

CPET, Continued
Professional
Education
and Training



THE MIDDLE EAST DESALINATION RESEARCH CENTER

Estimation de coût des installations de dessalement SWRO

Jour 1 : Coût des installations

25 juin 2013

09h00 - 10h30



Water Globe

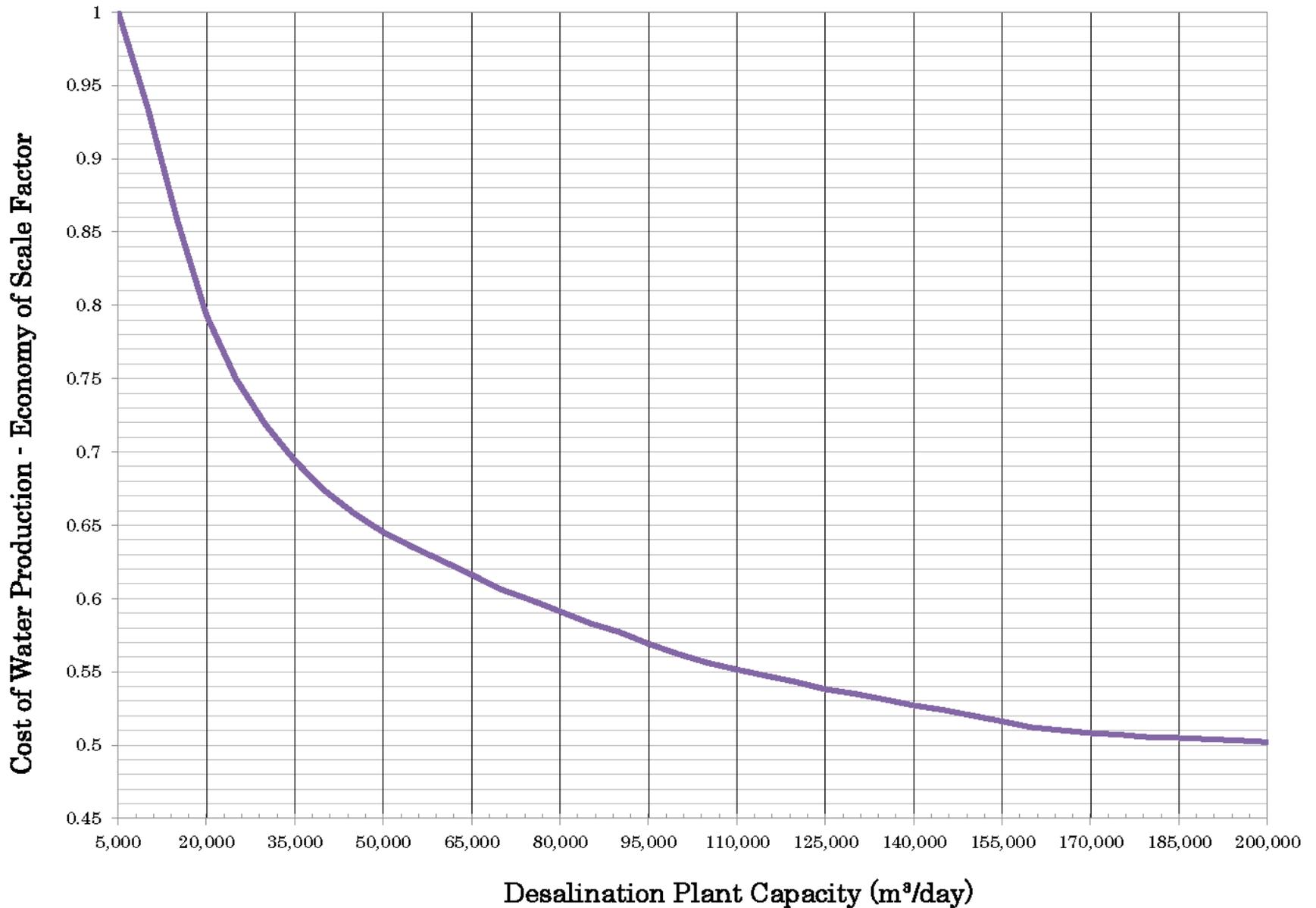
1.2 Facteurs de coûts du projet

Nikolay Voutchkov, PE, BCEE

Présentation - Facteurs de l'estimation du coût du projet

- ▶ Facteurs entrants en compte dans le projet
 - Taille du projet
 - Facteur de disponibilité
 - Qualité de l'eau brute
 - Qualité de l'eau produite ciblée
 - Méthodes de rejet
 - Coûts de l'électricité et énergie
 - Profil de risque du projet
 - Facteurs environnementaux, participation publique et autres frais
- ▶ Facteurs indépendants du contrôle du projet

