



Mécanisme de Soutien à la Gestion  
Intégrée Durable de l'Eau (SWIM- SM)

Projet financé par l'Union européenne



**BOITE A OUTILS  
DESMODELES GRAPHIQUES ET NUMERIQUES POUR  
L'ESTIMATION DES COUTS DES PROJETS DE DESSALEMENT  
PAR OSMOSE INVERSE DE L'EAU DE MER**

**JUIN 2013**



## Table des matières

<b>TABLE DES MATIÈRES .....</b>	<b>2</b>
<b>LISTE DES ACRONYMES .....</b>	<b>4</b>
<b>1 RESUME.....</b>	<b>5</b>
1.1 Introduction.....	5
1.2 Utilisateurs cibles .....	5
1.3 Objectif.....	5
1.4 Applicabilité.....	5
1.5 Limites d'utilisation de la boîte à outils .....	5
<b>2 APERÇU DE L'ESTIMATION DES COÛTS D'UN PROJET .....</b>	<b>6</b>
2.1 Introduction.....	6
2.2 Détermination des coûts d'un projet.....	6
2.3 Coûts de l'investissement.....	7
2.4 Coûts de fonctionnement et d'entretien .....	7
2.5 Coût de l'eau .....	8
<b>3 COÛTS D'INVESTISSEMENT .....</b>	<b>9</b>
3.1 Coûts du dessalement - Économie d'échelle .....	11
3.2 Exigences du site de l'usine de dessalement .....	11
3.3 Coûts d'investissement pour la prise de l'eau de mer .....	12
3.4 Coûts des filtres aux prises d'eau.....	16
3.5 Coûts de la station de pompage de l'eau.....	20
3.6 Coûts de décanteurs lamellaires et dispositifs de flottation DAF.....	21
3.7 Filtres à granulats (Anthracite et sable).....	22



3.8	Filtres de prétraitement à membrane .....	23
3.9	Système par osmose inverse .....	24
3.10	Coût du système OI pour un système SWRO à passage unique pour l'eau de la Méditerranée .....	25
3.11	Coûts de construction du post-traitement .....	28
3.12	Coûts d'élimination des concentrats.....	30
3.13	Autres coûts de construction .....	31
3.14	Total des coûts d'investissement .....	33
<b>4</b>	<b>COÛTS ANNUELS DE F&amp;E.....</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>COÛT DE LA PRODUCTION DE L'EAU .....</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES COUTS .....</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>EXEMPLE D'ESTIMATION DU COUT.....</b>	<b>40</b>



## Liste des Acronymes

CRF	Coefficient de récupération du capital
DAF	Flottation sous pression
H	Profondeur
HDD	Puits forés à l'horizontale
PEHD	Polyéthylène haute densité
MENA	Moyen Orient et Afrique du Nord
mg/L	milligrammes par litre
MM	millions
ML/j	Mégalitres par jour
F&E	Fonctionnement et entretien
Q	flux
RO	Osmose inverse
SWRO	Dessalement de l'eau de mer par osmose inverse
TDS	Total des solides dissous
m <sup>3</sup> /jour	Mètres cubes par jour
US\$	Dollars américains
Yr.	Année



## 1 Résumé

### 1.1 Introduction

La boîte à outils du projet de dessalement de l'eau de mer consiste en un recueil de courbes des coûts d'investissements (graphique des modèles de coûts) pour tous les composants clés des installations de dessalement (prise de l'eau de mer, prétraitement, système OI, post traitement) qui peuvent être utilisés pour préparer des estimations de coûts de projets de dessalement futurs. Les courbes des coûts sont étalonnées et validées à l'aune des dépenses en capital effectives effectuées, récemment, pour les grands projets de dessalement par osmose inverse de l'eau de mer dans la région du Moyen Orient et Afrique du nord (MENA).

La boîte à outils présente également une méthodologie pour l'estimation des coûts des installations de dessalement par osmose inverse de l'eau de mer ainsi qu'un exemple dont on peut utiliser cette méthodologie pour évaluer le coût du dessalement.

### 1.2 Utilisateurs cibles

La boîte à outils de dessalement a été développée à l'intention d'ingénieurs, planificateurs, preneurs de décision et évaluateur impliqués dans le développement et la mise en œuvre de projets de dessalement. Le contenu de la boîte à outils a été conçu sur les besoins de la région MENA.

### 1.3 Objectif

L'objectif de cette boîte à outils est d'aider à préparer une estimation des coûts des projets de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse (SWRO) mis en place dans la région MENA.

### 1.4 Applicabilité

La boîte à outils peut être utilisée pour estimer le coût de projets de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse à séparation membranaire de grandes et moyennes dimensions pour produire de l'eau douce avec une capacité de production entre 5,000 and 400,000 m<sup>3</sup>/jour.

### 1.5 Limites d'utilisation de la boîte à outils

L'utilisation de cette boîte à outils est limitée aux projets de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse uniquement. Les modèles de coûts ne peuvent pas être utilisés pour calculer le coût d'installations de dessalement thermiques ou d'unités de dessalement d'eau saumâtre.

L'applicabilité des modèles et de la méthodologie d'estimation des coûts est limitée aux projets avec une capacité de production d'eau douce entre 5 000 et 400 000 m<sup>3</sup>/jour. Étant donné que les courbes d'estimation de coûts proviennent de projets dans la région MENA, leur utilisation pour des projets à l'extérieur de cette région pourrait ne pas fournir des projections de coûts précis. La précision des modèles et l'estimation de coûts relatifs est de - 15 à + 30 %.



## 2 APERÇU DE L'ESTIMATION DES COÛTS D'UN PROJET

### 2.1 Introduction

Les océans mondiaux contiennent plus de 97,2 % des ressources en eau de la planète. En raison de la salinité élevée de l'eau des océans et du coût élevé du dessalement de l'eau de mer, la plupart de l'eau utilisée dans le monde provient généralement de sources d'eau douce - nappes phréatiques, rivières et lacs. Les changements climatiques observés de par le monde au cours de la dernière décennie, la pression exercée par la croissance accélérée de la population et la disponibilité limitée des ressources en eau douce bon marché ont déplacé l'attention des industriels de l'eau vers une nouvelle solution: le dessalement de l'eau de mer.

Jusqu'à récemment, le dessalement de l'eau de mer était limité aux régions dominées par un climat désertique. Les dernières avancées technologiques associées à la baisse des coûts de production de l'eau et de la demande en énergie ont élargi son utilisation dans les zones côtières, traditionnellement servies par des ressources en eau douce. À l'heure actuelle, les usines de dessalement fournissent approximativement 1 % de l'eau douce dans le monde. La capacité de production d'eau douce depuis des sources salines (saumâtre et eau de mer) a connu une croissance exponentielle durant ces 15 dernières années.

En 2010, plus de 15 000 usines de dessalement dans le monde produisaient au total 65,2 millions de mètres cubes par jour ( $m^3$ /jour) d'eau douce à partir de l'eau de mer et de l'eau de saumâtre (IDA, 2011). Approximativement 60 % de la capacité de production des usines installées provient des usines de dessalement à osmose inverse (OI) et 34,8 % des installations utilisant la distillation thermique.

Une claire tendance qui se dégage aujourd'hui en matière de dessalement de l'eau de mer est la construction d'usines avec une capacité majeure, qui livre un volume croissant d'eau douce depuis les villes côtières à travers le monde. Alors que la plupart des grandes usines de dessalement construites entre 2000 et 2005 ont été conçues à l'origine pour fournir seulement de 5 à 10 % d'eau douce aux grands centres urbains côtiers, de nos jours la plupart des programmes des projets régionaux ou nationaux de dessalement dans des pays comme l'Espagne, l'Australie, Israël, l'Algérie et Singapour visent à assurer entre 20 et 25 % de leurs besoins à long terme en eau douce grâce à de l'eau de mer dessalée.

Actuellement, l'osmose inverse est la technologie de dessalement la plus largement utilisée car, en général, elle fournit de l'eau douce avec une consommation d'énergie et des coûts inférieurs à ceux des technologies alternatives traditionnelles de dessalement. Ainsi, cette boîte à outils se focalise sur les méthodes et les facteurs qui permettent d'établir l'ensemble des coûts de construction, de fonctionnement et de l'entretien (F&E) pour une production d'eau douce selon le principe de dessalement par osmose inverse de l'eau de mer (SWRO).

### 2.2 Détermination des coûts d'un projet

Les paramètres économiques clés d'un projet de dessalement par osmose inverse d'eau de mer sont:

- Coûts de l'investissement;



- Coûts de fonctionnement et d'entretien;
- Coût de la production de l'eau.

### 2.3 Coûts de l'investissement

Les coûts d'investissement comprennent toutes les dépenses associées à la mise en œuvre du projet de dessalement: conception, permis, financement, construction, mise en service et les essais de réception pour un fonctionnement continu. Les coûts de construction comprennent toutes les dépenses directes nécessaires pour: l'amenée de l'eau de source à l'usine et les systèmes de rejet des concentrats ainsi que toutes les structures nécessaires; fournir et installer tout l'équipement de l'installation, installer et raccorder la tuyauterie et les équipements collectifs; enfin, livrer l'eau dessalée à l'/aux utilisateur(s) final (finaux). En raison de leur lien immédiat avec la construction des installations physiques, les coûts de construction sont aussi appelés coûts d'investissement « directs » ou « de base ». Les coûts de construction représentent généralement entre 50 et 85 % des coûts d'investissement totaux.

Les 15 à 50 % restants sont souvent appelés coûts « indirects » ou « accessoires ». Ces coûts comprennent le travail administratif, d'ingénierie, les permis, l'acquisition du financement nécessaires pour mener à bien le projet tout comme les coûts pour s'assurer les services des contractants en matière de conception, construction et exploitation du projet de dessalement.

Les coûts d'investissement totaux du projet sont généralement présentés en unités monétaires (en \$US) et sont estimés soit pour l'année du début de la construction du projet ou se réfèrent à la période de construction. Selon le type, la durée et les conditions de financement du projet, les coûts d'investissement sont souvent convertis en unités monétaires par année et appelés coûts amortis ou annualisés (\$ US/an.). Par ailleurs, tant les coûts de construction que les coûts d'investissement sont parfois présentés comme coûts par unité de capacité de production d'eau du projet de dessalement (\$US/m<sup>3</sup>jour ou \$US/1.000 de gallons).

### 2.4 Coûts de fonctionnement et d'entretien

Les coûts de fonctionnement et d'entretien sont liés au fonctionnement des usines SWRO (électricité, produits chimiques, main d'œuvre et remplacement du matériel consommable comme les membranes et les filtres à cartouche), l'entretien de l'équipement de l'usine, les bâtiments, les terrains et les services, les permis environnementaux, les licences d'exploitation et toute autre conformité réglementaire. Les coûts de fonctionnement et d'entretien liés à un projet sont généralement exprimés ensemble, comme coûts opérationnels pour une période d'une année (\$US/an) ou en tant que coûts d'exploitation pour la production d'une unité de volume d'eau dessalée (\$US/m<sup>3</sup>).

Les coûts de fonctionnement et d'entretien peuvent être divisés en deux catégories principales: fixes et variables. Les coûts de F&E sont des dépenses annuelles qui ne sont pas fonction du volume total d'eau douce produit par l'usine de dessalement. Ces coûts F&E comprennent: la main d'œuvre (salaires et avantages sociaux); l'entretien ordinaire et préventif de l'équipement; contrôle de l'impact environnemental et des prestations, assurances, frais administratifs, ainsi que diverses dépenses générales. Les coûts de F&E variables sont généralement proportionnels au volume réel d'eau dessalée produite par l'usine SWRO et comprennent les coûts de: électricité, produits chimiques, remplacement des membranes OI et des filtres à cartouche, l'élimination des déchets.



En général, les coûts variables représentent entre 50 et 85 % des coûts de F&E annuels totaux, alors que les coûts fixes représentent entre 15 et 50 % de ceux-ci.

## 2.5 Coût de l'eau

Le coût de l'eau est un paramètre économique qui comprend tous les coûts F&E annuels et d'investissement du projet liés à la production de l'eau et n'est pas généralement exprimé en unités monétaires par unité de volume d'eau dessalée (\$ US/m<sup>3</sup>). Le coût total de la production d'eau douce (coût de l'eau) est calculé en divisant la somme des coûts d'investissement amortis (annualisés) (en \$US/an.) et les coûts de F&M (en \$ US/an) par le volume annuel total de production d'eau douce par usine de dessalement (m<sup>3</sup>/an). Pour une usine SWRO typique, les coûts d'investissement amortis et les coûts de F&E sont généralement dans la gamme des 40 à 60 % du coût total de l'eau, respectivement.

Cependant, le rapport entre les composants clés des coûts varie d'un projet à l'autre, les « plus grandes parts du gâteau des coûts » étant généralement les coûts pour la construction de l'usine (coûts directs), l'électricité et autres coûts de F&E (entretien, produits chimiques, membranes, etc.). Les coûts indirects, qui comprennent principalement les coûts d'ingénierie du projet, les services de financement, représentent également une portion importante (généralement entre 10 et 20 %) des coûts de production de l'eau.





### 3 COÛTS D'INVESTISSEMENT

Les coûts d'investissement d'un projet peuvent être divisés en deux grandes catégories: (1) les coûts de construction (parfois appelés «coûts directs » ou « coûts de base du projet ») et (2) les autres coûts liés au projet (ingénierie, développement, financement et imprévus) qui sont souvent appelés « coûts indirects» ou « coûts accessoires du projet ». Une répartition typique des coûts d'investissement pour un projet de dessalement de basse et haute complexité est illustrée au Tableau 1.

