

**RAPPORT FINAL
SUR
L'ETUDE DE FAISABILITE
D'UNE UNITE DE DESSALEMENT
D'EAU DE MER A ALGER**

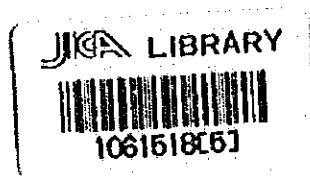
RESUME

SEPTEMBRE 1983

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

**RAPPORT FINAL
SUR
L'ETUDE DE FAISABILITE
D'UNE UNITE DE DESSALEMENT
D'EAU DE MER A ALGER**

RESUME



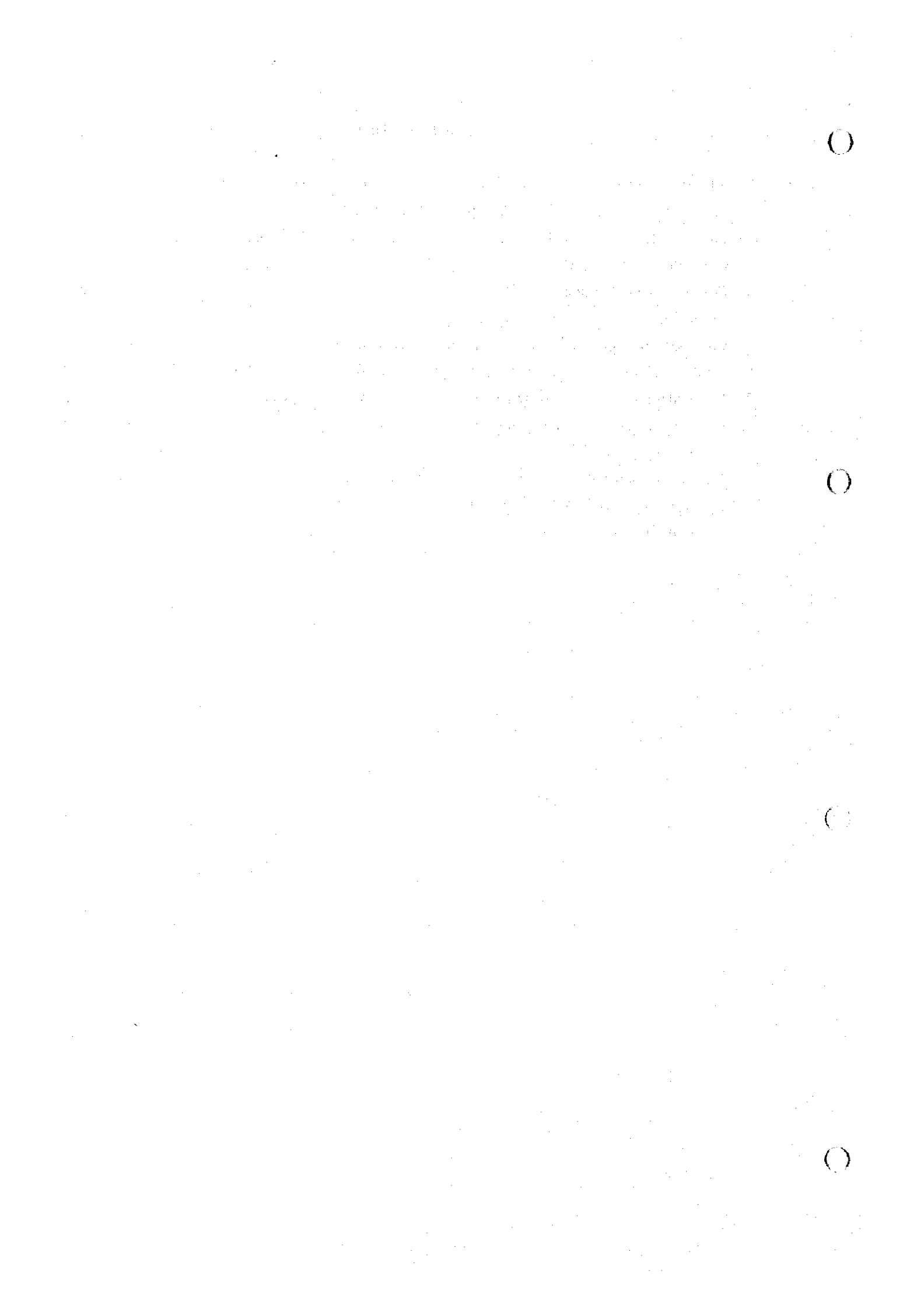
SEPTEMBRE 1983

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

自際協力事業団	
設立 年月	'84.5.14
登録No.	04335
	401
	61.8
	MPI

Table des Matières

1. Situation actuelle du service de distribution d'eau et prévision de l'offre et de la demande en eau du Grand Alger	1
2. Procédés de dessalement d'eau de mer	2
3. Choix du site de l'Unité	3
4. Conditions de planning de l'Unité	6
5. Etude conceptuelle de l'Unité de dessalement par distillation à vaporisation instantanée par détente successive (MSF)	6
6. Etude conceptuelle de l'Unité de dessalement par osmose inverse (RO)	9
7. Raccordement aux réseaux de distribution existants	12
8. Fonds nécessaires et frais d'exploitation	14
9. Analyse financière	15
10. Analyse économique	20
11. Sélection du procédé optimal et évaluation synthétique	23
12. Fondement de la mise en œuvre du projet	24



RESUME

1. Situation actuelle du service de distribution d'eau et prévision de l'offre et de la demande en eau du Grand Alger

1.1 Situation actuelle du service de distribution d'eau

La Société de Distribution des Eaux d'Alger a comme zone desservie, 13 arrondissements du Grand Alger et ses environs, avec la population rattachée s'élevant à 1 623 000 personnes (à l'année 1980). La source d'alimentation en eau est en totalité la nappe souterraine, à savoir, les 125 puits répartis en 8 groupes dont Baraki. L'eau puisée est amenée jusqu'aux robinets des consommateurs généraux, après stérilisation au chlore aux 28 stations de pompage comme celle à El Harrach et à travers les 92 réservoirs de répartition à Kouba et ailleurs.

L'alimentation annuelle se décompose de 64,4 % de l'eau récupérée et 35,6 % de celle perdue, et se divise en fonction d'application: 45,3 % pour ménage et commerce, 7,8 % pour industrie, 11,3 % pour service public.

Pour l'année 1980, l'alimentation réalisée est de 310 000 m³/jour en moyenne journalière et de 344 000 m³/jour en moyenne de l'été, tandis que la demande supposée est de 347 000 m³/jour en moyenne journalière et de 392 000 m³/jour en moyenne de l'été. Le taux de satisfaction est de 89 % en moyenne et de 88 % en été.

1.2 Prévision de l'offre et de la demande en eau

La prévision de l'offre et de la demande en eau dans l'avenir est donnée à la figure 1. Les circonstances laissent prévoir que l'insuffisance d'eau va s'aggraver sensiblement avant l'achèvement en 1987 du barrage de Keddara.

A l'année 1986 où est prévu le démarrage de l'Unité de dessalement, le déficit s'élèverait à 168 000 m³/jour en moyenne annuelle et à 197 000 m³/jour en moyenne de l'été. Il en résulterait un taux de satisfaction de 69% en moyenne annuelle et de 68% en moyenne de l'été, présentant une diminution de 20% par rapport aux valeurs actuelles.

1.3 Taille de l'Unité de dessalement d'eau de mer

Dans la détermination de la taille de dessalement, il faut tenir compte des paramètres suivants:

- (1) Le barrage de Keddara s'achèvera à l'année suivant la réalisation de l'Unité de dessalement;
- (2) Du point de vue du rendement économique, il est désirable que le taux d'utilisation de l'Unité soit maintenu aussi élevé que possible;
- (3) Généralement, le rétablissement de l'offre après une pénurie perpétuelle d'eau n'entraîne pas immédiatement la remise en état du niveau de la demande.
- (4) L'alimentation déterminée selon la demande maximum de l'été entraînerait une montée dans le coût d'alimentation du fait que la capacité d'alimentation dépasse la

demande pendant d'autres périodes qu'un mois environ de l'été.

On peut en déduire qu'il serait plutôt peu économique de donner à l'Unité une taille pouvant combler en 100% le déficit moyen de l'été 1986, soit de 197 000 m³/jour.

Par ailleurs, la limite de tolérance humaine à l'égard de l'insuffisance d'eau est appréciée de 1 000% · jour à 1 500% · jour, lorsqu'on l'exprime par l'indice d'évaluation de l'insuffisance d'eau (total cumulé des produits du taux d'insuffisance par le nombre de jours en pénurie). Supposons que la demande en 1986 atteigne la valeur normale estimée actuellement. Même alors, la situation serait admissible si l'indice est inférieur à 1 000% · jour.