Taille du projet - Plus c'est grand plus c'est bon marché



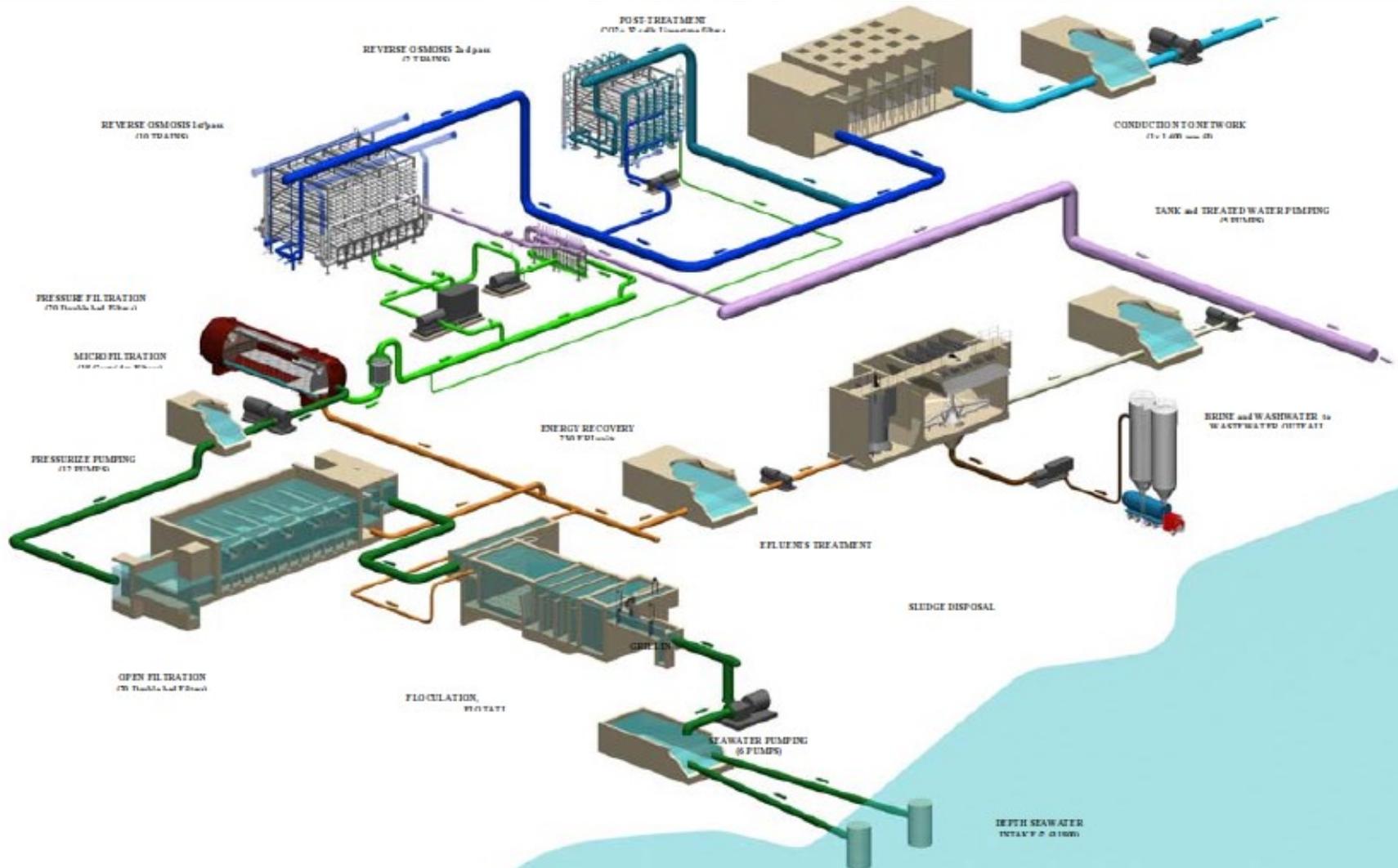
Facteur de disponibilité

- ▶ Facteur de disponibilité - % du temps de l'année pendant lequel l'unité produit un flux égal ou supérieur à sa capacité
- ▶ Temps d'arrêt = $100\% - \text{Facteur de disponibilité}$
- ▶ Le facteur de disponibilité « standard » de l'unité actuelle est de 95 %.
- ▶ Les meilleures unités montrent une disponibilité record de 98% et plus.
- ▶ Augmenter le facteur de disponibilité de 95 à 100%.
Augmentation du coût d'investissement de 20 à 30%.

Unité SWRO Barcelone 200 MLd - Exemple de disponibilité 100%



Unité d'installation de traitement de Barcelone 200 MLd



Plan de l'unité SWRO de Barcelone



Crédit photo : Degremont

Qualité de l'eau brute - salinité et variations de températures

TDS Eau de mer et température des sources d'eau des divers océans

Note : La température et TDS de l'eau de mer peuvent se situer en dehors de ces tables pour un lieu spécifique.

Source d'eau	Concentration TDS (mg/L)	Température (°C)
Océan Pacifique/Atlantique	35000	9 à 26 (moy. 18)
Caraïbes	36000	16 à 35 (moy. 26)
Méditerranée	38000	16 à 35 (moy. 26)
Golfe d'Oman et Océan Indien	40000	22 à 35 (moy. 30)
Mer Rouge	41000	24 à 32 (moy. 28)
Golfe arabe	45000	16 à 35 (moy. 26)

Note : La température et TDS de l'eau de mer peuvent se situer en dehors de ces tables pour un lieu spécifique.

Qualité de l'eau brute- Impact des coûts

Source eau de mer	Unité frais de construction	Frais F&E de l'unité	Frais de construction de l'unité
Méditerranée	1,0	1,0	1,0
Golfe d'Oman	1,09	1,07	1,08
Mer Rouge	1,12	1,10	1,11
Golfe arabeque	1,16	1,14	1,15