Tableau 1 Ventilation des coûts d'investissement d'un projet SWRO

Poste	Pourcentage des coûts d'investissement totaux (%)	
	Projet à basse complexité	Projet à haute complexité
<b>Coûts (de construction) d'investissement directs</b>		
1. Préparation du site, routes et parking	1,5 – 2,0	0.5 – 1,0
2. Prise de l'eau de mer	4,5 – 6,0	3.0 – 5,0
3. Pré-traitement	8.5 – 9.5	6.0 – 8.0
4. Équipement du système OI	38,0 – 44,0	30.5 – 36.0
5. Post-traitement	1.5 – 2.5	1.0 – 2.0
6. Élimination du concentrat	3.0 – 4.0	1.5 – 3.0
7. Traitement des déchets et des solides	2.0 – 2.5	1.0 – 1.5
8. Systèmes électriques et instruments	2.5 – 3.5	1.5 – 2.5
9. Équipement auxiliaire et de service et équipements collectifs	2.5 – 3.0	1.0 – 2.0
10. Bâtiments	4,5 – 5,5	3.0 – 5.0
11. Lancement, mise en route et essais de réception	1.5 – 2.5	1.0 – 2.0
<b>Sous-total Coûts (de construction) directs</b> <b>(% des coûts d'investissement totaux)</b>	<b>70,0 – 85,0</b>	<b>50.0 – 68.0</b>



Tableau 1 (suite) Ventilation des coûts d'investissement d'un projet SWRO

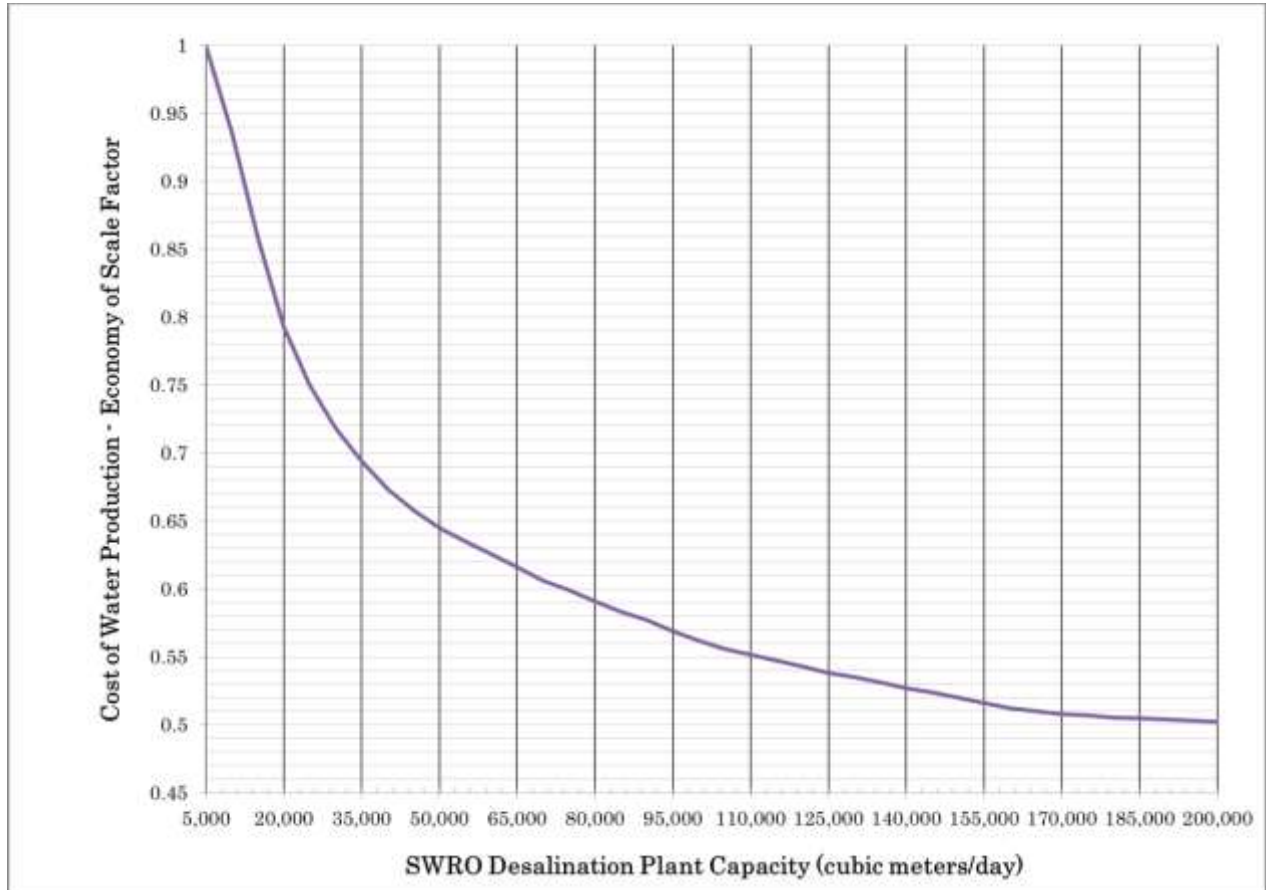
Poste	Pourcentage des coûts d'investissement totaux (%)	
	Projet à basse complexité	Projet à haute complexité
Services d'ingénierie du projet		
1. Ingénierie préliminaire	0,5 - 1,0	0,5 – 1,5
2. Essai pilote	0,0 - 0,5	1,0 – 1,5
3. Conception détaillée	3,5 - 4,5	5,0 – 6,0
4. Gestion et supervision de la construction	1.0 – 2.0	2.5 – 3.5
Sous-total Services d'ingénierie	5.0 – 8.0	9.0 – 12.5
Développement du projet		
1. Administration, contrats et gestion	1,0 – 1,5	2,0 – 3,0
2. Autorisations environnementales (permis)	0.5 – 3.5	4.5 – 5.0
3. Services juridiques	0.5 – 1.0	1.5 – 2.0
Sous-total Développement du projet	2,0 – 6,0	8,0 – 10,0
Coûts de financement du projet		
1. Intérêt au cours de la construction	0.5 - 2.5	1.0 – 4.5
2. Fonds de réserve du service de la dette	2.0 – 5.5	4.5 – 8.5
3. Autres coûts de financement	0.5 – 1.0	3.5 – 4.5
Sous-total Financement du projet	3,0 – 9,0	9,0 – 17,5
Provision pour imprévus	5.0 – 7.0	6.0 – 10.0
Sous-total Coûts d'investissement indirects (% des coûts d'investissement totaux)	15.0 – 30.0	32.0 – 50.0
Total Coûts d'investissement	100 %	100 %



### 3.1 Coûts du dessalement - Économie d'échelle

Le coût de la production de l'eau est fonction de la capacité de l'usine de dessalement (voir figure 1)

Figure 1 – Économie d'échelle de l'usine de dessalement



### 3.2 Exigences du site de l'usine de dessalement

Les coûts d'une usine de dessalement sont proportionnels à la taille du site et au coût du terrain. Le tableau 2 aide à établir la taille du site nécessaire pour un projet de dessalement donné en fonction de sa capacité de production. Plus l'installation est grande plus les coûts et les besoins en terrain seront élevés.



Tableau 2 Terrain nécessaire pour une usine de dessalement de l'eau de mer

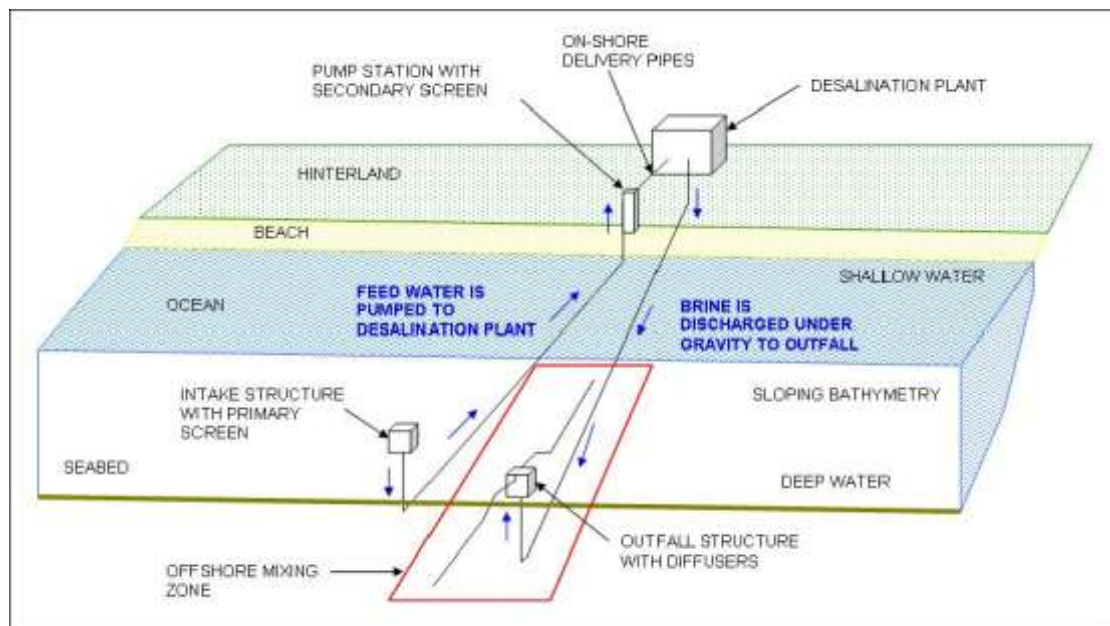
Capacité de l'usine (m <sup>3</sup> /jour)	Terrain nécessaire pour une usine normale	
	m <sup>2</sup>	acres
1 000	800 – 1 600	0,2 à 0,4
5 000	2 000 – 3 200	0,5 à 0,8
10 000	6 100 – 8 100	1,5 à 2,0
20 000	10 100 – 14 200	2,5 à 3,5
40 000	18 200 – 24 300	4,5 à 6,0
100 000	26 300 – 34 400	6,5 à 8,5
200 000	36 400 – 48 600	9,0 à 12,0
300 000	45 200 – 60 000	11.5 à 15,0

Note: Terrain nécessaire pour une usine de type classique. Les usines compactes sont moins gourmandes en terrain.

### 3.3 Coûts d'investissement pour la prise de l'eau de mer

Les coûts pour la prise de l'eau de mer sont fonction de la taille de l'installation et du type de prise utilisée. Les prises d'eau en mer ouverte (voir figure 2) sont, en général, largement utilisées dans les projets de dessalement de grande ou moyenne taille.

Figure 2 – Prise d'eau en mer ouverte

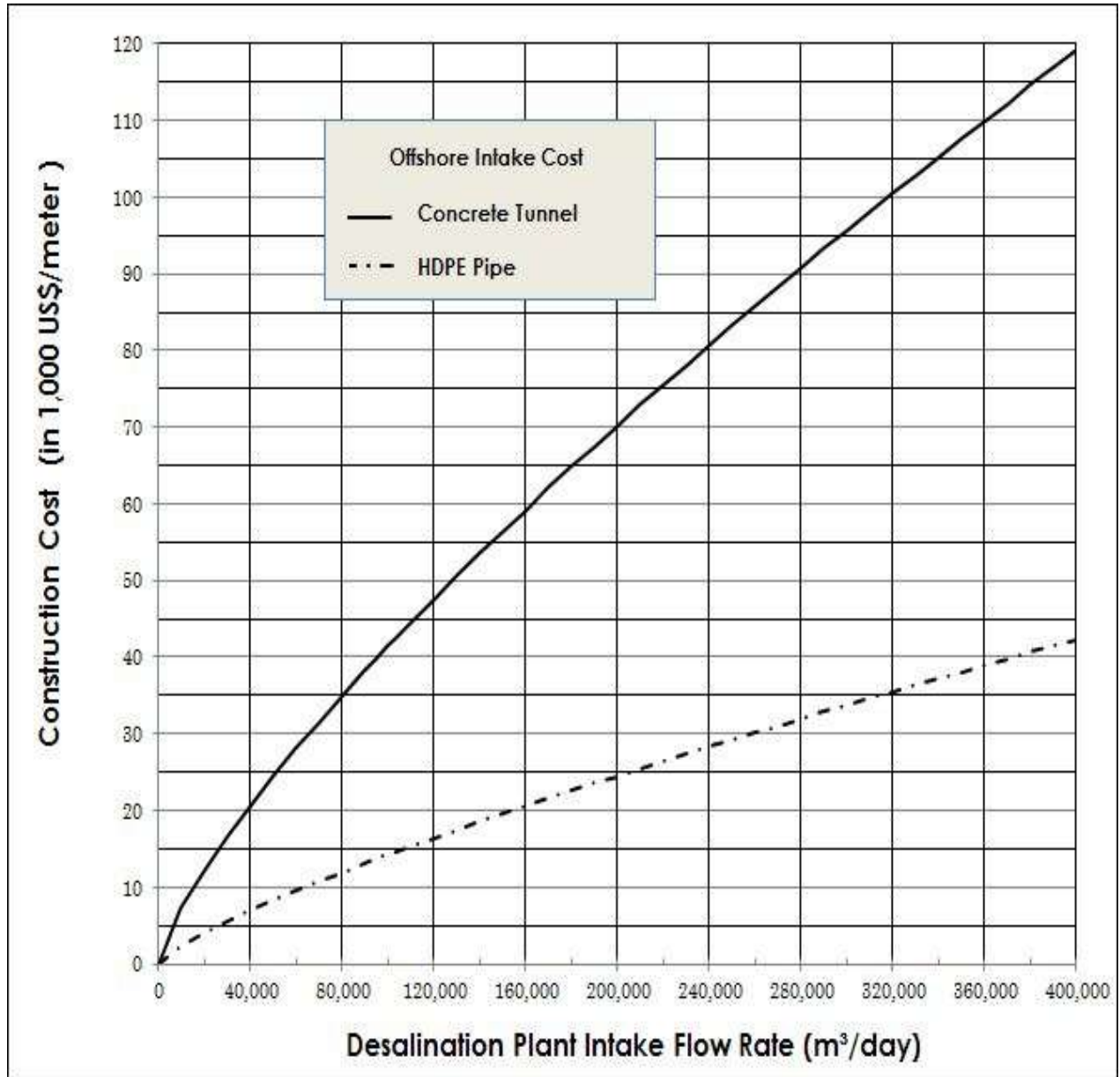


La figure 3 présente la courbe de coûts pour les prises d'eau en mer ouverte, construites avec des tunnels en béton et des canalisations polyéthylène haute densité (HDPE). La figure comprend les coûts pour les types de prises d'eau en haute mer les plus utilisées - tunnels en béton et



canalisations HDPE. Pour une prise d'eau de taille spécifique, les chiffres permettent de déterminer le coût unitaire de la prise d'eau par mètre de canalisation/tunnel. Le coût total de la prise d'eau est calculé en multipliant le coût unitaire de la prise d'eau par la longueur de la canalisation/tunnel.