Ainsi, la présente étude de faisabilité a donné à l'Unité une capacité de 150 000 m³/jour correspondant à un indice d'environ 800% · jour.

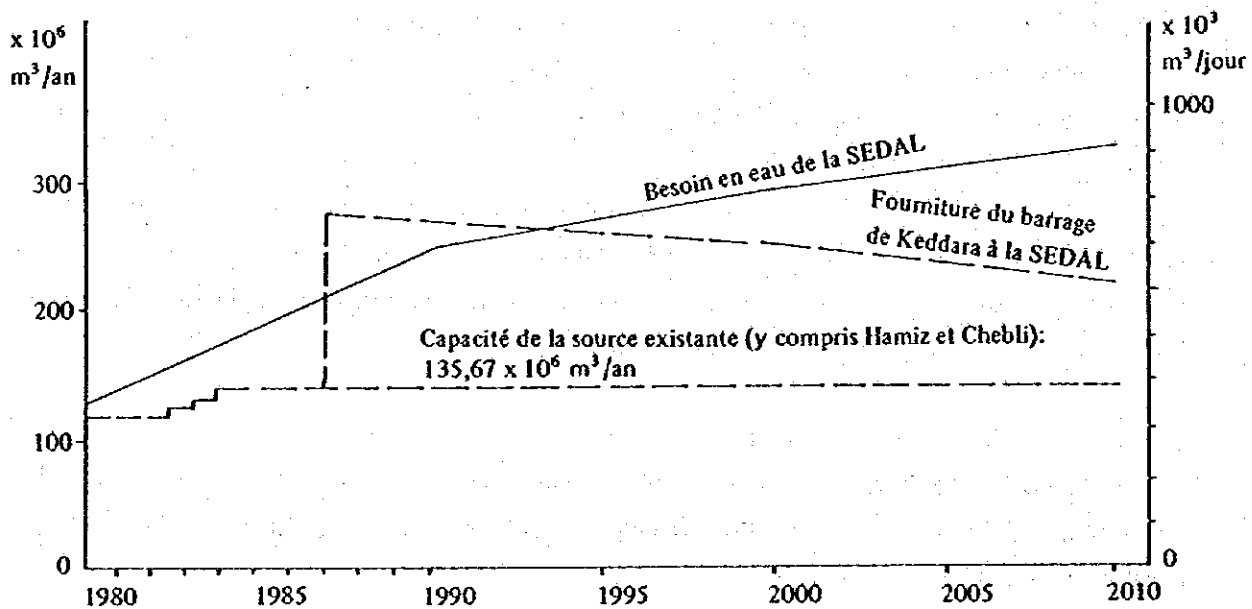


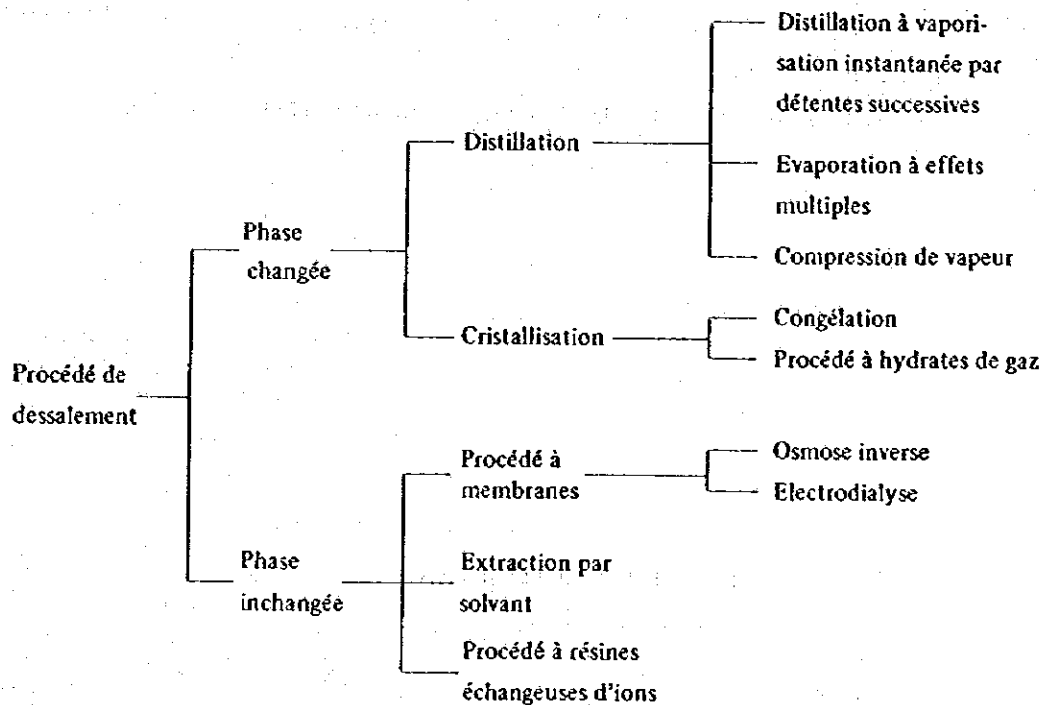
Fig. 1 Prévion de l'offre et de la demande en eau

2. Procédés de dessalement d'eau de mer

Nous avons étudié les caractéristiques, la mise au point technologique et pratique des différents procédés de dessalement classés ci-dessous:

La conclusion est que les procédés satisfaisant aux diverses exigences du projet considéré sont la distillation à vaporisation instantanée par détente successive (MSF) et l'osmose inverse (RO). Les deux procédés feront l'objet d'une étude conceptuelle et d'un examen détaillé.

Parmi les grandes usines de dessalement réalisées dans le monde entier, celles ayant une capacité supérieure à 20 000 m³/jour par unité utilisent toutes le procédé MSF. Par contre, les grandes usines du système RO sont peu nombreuses actuellement, mais d'ores et déjà, elles vont s'accroître en flèche.



3. Choix du site de l'Unité

Préalablement, nous avons fait choix des 5 sites possibles énumérés ci-dessous. Ils se situent sur la ligne côtière s'étendant d'environ 80 km à l'est et à l'ouest de la ville d'Alger. Sur ces sites possibles, nous avons mené une étude comparative, examinant s'ils remplissent les conditions requises pour l'emplacement de l'Unité de dessalement (se référer à la figure 2.).

- (1) Sidi Ferruch
- (2) Grande Plage
- (3) Stamboul
- (4) Jean Bart
- (5) Zemmouri

L'étude nous a conduit à choisir Stamboul qui présente les avantages cités ci-dessous. Dès maintenant, nous poursuivrons l'étude de faisabilité sur la base du site fixé à Stamboul.

- (1) Le site de Stamboul a la surface nécessaire disponible;
- (2) La conduite d'adduction d'eau du barrage de Keddara s'achemine à sa proximité. Le raccordement de la conduite avec celle de l'eau dessalée permet d'intégrer assez facilement l'Unité dans les réseaux de distribution existants;
- (3) Il se situe près des réseaux publics d'alimentation en électricité et en gaz naturel;
- (4) Le transport terrestre des matériaux et matériels à partir du port d'Alger est réalisable sans difficulté;
- (5) Son voisinage du centre de la ville facilite l'administration et la gestion de l'Unité;
- (6) La profondeur de 8 m à environ 600 m au large de Stamboul laisse estimer que l'ouvrage de prise d'eau peut être mis en place sans grands problèmes;

(7) Le site étant écarté de la zone balnéaire, il n'y a pas lieu de redouter l'influence sur l'environnement de l'Unité.

La figure 3 montre l'emplacement de l'Unité de dessalement au MSF (voir 5.4).