Effets de la qualité de l'eau potable sur les coûts des systèmes RO

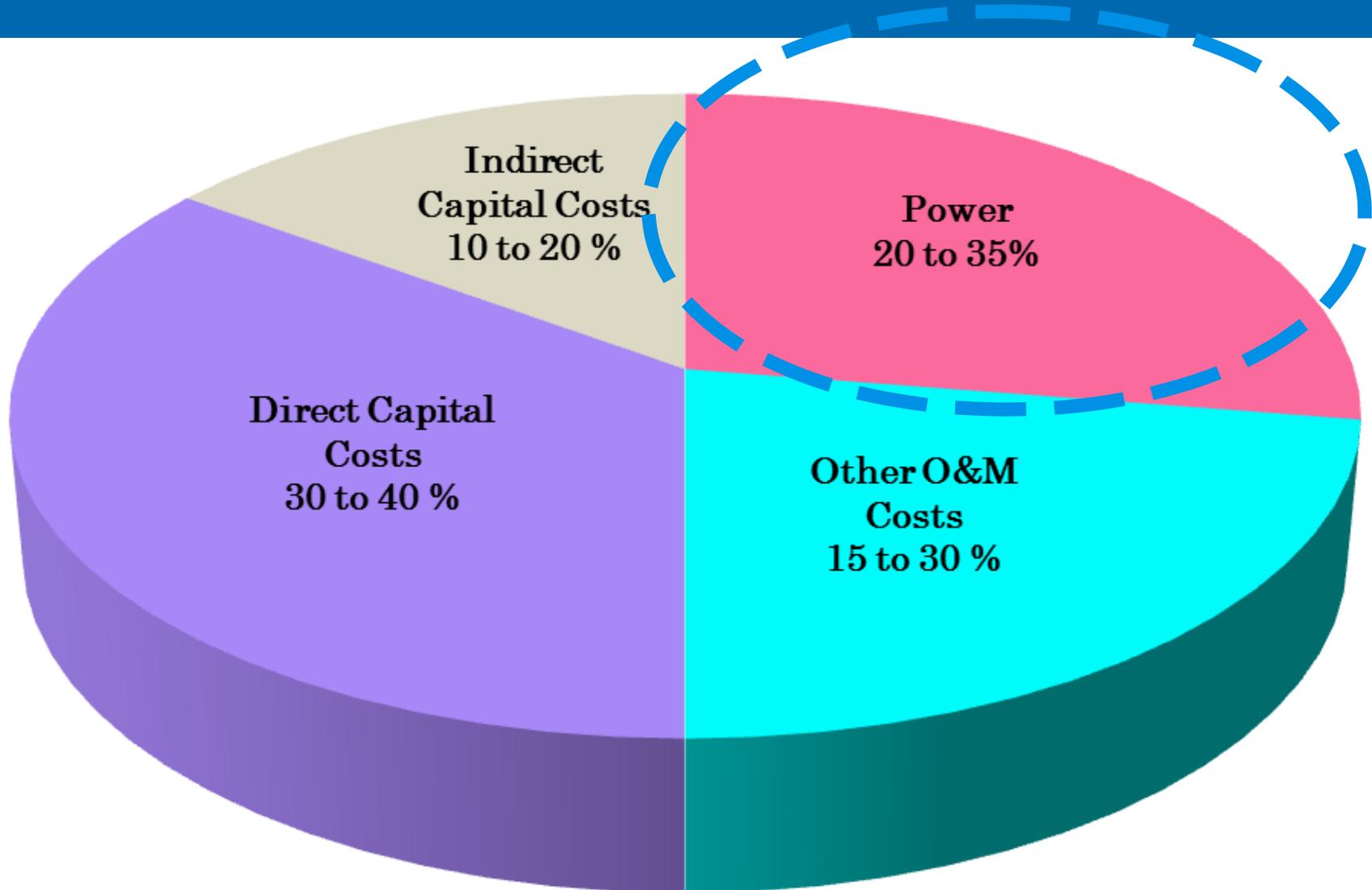
Qualité de l'eau produite	Coûts de construction	Frais F&E	Coût de l'eau
TDS=500mg/L Chlorure= 250mg/L Bore= 1mg/L Bromure=0.8mg/L	1.00	1.00	1.00
	Système RO un seul passage		
TDS=250mg/L Chlorure= 100mg/L Bore= 0.75mg/L Bromure=0.5mg/L	1.15-1.25		1.10-1.18
	Système RO second passage partiel		
TDS= 100mg/L Chlorure= 50mg/L Bore= 0.5mg/L Bromure= 0.2mg/L	1		1.23-1.32
	Système RO deux passages		
TDS=30mg/L Chlorure= 10mg/L Bore= 0.3mg/L Bromure=0.1mg/L	1.40-1.55	1.32-1.45	1.36-1.50
	Système RO deux passages + IX		

Méthodes de rejet

Méthode de rejet	Coût de construction du rejet (US\$/m3/jour)
Eaux usées de surface (nouvelle décharge avec diffuseur)	50-750
Co-implantation de l'unité de dessalement et installation de rejet	10-30
Co-rejet avec l'installation de rejet des eaux usées	30-150
Rejet d'égouts	5-150
Injection puits profond/plage	200-625
Bassins d'évaporation	300-4500
Irrigation par aspersion	200-1000
Rejet liquide zéro	1500-5000

