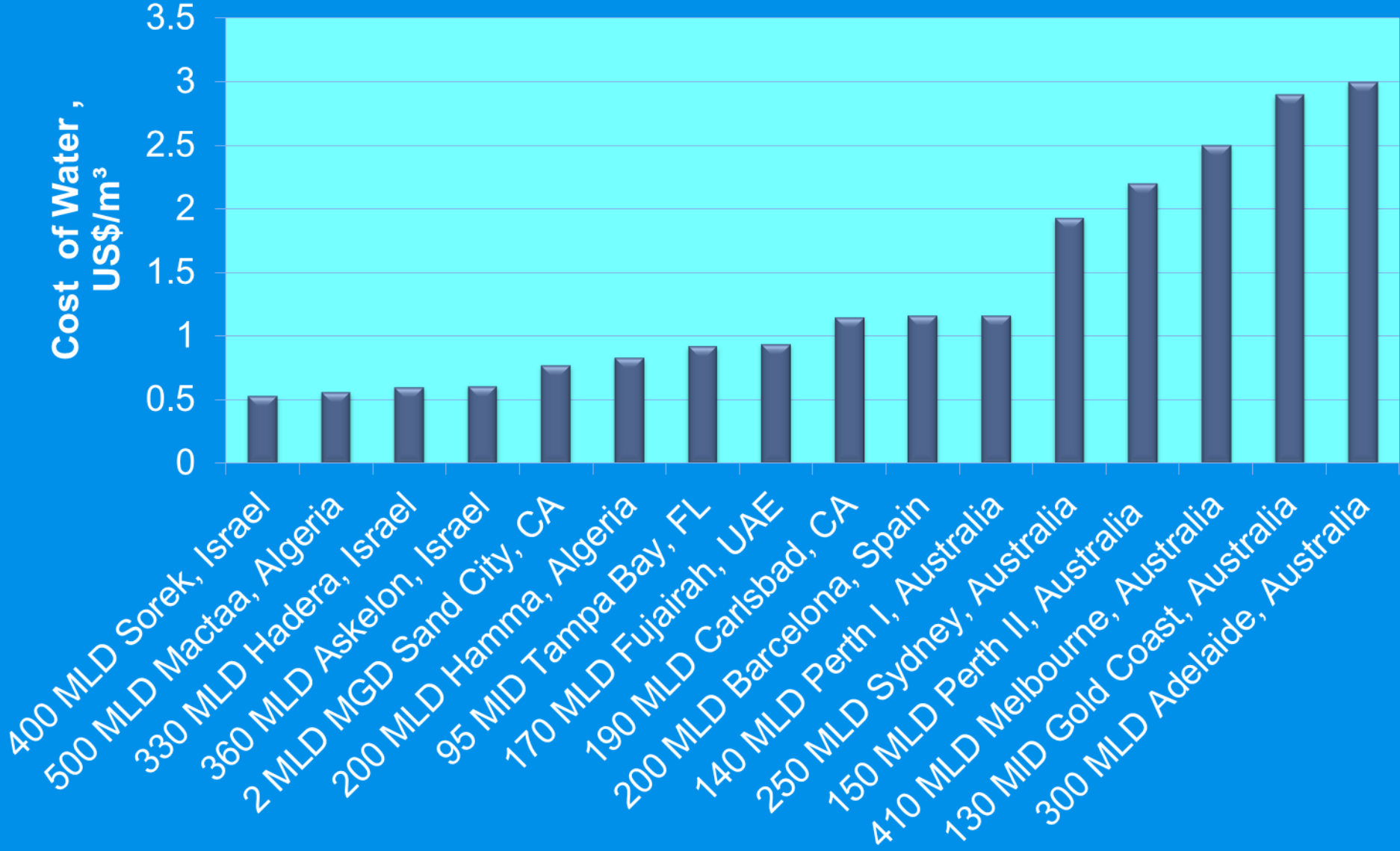


# Tendances des coûts de dessalement - Aperçu

---

- ▶ Aperçu général de récents projets de dessalement et de ventilation de leurs coûts
- ▶ Projets aboutissant à des coûts élevés – facteurs clés contribuant à l'élévation de leur coût
- ▶ Projets aboutissant à des coûts limités – facteurs clés contribuant à la limitation de leur coût
- ▶ Impact de livraison de projet sur les coûts
  - Conception-soumission-construction (CSC) de Projets
  - Conception-construction-exploitation (CCE) de Projets
  - Construire-posséder-exploiter-transférer (CPET) des Projets

# Coûts de production d'eau de récents projets de dessalement de CWPO



# Facteurs clés influant sur les coûts

- **Qualité de l'eau à sa source** - TSD, température, substances solides, contenus limoneux et organiques.
  - **Qualité de l'eau produite** – TSD, bore, bromures, compatibilité de désinfection.
  - **Méthodes d'élimination des concentrés ;**
  - **Alimentation en énergie électrique et coûts d'unité de production d'énergie ;**
  - **Profil de risques de projet ;**
  - **Méthode d'exécution et de financement de projet ;**
  - **Autres facteurs :**
    - Type de système d'adduction et de rejet ;
    - Conception de système de pré-traitement et d'OI ;
    - Objectif de disponibilité de capacité de production.