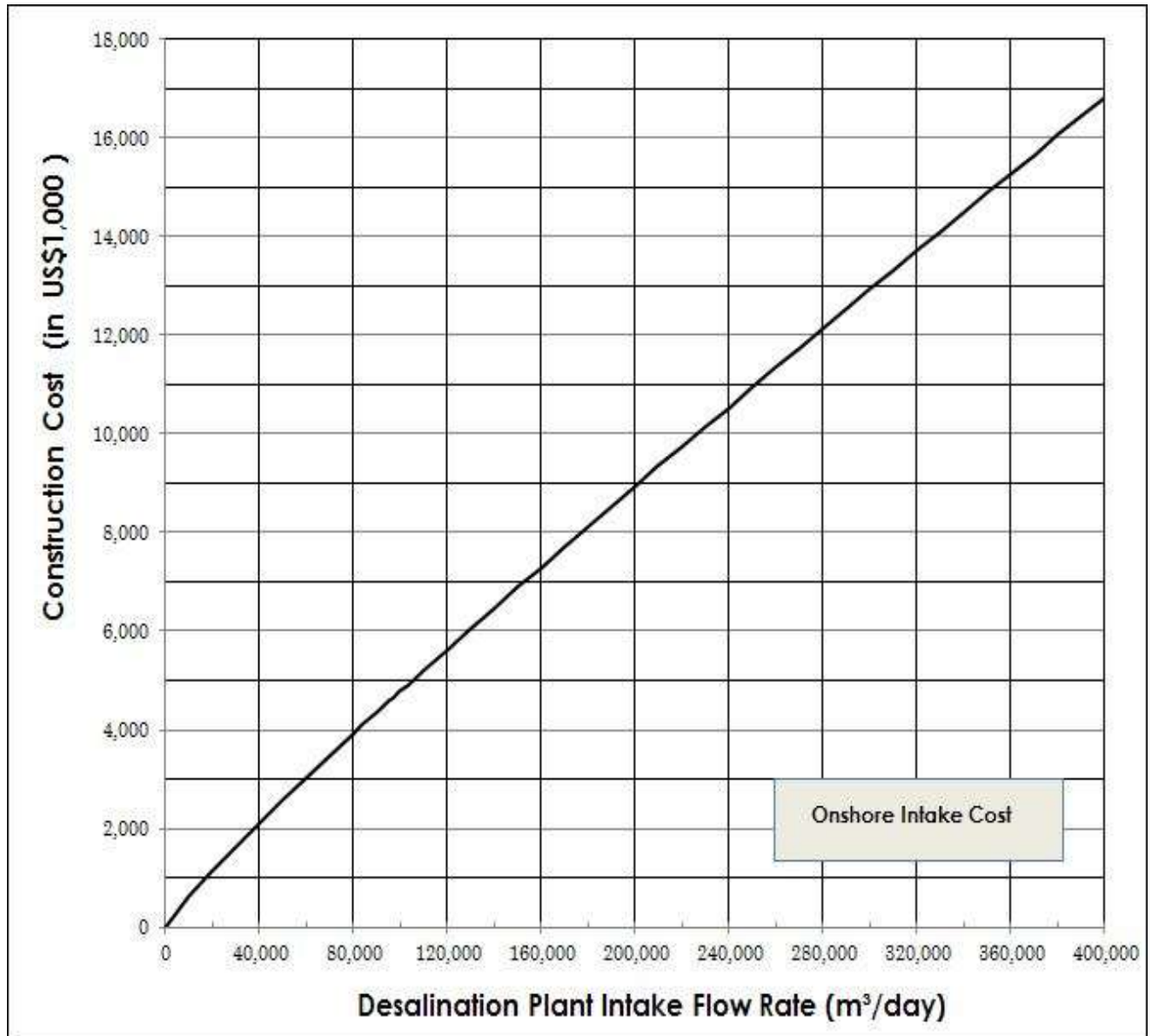
Figure 3 – Coûts de la prise d'eau en mer ouverte





La figure 4 donne le coût de prises d'eaux par captage côtier. Ces prises d'eaux sont utilisées dans certaines installations de dessalement dans la région MENA. Le graphique représente les coûts de construction des prises d'eau côtières en fonction de la capacité de celles-ci. Comme décrit dans les sections précédentes de cette boîte à outils, le graphique des coûts a été développé sur la base du coût actuel des prises d'eau de dessalement par captage côtier dans la région MENA.

Figure 4 – Coûts des prises d'eau par captage côtier





Le tableau 3 offre les postes de coûts qui peuvent être utilisés pour estimer le coût de construction de prises d'eau par puits verticaux. Le tableau 4 résume les coûts des différents types de prises d'eau.

Tableau 3 Coûts de construction des puits de prise d'eau verticaux

Capacité de production du puits de prise d'eau (m <sup>3</sup> /jour)	Coûts de construction en 2012 \$US par rapport au débit d'entrée d'un puits, Q (m <sup>3</sup> /jour) et de la profondeur du puits, H (m)
1 000 - 2 000	40 Q + 700 H + 25 000
2 000 - 4 500	50 Q + 850 H + 50 000
4 500 – 6 500	65 Q + 1 100 H + 80 000
6 500 – 10 000	76 Q + 2 000 H + 150 000
10 000 – 15 000	85 Q + 2 100 H + 190 000
15 000 – 30 000	90 Q + 3 300 H + 260 000

Tableau 4 Comparaison de la production et des coûts des divers types de puits

Well Type	Typical Production Capacity (Yield) of Individual Well (ML/d)	Cost of Individual Well (US\$ MM)
Vertical Well	0.1 – 3.5 ML/d	\$0.2 - \$2.5 MM
Horizontal Radial Collector Well	0.5 – 20 ML/d	\$0.7 – \$5.8 MM
Slant Well	0.5 – 10 ML/d	\$0.6 - \$3.0 MM
HDD Well (i.e., Neodren)	0.1 – 5.0 ML/d	\$0.3 - \$1.3 MM
Infiltration Gallery	0.1 - 50 ML/d	\$0.5 - \$27.0 MM



### 3.4 Coûts des filtres aux prises d'eau

Les figures 5, 6 et 7 offrent une estimation des coûts des filtres à tambours et des filtres à bandes qui sont largement utilisés dans les installations de dessalement dans la région MENA. Comme on le voit sur le graphique, les tamis à tambours sont plus chers que les tamis à bandes. Cependant, les tamis à tambours présentent une perte de charge inférieure et sont généralement plus faciles à entretenir. Les figures 6 et 7 offrent une estimation des coûts de construction des filtres en fonction de la capacité de la prise d'eau de l'usine.