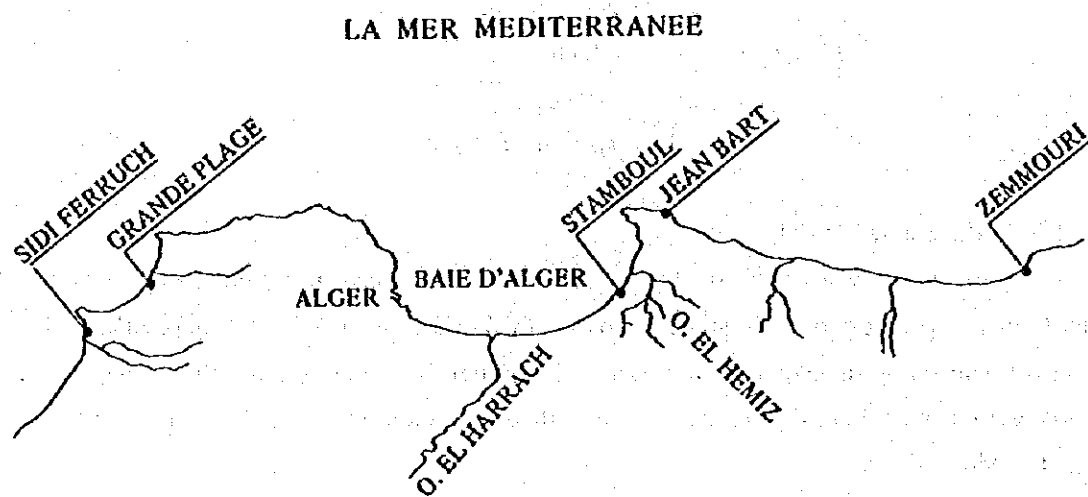


Fig. 2 Situation géographique des sites possibles

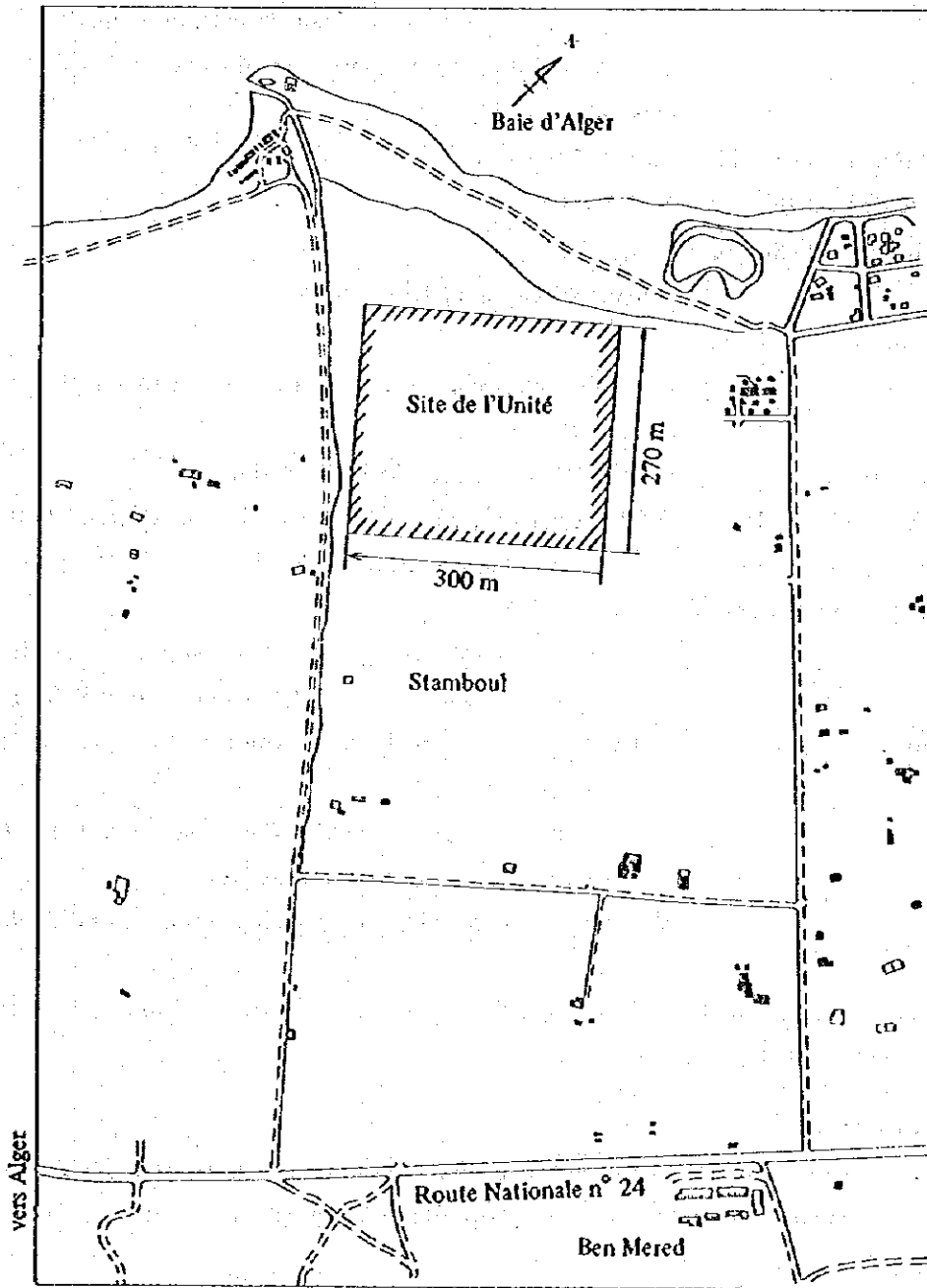


Fig. 3 Plan d'implantation du site de l'Unité

4. Conditions de planning de l'Unité

Les conditions de planning servant à l'étude conceptuelle de l'Unité de dessalement ont été déterminées comme suit:

- (1) Etendue : ouvrages de prise et rejet d'eau de mer, unité de dessalement et installations de raccordement aux réseaux de distribution d'eau existants
- (2) Capacité de l'Unité : 150 000 m³/jour
- (3) Site de l'Unité : Stamboul
- (4) Qualité de l'eau produite :
conforme aux standards O. M. S.
- (5) Qualité de l'eau de mer brute :
valeurs obtenues après analyse de l'eau de mer prise au large de Stamboul
- (6) Electricité : 60 kV, 50 Hz, au prix de 16,5 centimes/kWh
- (7) Gaz combustible : 9 400 kcal/Nm³, 4 bars, au prix de 1,22 centimes/1 000 kcal
- (8) Produits chimiques : prix unitaire d'approvisionnement local
- (9) Protection de l'environnement :
satisfaisant aux valeurs réglementaires japonaises les plus sévères sur les eaux résiduaires, les gaz d'échappement et le bruit
- (10) Divers :
 - 1) Commande complètement automatique sauf la mise en marche et arrêt
 - 2) Au moins un ensemble de réserve sera prévu pour chacun des équipements rotatifs importants.
 - 3) L'Unité aura les pièces de rechange pour 2 ans d'exploitation.

5. Etude conceptuelle de l'Unité de dessalement par distillation à vaporisation instantanée par détente successives (MSF)

5.1 Spécifications générales

Compte tenu des diverses exigences du projet considéré et sur la base des conditions de planning décrites au chapitre précédent, nous avons établi les spécifications générales comme suit:

- (1) Spécifications
 - Procédé : distillation à vaporisation instantanée par détente successives à longs tubes (à simple fin)
 - Capacité de production d'eau douce : 150 000 m³/jour
 - Capacité unitaire et nombre d'unités : 50 000 m³/jour x 3 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 standards de la qualité d'eau de l'O. M. S.

Bilan des eaux : prise 1 248 000 m³/jour
production 150 000 m³/jour
rejet 1 098 000 m³/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 (max.)
Température de l'eau produite	32 °C (max.)
Rapport de concentration de la saumure recyclée	1,82

(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
Ouvrage d'adduction d'eau produite
Installation de réception et transformation de l'électricité

(3) Utilités et produits chimiques

Gaz combustible	: 50 000 Nm ³ /h	
Electricité	: 2 820 kW	
Produits chimiques	: Inhibiteur d'entartrage	72,9 kg/h
	Agent antimousse	1,215 kg/h

5.2. Considérations ayant dirigé la conception

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

(1) Nous avons retenu une unité à simple fin pour les raisons suivantes:

- Le Grand Alger dispose d'une alimentation suffisante d'électricité et des énergies à bas prix, donc une unité à double fin ne lui constitue pas un avantage.
- Une unité à double fin demande un long délai de réalisation sur un vaste terrain.

- (2) Les unités doivent avoir une taille leur permettant:
 - a) l'augmentation avantageuse à l'échelle;
 - b) l'exploitation, maintenance et gestion simples;
 - c) la réalisation à un court délai;
 - d) la minimisation de l'influence que d'éventuels arrêts d'une unité peuvent exercer sur l'alimentation.

La capacité fixée de ces points de vue à 50 000 m³/jour est une taille qu'on peut augmenter à l'échelle sans difficultés techniques.