CPET, Continued  
Professional  
Education  
and Training



THE MIDDLE EAST DESALINATION RESEARCH CENTER

## Estimation des coût d'usines de dessalement par SWRO

*3ème journée : Coûts de  
dessalement - Tendances,  
exemples, séances interactives*

**27 juin 2013**

**09h00 - 10h15**

### **3.1 Tendances des coûts de dessalement**



**Water Globe**

**Nikolay Voutchkov, IP, ICCE**

# Caractéristiques communes des projets de dessalement à coût limité

- ▶ Adduction ouverte ou puits côtiers en PEHD à coût limité ;
- ▶ Rejets près des côtes/sur les côtes avec/ou systèmes de diffuseurs ou rejet commun avec conduite d'évacuation de centrale électrique ou de station d'épuration ;
- ▶ Point de livraison de l'eau produite dans un rayon de 5 miles du site de l'usine de dessalement ;
- ▶ Conception de système d'OI avec flux de trains multiples par pompes à haute pression et systèmes de récupération d'énergie ;
- ▶ Méthode clé en main (CPET, CPE) d'exécution de projet.

# Principales raisons de disparité de coûts entre projets aboutissant à un coût élevé et ceux aboutissant à un coût limité

- **Emplacement du site de dessalement** (syndrome NIMBY en opposition avec une approche scientifique)
  - Les usines coûteuses ont des canalisations d'approvisionnement de l'eau produite trop étendues
    - Usine de Melbourne de 120 MGJ – Coût de l'installation / approvisionnement + Systèmes d'alimentation en énergie = US\$1,7 Md/1,1 US\$Md (50 miles)
      - Usine de SWRO de Sydney de 66 MGJ Plant – Coût de l'installation / système d'approvisionnement = US\$560 M/US\$490 M (10 miles de tunnel souterrain sous la Botany Bay).
- **Considérations environnementales**
  - Adductions complexes et Systèmes par diffuseurs
- **Stratégie d'élimination progressive**
  - Capacité d'adduction et de rejet du système ;
  - Conception de système de pré-traitement et d'OI ;
- **Pressions exercées par le marché du travail**
- **Méthode d'exécution de projets et répartition des risques**

# Solutions alternatives d'exécution de projets

- ▶ **Conception-soumission-construction (CSC) :**
  - Avantage principal - le prestataire détient la totalité des actifs ;
  - Inconvénients principaux - le prestataire prend tous les risques avec une capacité d'emprunt réduite.
- ▶ **Conception-construction-exploitation (CCE) /"Alliance" :**
  - Avantage principal - le prestataire détient la totalité des actifs ;
  - Inconvénients principaux – le prestataire partage quelques risques de construction & de fonctionnement et une capacité d'emprunt réduite.
- ▶ **Construire-posséder-exploiter-transférer (CPET) :**
  - Avantage principal – le prestataire transfère la plupart des risques au secteur privé et ne paie que pour l'eau qu'il reçoit ;

# Profils de répartition des risques de CPET et Alliance (CCE) en vue d'exécution de projet

Type de risque de projet	CPET	Alliance/CCE
Obtention des permis	Privé	Public
Eau à sa source	Privée	Partagée
Technologie	Privée	Partagée
Exploitation	Privée	Partagée
Demande en eau	Publique (Achat ferme – risque pour les investisseurs en fonds propre)	Publique
Alimentation en énergie	Privée	Publique
Construction	Privée	Partagée
Financement	Privé	Public





**Dans le monde entier, le  
coût minimal d'eau de mer  
dessalée a été réalisé  
Sous contrats CPE/CPET !**

# Structure d'offre sur projet de Magtaa

Capacité 5000.000 m<sup>3</sup>/jour  
Valeur d'IAC approximativement 500MUS\$  
Prestataire L'Algérienne des eaux (« ADE »)

Période de concession 25 ans

Société de projet 51 % MenaSpring  
49 % Algeria Energy  
company

Autres soumissionnaires Acciona Agua,  
appel international à la concurrence Bewater/Tarco/Arcofina,  
GeWater/Orascom, Inima/aqualia, Befasa

# Recentes offres sur projet de SWRO à coût minimal dans le monde entier

Usine de SWRO	Coût de l'eau (US\$/m <sup>3</sup> )	Consommation énergétique (kWh/m <sup>3</sup> ) & TSD
Sorek, Israël – 411 ML/j CPE (démarrage – 2014)	0,53	3,7 (40 ppt)
Mactaa, Algérie – 500 ML/j CPET (démarrage – 2013)	0,56	3,7 (40 ppt)
Hadera, Israël – 330 ML/j CPE/en collocation (démarrage – 2009)	0,60	3,7 (40 ppt)
Cap Djinet, Algérie – 100 ML/j CPE (démarrage – 2010)	0,72	4,0 (38 ppt)
Carlsbad, USA – 189 ML/j CPE en collocation (démarrage – 2012)	0,74	2,9 (33,5 ppt)