Figure 5 – Coûts des filtres à tambours et à bandes

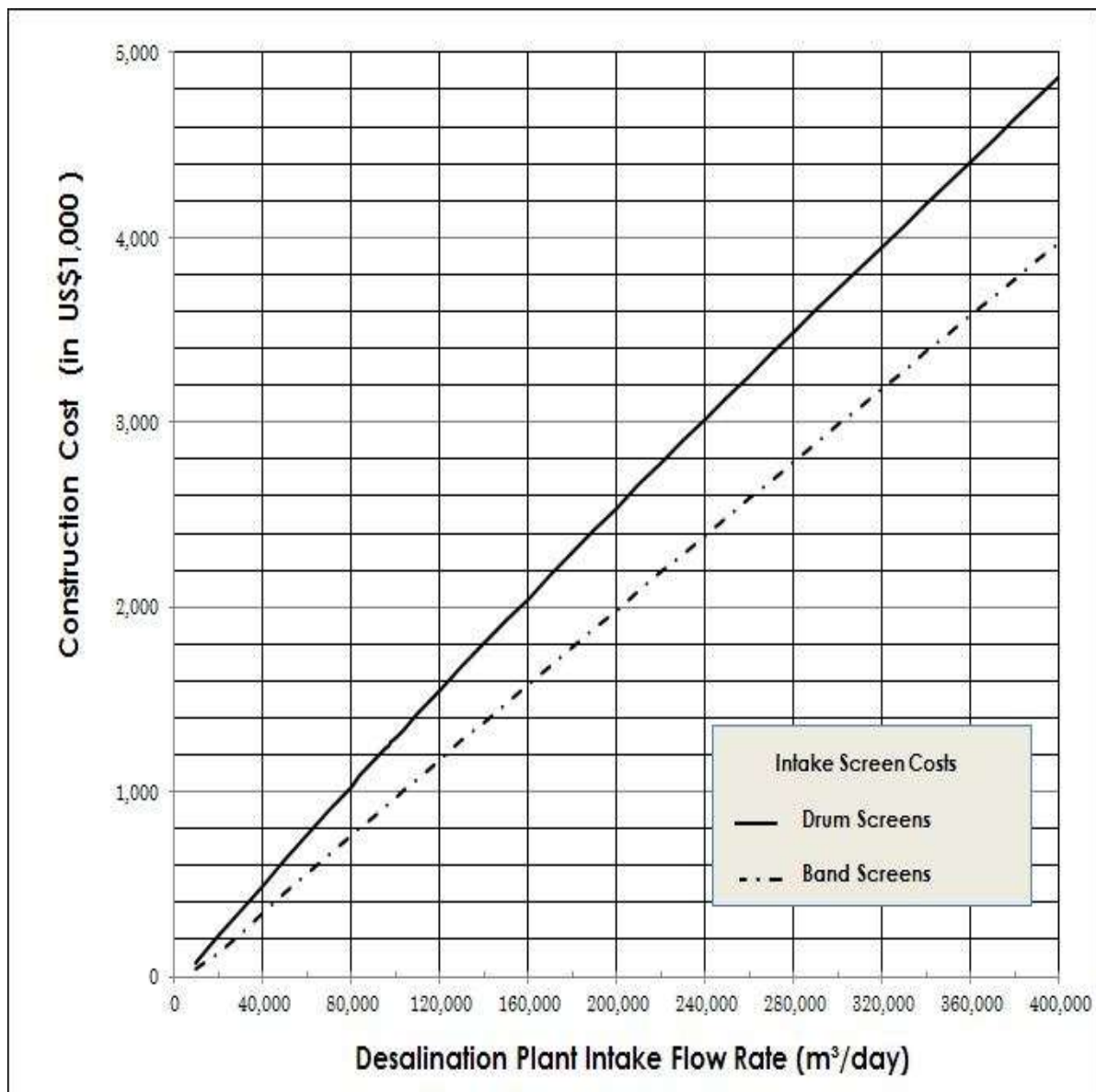






Figure 6 – Coûts d'une crépine filtrante

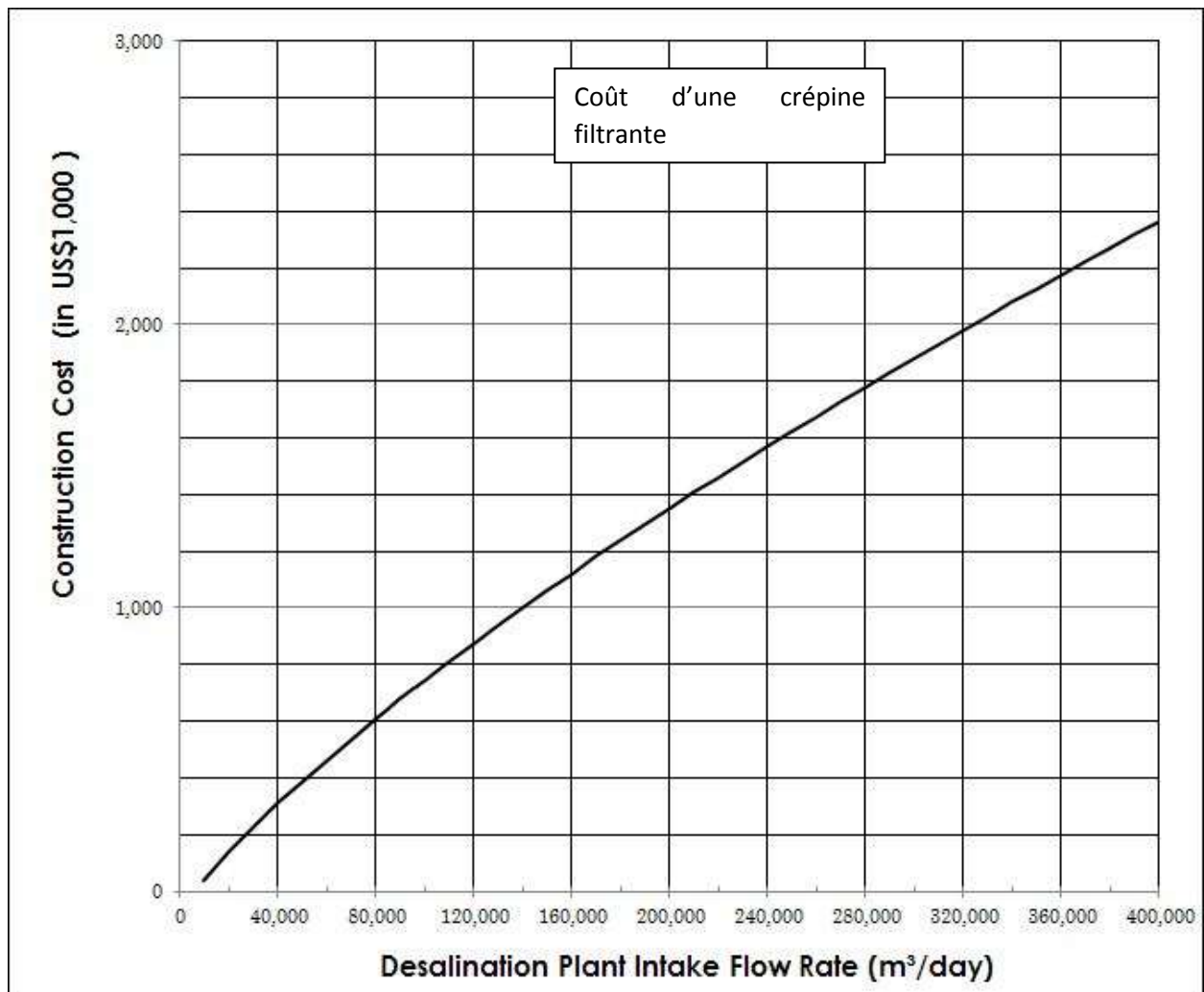




Figure 7 – Coûts des cartouches filtrantes

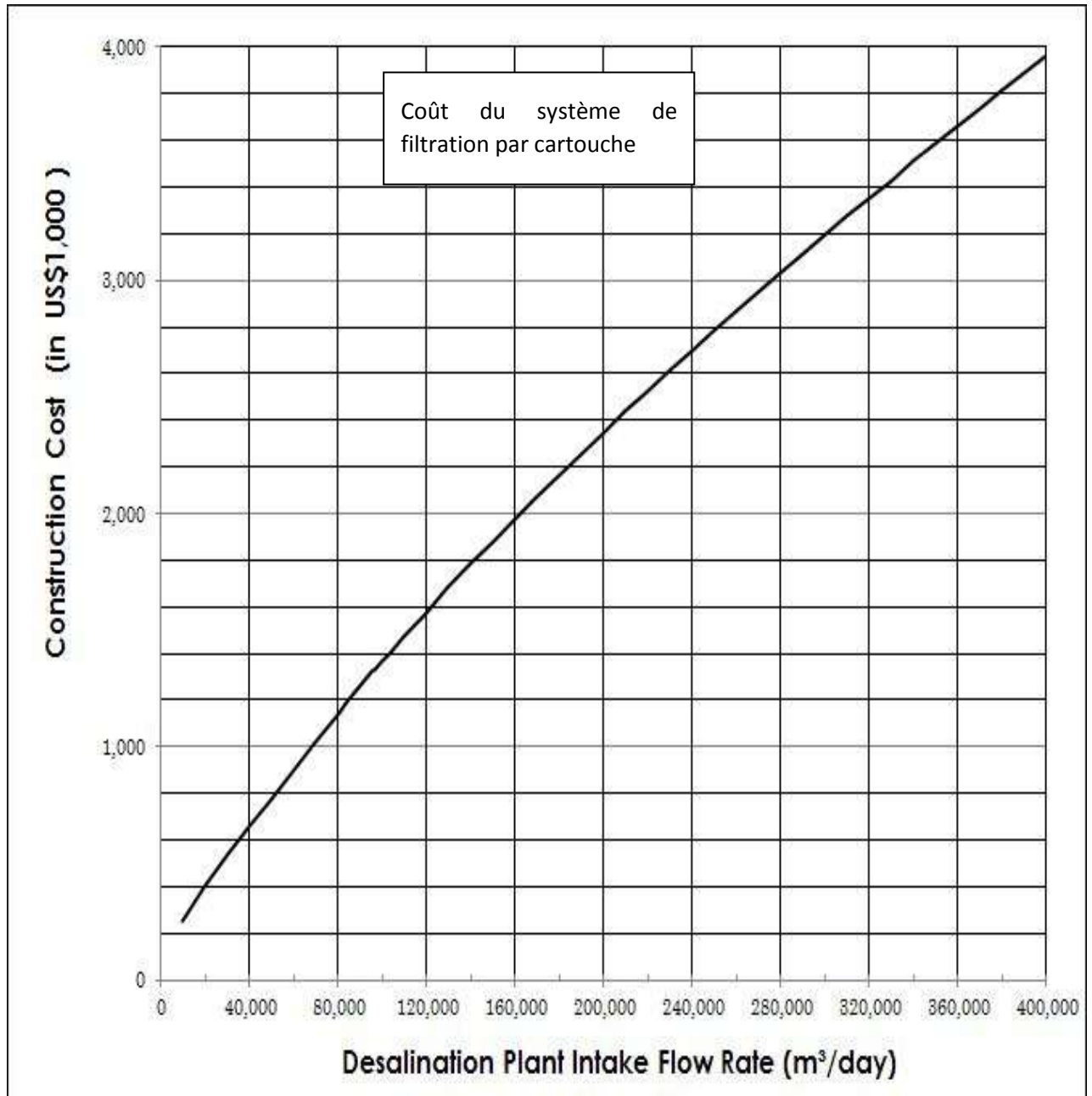
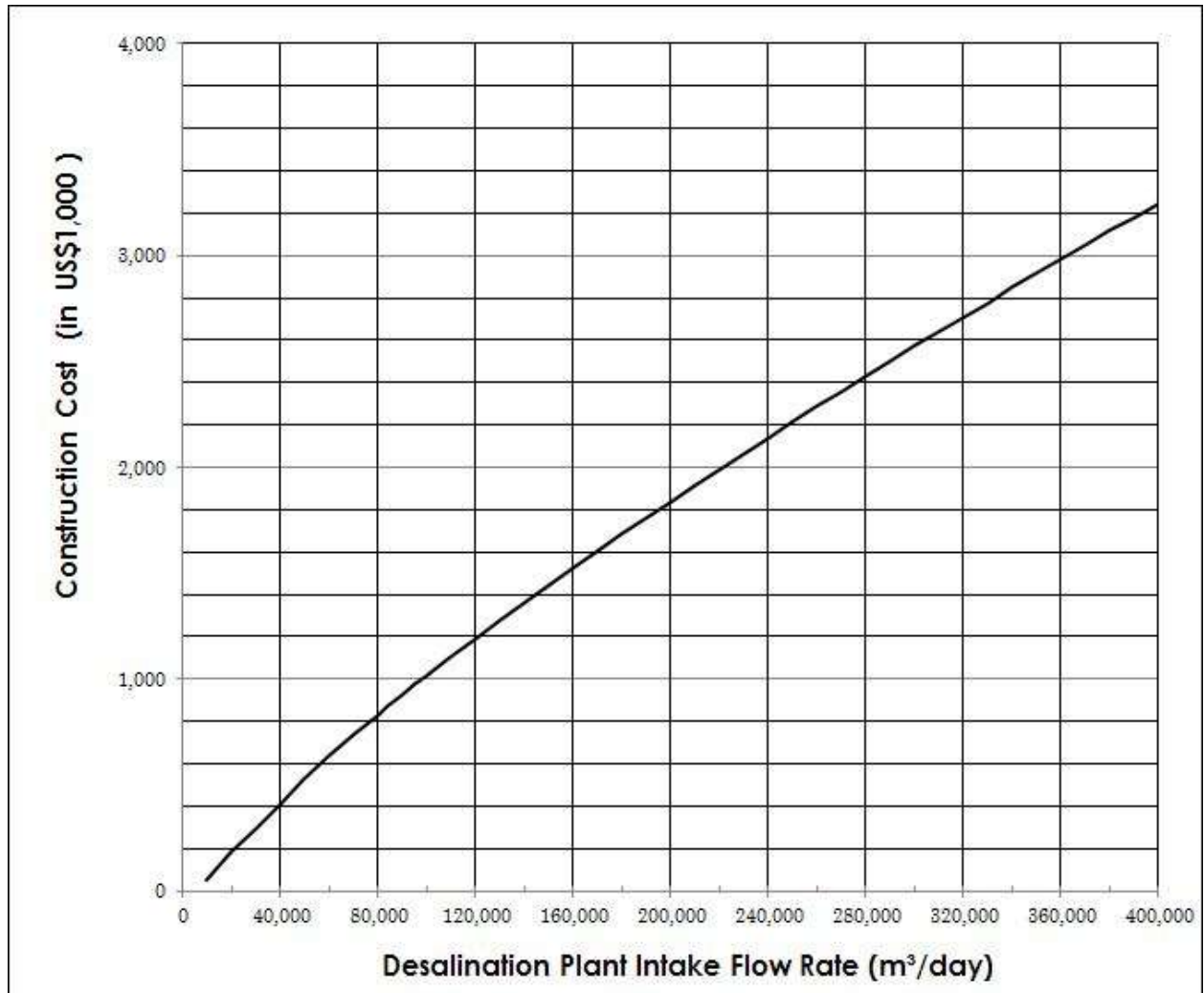




Figure 8 – Micro-filtres

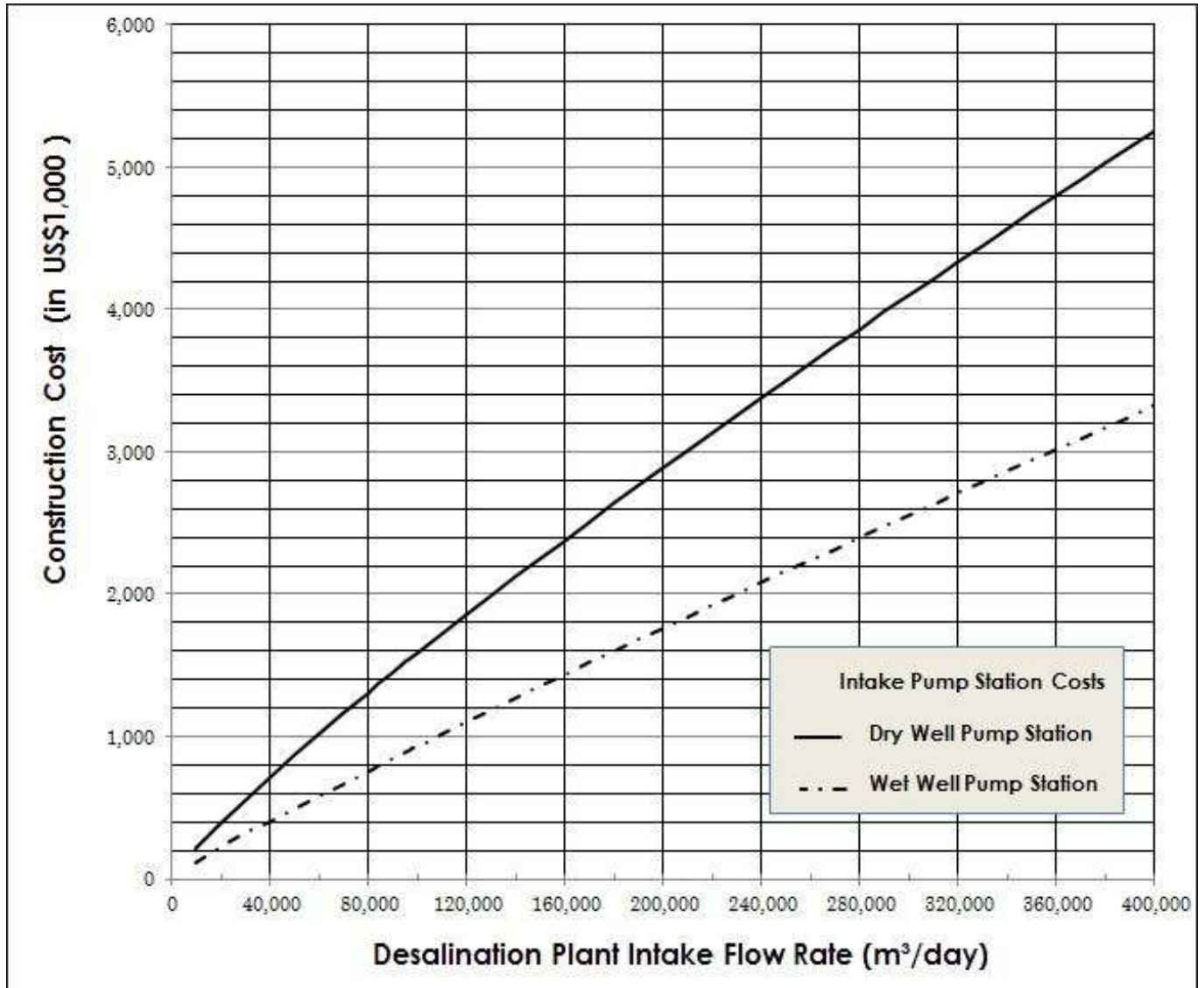




### 3.5 Coûts de la station de pompage de l'eau

La figure 8 détaille les coûts d'une station de pompage de l'eau. Ces coûts sont présentés pour des configurations à puits secs et humides.

Figure 9 – Coûts d'une station de pompage de l'eau

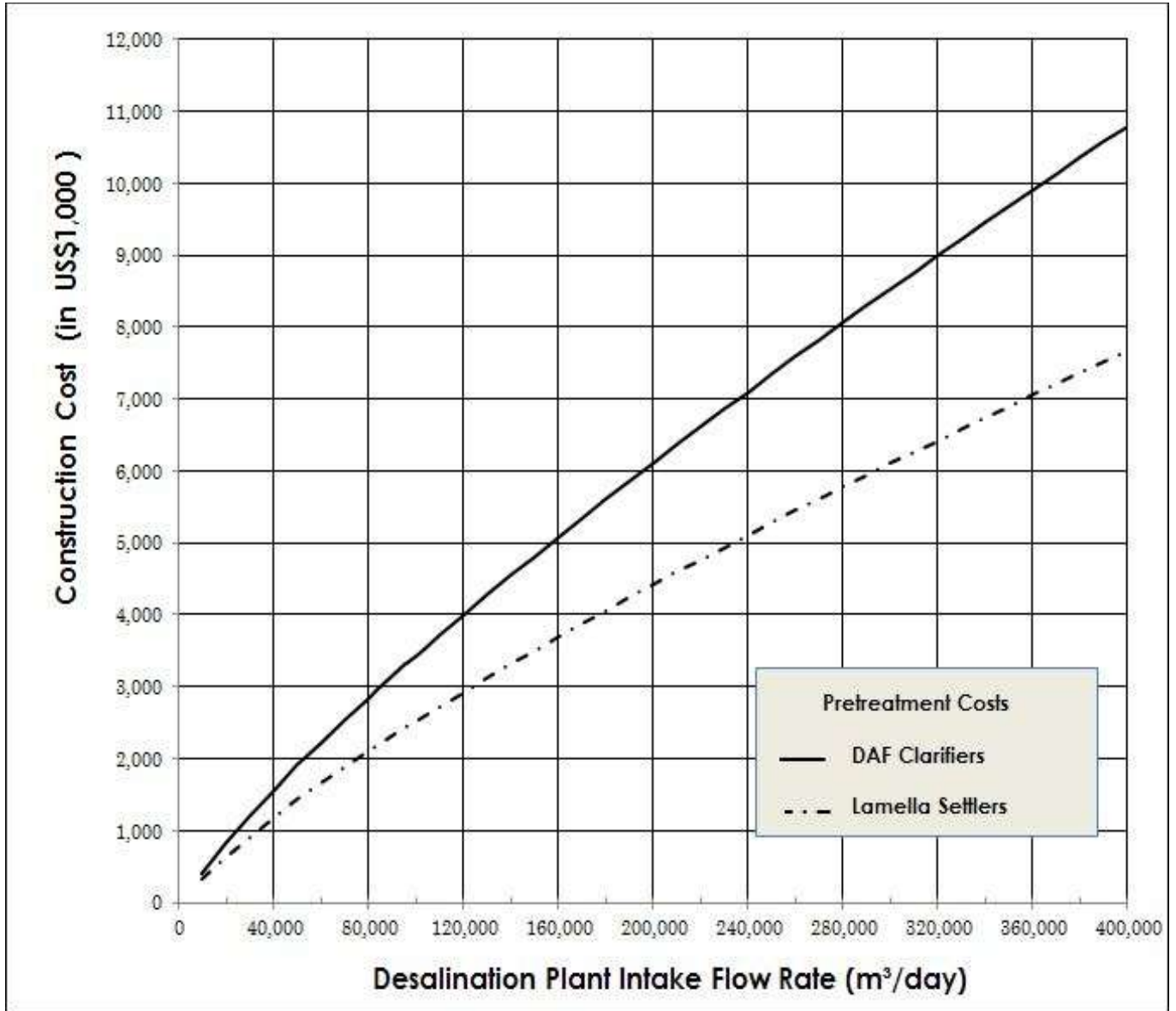




### 3.6 Coûts de décanteurs lamellaires et dispositifs de flottation DAF

Les coûts de décanteurs lamellaires et de flottateurs à air dissous sont présentés à la figure 10.

