous avons pris l'hypothèse de 70 % pour le taux de rendement, ce qui a donné le prix relativement élevé. Mais quand on refait le calcul basé sur la production globale, le coût revient à 4,81 DA/m³ pour le MSF et à 4,45 DA/m³ pour le RO. Nous pensons que ces prix sont raisonnables par rapport à ceux définis par les autres études de faisabilité du passé relatives au dessalement de l'eau de mer (292 yen/m³ pour l'Unité MSF de Kitakyushu avec la capacité 150 000 m³/jour, 194 yen/m³ pour l'Unité RO d'Okinawa, sa capacité étant de 36 000 m³/jour). En outre, ces prix sont d'autant plus intéressants que le coût de réalisation de pipe line d'adduction occupe ici une part plus importante que d'ordinaire dû à son parcours considérable.
- (2) Ce prix intéressant de l'eau que l'Unité de dessalement va produire est dû aux points suivants:
 - 1) Conception rationalisée de l'Unité et avantages propres à une grosse usine
 - 2) Prix faibles de services généraux de l'Algérie
 - 3) Gestion non lucrative à l'aide de subvention
- (3) La subvention occupe une place importante dans le prix. Mais si on fait une certaine augmentation du tarif pour l'ensemble d'alimentation destinée à Oran selon le principe de faire supporter les charges aux bénéficiaires, il est possible de la réduire considérablement.
- (4) Le prix est légèrement plus bas au RO qu'au MSF.

10.8.2 Rentabilité, situation financière

Dans le Projet, une meilleure rentabilité nécessite une augmentation de la subvention gouvernementale, donc la recherche à la trésorerie très rentable n'a pas de sens. C'est ainsi que l'analyse financière s'est fixée sur la définition du montant de subvention à partir de 0,0 % du taux de rentabilité intérieur aux fonds propres. Il en est résulté forcément la trésorerie peu rentable comme suit:

- (1) La part du tarif à percevoir étant faible dans le prix de l'eau produite, les recettes sur les ventes sont insuffisantes pour faire face aux frais nécessaires. En conséquence, on aura une perte de profit courant considérable. Elle sera en moyenne annuelle de 44 millions US\$ pour le MSF, de 40 millions pour le RO.
- (2) Sur la durée globale du Projet (15 ans), la position financière finit par être un peu excédentaire et il est possible de récupérer les fonds correspondant aux capitaux investis. Pourtant, l'Unité connaîtra un manque de fonds pendant 13 ans pour le MSF, 14 ans pour le RO, ce qui nécessite un recours à l'emprunt à court terme.
- (3) La situation financière décrite plus haut se précise par les principaux indices financiers (tableau 10-8). Quelque soit le procédé, le taux de bénéfice sur fonds propres reste négatif et le ratio de recouvrement d'emprunts est moins de 50 % en moyenne annuelle. Par ailleurs, au cas où il n'y a pas de subvention, les seuils de rentabilité et de suffisance de fonds sur la base du tarif de l'eau sont comme suit en moyenne annuelle, ce qui montre que le Projet a besoin du revenu correspondant au prix de l'eau produite déjà défini (somme de tarif et de subvention):

(Unité : DA/m³)

	Procédé MSF	Procédé RO
Seuil de rentabilité (tarif)	6,37	5,81
Seuil de suffisance de fonds (tarif)	6,66	6,42

- (4) Tout ce qui précède met en relief la trésorerie particulière au Projet qui consiste à récupérer uniquement les capitaux investis durant toute la période sans chercher à apporter les profits. C'est ainsi que le montant minimum de subvention a été évalué à 6,12 DA/m³ pour le MSF et 5,60 DA/m³ pour le RO. Et le prix de l'eau produite qui comprend cette subvention est considéré raisonnable et susceptible de justifier la mise en oeuvre du Projet (voir le paragraphe 10.8.1).

10.8.3 Evaluation de l'analyse de sensibilité

(1) Profit du Projet

Si on veut que le Projet donne un profit important, il est obligatoire d'accroître la subvention. Cela peut être pourtant une solution envisageable pour rendre cette entreprise algérienne plus rentable, donc financièrement plus solide. Le tableau 10-11 montre la trésorerie avec le taux IRROE de 5 et 10 %.