- (3) Nous avons adopté le système technologique à longs tubes qui est approprié aux grandes installations et d'ailleurs pas coûteux.
- (4) Pour la prévention de l'entartrage, nous avons retenu à la fois l'injection d'un inhibiteur d'entartrage et le nettoyage à boules. Le système d'injection, facile à exploiter et contrôler, prouve son efficacité chez nombreux utilisateurs au Moyen-Orient.
- (5) Les prix des énergies sont bas à la région desservie. A l'issue de l'étude d'optimisation, nous avons fixé à 8 le rapport de production d'eau (quantité d'eau produite au volume unitaire de vapeur chauffée) et à 33 le nombre d'étages d'évaporation.
- (6) Parmi les énergies fournies à la région desservie, le gaz naturel est beaucoup moins coûteux que l'électricité. En vue de réduire les frais d'électricité, nous avons choisi, pour l'entraînement des grandes pompes, la turbine à vapeur au lieu du moteur électrique. Le gaz d'échappement de la turbine sera réutilisé pour le chauffage de la saumure.

5.3 Description générale du procédé

- (1) L'eau profonde est prise par l'ouvrage de prise d'eau installé au large de profondeur 8 m, éloigné de 600 m de la côte. Elle est envoyée en tant qu'eau de refroidissement à la section dégagement de chaleur de l'évaporateur.
- (2) La plupart de l'eau de mer sortant de la section dégagement de chaleur est conduite vers l'évacuation. Une certaine partie passe le désaérateur et constitue l'eau d'appoint qui est mélangée avec la saumure circulant dans le système. L'inhibiteur d'entartrage et l'agent antimousse sont injectés dans l'eau d'appoint.
- (3) La saumure mélangée avec l'eau d'appoint est conduite dans les tubes échangeurs de chaleur à l'étage de température maximale de la section récupération de chaleur de l'évaporateur. Elle récupère par condensation la chaleur latente de la vapeur produite à la section récupération de chaleur et arrive, en s'échauffant, au premier étage de cette section.
- (4) La saumure sortant des tubes échangeurs de chaleur du premier étage est chauffée davantage par le réchauffeur de saumure et envoyée à la chambre d'évaporation du premier étage. Elle s'écoule par la différence de pression entre les étages, tout en se donnant à la vaporisation instantanée successivement de l'étage de température

maximale de la section récupération de chaleur jusqu'à l'étage final de la section dégagement de chaleur.

- (5) De même que la saumure, l'eau distillée (eau douce) produite à chaque étage de l'évaporateur s'écoule par la différence de pression à partir de l'étage de température maximale jusqu'à l'étage final. Elle est extraite de l'étage final par la pompe à eau distillée et est envoyée au réservoir d'eau pure. La saumure et eau de mer usées sont déchargées à travers l'ouvrage de rejet d'eau.
- (6) Pour l'Unité de dessalement soumise au fonctionnement continu, la mise en marche et arrêt est estimée peu fréquente. Sauf celle-ci qui sera commandée par le personnel d'exploitation, le fonctionnement automatique est assuré par le système de commande automatique. Toutes les commandes seront réalisées par le système de contrôle intégré dans la salle de commande centrale.

5.4 Superficie requise pour l'Unité

La superficie totale du terrain à bâtir est de 81 000 m² (300 m x 270 m) y compris l'espace vert, le parking, etc.

5.5 Calendrier de réalisation

Dans la supposition que le marché avec l'entrepreneur sera signé au début 1984, la première unité (50 000 m³/jour) entrera en service au début avril 1986. On verra dans la même année, l'achèvement à mi-mai de la deuxième unité (100 000 m³/jour au total) et au début juillet de la troisième (150 000 m³/jour au total), ce qui donne lieu au plein fonctionnement de l'Unité.

5.6 Organisation et planning du personnel

Le fonctionnement de l'Unité sera assuré par 69 personnes dont 43 chargées de l'exploitation, 14 de l'entretien et 12 de l'administration et direction. L'embauchage du personnel commencera en juillet 1984 pour terminer 6 mois avant la mise en distribution d'eau. Le personnel engagé sera soumis à la formation professionnelle durant environ 2 mois et par surcroît, à l'enseignement pratique parallèlement au fonctionnement d'essai de l'Unité.

6. Etude conceptuelle de l'Unité de dessalement par osmose inverse (RO)

6.1 Spécifications générales

Compte tenu des diverses exigences du projet considéré et sur la base des conditions de planning décrites au chapitre 4, nous avons établi les spécifications générales comme suit:

(1) Spécifications

Procédé : dessalement à un étage par osmose inverse

Capacité de production d'eau douce : 150 000 m³/jour

Capacité unitaire et nombre d'unités :

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

Installation de prétraitement : 107 000 m³/jour x 4 unités

Qualité de l'eau produite : satisfait aux standards de la qualité d'eau de l'O. M. S.

Bilan des eaux :

Prise : 461 000 m³/jour

Alimentation aux modules RO : 429 000 m³/jour

Production d'eau : 150 000 m³/jour

Rejet : 311 000 m³/jour

Module d'osmose inverse :

module pour dessalement à un étage de l'eau de mer

Conditions d'exploitation des modules :

Pression : 60-65 kg/cm²

Taux de récupération : 35%

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

4 au plus

(Nota : Le coefficient d'encrassement est un indice servant à représenter quantitativement 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

(2) Composition de l'Unité

Installation de prétraitement

Installation d'osmose inverse :

Module d'osmose inverse

Pompe à haute pression

Turbine de récupération de force motrice

Ouvrage de prise et rejet d'eau

Ouvrage d'adduction d'eau produite

Installation de lavage des membranes

Installation de traitement des eaux résiduaires

Installation d'injection de produits chimiques

Installation de réception et transformation de l'électricité

(3) Utilités et produits chimiques

1) Electricité : 38 000 kVA

2) Produits chimiques :

Les produits chimiques principaux à utiliser sont l'acide sulfurique de 98% et la solution de chlorure ferrique de 40% . Ils seront stockés dans un réservoir

pouvant contenir une quantité correspondant à un mois d'utilisation.

6.2 Considérations ayant dirigé la conception

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

- (1) Plus la capacité de la pompe à haute pression et de la turbine de récupération d'énergie est grande, plus leur rendement augmente. D'après la capacité des grandes pompes utilisées dans d'autres domaines mais aux conditions similaires à celles de l'unité considérée, nous avons fixé la capacité d'une unité à 15 000 m³/jour.
- (2) Pour le prétraitement de l'eau de mer, nous avons adopté le filtre par gravité en béton qui est approprié au traitement en grande quantité, facile à exploiter et contrôler, et d'ailleurs économique.
- (3) Une turbine Francis est prévue pour récupérer l'énergie que possède la pression de la saumure sortant des modules RO.
- (4) Le taux de récupération d'eau douce est fixé à 35% qui convient le mieux à l'unité considérée, compte tenu du bas prix d'électricité et du taux élevé de récupération d'énergie.
- (5) L'électricité étant peu coûteuse, la pression de fonctionnement est fixée relativement haute, à savoir de 60 à 65 kg/cm², avec un nombre réduit de modules.
- (6) L'automatisation et la télécommande sont introduites dans une large mesure, en pleine utilisation des caractéristiques du procédé RO.

6.3 Description générale du procédé

- (1) L'eau profonde prise au large de 600 m subit l'élimination du composant troublant, le contrôle du pH et la chloruration à l'installation de prétraitement composé de 4 séries. Là, le chlorure ferrique est injecté dans l'eau de mer qui est ensuite filtrée par gravité. L'élévation de la pression différentielle suivant l'avancement de la filtration donne lieu automatiquement au lavage par retour d'eau.
- (2) L'eau prétraitée et mise sous la pression de 67 kg/cm² est apportée aux modules RO où 35% de l'alimentation est rendue en eau dessalée. Le reste de 65% constitue la saumure concentrée à évacuer et à en récupérer la force motrice par la turbine de récupération d'énergie.
- (3) Une unité (15 000 m³/jour) se compose de 2 blocs dont chacun est constitué d'un empilage de 317 modules. Les membranes sont décapées lorsque la pression différentielle des modules RO est trop élevée et que le rendement de ceux-ci a diminué.
- (4) Les eaux résiduelles après lavage par retour d'eau du filtre dans l'installation de prétraitement sont soumises à la séparation de boue aux cuves de coagulation et de concentration. On évacue les eaux claires ainsi obtenues.
- (5) Le fonctionnement du système technologique est complètement automatique, y compris la commutation des vannes jusqu'à sa mise en régime permanent après le

démarrage. Il est télécommandé à partir du tableau de commande dans la salle de commande.

6.4 Superficie requise pour l'Unité

La superficie totale du terrain à bâtir est de 66 700 m² (230 m x 290 m) y compris l'espace vert, le parking, etc.

6.5 Calendrier de réalisation

Dans la supposition que le marché des travaux sera signé au début 1984, les 3 unités (45 000 m³/jour) de la première phase commenceront la distribution d'eau au début avril 1986. On verra dans la même année, le démarrage à mi-mai des 3 autres unités (90 000 m³/jour au total) et au début juillet des 4 unités restantes (150 000 m³/jour au total).