# Quels sont les points communs de tous les récents projets de CPET ?

- Ils ont tous fait prévaloir le moindre coût et la consommation énergétique minimale de production d'eau dessalée sur leurs marchés respectifs ;
- Les performances d'usine & les risques d'obtention de permis sont à la charge du secteur privé ;
- Le remboursement de la dette est à la charge du secteur privé ;
- Le secteur privé n'est rétribué que pour la livraison du produit d'eau dessalée ;
- Le prestataire public peut racheter (transfert) la propriété du projet une fois que l'usine a démontré ses performances à long terme.

# Ashkelon - Coût de l'eau le plus bas du monde - Comment ont-ils fait ?



# Ashkelon – Coût de ventilation de ressources hydrique

Poste de coût	NIS/m <sup>3</sup>	USD/m <sup>3</sup> **	% de TWP	Lien
Tarif fixe de base	1315	0,311	59,2	CPI
<b>Tarif variable de base</b>				tarif de l'électricité**
Énergie	0,565	0,134	25,4	Taux de change CPI & USD/NIS
Membranes	0,120	0,028	5,4	"
Filtres	0,020	0,005	0,9	"
Produits chimiques	0,090	0,021	4,1	"
Traitement ultérieur	0,040	0,009	1,8	"
Autres	0,070	0,017	3,2	
Sous-total	0,905	0,214	40,8	
Tarif de base total de l'eau	2220	0,525	100,0	

\*Au taux de change de base correspondant de 4,23 NIS/USD

\*\* Le « Revenu requis par kWh » tel que publié par les autorités publiques israélienne

Source : Dreizin, 2004

# Ashkelon - Comment ont-ils fait ?

- ▶ Pré-traitement conventionnel à moindre coût – double filtres média a une seule étape ;
- ▶ Filtres à cartouche de grande taille (20-micron) ;
- ▶ Conception à trois centres d'OI avec échangeurs de pression ;
- ▶ Traitement ultérieur à moindre coût – Filtres à calcite et mélange ;
- ▶ Production d'énergie autonome – générateurs à gaz de 80 MW et achat de droits d'exploitation de champ gazier ;
- ▶ Rejet en collocation avec la centrale électrique en zone de mélange battue par les marées – Aucune nécessité de conduite d'évacuation.

# Usines de SWRO de Perth & de Sydney

	Perth	Sydney
Capacité (ML/j)	125	250
Distance par rapport à l'adduction (km)	< 1	4,5
Distance de livraison (miles)	26,2	14,3
Coût total d'investissement (\$M)	\$325	\$1539
Coût total d'investissement - Usine de dessal. (\$M)	\$281	\$982
Coût total d'investissement - Approvisionnement (\$M)	\$44	\$557
Coût d'investissement annualisé (\$M/an)	\$25	\$120
Coûts annuels totaux de F&E (\$M/an)	\$17	\$46
Coût annuel de F&E - Usine de dessal. (\$M)	\$16	\$42
Coût annuel de F&E - Approvisionnement (\$M)	\$1	\$4
Coût de l'eau - Composante d'investissement (\$/m3)	\$0,70	\$1,65