Tableau 10-11 Sommaire de l'analyse de sensibilité relative à la rentabilité du Projet

IRR	Procédé MSF			Procédé RO		
	0,0% (Base)	5,0%	10,0%	0,0% (Base)	5,0%	10,0%
Prix de l'eau produite (DA/m ³)	6,87	7,38	8,27	6,35	6,80	7,61
- Tarif perçu de l'eau	(0,75)	(0,75)	(0,75)	(0,75)	(0,75)	(0,75)
- Subvention	(6,12)	(6,63)	(7,52)	(5,60)	(6,05)	(6,86)
Subvention introduite (en mille dollars US)						
- Moyenne annuelle	44 188	47 854	54 292	40 405	43 642	49 507
- Pour tout Projet	662 822	717 809	814 373	606 069	654 629	742 601
Emprunt introduit à court terme (en mille dollars US)						
- Moyenne annuelle	41 964	15 370	119	44 395	17 935	321
- Pour tout Projet	629 457	230 549	1 786	665 923	260 029	4 813
Fonds récupérés (en mille dollars US)	89 319	184 197	303 638	81 750	170 000	284 394

Ce qui est clair d'après le tableau, c'est que la montée de subvention permet d'améliorer la situation financière et de réduire la part de dettes à court terme. Avec le taux IRROE de 10%, il suffit d'emprunter 1 786 000 dollars US en deux années suivant le démarrage pour le MSF, et pour le RO, 4 813 000 dollars US en quatre années. La situation financière ainsi améliorée, la majorité de problèmes entraînés par les dettes à court terme va disparaître. Pourtant, cela suppose une hausse considérable de subvention qui se situe à 7,52 DA (MSF, soit 1,4 DA de plus), et à 6,86 DA (RO, soit 1,26 DA de plus) par mètre cube de l'eau produite.

L'accroissement de la subvention doit être décidé en tenant compte de la source d'emprunts et d'autres facteurs, car il s'agit ici de comment transférer les fonds à l'intérieur du pays. Dans ce sens, la trésorerie avec le taux IRROE de 10% ayant une subvention plus importante peut servir de renseignement utile. C'est en Annexe II où se trouve la liste d'indices financiers en cas de 10% en même temps que le cas de base (IRROE = 0,0%).

(2) Frais de construction de l'Unité

Un retard éventuel dans la réalisation, une fluctuation importante dans la conjoncture économique et les imprévues au cours de la réalisation risquent de faire dépasser la somme prévue. Avec un excédent de 20% dans ces frais, le montant de subvention s'élève à 7,06 DA/m³ (majoration de 0,94 DA/m³) pour le MSF, à 6,39 DA/m³

(0,79 DA/m³) pour le RO. Il y a donc lieu au niveau des autorités algériennes de faire des efforts pour l'exécution efficace du Projet avec la coopération des administrations compétentes pour que les travaux de conception et de réalisation puissent avancer sans problèmes.

(3) Taux d'exploitation

Une baisse dans le taux d'exploitation donne lieu à une réduction de subvention, donc elle affecte peu la trésorerie. Mais une chute dans la production empêchera le Projet d'atteindre son but en même temps que la population d'en bénéficier. La maîtrise technique d'exploitation, gestion et maintenance du dessalement est donc absolument nécessaire afin d'éviter cette éventualité.

(4) Intérêt d'emprunt à long terme et rapport de dettes aux fonds propres

Le programme de financement est un facteur important pour la trésorerie du Projet. Une réduction à 6,0 % (par an) du taux d'intérêt d'emprunt à long terme pourrait susciter une baisse de la subvention, à savoir de 0,34 DA/m³ pour le MSF, 0,31 DA/m³ pour le RO. Au cas où la part de fonds monte à 40 %, donc dix points de plus, une baisse de 0,38 et 0,36 DA/m³ peut être escomptée respectivement dans le MSF et le RO. Le mode de financement se répercute donc considérablement sur la trésorerie et il est souhaitable de le rationaliser compte tenu des conditions mondiales de crédit.

10.8.4 Mesures susceptibles d'améliorer la trésorerie et de réduire la subvention

Nous étudions ici la possibilité d'améliorer la situation financière du Projet, à savoir de réduire la subvention. L'Unité à installer a connu une rationalisation technique et une baisse de frais dans la réalisation. En outre, les services généraux ne demandent que les charges faibles en Algérie. La possibilité serait donc limitée dans la diminution du prix de l'eau produite par les efforts techniques. Dans ces conditions, le seul moyen est de rationaliser le mode de financement. Voici deux mesures envisageables.