6.6 Organisation et planning du personnel

Le fonctionnement de l'Unité sera assuré par 54 personnes dont 28 chargées de l'exploitation, 14 de l'entretien et 12 de l'administration et direction. Le personnel d'exploitation est moins nombreux que le cas de l'unité à MSP. Il sera mis à son poste 3 mois avant la mise en distribution d'eau pour assurer la surveillance des travaux d'installation et subir la formation professionnelle parallèlement au fonctionnement d'essai de l'Unité.

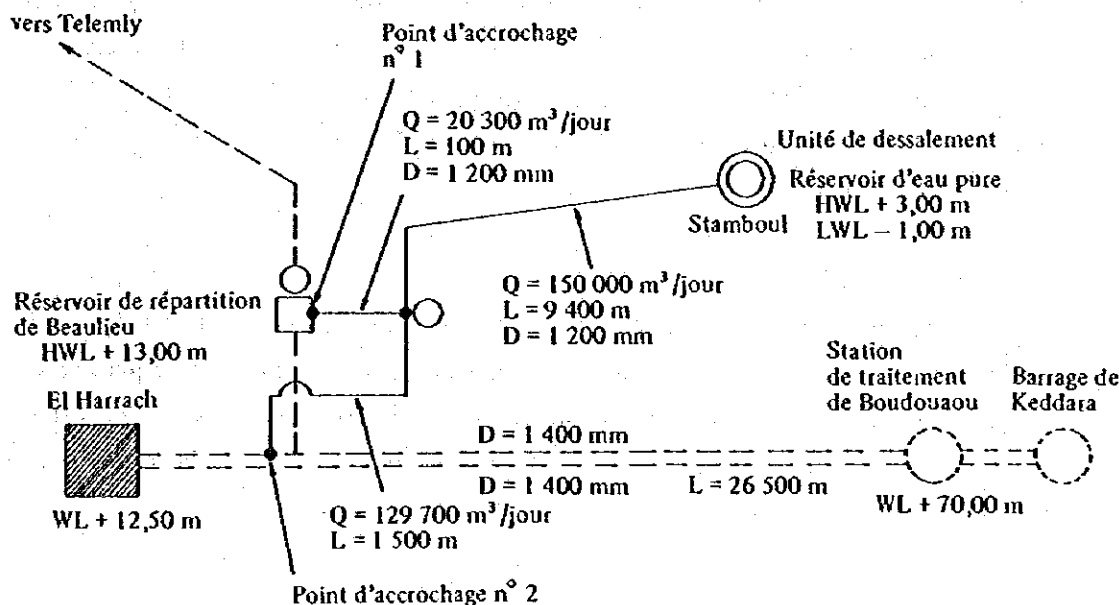
7. Raccordement aux réseaux de distribution existants

7.1 Conduite d'adduction d'eau

Pour le raccordement aux réseaux de distribution existants de la conduite d'adduction à partir du site de Stamboul, l'acheminement de celle-ci a été déterminé compte tenu des paramètres suivants:

- (1) Meilleur rendement économique,
- (2) Contrôle de la qualité d'eau produite après mélange avec l'eau provenant de la source existante,
- (3) Diversification des réseaux de distribution pour parer aux accidents de l'alimentation,
- (4) Coordination avec les installations existantes et
- (5) Egalisation des conditions d'alimentation dans la zone desservie.

Comme montré sur la figure 4, la conduite d'adduction prendra le chemin le plus court pour se raccorder avec celle provenant du barrage de Keddera à travers la station de traitement de Boudouaou (point d'accrochage n° 2). En même temps, une partie du débit (20 300 m³/jour) sera amenée au réservoir de répartition de Beaulieu par une dérivation (point d'accrochage n° 1).



- Nota : 1) Laligne pointillée montre le projet de Keddara.
 2) Le gros trait représente les installations dans le cadre du projet de dessalement.

Légende : Q : débit WL : niveau d'eau
 L : longueur HWL : niveau d'eau maximal
 D : diamètre LWL : niveau d'eau minimal

Fig. 4 Plan conceptuel de répartition du débit et de raccordement de la conduite d'adduction

Ainsi, la réalisation des installations d'adduction d'eau du barrage de Keddara doit être poursuivie en harmonie avec celle du projet de dessalement.

Cela concerne notamment la dérivation au point d'accrochage n° 1. En vue du contrôle de la qualité, la distribution d'eau dessalée doit être faite après mélange avec l'eau pure provenant de la station de traitement de Boudouaou. Pour ce faire, le débit entier de l'Unité doit être amené, pendant un an après sa mise en eau, à El Harrach à travers le point d'accrochage N° 2 pour le mélange avec l'eau souterraine. Il faut donc que les installations en aval du point d'accrochage n° 2 soient alors prêtes à la mise en eau sans délai.

L'amenée au point d'accrochage n° 2 sera faite par une conduite d'acier à revêtement en goudron d'époxyde ayant un diamètre de 1 200 mm et une longueur totale de 10 900 m. Suivant l'augmentation de débit du barrage de Keddara, le raccordement au point d'accrochage n° 2 sera détaché avant l'année 1997. A la place, on posera une nouvelle conduite d'adduction de diamètre 1 200 mm allant directement à El Harrach.

7.2 Réservoir d'eau pure et pompe d'adduction d'eau

L'eau produite par l'Unité de dessalement sera distribuée après stockage temporaire dans un réservoir d'eau pure dont la durée de séjour est d'environ 30 minutes. Le réservoir d'eau pure aura une capacité de 3 600 m³ et une construction demi-enterrée en béton. Pour la pompe d'adduction d'eau, on utilisera 4 pompes centrifuges à deux ouïes (dont 1 est de réserve) ayant une hauteur totale d'élévation de 50 m.

7.3 Qualité de l'eau mélangée

L'eau produite par le procédé MSF présente une dureté basse et celle par le procédé RO un pH bas. Sans recourir au traitement ultérieur, la qualité peut être contrôlée par le mélange avec l'eau souterraine d'une manière satisfaisante. Le contrôle de la qualité sera donc effectué par le mélange à El Harrach. La qualité après mélange satisfait, pour les deux procédés, aux standards de la qualité d'eau de l'O. M. S.

8. Fonds nécessaires et frais d'exploitation

8.1 Les fonds nécessaires avant la mise en service de l'Unité sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 1 Fonds nécessaires

(en mille dollars US)

Poste	Procédé MSF	Procédé RO
Frais de construction	202 017	212 338
Frais avant le démarrage	3 921	2 931
Fonds de roulement préliminaires	7 037	7 729
Intérêt durant construction	10 537	11 203
Total	223 512	234 201

- Nota :
- 1) Il est supposé que le contrat des travaux de construction sera passé au début de 1984 et le démarrage général, en juillet 1986.
 - 2) Les valeurs sont établies sur la base du prix en vigueur en 1983. Le taux de change retenu : 1,0 dollar US = 4,6 DA
 - 3) Les valeurs ne comprennent pas les frais de canalisation d'électricité et du gaz.

8.2 Frais d'exploitation

Le tableau 2 montre les frais d'exploitation d'une année de l'Unité.

Tableau 2. Sommaire des frais d'exploitation annuels

(en mille dollars US)

Poste	Procédé MSF	Procédé RO
Frais variables :		
- Gaz naturel	9 872	—
- Electricité	801	7 990
- Produits chimiques	2 301	1 611
Sous-total	12 974	9 601
Frais fixes :		
- Frais de personnel	340	263
- Frais de gestion	266	266
- Frais d'entretien	5 025	7 175
- Impôt foncier, prime d'assurance	2 010	2 113
Sous-total	7 641	9 817
Frais globaux	20 615	19 418

- Nota : 1) Le taux d'exploitation retenu est de 100% avec 330 jours ouvrables par an.
2) Les valeurs établies sur la base du prix en vigueur en 1983.

Dans l'ensemble de ces frais, la part en devise est de 6 472 000 dollars US pour le procédé MSF et 7 102 000 dollars US pour le RO.

Les frais unitaires par m³ de la production totale est de 41,65 cents US pour le premier et de 39,23 cents US pour le dernier.

9. Analyse financière

9.1 Mode de l'analyse

Il est prévu que le coût de l'eau produite sera considérablement plus élevé que le tarif actuel de l'eau. Soucieuses du bien-être de la population, les autorités algériennes ont l'intention de mettre en oeuvre ce projet sans faire monter le tarif actuel et envisagent d'accorder une subvention contre un manque de fonds en perspective. Compte tenu d'une telle particularité du projet, nous avons effectué l'analyse financière prenant comme hypothèse les conditions dans lesquelles seuls les fonds propres investis sont récupérés (taux de rentabilité intérieur aux fonds propres, IRROE = 0,0 %).