Note : US\$1/m3.jour =US\$3785/MGD

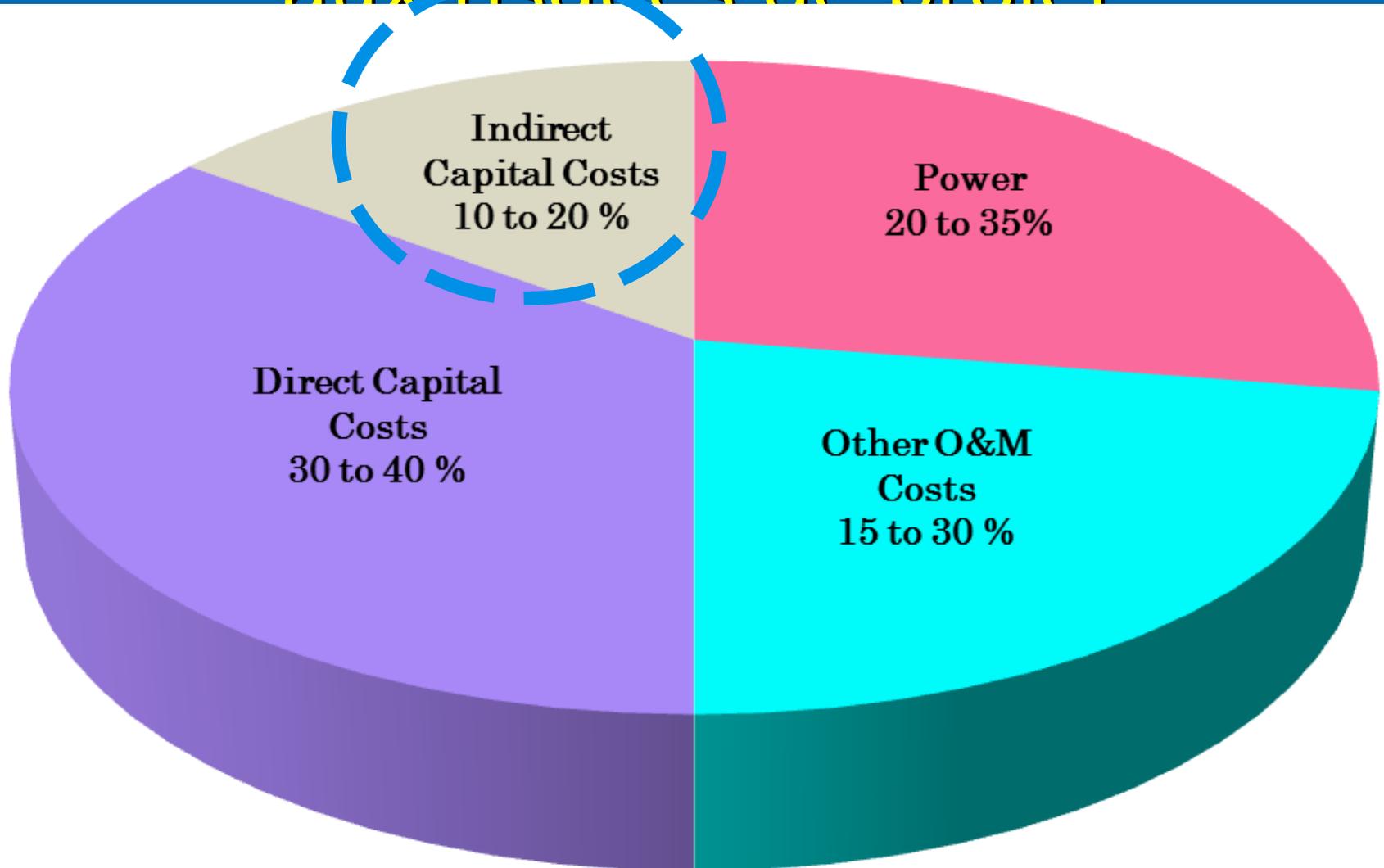
Coûts de l'électricité et énergie



Types et coûts de fourniture d'électricité

- ▶ Fourniture d'électricité interruptible vs. non interruptible ;
- ▶ Tarif en fonction de la demande ;
- ▶ Utilisation de gaz naturel contre énergie électrique pour fournir les pompes haute pression RO ;
- ▶ Auto-production d'électricité par le gaz naturel ;
- ▶ Co-implantation avec les unités d'électricité pour éviter les frais de transfert.

Les frais de construction indirects sont directement proportionnels aux risques de projet



Risques de projet clés avec impact des coûts

- Risques des permis (licences)
- Risques juridiques
- Risques d'alimentation en électricité
- Risques de construction
- Risques de l'eau
- Risques technologiques
- Risques opérationnels
- Risques de la demande en eau dessalée
- Risques financiers



Risques des permis (licences)

- ▶ Risques liés à l'obtention des permis et licences pour la construction d'unité et les opérations
- ▶ Risques et coûts clés des permis :
 - Obtention de permis environnementaux
 - Coûts de protection de l'impact sur l'environnement
 - Permission de pollution de l'air pour auto-production d'électricité
 - Permis de prise d'eau de source- pour prises de surface
 - Risque de non-acceptation de l'installation par le public

Risques juridiques

➤ Risques liés à :

- Contrôle des coûts de l'utilisation du site d'unité de dessalement ;
- Utilisation de l'infrastructure existante de prise et déversoir et droits de passage ;
- Changements potentiels de technologie et capacité des installations existantes (par ex. centrales et traitement des eaux usées).