Figure 10 – Coûts de décanteurs lamellaires et de clarificateurs DAF

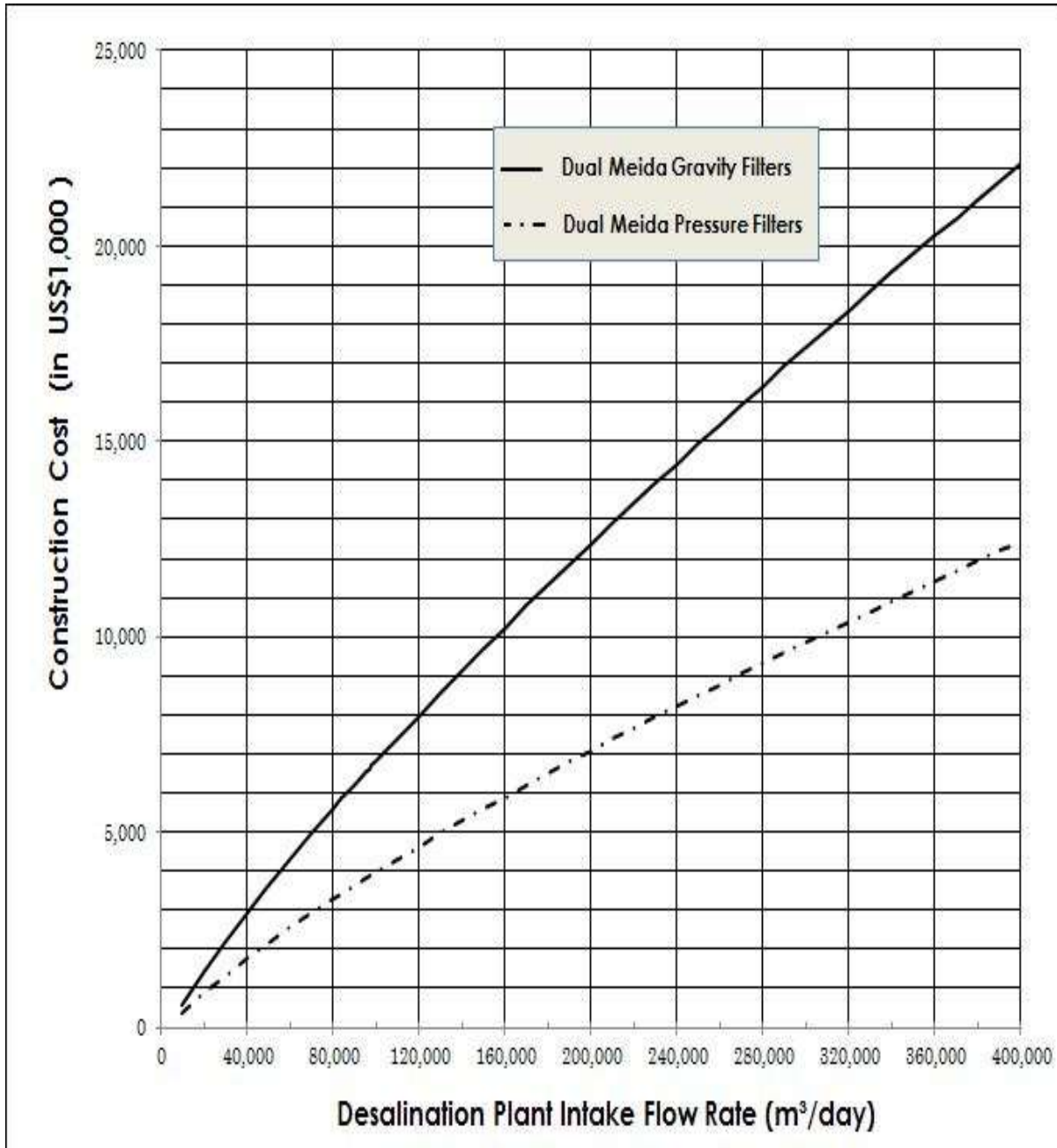




### 3.7 Filtres à granulats (Anthracite et sable)

La figure 11 détaille les coûts de filtres à deux granulats (sable et anthracite). La figure contient les coûts des filtres à gravité et à pression.

Figure 11 – Coûts des filtres à deux granulats

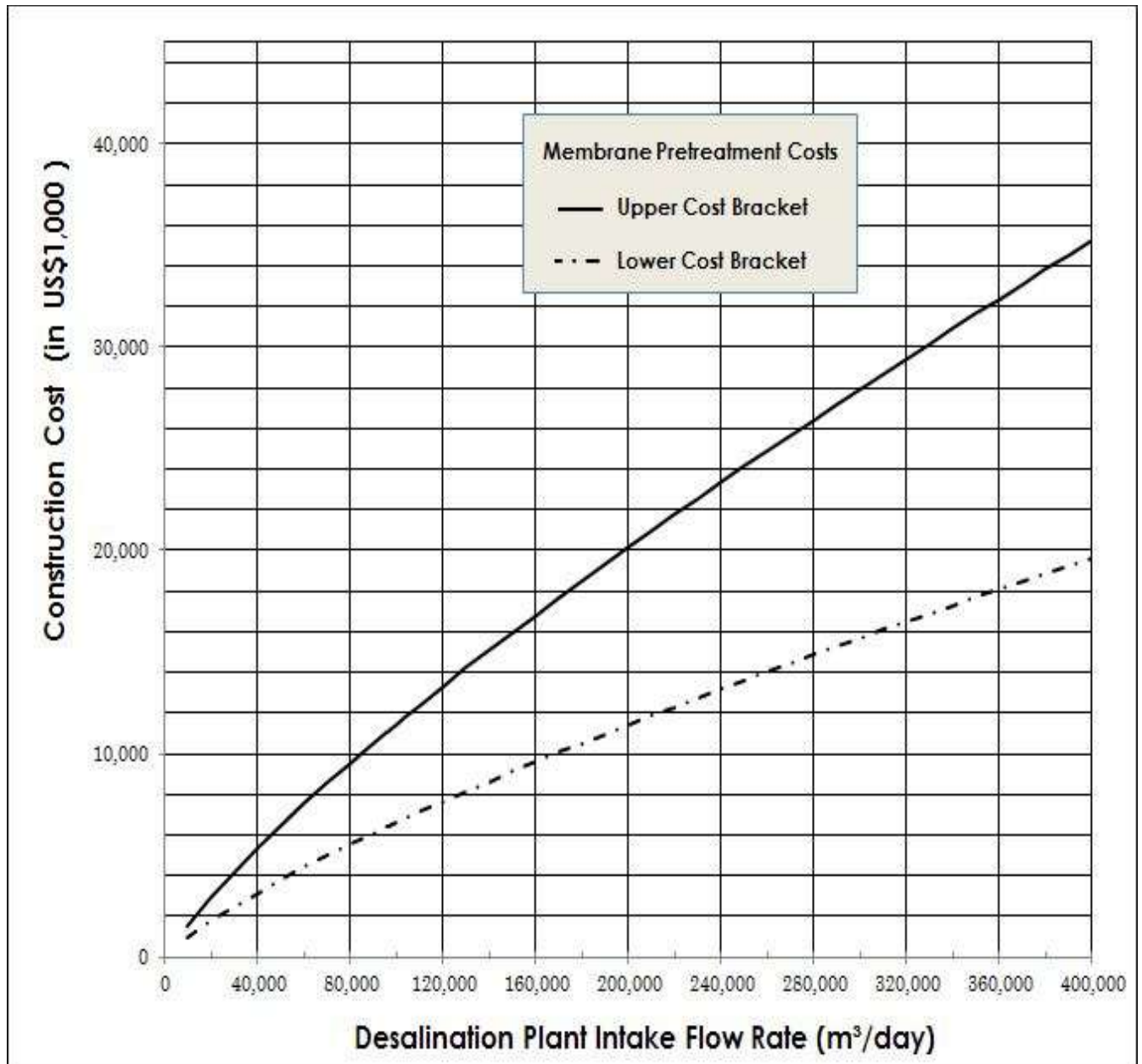




### 3.8 Filtres de prétraitement à membrane

La figure 12 présente les coûts de filtres du prétraitement à membrane.

Figure 12 – Filtres de prétraitement à membrane





### 3.9 Système par osmose inverse

Le tableau 5 résume les coûts des composants clés des systèmes d'osmose inverse des installations de dessalement d'eau de mer.

Tableau 5 Coûts de construction des composants clés du système OI à membranes

Poste	Coût de construction (US\$/poste ou selon indication)
Éléments à membranes OI pour eau saumâtre 8 pouces	US\$250 – US\$350/élément
Éléments à membranes SWRO 8 pouces	US\$400 – US\$600/élément
Éléments à membranes SWRO 16 pouces	US\$2.800 – US\$3.300/élément
Réceptacles sous pression OI eau saumâtre pour éléments 8 pouces	US\$1.000 – US\$1.300/réceptacle
Réceptacles sous pression SWRO pour éléments 8 pouces	US\$1.300 – US\$1.800/réceptacle
Réceptacles sous pression SWRO pour éléments 16 pouces	US\$3.600 – US\$5.000/réceptacle
Tuyauterie du train OI	US\$250.000 – US\$750.000/Train OI
Support du train OI	US\$150.000 – US\$550.000/Train OI
Instrumentation et contrôles du train OI	US\$30.000 – US\$150.000/Train OI
Pompes haute pression	US\$150.000 – US\$2.400.000/Train OI

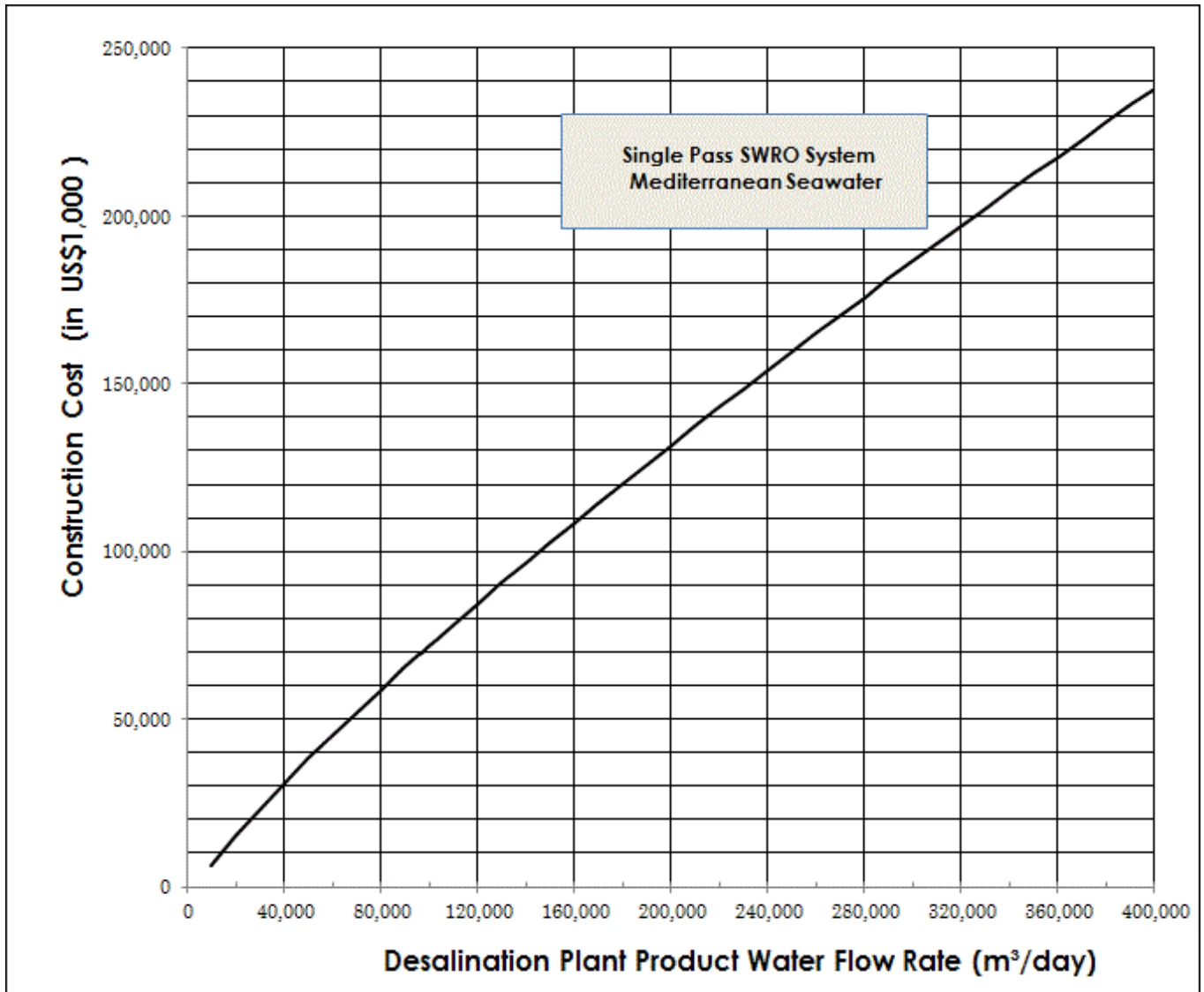




### 3.10 Coût du système OI pour un système SWRO à passage unique pour l'eau de la Méditerranée

Le graphique ci-dessous (figure 13) est utilisé comme base pour toutes les estimations de coûts. Les coûts de systèmes SWRO qui traitent différentes eaux sont ajustés vers le haut avec les coefficients figurant au Tableau 6. Dans le tableau 6, pour les systèmes SWRO traitant l'eau méditerranéenne on considère un coût par unité de 1.