9.2 Principales conditions préalables de l'analyse

(1) Durée du projet

Période avant exploitation : du juillet 1983 au juin 1986 (3 ans)

Période d'exploitation : du juillet 1986 au juin 2001 (15 ans)

(2) Programme opérationnel et commercial (tableau 3)

Tableau 3 Programme opérationnel et commercial

Item	Description
Production	49 500 x 10 ³ m ³ /an (330 jours ouvrables/an)
Ratio de mise en valeur	65%
Ventes	32 175 x 10 ³ m ³ /an
Tarif de l'eau	1,4 DA/m ³ en moyenne
Recettes sur les ventes	9 792 x 10 ³ dollars US

(3) Conditions de financement

1) Sources de fonds : fonds propres 30%, emprunts à long terme 70%

2) Conditions d'emprunt à long terme : intérêt de 8,0%/an

3) Emprunt à court terme

Un déficit constaté à chaque année fiscale durant exploitation sera complété par les dettes à court terme, dont l'intérêt à 10,0%/an et recouvrement total au cours de l'année suivante.

4) Impôts et taxes

Impôts sur les revenus des personnes juridiques : 60% des revenus imposables

Impôts sur les recettes : 2,53% des chiffres d'affaires (tarifs perçus)

Impôt foncier, prime d'assurance : à peu près 1,0% de frais de construction

5) Conditions d'amortissement

Frais avant le démarrage, intérêt durant construction : répartition sur 5 ans (valeur restante : 0)

Installations de procédé : répartition sur 15 ans (valeur restante : 0)

Bâtiment et génie civil, installations annexes : répartition sur 30 ans (valeur restante : 0)

6) Base de prix : le prix en vigueur en 1983

9.3 Résultats de l'analyse

(1) Sommaire des résultats

Le tableau 4 résume les résultats de l'analyse financière qui font ressortir le caractère

de la trésorerie du projet qui consiste à ramener au minimum le montant de subvention au lieu de chercher à une meilleure rentabilité. Autrement dit, le déficit étant comblé d'une subvention et d'un emprunt à court terme, seuls les capitaux propres investis sont à récupérer pendant tout le projet.

Ici, si on veut améliorer la rentabilité, il faut augmenter la subvention, ce qui n'est pas autre chose qu'un transfert de la trésorerie algérienne dans son pays. Par conséquent, la réflexion sur le montant défini de subvention est plus importante que celle sur la situation financière présentée. Compte tenu du ratio de mise en valeur, la subvention minimum est de 4,43 DA/m³ (MSF) et de 4,32 DA/m³ (RO) sur la quantité nette vendue.

(2) Décomposition du coût de revient d'eau

La figure 5 montre la composition du coût de revient sur la production globale et sur le volume de vente. Les différents frais y sont décomposés. Elle nous fait comprendre que la perception de tarifs ne couvre pas à elle seule les frais nécessaires, donc les pertes considérables vont se produire.

(3) Bilan financier

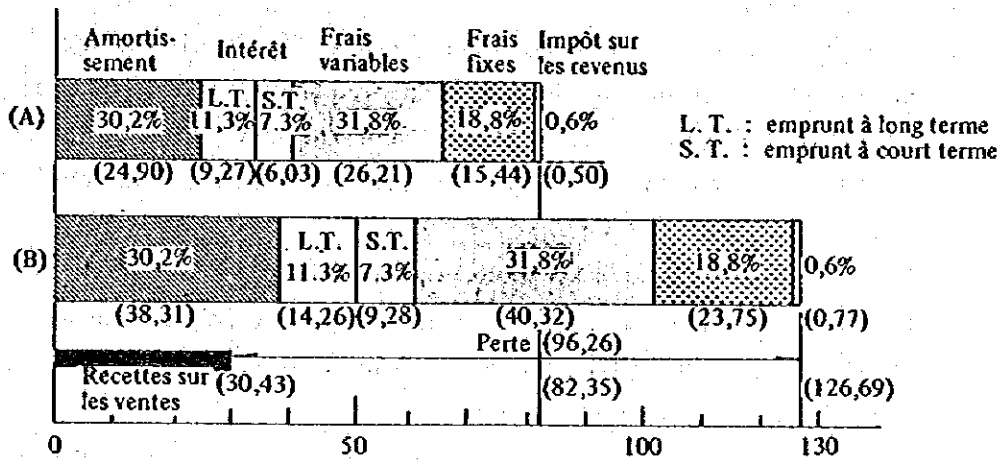
Un manque de fonds prévu sera complété par une subvention, un emprunt à court terme, les fonds récupérés, etc. Comme on a déjà vu, la subvention par m³ d'eau est de 4,43 DA pour le procédé MSF et de 4,32 DA pour le RO. Les fonds récupérés pendant tout le projet correspondent aux capitaux propres investis, à savoir 67 160 000 dollars US pour le MSF et 70 372 000 dollars US pour le RO.

Tableau 4 Sommaire de l'analyse financière

(en mille dollars US)

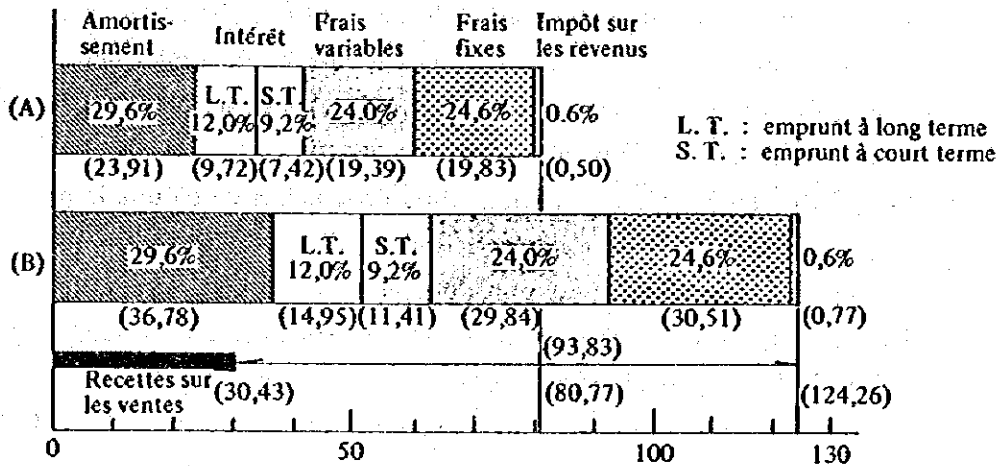
Item		Procédé MSF	Procédé RO
Capitaux investis		223 512	234 201
Financement :			
Fonds propres		67 053	70 260
Dettes		156 459	163 941
Entrée de fonds (en moyenne annuelle)	Recettes sur les ventes (en DA/m ³)	9 792 (1,40)	9 792 (1,40)
	Subvention nécessaire (en DA/m ³)	30 979 (4,43)	30 196 (4,32)
	Sous-total (Prix de l'eau produite en DA/m ³)	40 771 (5,83)	39 988 (5,72)
	Emprunt à court terme	29 871	36 720
	Récupération de fonds de roulement, etc.	2 575	3 779
	Entrée totale de fonds	73 217	80 487
Sortie de fonds (en moyenne annuelle)	Frais variables	12 974	9 601
	Frais fixes	7 641	9 817
	Impôt sur les recettes	248	248
	Impôt sur les revenus des personnes juridiques	0	0
	Remboursement de dettes :	47 877	56 130
	Emprunt à long terme (principal)	(10 430)	(10 929)
	Emprunt à long terme (intérêt)	(4 589)	(4 809)
Emprunt à court terme (principal)	(29 871)	(36 720)	
Emprunt à court terme (intérêt)	(2 987)	(3 672)	
Sortie totale de fonds	68 740	75 796	
"Cashflow" (en moyenne annuelle)		4 477	4 691
"Cashflow" (en total pendant le projet)		67 160	70 372
Taux de rentabilité intérieur aux fonds propres (IRROE)		0,00%	0,00%
Récupération des capitaux investis dans :		15,0 ans	15,0 ans

- Procédé MSF



(cents US/m³)

- Procédé RO



(cents US/m³)

Remarques : A : coût de revient sur la production globale
 B : coût de revient sur le volume de vente
 (compte tenu du ratio de mise en valeur)

Fig. 5 Décomposition du coût de revient
 (Cas MSF/RO)

9.4 Evaluation des résultats de l'analyse financière

L'analyse financière effectuée dans l'hypothèse de minimiser le montant de subvention a donné comme résultat le prix de l'eau produite composé de tarif perçu et de subvention à 5,83 DA/m³ (MSF) et 5,72 DA/m³ (RO). Ce prix ainsi que la situation financière en perspective donnent lieu aux réflexions suivantes:

(1) Prix de l'eau produite

- 1) Etant donné le ratio de mise en valeur retenu à 65% , le prix s'est défini relativement élevé mais si on le convertit par rapport à la production globale, il revient à 3,80 DA/m³ (MSF) et à 3,73 DA/m³ (RO). On peut considérer que ce prix-là est suffisamment faible, donc intéressant par rapport à d'autres projets de dessalement.
- 2) La part de la subvention est importante dans le prix défini sur la production globale. Il serait pourtant possible de la réduire considérablement avec une certaine majoration du tarif sur l'alimentation générale d'Alger selon le principe d'imputer les charges aux bénéficiaires.
- 3) Le prix étant à peu près identique pour les deux procédés, il serait difficile de dire lequel est le meilleur du point de vue financier.