Risques d'alimentation en électricité

- ▶ Risques liés à la disponibilité des sources d'énergie à bas coûts.
- ▶ L'utilisation de l'énergie renouvelable pourrait doubler les coûts de l'énergie
- ▶ Les besoins de réduire l'empreinte carbonique de l'unité de dessalement à l'avenir pourrait provoquer des besoins d'achat d'émissions de CO₂.
- ▶ Faible facteur de disponibilité d'électricité, faible qualité électrique et interruptions fréquentes peuvent augmenter les coûts d'énergie

Risques de construction

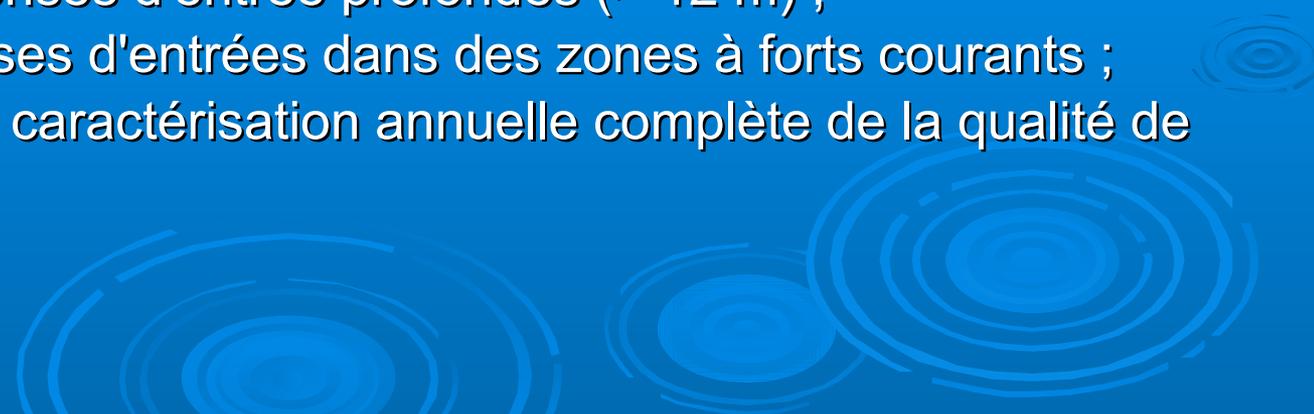
- Risques potentiels d'augmentation des coûts de construction dus à :
 - Conditions inhabituelles du site (par ex. contamination par pétrole enfoui, amiante etc.) ;
 - Retard de livraison de l'équipement et matériels indispensables ;
 - Dépassement des coûts de construction ;
 - Erreurs et omissions des entrepreneurs et concepteurs ;
 - Risques de fiabilité et performance durant la création et commercialisation.
- Solution : Ne choisir que des sociétés de constructions et ingénieurs avec de bons résultats et une expérience en dessalement.

Risques de la qualité de l'eau

► Risques liés à :

- Changements saisonniers ou annuels de la qualité de l'eau dus au climat, aux rejets à proximité de la prise, à la prolifération d'algues et aux changements des courants sous marins.
- Rejets industriels et d'eaux usées avec contaminants pouvant détruire l'intégrité de la membrane RO.
- Fort encrassement dû au trafic maritime et dragage.