Tiré de Waterlines - NWC Australie

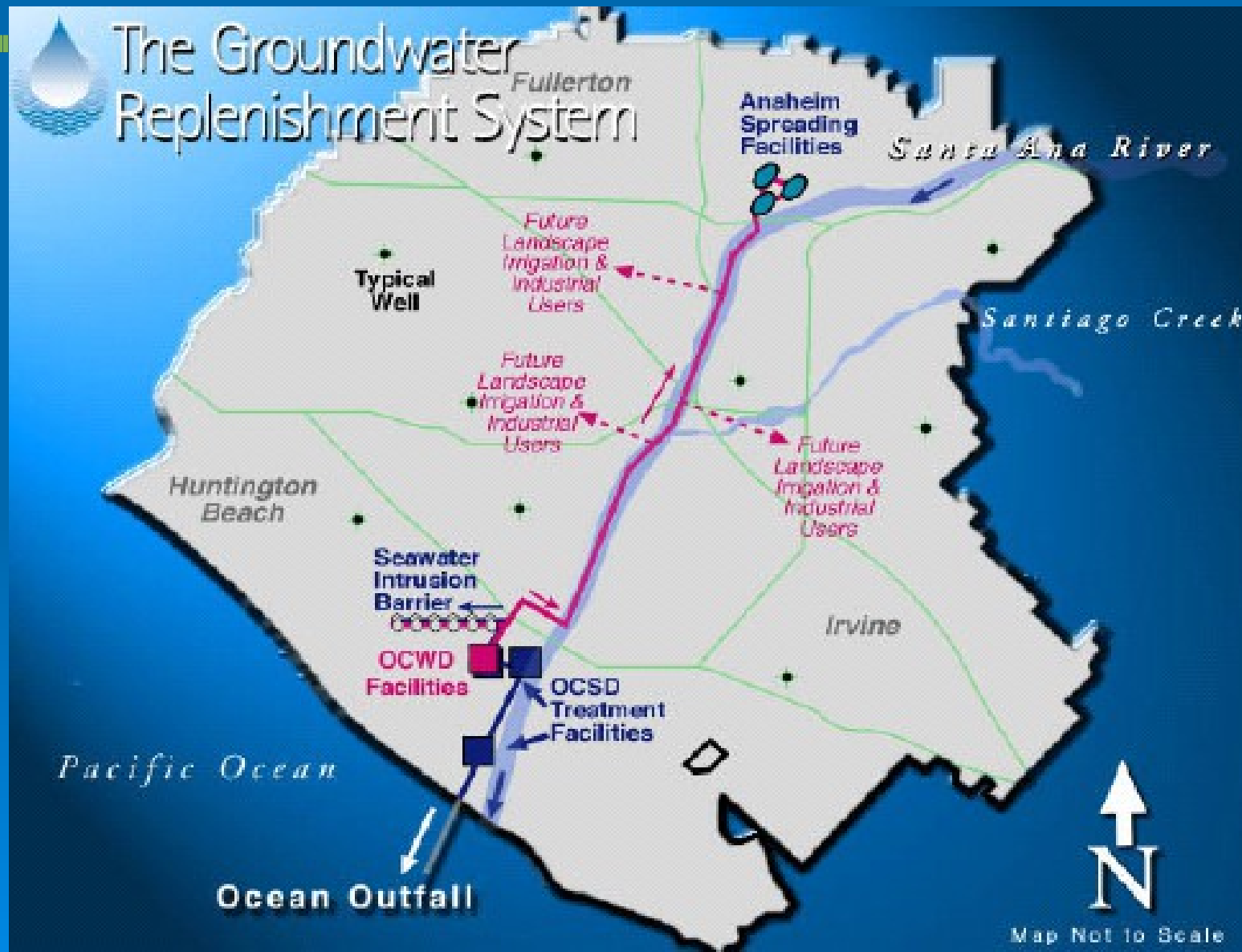


# Soyez prudents dans la comparaison des coûts !

---

- ▶ Les projets diffèrent par :
  - La salinité et la température de l'eau à sa source ;
  - La qualité de l'eau produite ;
  - Le coût unitaire de construction, de main-d'œuvre et d'obtention de permis ;
  - Le coût d'immobilisation ;
  - Le coût unitaire de l'énergie ;
  - La source de fourniture d'équipement ;
  - Le programme de réalisation de projet.
- ▶ Les projets doivent être normalisées par rapport à ces facteurs et à d'autres en vue de comparaison précise.

# desaules de production d'eau dessalement par rapport la réutilisation indirecte d'eaux



# Comparaison de dessalement de Huntington Beach & les projets de réapprovisionnement par eau souterraines de l'OC

Paramètres clé de projet	RES de l'Orange County Projet de réutilisation d'eaux usées	Huntington Beach Dessalement d'eau de mer Projet
Capacité de production d'eau	206 ML/j	189 ML/j
Eau à sa source	Effluents de station d'épuration Rejet	Eau de mer - Eau de refroidissement de centrale électrique
Emplacement	Orange County, Californie	Orange County, Californie
Traitement de l'eau à sa source	MF+BWRO+UV+ Peroxydation+ Conditionnement à la chaux	Filtration granulaire médiale+SWRO+ Conditionnement du calcite

# Comparaison des coûts de production d'eau potable

## par réutilisation indirecte d'eaux usées et par dessalement d'eau de mer

Paramètres clé de coût	RES de l'Orange County Projet de réutilisation d'eaux usées	Huntington Beach Eau de mer Projet de dessalement
<b>Coûts d'investissement (US\$)</b>	\$486,9 M à 206 ML/j	\$335 M à 189 ML/j
Energie électrique à US\$0,126/kWh	US\$12,4 M/an ( <b>1,31 kWh/m<sup>3</sup></b> )	US\$24,3 M/an ( <b>2,8 kWh/m<sup>3</sup></b> )
Produits chimiques	US\$4,6 M/an	US\$2,3 M/an
Entretien	US\$1,4 M/an	US\$2,5 M/an
Remplacement de membrane	US\$2,4 M/an	US\$0,9 M/an
Remplacement de lampe UV	US\$0,3 M/an	Main d'œuvre
Non applicable	US\$3,6 M/an	US\$2,4 M/an
Autres frais de F&E	US\$4,7 M/an	US\$2,3 M/an
<b>Coûts annuels totaux de F&amp;E</b>	<b>US\$29,4 M/an</b>	<b>US\$34,7 M/an</b>
<b>Coûts d'amortissement d'investissement</b>	<b>US\$27,8 M/an</b>	<b>US\$19,1 M/an</b>
Coût de production d'eau	US\$57,2 M/an <b>US\$0,76/m<sup>3</sup></b>	US\$53,8 M/an <b>US\$0,78/m<sup>3</sup></b>
Coût	US\$0,12/m <sup>3</sup>	US\$0,07/m <sup>3</sup>