Autofinancement total (Mesure 1)

Subvention gouvernementale à remplacer l'emprunt à court terme (Mesure 2)

La subvention nécessaire dans les deux mesures s'est définie conformément à ce qui suit et est indiquée dans le tableau 10-12. Dans la première mesure qui consiste à autofinancer complètement les fonds nécessaires, une réduction considérable est possible, le prix de l'eau produite étant de 5,28 DA/m³ (MSF, baisse de 1,59 DA/m³) ou de 4,84 DA/m³ (RO, baisse de 1,51 DA/m³). Egalement la deuxième mesure où la subvention remplace l'emprunt à court terme permet de baisser le prix. Il sera de 6,29 DA/m³ (baisse de 0,58 DA/m³) pour le MSF, 5,73 DA/m³ (baisse de 0,62 DA/m³) pour le RO. Par conséquent, ces mesures méritent d'être étudiées compte tenu de leur effet important.

Tableau 10-12 Mesures susceptibles de réduire le prix de l'eau produite

Item		Coût de l'eau produite (DA/m ³)		
		Tarif de l'eau	Subvention	Total
Procédé MSF	Cas de base	0,75	6,12	6,87
	(Mesure 1) Autofinancement total	0,75	4,53	5,28
	(Mesure 2) Remplacement de l'emprunt à court terme par la subvention	0,75	5,54	6,29
Procédé RO	Cas de base	0,75	5,60	6,35
	(Mesure 1) Autofinancement total	0,75	4,09	4,84
	(Mesure 2) Remplacement de l'emprunt à court terme par la subvention	0,75	4,98	5,73

(1) Autofinancement total (Mesure 1)

Il est à déterminer le montant de subvention par rapport au taux de rentabilité intérieur retenu après avoir estimé le "Cashflow" dans le cas de l'autofinancement total. Le tableau 10-13 qui expose le processus de calcul et les valeurs relevées nous fait comprendre qu'une réduction considérable est possible dans le prix de l'eau produite. Il montre également que la trésorerie s'améliore avec le taux de rentabilité intérieur aux capitaux investis supérieur à 5,0 % au cas où est accordée la subvention équivalente au cas de base (MSF: 6,12 DA/m³, RO: 5,60 DA/m³).

Tableau 10-13 Subventions nécessaires (Autofinancement total)

Procédé MSF

(en mille dollars US)

Poste		Année	Période de construction			Période d'exploitation	
			-3	-2	-1	1 ~ 14	15
Capitaux investis			66 401	162 387	51 728	--	--
Fonds entraînés par l'exploitation			--	--	--	(-) 17 951 X 14	-17 951
Récupération de fonds de roulement			--	--	--	--	58 334
Subventions nécessaires			--	--	--	S	S
"Cashflow"			-66 401	-162 387	-51 728	(S-17 951) X 14	S + 40 383
"Cashflow" actualisé	IRROE:						
	0,0%		-66 401	-162 387	-51 728	K1 X (S-17 951) + 58 334	
	5,0%		-66 401	-154 654	-46 919	K2 X (S-17 951) + 25 451	
	10,0%		-66 401	-147 625	-42 750	K3 X (S-17 951) + 11 541	
IRROE			0,0%		5,0%		10,0%
Subvention annuelle (en mille dollars US)			32 763		43 711		56 963
Subvention unitaire en cents US/m ³			94,55		126,15		164,40
Subvention unitaire en DA/m ³			4,53		6,06		7,89

Procédé RO

(en mille dollars US)

Poste	Année	Période de construction			Période d'exploitation	
		-3	-2	-1	1 ~ 14	15
Capitaux investis		39 826	153 506	65 556	-	-
Fonds entraînés par l'exploitation		-	-	-	(-) 16 951 X 14	(-) 16 951
Récupération de fonds de roulement		-	-	-	-	70 790
Subventions nécessaires		-	-	-	\$	\$
"Cashflow"		-39 826	-153 506	-65 556	(S-16 951) X 14	S + 53 839
"Cashflow" actualisé	IRROE:					
	0,0%	-39 826	-153 506	-65 556	K1 X (S-16 951) + 70 790	
	5,0%	-39 826	-146 196	-59 461	K2 X (S-16 951) + 30 885	
	10,0%	-39 826	-139 551	-54 179	K3 X (S-16 951) + 14 005	
	IRROE :	0,0%		5,0%		10,0%
Subvention annuelle (en mille dollars US)		29 491		39 745		51 877
Subvention unitaire en cents US/m ³		85,11		114,70		149,72
Subvention unitaire en DA/m ³		4,09		5,51		7,19

K1: 15,0 / K2: 9,4147 / K3: 6,2861

(2) Remplacement de l'emprunt à court terme par la subvention (Mesure 2)

Au cas où la subvention gouvernementale remplace l'emprunt inévitable à court terme, le montant de subvention diminue pendant la période d'exploitation, ce qui est clair dans le tableau 10-14. En moyenne annuelle pendant tout le Projet, le montant revient à 5,54 DA/m³ pour le MSF qui entraîne une baisse de 0,58 DA/m³ dans le prix de l'eau produite. Elle est de 0,62 DA/m³ pour le RO.