► Solutions :

- Utiliser des prises d'entrée profondes (> 12 m) ;
 - Éviter les prises d'entrées dans des zones à forts courants ;
 - Réaliser une caractérisation annuelle complète de la qualité de l'eau.
- 

Risques technologiques

- ▶ Inconvénients potentiels d'utiliser les technologies nouvelles et qui n'ont pas fait leurs preuves et offrant peu de résultats.
- ▶ Les nouvelles technologies peuvent conduire à une perte de productivité et disponibilité de l'unité à cause du temps d'arrêt. Considérer ces inconvénients face à l'ampleur des éventuels avantages d'économies d'énergie, la consommation chimique réduite ou l'augmentation de la production d'eau fraîche.
- ▶ Exemple – Pré-traitement de la membrane

Expérience de pré-traitement de membrane de l'eau de mer à ce jour



Filtres membrane - Enjeux opérationnels et leçons tirées -1

Installation n°	Problèmes membrane primaire	Cause sous-jacente du problème	Leçons tirées
1.	<ul style="list-style-type: none">Impossible d'atteindre la capacité	<ul style="list-style-type: none">Flux plus faible que prévu.Le test pilote n'a pas fait face aux conditions extrêmes de la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none">Test pilote durant conditions extrêmes de la qualité de l'eau.Utiliser des facteurs de sécurité lors des résultats des tests pilote.
2.	<ul style="list-style-type: none">Hautes fréquences CIP ;Temps d'arrêt et frais F&E excessifs.	<ul style="list-style-type: none">Membrane encrassée.Le test pilote n'a pas fait face aux conditions extrêmes de la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none">Test pilote durant conditions extrêmes de la qualité de l'eau.Prétraitement supplémentaire peut-être nécessaire pour faire face aux conditions extrêmes de l'eau.
3.	<ul style="list-style-type: none">Impossible d'atteindre la capacité	<ul style="list-style-type: none">Membrane des systèmes auxiliaires trop petite	<ul style="list-style-type: none">Les systèmes auxiliaires peuvent être un problème important si trop petits.
4.	<ul style="list-style-type: none">Frais de remplacement de la membrane plus élevés	<ul style="list-style-type: none">Vie de la membrane plus courte que prévu.Encrassement probable de la membrane et manque de données par les fournisseurs.	<ul style="list-style-type: none">Prétraitement supplémentaire peut-être nécessaire pour obtenir la durée de vie indiquée par le fournisseur.

Filtres membrane - Enjeux opérationnels et leçons tirées -2

5.	<ul style="list-style-type: none"> Maintenance et temps d'arrêt excessif Qualité de l'eau plus faible que prévu. 	<ul style="list-style-type: none"> Fibre très cassante. Encrassement ou qualité de l'eau stressant plus la fibre que prévu. 	<ul style="list-style-type: none"> Manque d'expérience dans l'utilisation des membranes d'une qualité d'eau donnée, nécessite peut-être un changement de chimie et résistance de la membrane
6.	<ul style="list-style-type: none"> Impossible d'atteindre la capacité 	<ul style="list-style-type: none"> Temps d'arrêt plus important que prévu. Le fabricant a oublié d'inclure la valve d'ouverture/fermeture pour les tests d'intégrité Membrane de plus grande capacité à installer. 	<ul style="list-style-type: none"> Mener un examen approfondi du temps d'arrêt pour les systèmes MF/UF dans les pires scénarios possibles.
7.	<ul style="list-style-type: none"> Frais F&E plus importants que prévu 	<ul style="list-style-type: none"> Nettoyage chimique plus fréquent que prévu. 	<ul style="list-style-type: none"> Test pilote durant conditions extrêmes. Utiliser des facteurs de sécurité lors des résultats des tests pilote.
8.	<ul style="list-style-type: none"> Temps d'arrêt du système excessif 	<ul style="list-style-type: none"> Panne de la membrane. Le système ne supporte pas la pression de l'eau / matériels non testés au préalable. 	<ul style="list-style-type: none"> Ne jamais utiliser de membrane avec des composants ou matériel jamais testés auparavant !
9.	<ul style="list-style-type: none"> Système difficile de fonctionnement. 	<ul style="list-style-type: none"> Formation insuffisante du personnel. 	<ul style="list-style-type: none"> Prévision de formation supplémentaire en plus de celle offerte par le fabricant.
10	<ul style="list-style-type: none"> Temps d'arrêt excessif 	<ul style="list-style-type: none"> Le test d'intégrité de la membrane échoue fréquemment. Manque d'air dans les valves et les joints. 	<ul style="list-style-type: none"> S'assurer que le remplacement des joints, et valves soit inclus dans le système du fabricant

Risques réglementaires

- ▶ Risques liés aux effets du changement climatique, ingénierie, construction ou autres régulations et leurs impacts sur les coûts d'investissements et F&E du projet.
- ▶ Exemples :
 - Changements dans les codes de construction ;
 - Changement dans les réglementations de rejet ;
 - Critères de plus en plus rigoureux sur la qualité de l'eau produite.