# D'où les économies de coût futures viendront-elles ?



# permettre de réaliser des économies de coûts dans les 5 prochaines années (20% de l'objectif de limitation de

## ➤ Amélioration de productivité d'éléments de membrane :

- **Membranes polymétriques** (Incorporation de nanoparticules dans la matrice en polymère de la membrane) - CSIRO et UCLA ;
  - Éléments de membrane d'OI plus grands (16" de diamètre ou plus).

## ➤ Augmentation de durée de vie de membrane & réduction d'encrassement :

- Surface de membrane plus lisse – **Membranes en nanotubes de carbone** – CSRO & Université du Texas (Austin).
  - Longévité accrue de matériau de membrane ;
  - Utilisation de systèmes de nettoyage en continu de membrane d'OI ;
  - Prétraitement UF/MF de membrane.

## ➤ Systèmes d'osmose commerciale à terme ;

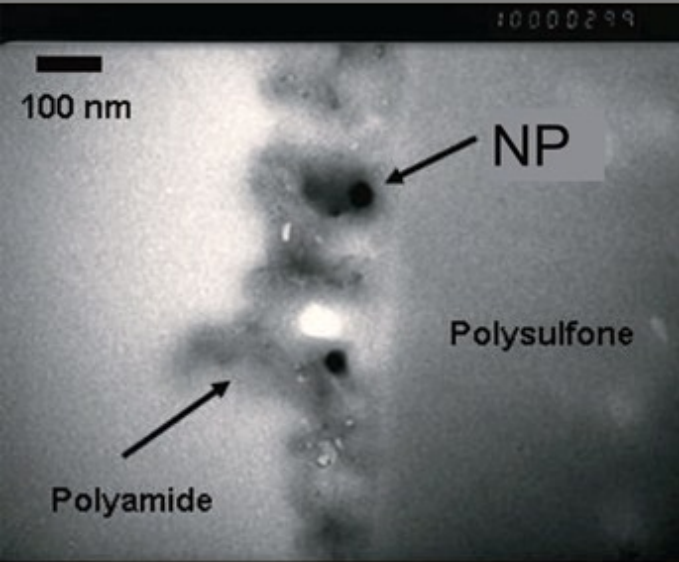
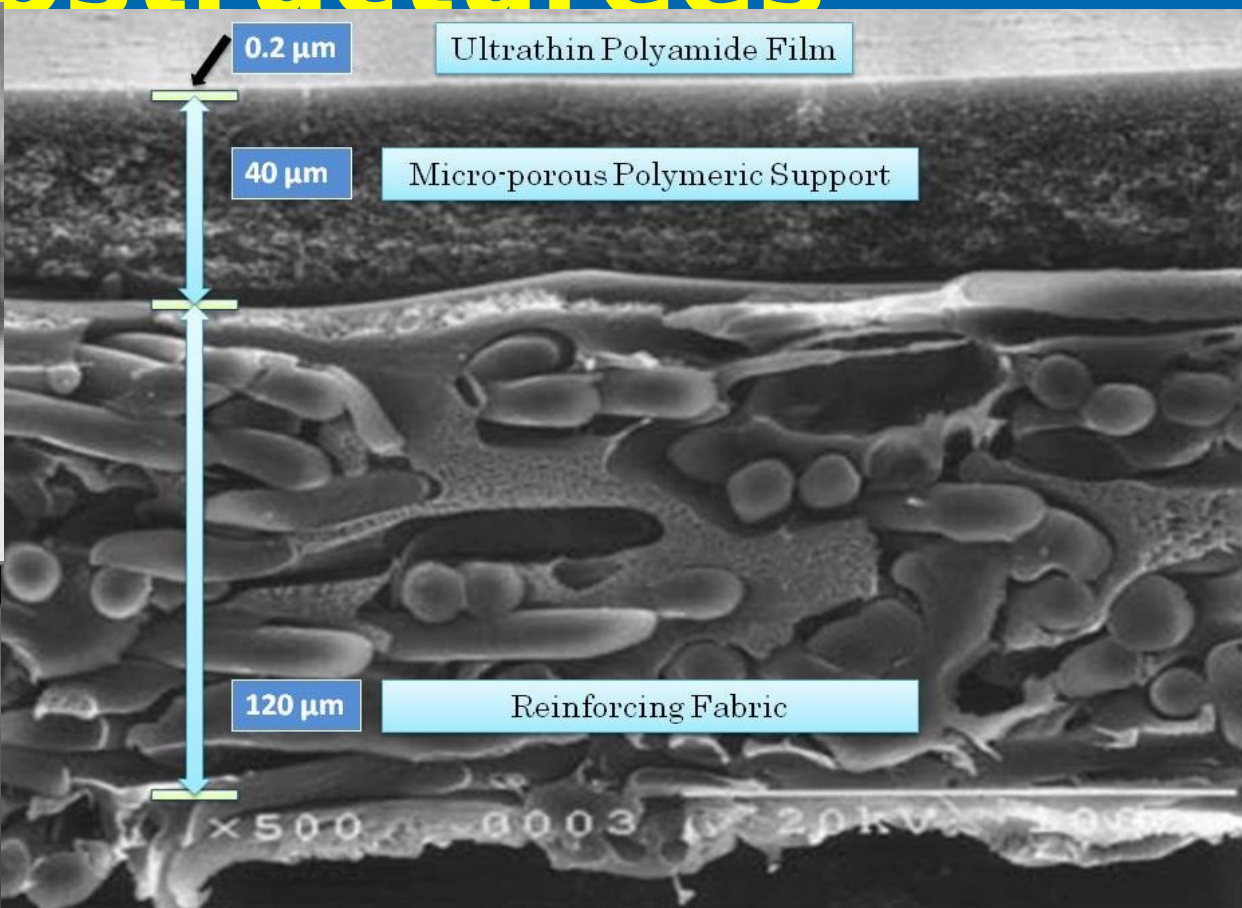
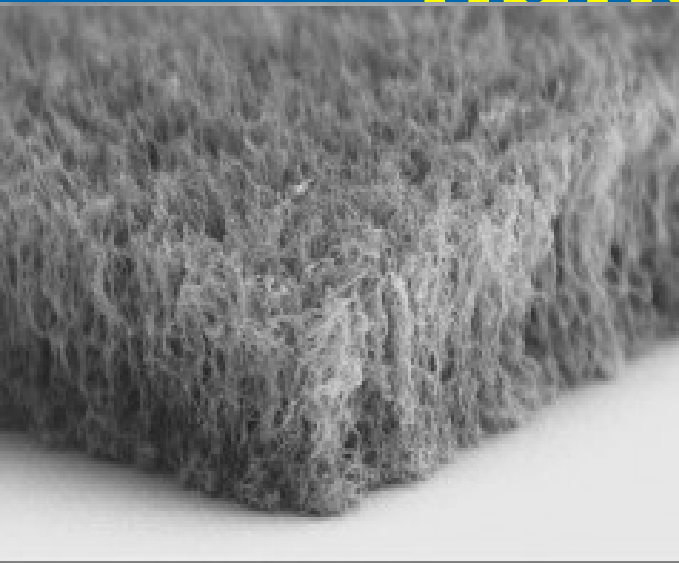
## ➤ Collocation avec centrale électrique ;