Tableau 10-14 Subventions nécessaires
(Remplacement de l'emprunt à court terme par la subvention)

Année	Procédé MSF			Procédé RO		
	Subvention (en mille dollars US)	Montant par m ³ de l'eau produite		Subvention (en mille dollars US)	Montant par m ³ de l'eau produite	
		en cents US/m ³	DA/m ³		en cents US/m ³	DA/m ³
1	55 405	159,90	7,68	51 233	147,86	7,10
2	53 739	155,09	7,44	49 708	143,46	6,89
3	52 076	150,29	7,21	48 186	139,06	6,68
4	50 410	145,48	6,98	46 661	134,66	6,46
5	48 745	140,68	6,75	45 139	130,27	6,25
6	47 082	135,88	6,52	43 614	125,87	6,04
7	45 417	131,07	6,29	42 091	121,47	5,83
8	43 753	126,27	6,06	40 568	117,08	5,62
9	42 087	121,46	5,83	39 044	112,68	5,41
10	40 423	116,66	5,60	37 520	108,28	5,20
11	17 950	51,80	2,49	16 952	48,92	2,35
12	17 950	51,80	2,49	16 952	48,92	2,35
13	17 950	51,80	2,49	16 952	48,92	2,35
14	22 698	65,51	3,14	16 952	48,92	2,35
15	44 188	127,53	6,12	27 912	80,55	3,87
Moyenne annuelle	39 992	115,42	5,54	35 966	103,80	4,98

10.8.5 Résumé

La présente analyse financière s'est effectuée ayant comme objectif de définir le montant minimum de subvention nécessaire à la conduite du Projet. Elle a permis de déterminer le prix de l'eau produite composé du tarif perçu et de la subvention à 6,87 DA/m³ (MSF) et à 6,35 DA/m³ (RO). Ce prix-là ainsi que la trésorerie prévue a donné lieu à quelques réflexions qui sont résumées comme suit:

(1) Prix de l'eau produite

- 1) Etant de 4,81 DA/m³ (MSF) ou de 4,44 DA/m³ (RO) sur la production globale, le prix est considéré comme faible et intéressant.
- 2) Une certaine majoration du tarif pour l'ensemble de l'alimentation permet de réduire considérablement la subvention.
- 3) Le prix de l'eau produite est légèrement plus bas au RO qu'au MSF.

(2) Situation financière

L'analyse financière a pris comme hypothèse le taux de rentabilité intérieur aux fonds propres à 0,0 % afin de définir la subvention minimum. Il en est résulté nécessairement une trésorerie à rentabilité modérée. L'essentiel dans la conduite du Projet est d'assurer une introduction régulière de l'emprunt à court terme indispensable à son exploitation.

(3) Analyse de sensibilité

- 1) Une meilleure rentabilité nécessite une augmentation de la subvention, ce qui n'est rien que le transfert de fonds dans le pays. Mais on peut le considérer comme une solution à envisager dans le Projet, car elle permet de faire disparaître les problèmes entraînés par les dettes à court terme.
- 2) Etant donné qu'une montée dans les frais généraux de l'Unité suscite un accroissement important dans le prix de l'eau produite, les autorités algériennes devraient prendre le soin nécessaire à la mise en oeuvre régulière du Projet.
- 3) Il est souhaitable de rationaliser l'introduction à conditions favorables des fonds nécessaires, compte tenu de son rôle déterminant dans l'amélioration de la trésorerie.

(4) Mesures susceptibles d'améliorer la situation financière

Les mesures susceptibles de réduire le prix de l'eau produite ou de permettre d'améliorer la trésorerie sont comme suit:

- 1) Les fonds nécessaires à la réalisation du Projet sont complètement autofinancés.
- 2) La subvention gouvernementale remplace l'emprunt à court terme indispensable à la période d'exploitation qui entraîne un déficit financier.

Ces mesures méritent d'être étudiées compte tenu de leur effet considérable qui se traduit par une meilleure trésorerie (moindre prix de l'eau produite).