(2) Situation financière

- 1) L'accent étant mis sur la modération du montant de subvention, la trésorerie du projet prend un aspect difficile. La bonne marche du projet dépend donc en partie d'une introduction régulière de l'emprunt à court terme en fonction des besoins de chaque année fiscale.
- 2) Ce qui suit est les mesures envisageables dans le but de réduire le prix de l'eau produite et de rendre plus solide la trésorerie.
 - a. Tous les fonds requis au projet sont financés par les capitaux propres;
 - b. La subvention gouvernementale remplace les dettes à court terme affectées pour couvrir le déficit pendant exploitation;
 - c. On accorde une subvention plus importante que celle qui a été définie pour rendre meilleures la rentabilité de l'entreprise et sa trésorerie. Il ne s'agit ici que de transférer les fonds à l'intérieur du pays, mais ceci permet d'une part, d'assainir la trésorerie et d'autre part, de faire disparaître les problèmes relatifs aux dettes.

10. Analyse économique

On aurait tort de discuter le projet uniquement sous l'aspect financier. Son intérêt public en tant que services des eaux doit être pris en considération. En dehors de l'amélioration dans les conditions hygiéniques et du niveau de vie, il permettra de résoudre la pénurie d'eau qui s'aggrave vers 1986 où on s'attend au pire. Cet aspect mérite certainement une bonne appréciation. Il y a donc lieu d'étudier l'intérêt et le service rendus à la société par le projet.

Vu qu'il est difficile de saisir quantitativement ces avantages, la présente analyse s'est contentée d'estimer dans la mesure du possible les avantages et les coûts économiques du projet avant de leur donner une évaluation qualitative.

10.1 Avantages économiques du projet

La valeur de l'eau produite peut se traduire par une disparition des problèmes sociaux tels que les conditions sanitaires préoccupantes, les ennuis dans la vie courante, etc. Elle constitue une valeur économique beaucoup plus importante que sa valeur en tant que produit qui a été définie plus haut.

L'estimation approximative de ces avantages économiques s'est effectuée par une révision de la valeur de l'eau produite. C'est-à-dire, la prime pour la valeur économique de l'eau produite atteint son plafond en même temps que son degré de nécessité en 1986. Elle s'est établie à entre 3,0 et 5,0. Nous avons exclu quelques années à partir de 1987 de notre examen relatif à la prime du fait que le barrage de Keddara doit assurer une alimentation suffisante pendant ce temps. C'est à partir de 1994 où le taux de satisfaction tombe au-dessous de 100% que la pénurie réapparaît, donc les avantages économiques y ont été évalués selon les primes retenues en fonction de la baisse prévue dans le taux de satisfaction.

Les avantages économiques ainsi déterminés s'élèvent en 1986 à entre 163 millions de dollars US (prime = 3,0) et 245 millions de dollars US (prime = 5,0), et ils restent après à 41 millions de dollars US, équivalent du prix de marché où la prime n'est pas tenue compte, pendant 7 ans. A partir de la 9^e année, ils sont estimés à 41 à 96 millions de dollars US (prime = 3,0), 44 à 133 millions de dollars US (prime = 5,0).

10.2 Coûts économiques du projet

Les coûts économiques comprennent les frais initiaux (fonds nécessaires) requis à la mise en oeuvre du projet, les frais de production et les subventions à accorder pendant exploitation. La valeur économique de ces frais décrits dans l'analyse financière basée sur le prix de marché a été estimée après les avoir classés selon la nature de monnaie. La part en DA s'est décomposée de mains-d'oeuvre qualifiée et non qualifiée, ressources et matériaux à pourvoir dans le pays. Le tableau 5 s'est ainsi élaboré compte tenu de la prime respective pour la valeur économique. Les subventions sont identiques à celles de l'analyse financière.

Tableau 5 Coûts économiques du projet (fonds nécessaires, frais de production)

(en mille dollars US)

Procédé \ Item	Fonds nécessaires		Frais de production	
	Prix de marché	Valeur économique	Prix de marché	Valeur économique
MSF	212 975	228 493	20 615	17 348
RO	222 998	237 943	19 418	16 610

10.3 Taux de rentabilité économique intérieur (EIRR)

A partir des avantages et coûts économiques déterminés plus haut, nous avons calculé le "Cashflow" économique pendant la durée de service économique (15 ans) du projet, ce qui a donné le taux de rentabilité intérieur comme suit :

Tableau 6 Taux de rentabilité économique intérieur (EIRR)

Cas	EIRR	
	Procédé MSF	Procédé RO
Prime pour la valeur économique de l'eau produite en 1986		
Cas A (3,0)	1,44%	1,84%
Cas B (4,0)	7,19%	7,14%
Cas C (5,0)	13,32%	12,66%

10.4 Evaluation des résultats de l'analyse économique

Le "Cashflow" économique et le taux EIRR qu'on vient de montrer font ressortir l'effet économique considérable du projet, ce qui est susceptible de justifier sa mise en oeuvre. C'est-à-dire, les résultats de l'analyse économique montrent que le projet peut non seulement récupérer les subventions mais encore apporter les avantages, tandis que d'après l'analyse financière il a besoin chaque année de 30 979 000 dollars US (MSF) ou de 30 196 000 dollars US (RO) comme subvention.

Cela est dû à notre appréciation très favorable de l'intérêt que présente le projet de porter une solution à la pénurie dont le pire doit arriver en 1986. Pourtant, il est à savoir comment évaluer la valeur économique de l'eau produite, car l'effet économique en dépend. Nous souhaitons que les autorités algériennes aillent définir les avantages escomptés du projet après avoir examiné de différents problèmes entraînés par la pénurie, d'autres modes d'alimentation, etc.

Si la prime pour la valeur économique retenue ici est jugée raisonnable, on peut dire que le projet apportera un effet économique considérable et rendra un service important à la société.

En outre, les avantages socio-économique impossibles à mesurer (amélioration d'hygiène et d'environnement, impact économique sur la communauté, montée de l'emploi, etc.) sont aussi les éléments convaincants en faveur de l'utilité du projet.

11. Sélection du procédé optimal et évaluation synthétique

11.1 Evaluation technique

Nous avons effectué un examen comparatif sous l'aspect technique détaillé sur les procédés MSF et RO dont l'étude conceptuelle avait été faite. Il en est résulté que le premier prend une position avantageuse au niveau de taille unitaire de l'Unité, adaptabilité à la qualité de l'eau de mer, produits chimiques utilisés, qualité de l'eau produite auxquels s'ajoute l'appui de ses services réalisés. Par contre, le dernier le dépasse dans consommation d'énergie, effectif requis, facilité de fonctionnement et d'entretien, corrosion des matériaux et superficie d'installation. Chacun a donc sa particularité, on dirait difficilement lequel est le mieux.

11.2 Evaluation économique

Ensuite, l'analyse comparative du point de vue économique fait voir que les fonds nécessaires sont moindres chez le MSF (la différence est de 11 millions dollars US), tandis que le coût de revient est plus faible chez le RO (la différence de 0,07 DA/m³ sur la production globale), ce qui fait que celui-ci nécessite une moindre subvention sur le volume vendu (la différence de 0,11 DA/m³). Mais la différence est si minime que ni l'un ni l'autre est jugé meilleur sous l'aspect économique.

11.3 Conditions requises au projet

Par ailleurs, les conditions spécifiques du projet sont comme suit:

- (1) **Durée de réalisation :** Les difficultés constatées à l'heure actuelle dans l'approvisionnement en eau seront ressenties encore plus fort avant que le barrage soit terminé en 1987. Il faut donc donner la priorité à la réalisation de l'Unité dans les meilleurs délais, et par conséquent le délai constitue une condition importante au choix de procédé.
- (2) **Services réalisés :** Le projet constitue la première entreprise en matière de dessalement de l'eau de mer pour l'Algérie qui lui donne la plus grande importance. Vu que son succès agit sur les conditions fondamentales de la vie civile, il faut à tout prix éviter un risque. Il est donc important de choisir un procédé fiable au niveau technique et riche en services réalisés.
- (3) **Importance de taille :** La grande capacité de l'Unité (150 000 m³/jour) exige un procédé adapté à une telle taille. Il doit présenter des économies d'échelle ainsi qu'une capacité unitaire importante.