## ➤ Dessalement et élimination de concentrés au niveau régional ;

## ➤ Trains d'OI et équipements plus importants ;

## ➤ Automatisation complète de l'ensemble des procédures de traitement.

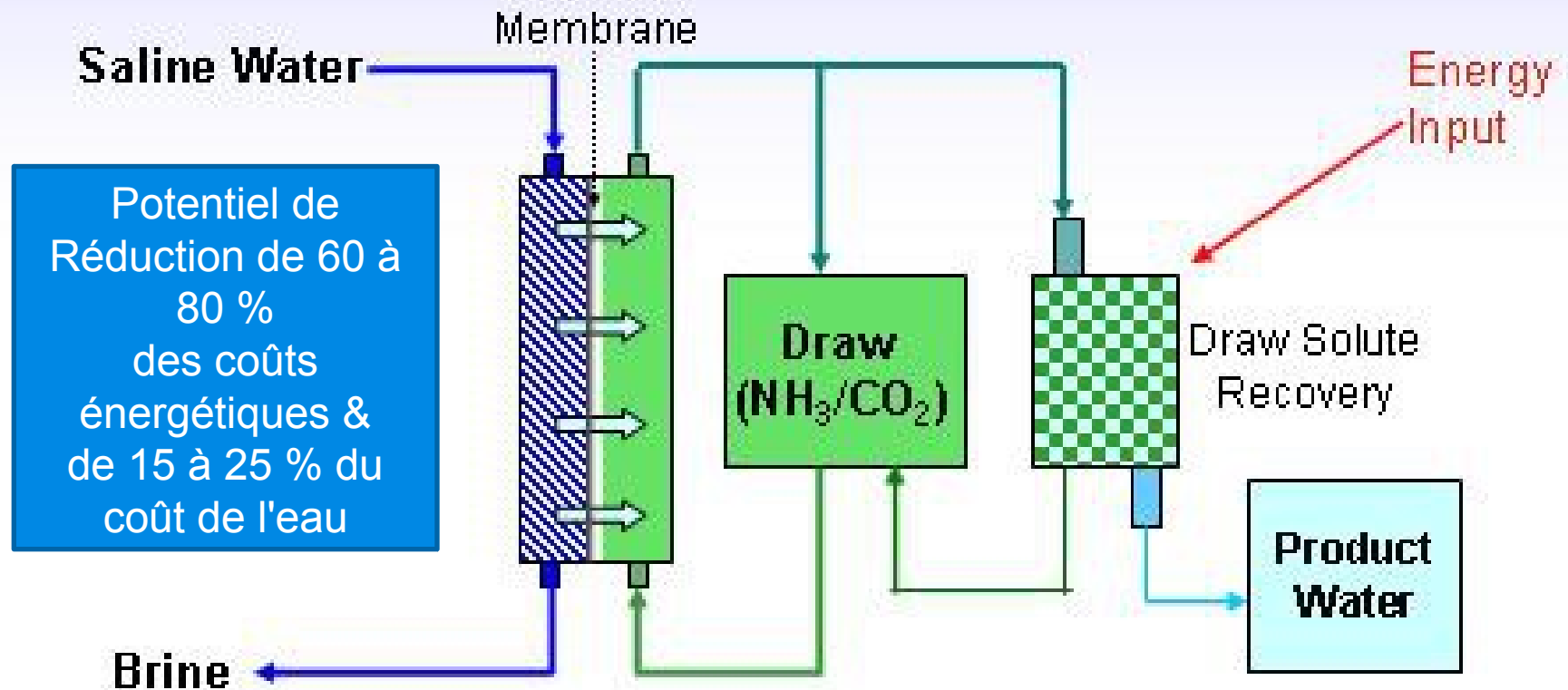
# Membranes de SWRO nanostructurées



B



# Forward Osmosis (solute recycle)



OASYS



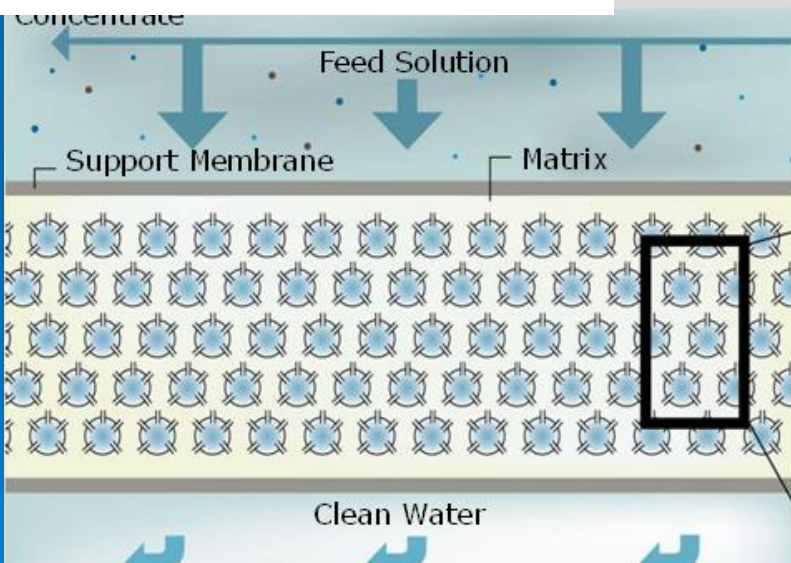
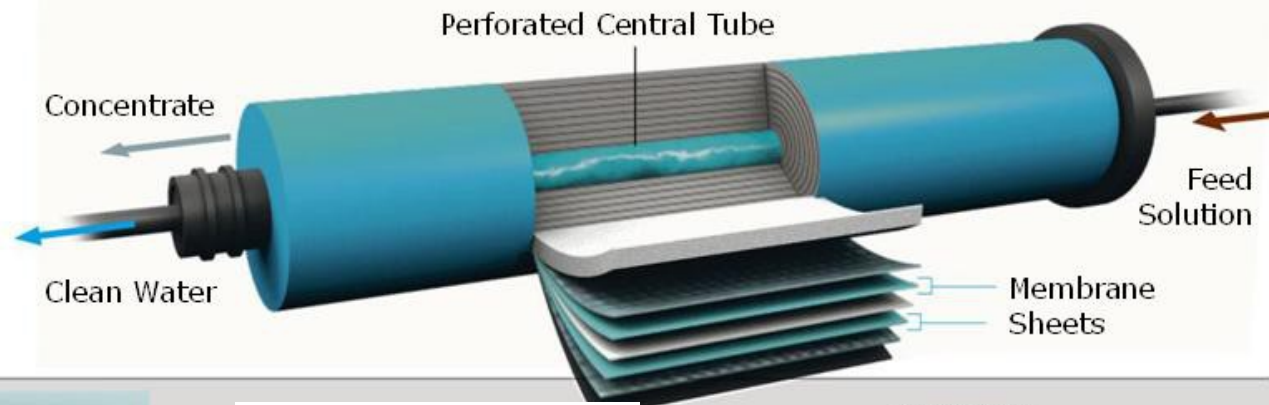