Figure 13 – Coûts pour un système SWRO à passage unique pour les eaux méditerranéennes



En raison de leur forte salinité, le coût des eaux traitées par le système SWRO autres que celles de la Méditerranée sera plus élevé. Il provient du coût du système OI pour l'eau méditerranéenne pour un projet donné, multiplié par le facteur du Tableau 6.

Le Tableau 7 peut être utilisé pour ajuster les coûts des systèmes OI avec plus d'un passage et ont été conçus pour produire une qualité d'eau meilleure que l'eau potable.



Tableau 6 - Coefficients d'ajustement pour calculer le coût de l'eau du projet méditerranéen en d'autres régions

Seawater Source	Unit Construction Costs	Unit O&M Costs	Unit Water Costs
Mediterranean	1.0	1.0	1.0
Gulf of Oman	1.09	1.07	1.08
Red Sea	1.12	1.10	1.11
Arabian Gulf	1.16	1.14	1.15

Tableau 7 - Coefficients d'ajustement pour convertir le coût de l'eau du projet méditerranéen avec un système OI à passage unique en différents systèmes OI

Effect of Target Product Water Quality on Water Costs			
Target Product Water Quality	Construction Costs	O&M Costs	Cost of Water
TDS = 500 mg/L Chloride = 250 mg/L Boron = 1 mg/L Bromide = 0.8 mg/L	1.00	1.00	1.00
<b>Single Pass RO System</b>			
TDS = 250 mg/L Chloride = 100 mg/L Boron = 0.75 mg/L Bromide = 0.5 mg/L	1.15 – 1.25	1.05 – 1.10	1.10 – 1.18
<b>Partial Second Pass RO System</b>			
TDS = 100 mg/L Chloride = 50 mg/L Boron = 0.5 mg/L Bromide = 0.2 mg/L	1.27 – 1.38	1.18 – 1.25	1.23 – 1.32
<b>Full Two-Pass RO System</b>			
TDS = 30 mg/L Chloride = 10 mg/L Boron = 0.3 mg/L Bromide = 0.1 mg/L	1.40 – 1.55	1.32 – 1.45	1.36 – 1.50
<b>Full Two-Pass RO System + IX</b>			



La figure 14 fournit des exemples de calcul du coût du système SWRO pour une eau autre que celle de la Méditerranée.

Figure 14 – Exemple de coûts des systèmes OI

## Example of SWRO Cost Estimates for 40 MLD Plant

- Construction Cost of Single-Pass 40 MLD SWRO System using Mediterranean Seawater = US\$30 MM (see RO Cost Graph Graph)
- Construction Cost of Single-Pass 40 MLD SWRO System using Arabian Gulf Seawater = US\$30 MM x 1.16 = US\$34.8 MM
- Construction Cost of Two-pass 40 MLD SWRO System Using Arabian Gulf Seawater = US\$34.8 x 1.3 = 45.24 MM

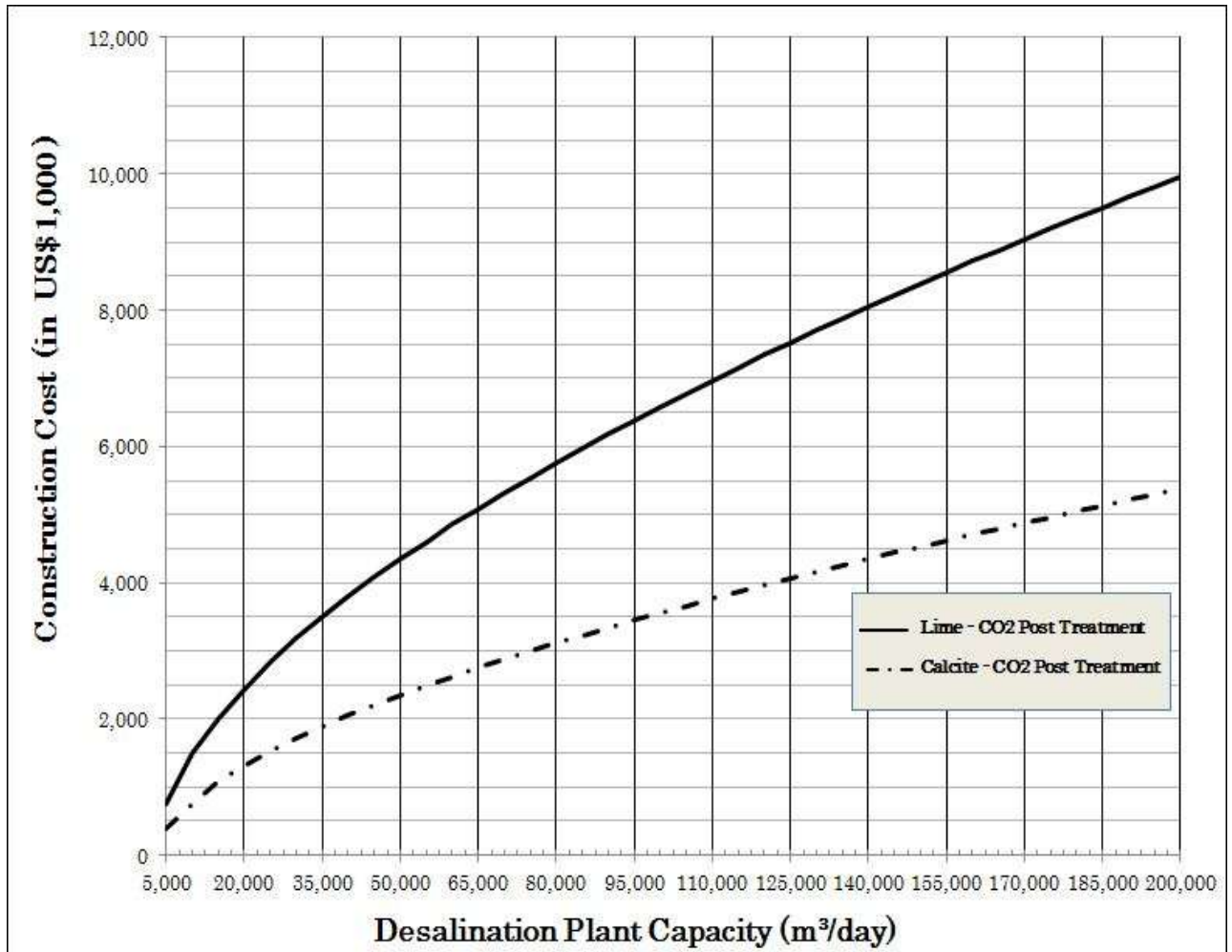


### 3.11 Coûts de construction du post-traitement

#### Systèmes à chaux et à calcite

La figure 15 indique les coûts de construction des systèmes de post-traitement à la chaux et calcite.

Figure 15 – Coûts des systèmes à la chaux et calcite

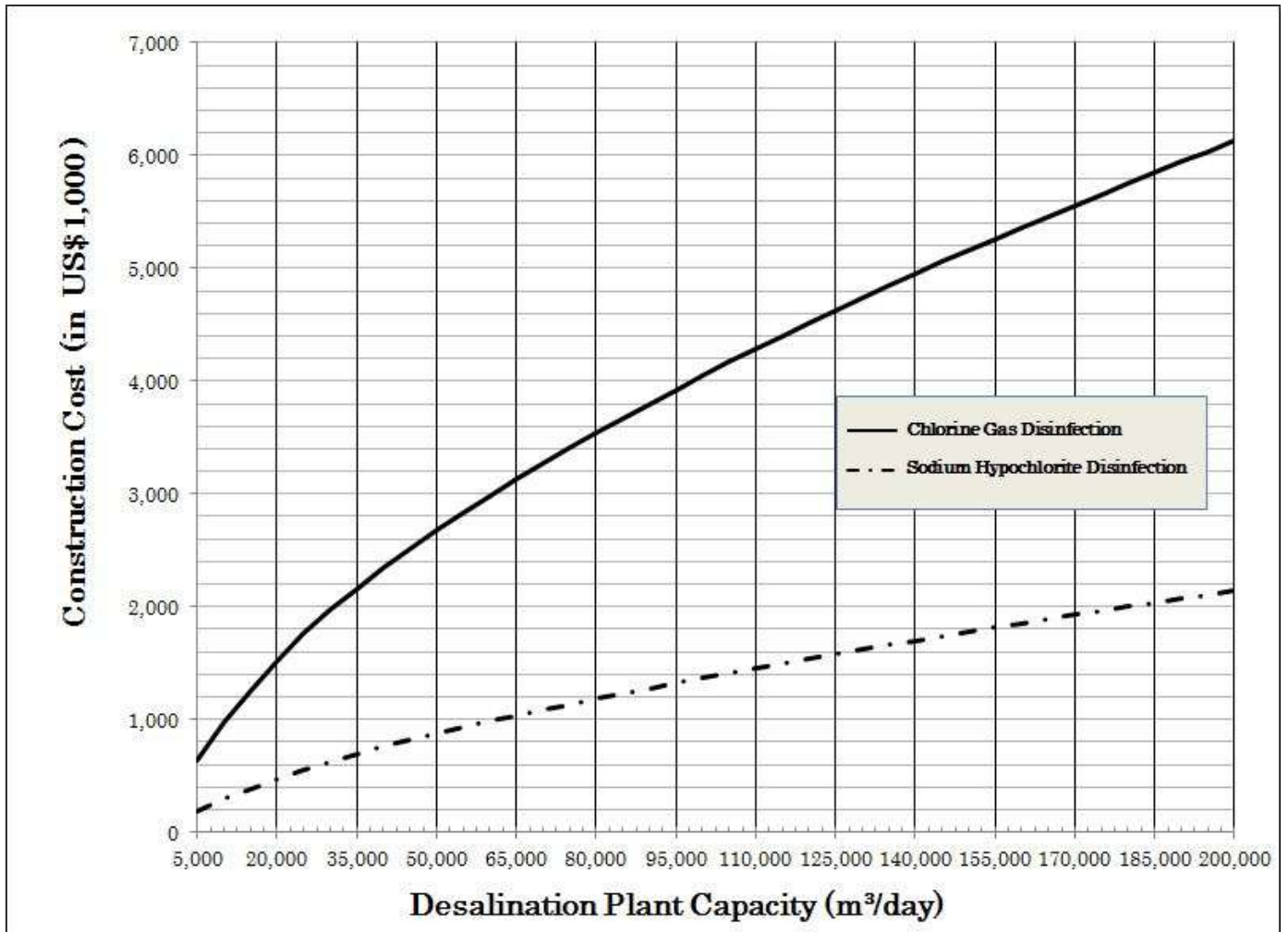




### Système de désinfection

La figure 16 illustre les coûts de désinfection de l'eau en fonction de la capacité de l'installation.

Figure 16 – Coûts du système de désinfection



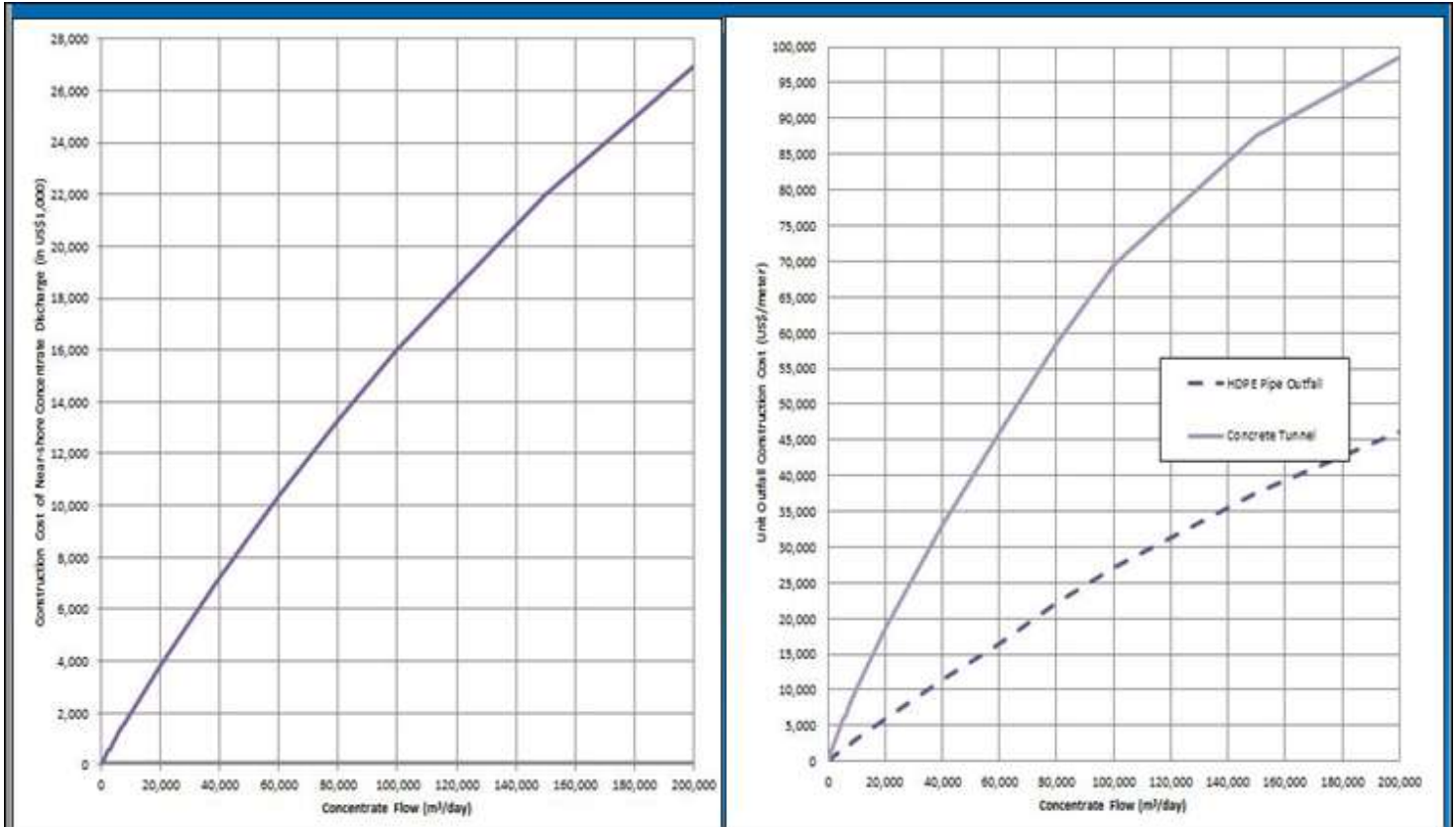


### 3.12 Coûts d'élimination des concentrats

La figure 17 indique les coûts pour l'élimination des concentrats près de la côte et au large.