(4) Facilité d'exploitation et d'entretien : En Algérie où le dessalement de l'eau de mer est peu connu, la main-d'oeuvre qualifiée doit être extrêmement limitée pour l'exploitation et l'entretien de l'Unité. Il est donc souhaitable pour un fonctionnement stable d'avoir un procédé facile à exploiter et entretenir et qui est automatisé dans la mesure du possible.

11.4 Sélection du procédé optimal

L'évaluation des procédés tient compte de tout ce qui précède, et notamment des conditions citées plus haut. Pour la durée de réalisation, il n'y a aucune différence entre les deux. En ce qui concerne l'importance de taille, le procédé MSF représente une meilleure adaptabilité, alors que le procédé RO est plus facile à exploiter et entretenir. En dehors de la deuxième condition, on peut dire qu'ils se valent.

Pour ce qui est de l'appui des services réalisés, les autorités algériennes entendent lui accorder de l'importance et de ce point de vue, le procédé MSF répond le mieux à cette condition. Il conviendrait donc de choisir celui-ci pour ce projet.

Par ailleurs, on peut dire que malgré son manque dans les services réalisés, le procédé RO a de l'avenir, car il connaît aujourd'hui un progrès technique rapide, et s'adaptera certainement à une échelle plus importante. Il doit donc faire l'objet d'un examen approfondi pour les projets futurs.

12. Fondement de la mise en oeuvre du projet

Le projet fera disparaître d'un seul coup avant que le barrage soit terminé la pénurie aggravante en même temps que les grosses pertes socio-économiques qu'entraîne celle-ci. En outre, il rendra disponibles avec le barrage les eaux industrielles et agricoles pour permettre ces secteurs de se développer. Une unité de dessalement peut se construire généralement plus vite qu'un barrage et son délai de travaux est d'habitude respecté. Aussitôt terminé, il est capable d'alimenter, à la différence d'un barrage qui prend du temps pour retenir de l'eau.

On entend parler aujourd'hui d'une désertification dans le monde due aux conditions climatiques anormales. L'Unité de dessalement peut produire de l'eau selon les besoins même après la création du barrage de Keddara, sans distinction de saisons et de précipitations, donc elle contribue à la stabilisation d'approvisionnement. Par ailleurs, on ne peut pas négliger sa signification en tant que mesure préventive contre une pénurie qui va réapparaître et s'aggraver dans quelques années après la création du barrage.

Il est à noter également un autre effet qu'elle comporte. C'est une amélioration et une stabilisation de la qualité de l'eau courante grâce au mélange de l'eau naturelle avec l'eau produite ayant une bonne qualité.

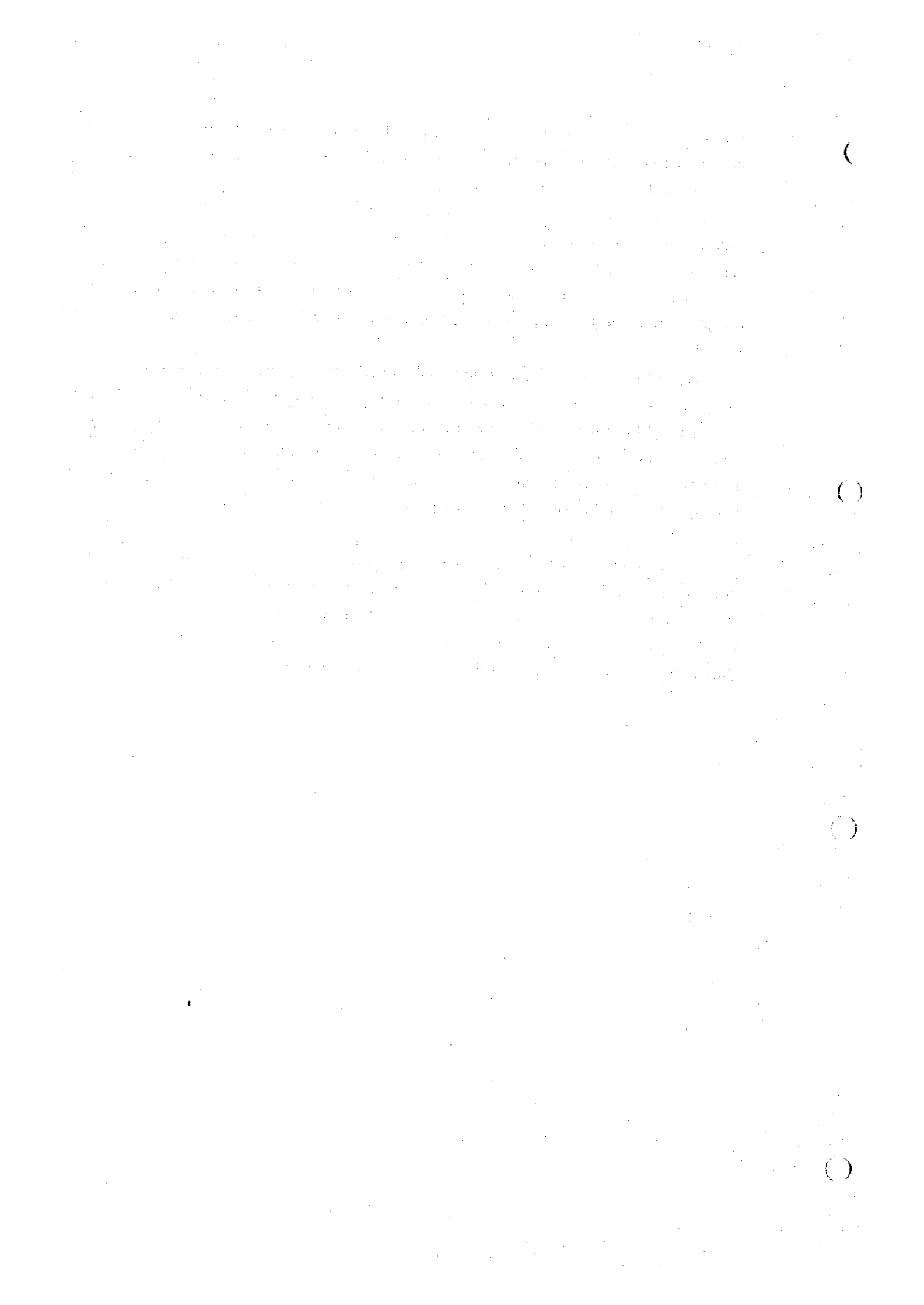
La F/S s'est fixée un objectif de ramener au minimum le montant de subvention, ce qui a donné un aspect difficile à la situation financière du projet. Il n'en est pas moins que le projet reste intéressant au niveau du prix de l'eau produite par rapport à d'autres projets de dessalement du fait de prix modérés d'énergies en Algérie, économies d'échelle, rationalisation de l'Unité, etc.

Un élément important pour la bonne marche du projet, c'est une introduction régulière de l'emprunt à court terme pendant son exploitation. Il est donc à souhaiter que le nécessaire soit fait sans que le programme financier soit dérangé.

Si la prime pour la valeur économique de l'eau produite qu'a retenue l'analyse économique (3,0 à 5,0) est raisonnable, on peut évaluer que le projet comporte un effet économique considérable. Compte tenu également des avantages socio-économiques attendus (amélioration des conditions sanitaires et de l'environnement, impact économique sur la communauté, montée de l'emploi, etc.), on peut dire que la mise en œuvre du projet rend un service important à la société.

De tout ce qui précède, on peut déduire que le projet porte une solution aux difficultés qu'impose la pénurie à la population et permet d'améliorer les conditions sociales. Malgré son apparence difficile dans la trésorerie, il finit par produire de l'eau à un prix raisonnable qui est même susceptible de baisser avec un réexamen du financement. En outre, les avantages socio-économiques et l'effet économique qu'il comporte sont convaincants en faveur de son utilité remarquable. Il y a donc lieu de réaliser à tout prix ce projet avec un appui solide du gouvernement.

Il reste à dire que le contrat des travaux doit être passé avant le début de 1984 au plus tard pour que l'Unité soit terminée dans les meilleurs délais, ceci étant la clé de la réussite du projet. Par ailleurs, les attentions doivent être portées sur un investissement et une subvention suffisants de l'Etat en même temps que sur la rationalisation de financement dans le but de réduire la difficulté financière en perspective ainsi que le prix de l'eau produite.



JICA