# Membrane de récupération en vue de réponse à l'objectif à long terme de 80% de réduction des coûts

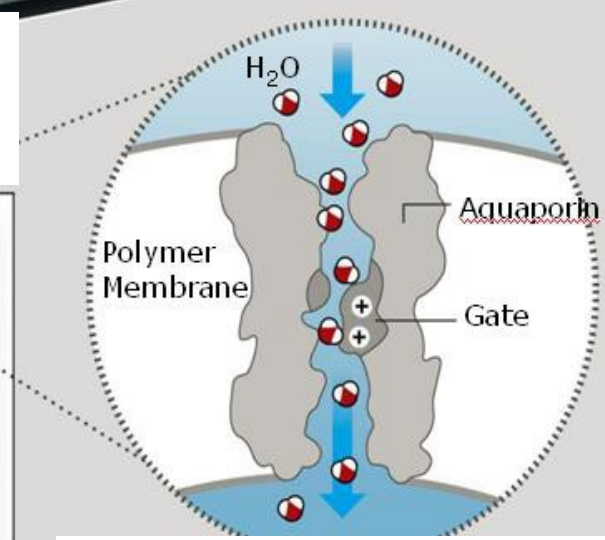
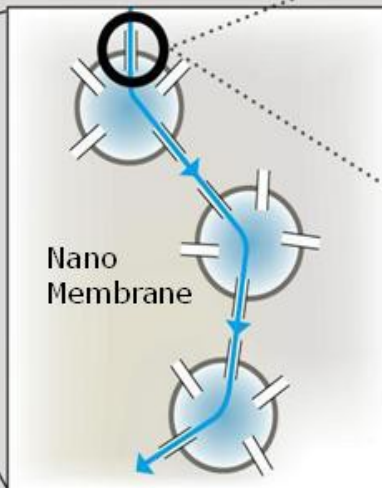
- Amélioration de durée de vie utile et de productivité de membrane ;
  - Élaboration de matériaux non métalliques résistants à la corrosion en vue de remplacement des canalisations d'OI en acier inoxydable de haute qualité/à coût élevé ;
- Réduction de coûts de pré-traitement ;
- Élaboration de systèmes de récupération d'énergie de nouvelle génération ;
- Introduction de technologies à moindre coût en vue d'utilisation et d'élimination de concentrés avantageuses ;

# Dessalement fondé sur les aquaporines

70% d'économies sur la consommation spécifique d'énergie!  
Efficacité de production accrue  
> 5 fois  
Robuste et évolutif



Haute redondance  
En passant une seule nanomembrane, l'eau sera pure à 100%



Les aquaporines isolent les molécules d'eau sur la base de la reconnaissance physique électrostatique conduisant à la production d'eau réellement pure  $\square$  H<sub>2</sub>O !

Feuillets de membrane

Les nano membranes sont collées à la matrice qui remplit l'espace qui les entoure. La force mécanique s'applique par l'adjonction d'un support de membrane perméable

# Le nec plus ultra du dessalement d'eau de mer

## Statut actuel et prévisions futures

Paramètre	Aujourd'hui	Dans 5 ans	Dans 20 ans
Coût de l'eau (US\$/m <sup>3</sup> )	US\$0,6-0,8	US\$0,5-0,6	US\$0,1-0,2
Coût de construction (Million d'US\$/ML)	1,2-2,4	1,0-2,0	0,5-1,0
Consommation énergétique (kWh/m <sup>3</sup> )	2,8-4,0	2,5-3,5	2,0-2,5
Productivité de membrane (gallons/jour/membrane)	5 000-12 000	8 000-15 000	20 000-40 000
Durée de vie utile de membrane (années)	5 - 7	7 - 10	10 - 15
Taux de récupération	45 - 50	50 - 55	55 - 65

# Remarques conclusives

---

- L'océan est en passe de devenir l'une des principales sources d'approvisionnement en eau fiables et hors captage en zone côtière dans les 10 à 20 ans à venir ;
- Le dessalement de l'eau de mer à grande échelle est économique aujourd'hui et sera encore plus concurrentiel à l'avenir ;
- L'avenir du dessalement de l'eau de mer est brillant - 20% de réduction de coûts de l'eau dans les 5 prochaines années ;
- Les investissements à long terme dans la recherche et le développement disposent d'un potentiel de réduction de 80% du coût de l'eau dessalée dans les 20 prochaines années.

# Tendances de coûts de dessalement

Questions ?





Pause café