Comparaison des rejets près de la côte et au large

Figure 17 – Coûts de l'élimination du concentrat près de la côte et au large





### 3.13 Autres coûts de construction

D'autres coûts de construction sont résumés à la figure 18. Cette figure illustre le calcul d'un tel coût pour une installation de 40.000 m<sup>3</sup>/jour. Le tableau 9 indique les coûts directs pour un projet de 40.000 m<sup>3</sup>/jour. Le tableau 10 offre une fourchette de coûts recommandés pour les coûts indirects. Cette figure contient également l'exemple de ces coûts pour une installation de 40.000 m<sup>3</sup>/jour.

Figure 18 – Autres frais de construction





Tableau 9 - Résumé des coûts directs du projet SWRO 40 MLD traitant l'eau méditerranéenne avec un système OI à passage unique

Cost Item	Cost (US\$)
Site Preparation, Roads and Parking	0.6 MM
Intake	9.5 MM
Pretreatment	7.8 MM
RO System Equipment	30.00 MM
Post Treatment	2.1 MM
Concentrate Disposal	3.0 MM
Waste and Solids Handling	1.8 MM
Electrical & Instrumentation	8.0 MM
Auxiliary and Service Facilities	3.2 MM
Buildings	2.4 MM
Startup, Commissioning and Acceptance Testing	2.0 MM
<b>Direct Capital (Construction) Costs</b>	<b>US\$70.4MM</b>

Tableau 10 - Résumé des coûts indirects du projet SWRO 40 MLD traitant l'eau méditerranéenne avec un système OI à passage unique

Cost Item	Unit Cost (US\$/m <sup>3</sup> .day)	Cost (US\$)
Preliminary Engineering	30-100	1.2 MM
Pilot Testing	10-50	0.4 MM
Detailed Design	75-175	3.0 MM
Construction Management and Oversight	40-80	1.6 MM
Administration, Contracting and Management	25-50	1.0 MM
Environmental Permitting and Public Outreach	20-200	0.8 MM
Legal Services	20-150	0.8 MM
Interest During Construction	20-180	0.8 MM
Debt Service Reserve Fund	80-340	3.2 MM
Other Financing Costs	20-80	0.8 MM
Contingency	5-10 % of Total	4.6 MM
<b>Indirect Capital Costs</b>		<b>\$18.2MM</b>





### 3.14 Total des coûts d'investissement

Le total des coûts d'investissement est formé par la somme des coûts directs et indirects. Afin de déterminer les coûts d'investissement totaux annualisés, ces coûts sont divisés par un coefficient de récupération du capital (CRF) illustré à la figure 19.

Figure 19 – Total des coûts d'investissement





## 4 COÛTS ANNUELS DE F&E

La ventilation des frais annuels F&E figure au tableau 11.

Tableau 11 - Ventilation des frais annuels F&E

<b>Annual O&amp;M Cost Breakdown</b>		
<b>Cost Item</b>	<b>Percentage of Total O&amp;M Cost (%)</b>	
	<b>Low-Complexity Project</b>	<b>High-Complexity Project</b>
<b>Variable O&amp;M Costs</b>		
5. Power	45.0 – 61.0	35.0 – 58.0
6. Chemicals	3.0 – 6.5	5.5 – 9.0
7. Replacement of Membranes and Cartridge Filters	5.0 – 9.0	6.5 – 11.0
8. Waste Stream Disposal	2.5 – 5.5	3.5 – 7.0
<b>Subtotal - Variable O&amp;M Costs</b>	<b>55.5 – 82.0</b>	<b>50.5 – 85.0</b>
<b>Fixed O&amp;M Costs</b>		
5. Labor	5.0 – 9.5	4.0 – 11.0
6. Maintenance	6.5 – 12.5	3.0 – 13.0
7. Environmental and Performance Monitoring	0.5 – 4.0	1.0 – 5.0
8. Indirect O&M Costs	7.5 – 18.5	7.0 – 20.5
<b>Subtotal - Fixed O&amp;M Costs</b>	<b>19.5 – 44.5</b>	<b>15.0 – 49.5</b>
<b>Total O&amp;M Costs</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>



Le tableau 12 indique l'énergie utilisée par les installations de dessalement pour différentes sources d'eau de mer.

Tableau 12 - Énergie utilisée en fonction de la source d'eau de mer

Seawater Source	SWRO System Energy Use (kWh/m <sup>3</sup> )
Mediterranean	3.6 – 4.0
Gulf of Oman	3.9 – 4.2
Red Sea	4.0 – 4.3
Arabian Gulf	4.2 - 4.5

Les coûts F&E directs et indirects sont illustrés au tableau 13. Ce tableau montre une fourchette de coût pour chaque composant estimée en fonction de la taille de l'installation

Tableau 13 - Coûts unitaires F&E et exemple d'estimation des coûts pour une usine 40 ML/D

Cost Item	Unit Cost (US\$/m <sup>3</sup> )	Cost (Million US\$/year)
<b>Variable O&amp;M Costs</b>		
Power @ 4.0 kWh/m <sup>3</sup> @ US\$0.06/kWh	Function of Water Source and Tariff	3.504
Chemicals	0.025-0.075	0.365
Replacement of Membranes and Cartridges	0.020-0.070	0.292
Waste Stream Disposal	0.015-0.035	0.219
<b>Total Variable O&amp;M Costs</b>		<b>4.380 MM</b>
<b>Fixed O&amp;M Costs</b>		
Labor	0.015-0.040	0.219
Maintenance – 2 to 4 % of Direct Capital Costs	0.035-0.075	0.511
Environmental and Performance Monitoring	0.005-0.015	0.073
Indirect O&M Costs	0.025-0.075	0.365
<b>Total Fixed O&amp;M Costs</b>		<b>1.168 MM</b>
<b>Total O&amp;M Costs</b>		<b>\$5.548/year</b>



## 5 Coût de la production de l'eau

Comme le montre le Tableau 14, le coût total de la production d'eau est formé par des coûts de production fixes et variables. Ce Tableau montre le coût des composants individuels pour une installation de 40,000 m<sup>3</sup>/jour.

Tableau 14 – Ventilation du coût de l'eau

<b>Cost of Water – Variable and Fixed Components</b>		
<b>Cost of Water Item</b>	<b>Costs, (US\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Costs, (% of Total)</b>
<b>Variable Cost of Water Components</b>		
Power	0.240	27.6%
Chemicals	0.025	2.9%
Replacement of RO Membranes & Cartridge Filters	0.020	2.3%
Waste Stream Disposal	0.015	1.7%
<b>Total Variable Costs</b>	<b>0.30</b>	<b>34.5%</b>
<b>Fixed Cost of Water Components</b>		
Capital Recovery Costs	0.490	56.3%
Labor	0.015	1.7%
Maintenance	0.035	4.0%
Environmental & Performance Monitoring	0.005	0.6%
Other O&M Costs	0.025	2.9%
<b>Total Fixed Costs</b>	<b>0.57</b>	<b>65.5%</b>
<b>Total Water Production Costs</b>	<b>0.87</b>	<b>100 %</b>

Les postes variables de ce Tableau sont les mêmes que ceux pour F&E. Les postes fixes du coût de l'eau sont la somme des coûts fixes F&E et des coûts de recouvrement de l'investissement.



Les Tableaux 15 et 16 fournissent les coûts de projets de dessalement récents dans la région MENA.

Tableau 15 - Coût de l'eau - Projets récents en Afrique du nord et en Méditerranée

Plant	Size (MLD)	Year of Cost Bid	Cost of Water (US\$/m <sup>3</sup> ) For Year of Cost Bid & in (2013\$)
Dhekela, Cyprus	50	1997/2007	1.19/0.88 (1.18)
Larnaka, Cyprus	54	1999/2009	0.76/1.0 (1.22)
Arzew, Algeria	86	2005	0.90 (1.33)
Beni Saf, Algeria	150	2008	0.70 (0.89)
Cap Dijnet, Algeria	100	2005	0.73 (1.09)
Douaouda, Algeria	120	2005	0.75 (1.11)
Hamma, Algeria	200	2008	0.82 (1.05)
Skikida, Algeria	100	2008	0.74 (1.13)
El Tarf, Algeria	50	2008	0.89 (1.14)
Magtaa, Algeria	500	2008	0.56 (0.72)
Tenes, Algeria	200	2008	0.59 (0.75)
Palmahim, Israel (NanoH <sub>2</sub> O)	82/123	2005/2013	0.78 (0.78)
Hadera, Israel	368/456	2008	0.60 (0.77)
Ashkelon, Israel	326	2008	0.53/(0.78)
Sorek, Israel	410	2013	0.59

Tableau 16 - Coût de l'eau - Projets récents Mer Rouge et Golfe persique

Plant	Size (MLD)	Year of Cost Bid	Cost of Water (US\$/m <sup>3</sup> )
Al Taweelah C, UAE	325	2000	0.72 (1.12)
Shuaqaiq, Saudi Arabia	214	2006	1.03 (1.45)
Jeddah – Barge, S. Arabia	52	2008	2.27 (2.88)
Jeddah – Land, S. Arabia	240	2009	1.15 (1.40)
Ras Azzur, Saudi Arabia	300	2010	1.09 (1.26)
Fujairah, UAE	140	2004	0.86 (1.10)
Fujairah II, UAE		2008	0.81 (1.03)
Sur, Oman	80	2010	0.98 (1.13)
Al Dur, Bahrain	218	2012	0.95 (1.00)
Shuwaikh, Kuwait	136	2012	1.10 (1.16)
Shuaibah, Saudi Arabia	150	2011	0.94 (1.04)



## 6 Méthodologie d'estimation des coûts

Les courbes d'estimation des coûts présentées dans les sections 3, 4 et 5 de ce document sont utilisées pour calculer le coût de dessalement d'un projet donné. L'estimation des coûts pour un projet donné suit la séquence ci-dessous:

1. On détermine la capacité de production du projet, la qualité de la source de l'eau et celle de l'eau produite.
2. On détermine la capacité de récupération et de prise d'eau de l'usine.
3. On établit le type de prise d'eau et du déversoir - pour la prise d'eau et le type de déversoir on calcule les coûts de prise d'eau en utilisant les Figures 3 et 4 ou les Tableaux 3 et 4 pour les prises d'eau au large ou par captage de puits, respectivement.
4. On détermine le type de filtration de la source d'eau et, en utilisant les Figures 5, 6 ou 8, on détermine les coûts des systèmes de filtration en fonction du type de filtre.
5. On détermine le coût de la station de pompage de l'installation en utilisant la Figure 9.
6. On détermine le type de prétraitement nécessaire selon la qualité d'eau de source et on utilise les Figures 7, 8, 10, 11 et 12 pour estimer le coût de construction des systèmes de prétraitement.
7. On définit le type de système OI - passage unique, deux passages partiels ou deux passages entiers.
8. On utilise la Figure 13 pour déterminer le coût de construction d'un système SWRO à passage unique pour le traitement d'eaux méditerranéennes;
9. Si l'eau de source n'est pas méditerranéenne, alors on utilise le Tableau 6 pour ajuster les coûts déterminés à la Figure 13.
10. Si le système n'est pas un système RO un passage unique, on utilise le Tableau 7 pour ajuster les coûts estimés à la Figure 13.
11. On détermine les coûts post traitement en utilisant les Figures 15 et 16.
12. On utilise les Figures 17 pour déterminer le coût des rejets de l'installation de dessalement.
13. On calcule d'autres coûts de construction en utilisation les coûts unitaires indiqués à la Figure 18.
14. On calcule les coûts (de construction) directs résultant de tous les coûts énumérés ci-dessus.
15. On calcule les coûts indirects du projet en utilisant le Tableau 10.
16. On calcule les coûts d'investissement totaux résultant des coûts d'investissement directs et indirects.
17. On détermine les coûts F&E annuels selon le coût unitaire préconisé au Tableau 13. Le coût du courant est déterminé selon la consommation d'énergie présumée et le coût unitaire de l'eau.