Risques opérationnels

- ▶ Risques et/ou négligence ou fonctionnement non adapté de la maintenance de l'unité de dessalement :

Entrepreneurs inexpérimentés ;

Choix de matériel et de membranes de basse qualité

- ▶ Conséquences :

Dommages permanents des éléments RO de la membrane ;

Réduction du rendement énergétique des pompes et dispositif de récupération d'énergie.

- ▶ Solution : Choisir des entrepreneurs expérimentés avec de bons résultats

Risques de la demande en eau dessalée

▶ Risques liés à l'usage limité des unités de dessalement dû à la demande variable selon les saisons ou sécheresse temporaire de demande en eau dessalée.

▶ Solutions :
Unités en fonctionnement constant ;
Contrats « Take-or-pay » avec grossistes
Subventions pour l'eau dessalée pour couvrir les périodes creuses.

Risques financiers

- ▶ Risques liés à :
 - ▶ La solidité financière (capacité de crédit) de l'entité qui sera l'usager principal de l'eau dessalée.
 - ▶ Stabilité politique du pays accueillant le projet de dessalement.
 - ▶ Stabilité de la monnaie locale.
- ▶ Les prêteurs privilégient les accords financiers avec les entités ayant de bons résultats dans leurs obligations d'équité et qui n'ont pas d'obligations fiscales précédentes trop élevées.

Autres facteurs sous le contrôle du propriétaire impactant les coûts du projet

- Autres facteurs de coûts du projet
- D'autres facteurs ayant un impact important sur les coûts du projet sont indiqués ci-dessous :
- Type d'entrée et configuration :
 - Océan ouvert contre entrée sous-terraines ;
 - Co-implantation d'entrée et de rejet avec installation d'énergie existante ;
 - Co-implantation de rejet avec rejet WWTP.
- Type et conception de système de prétraitement ;
- Système de configuration SWRO :
 - Nombre et taille de trains RO individuels ;
 - Capacité de redondance installée ;
 - Nombre de cuves par train RO ;
 - Nombre de membrane SWRO par cuve ;
 - Nombre et situation des points de récupération du perméat des cuves individuelles ;

Autres facteurs sous le contrôle du propriétaire impactant les coûts du projet (suite)

- Architecture
- Structure
 - Contrôle de l'inertie ;
 - Renforcement structurel contre le vent et les séismes ;
 - Fondations (pieux, fondements, etc.)
- Electricité :
 - Source d'énergie (réseau électrique ; auto-production ; raccord direct aux unités de générateurs d'énergie) ;
 - Configuration de la fourniture d'énergie du site- situation et taille des sous-stations électrique et conduits ;
- Sélection du matériel (tuyauterie, équipement et structures) ;
 - Travaux du site comprenant :
 - Plan de l'installation
 - Eclairage ;
 - Routes ;
 - Drainage du site et gestion d'eaux pluviales ;
- Contrôle de corrosion
 - Revêtement de protection des structures, équipement et tuyauterie ;
 - Protection cathodique

Facteurs de coûts indépendants du responsable du projet

- Normes réglementaires, codes de construction et incendie ;
- Calendrier mandaté par des tiers (agences de régulation, interventions d'urgence etc.) ;
- Conventions de bonnes pratiques d'ingénierie ;
- Conditions de marché des fournisseurs de consommables, construction et équipement ;
- Coûts travail local et matériel ;
- Contraintes de délai de construction liées aux ordonnances de pollutions sonores et trafic, et limitation des heures de opérations d'équipement de construction ;
- Utilisation et état des installations existantes ;
- Environnement économique général ;
- Conditions climatiques ;
- Demande saisonnière en eau et variations des tarifs d'énergie ;
- Coûts du terrain et conditions souterraines du site (par ex. contamination du sol et des eaux souterraines ; capacité de force portante des sols et potentiel de liquéfaction ; obstacles sous-terrains).

Questions ?



Pause déjeuner