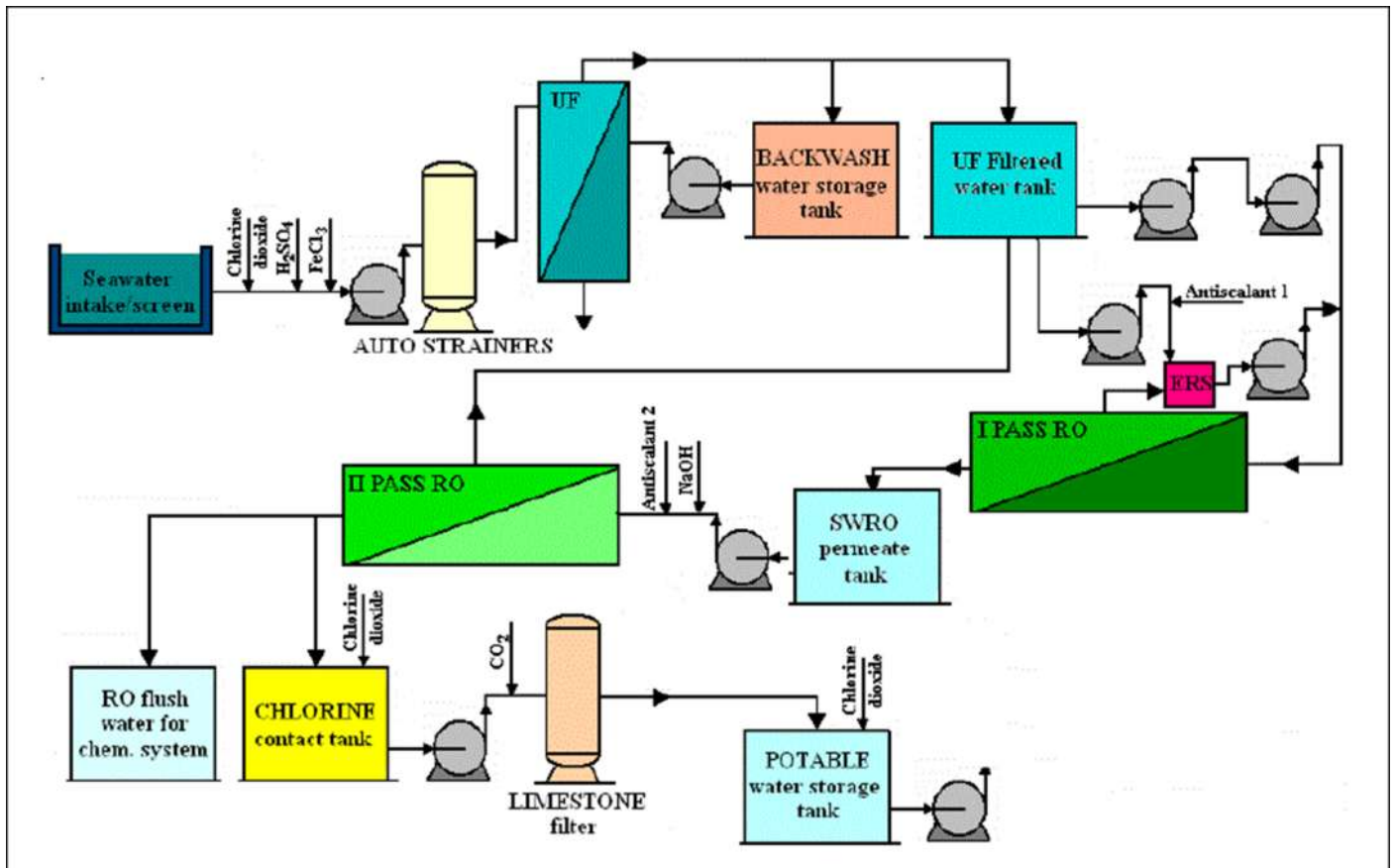
18. On détermine le coût de production de l'eau résultant des coûts F&E et du coût de récupération du capital. Comme le montre la Figure 19, le coût de récupération du capital est calculé selon l'échéance de paiement de l'emprunt et du taux d'intérêt correspondant.



## 7 Exemple d'estimation du coût

La méthodologie d'estimation du coût décrite ci-dessus est illustrée pour l'analyse des coûts du projet SWRO de 64.000 m<sup>3</sup>/jour de Palm Jumeirah à Dubai (Émirats Arabes Unis). Le schéma de l'installation se donne à la Figure 19.

Figure 20 – Schéma de l'installation SWRO de Palm Jumeirah







Le Tableau 17 montre les données clés de l'installation.

Tableau 17 – Données du projet

Parameter	Value	Parameter	Value
Capacity – MLD	64	Intake – 176 MLD	Intake – Onshore Intake/Onshore Discharge
		Discharge – 112 MLD	
		Intake Band Screens	
Date Commissioned	2008	Pretreatment System	Micro screens & UF Pressure Filters
Recovery	40 %	RO System (Hydranautics Membranes)	Conventional RO Design 2 passes/2 stages
Feed TDS, ppt	40 - 44 (42 avg.)	Energy Recovery System	DWEER Pressure Exchangers
Feed Temperature	22 to 36 °C (28 °C avg.)	Energy Use	4.1 kWh/m <sup>3</sup>
Unit Cost of Power	US\$0.03/kWh	Post-treatment	Calcite Filters & CO <sub>2</sub>

L'estimation du coût de l'installation est déterminée par la démarche décrite à la section précédente:

1. On détermine la capacité de production du projet, la qualité de l'eau de source et celle de l'eau produite- la capacité de production est de 64 .000 m<sup>3</sup>/jour et la qualité de l'eau de source est déterminée selon la prise d'eau peu profonde de l'installation.
2. On détermine la capacité de récupération et de prise de l'usine - selon les données de l'installation, la récupération est de 40% et la prise d'eau de 176.000 m<sup>3</sup>/jour.
3. On établit le type de prise d'eau et de déversoir - pour la prise d'eau et le type de déversoir, on détermine les coûts de la prise d'eau en utilisant les Figures 3 et 4 ou les Tableaux 3 et 4 pour les prises d'eau au large ou par captage puits, respectivement. L'installation a une prise d'eau sur la côte conformément au Tableau 17 – en utilisant la Figure 4, le coût de cette prise d'eau est de 8 millions de dollars.
4. On détermine le type de filtration à la source d'eau et, en utilisant les Figures 5 ou 6, on détermine les coûts de la filtration selon le type de filtres utilisés. L'installation a des filtres à bandes - la Figure 5 indique que le coût des filtres à bandes est de: 1,7 millions de dollars.
5. On détermine le coût de la station de pompage de l'installation à l'aide de la Figure 9. Le coût de la station de pompage de la Figure 9 est de 2,4 millions d'euros. Le coût total de construction de la prise d'eau est de 8 millions de dollars + 1,7 millions + 2,4 millions= 12,1 millions de dollars.



6. On détermine le type de prétraitement nécessaire selon la qualité de l'eau de source et on utilise les Figures 7, 8, 10, 11 et 12 pour estimer les coûts de construction des systèmes de prétraitement. Selon la description du projet, le prétraitement présente des micro-filtres et des membranes. La Figure 8 indique que le coût des micro-filtres est estimé à 1,63 millions de dollars. La Figure 12 indique que le coût du système de prétraitement à membrane est estimé à 18 millions de dollars. Le coût total du prétraitement est de  $1,63 + 18$  millions = 19,63 millions de dollars.
7. On définit le type de système OI - passage unique, double passage partiel ou double passage entier. Les données clés du projet (tableau 17) montrent que le système OI est à double passage.
8. A l'aide de la Figure 13, on détermine le coût de construction d'un système SWRO à un seul passage de traitement de l'eau méditerranéenne; selon cette hypothèse, le coût de base est de 49 millions de dollars.
9. Si l'eau de source n'est pas méditerranéenne, on prend le Tableau 6 pour ajuster les coûts déterminés à la Figure 13. Puisque l'eau de source provient du golfe persique, le coût ci-dessus sera ajusté en utilisant le Tableau 6 - la pénalité du coût de l'eau est de 16%.
10. Si le système n'est pas un système OI à passage unique on prend le Tableau 7 pour ajuster les coûts estimés à la Figure 13. En utilisant le Tableau 7, le coût doit être augmenté de 1,33, donc le coût total de l'eau sera:  $49 \text{ million} \times 1,16 \times 1,33 = 75.6$  millions\$ US.
11. On détermine le coût post traitement à l'aide des Figures 15 et 16. Le coût des contacteurs calcite est de 2,6 millions de dollars (Figure 15). Le système de désinfection à l'hypochlorite est de 1 million de dollars.
12. On prend la Figure 17 pour déterminer le coût du rejet de l'installation de dessalement. Selon le type et le volume de rejet indiqué au Tableau 17, le coût du rejet est estimé à 17,1 millions.
13. On calcule d'autres coûts de construction en utilisant les coûts unitaires indiqués à la Figure 18. Cette estimation est illustrée à la Figure 21 ci-dessous.



Figure 21 – Autres frais de construction

- **Waste Solids Handling @ US\$15-75/m<sup>3</sup>.day (Retention Pond) = US\$45/m<sup>3</sup>.day x 64,000 m<sup>3</sup>.day = US\$2.88 MM**
- **Electrical and Instrumentation @ US\$100-250/m<sup>3</sup>.day = US\$200/m<sup>3</sup>.day x 64,000 m<sup>3</sup>.day = US\$12.8 MM**
- **Auxiliary & Service Facilities @ US\$30-150/m<sup>3</sup>.day = US\$80/m<sup>3</sup>.day x 64,000 m<sup>3</sup>.day = US\$4.88 MM**
- **Buildings @ US\$50-100/m<sup>3</sup>.day = US\$60/m<sup>3</sup>.day x 64,000 m<sup>3</sup>.day = US\$3.84 MM**
- **Startup, Commissioning and Acceptance Test @ US\$40-80/m<sup>3</sup>.day = US\$50/m<sup>3</sup>.day x 64,000 m<sup>3</sup>.day = US\$3.2 MM**

1. On calcule les coûts (de construction) d'investissement directs résultant de tous les coûts énumérés ci-dessus. Ces coûts figurent au Tableau 18.

Tableau 18 – Résumé des coûts d'investissement directs

Cost Item	Cost (US\$)
Site Preparation, Roads and Parking	0.96 MM
Intake	12.10 MM
Pretreatment	19.63 MM
RO System Equipment	75.6 MM
Post Treatment (Calcite Filters + Disinfection System)	3.67 MM
Concentrate Disposal	17.10 MM
Waste and Solids Handling	2.88 MM
Electrical & Instrumentation	12.80 MM
Auxiliary and Service Facilities	4.88 MM
Buildings	3.84 MM
Startup, Commissioning and Acceptance Testing	3.20 MM
<b>Direct Capital (Construction) Costs</b>	<b>US\$156.66 MM</b>

2. On calcule les coûts d'investissement indirects du projet en utilisant le Tableau 10. Le Tableau 19 montre les coûts indirects.



Tableau 19 – Coûts d'investissement indirects

Cost Item	Unit Cost (US\$/m <sup>3</sup> .day)	Cost (US\$)
Preliminary Engineering	30-100	3.20 MM
Pilot Testing	10-50	0.64 MM
Detailed Design	75-175	8.00 MM
Construction Management and Oversight	40-80	3.84 MM
Administration, Contracting and Management	25-50	2.24 MM
Environmental Permitting and Public Outreach	20-200	3.20 MM
Legal Services	20-150	1.28 MM
Interest During Construction	20-180	2.50 MM
Debt Service Reserve Fund	80-340	5.12 MM
Other Financing Costs	20-80	3.20 MM
Contingency	5-10 % of Total	10.0 MM
<b>Indirect Capital Costs</b>		<b>\$43.22 MM</b>

3. On calcule les coûts d'investissement totaux résultant des coûts d'investissement directs et indirects. Ces coûts sont indiqués à la Figure 22 ci-dessous.

Figure 22 – Total des coûts d'investissement

➤ Total Capital Costs = Direct + Indirect Capital Costs =  
 US\$156.66 MM + US\$43.22 MM =  
**US\$199.88 MM** (say US\$200 MM)  
 Example for 20 years payment term 5% interest rate

$$CRF = [(1+0.05)^{20} - 1] / [0.05 (1+0.05)^{20}] = 12.462$$

Capital Recovery Costs = Cap/(CRF x Qp x 365 d)  
 = US\$ 200 MM/(12.462 x 64,000m<sup>3</sup>/d x 365 d) =  
**US\$0.69/m<sup>3</sup>**



4. On détermine les coûts F&E annuels en partant du coût unitaire préconisé au Tableau 13. Le coût du courant est déterminé sur la base d'une consommation d'énergie présumée et du coût unitaire de l'eau. Le Tableau 20 indique l'estimation des coûts F&E de l'installation.

Tableau 20 – Coûts F&E

Cost Item	Unit Cost (US\$/m <sup>3</sup> )	Cost ( US\$/year)
<b>Variable O&amp;M Costs</b>		
Power @ 4.1 kWh/m <sup>3</sup> @ US\$0.03/kWh	Function of Water Source and Tariff	2,873,280
Chemicals	0.025-0.075	584,000
Replacement of Membranes and Cartridges	0.020-0.070	934,400
Waste Stream Disposal	0.015-0.035	350,000
<b>Total Variable O&amp;M Costs</b>		<b>4.74 MM</b>
<b>Fixed O&amp;M Costs</b>		
Labor	0.015-0.040	467,000
Maintenance – 2 to 4 % of Direct Capital Costs	0.035-0.075	1,285,000
Environmental and Performance Monitoring	0.005-0.015	120,000
Indirect O&M Costs	0.025-0.075	585,000
<b>Total Fixed O&amp;M Costs</b>		<b>2.46 MM</b>
<b>Total O&amp;M Costs</b>		<b>\$7.20MM/year</b>



5. La somme des coûts F&E et du coût de récupération du capital donne le coût de production de l'eau. Comme le montre la Figure 19, le coût de récupération du capital est calculé selon l'échéance de paiement de l'emprunt et le taux d'intérêt correspondant. Le Tableau 21 montre le coût de l'eau de l'installation.

Tableau 21 – Estimation du coût de l'eau

Cost of Water Item	Costs, (US\$/m <sup>3</sup> )
<b>Variable Cost of Water Components</b>	
Power	0.123
Chemicals	0.025
Replacement of RO Membranes & Cartridge Filters	0.040
Waste Stream Disposal	0.015
<b>Total Variable Costs</b>	<b>0.203</b>
<b>Fixed Cost of Water Components</b>	
Capital Recovery Costs	0.690
Labor	0.020
Maintenance	0.055
Environmental & Performance Monitoring	0.005
Other O&M Costs	0.025
<b>Total Fixed Costs</b>	<b>0.795</b>
<b>Total Water Production Costs</b>	<b>US\$0.998/m<sup>3</sup></b>