

Applications des énergies renouvelables au dessalement de l'eau de mer

Driss ZEJLI

Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique (CNRST)



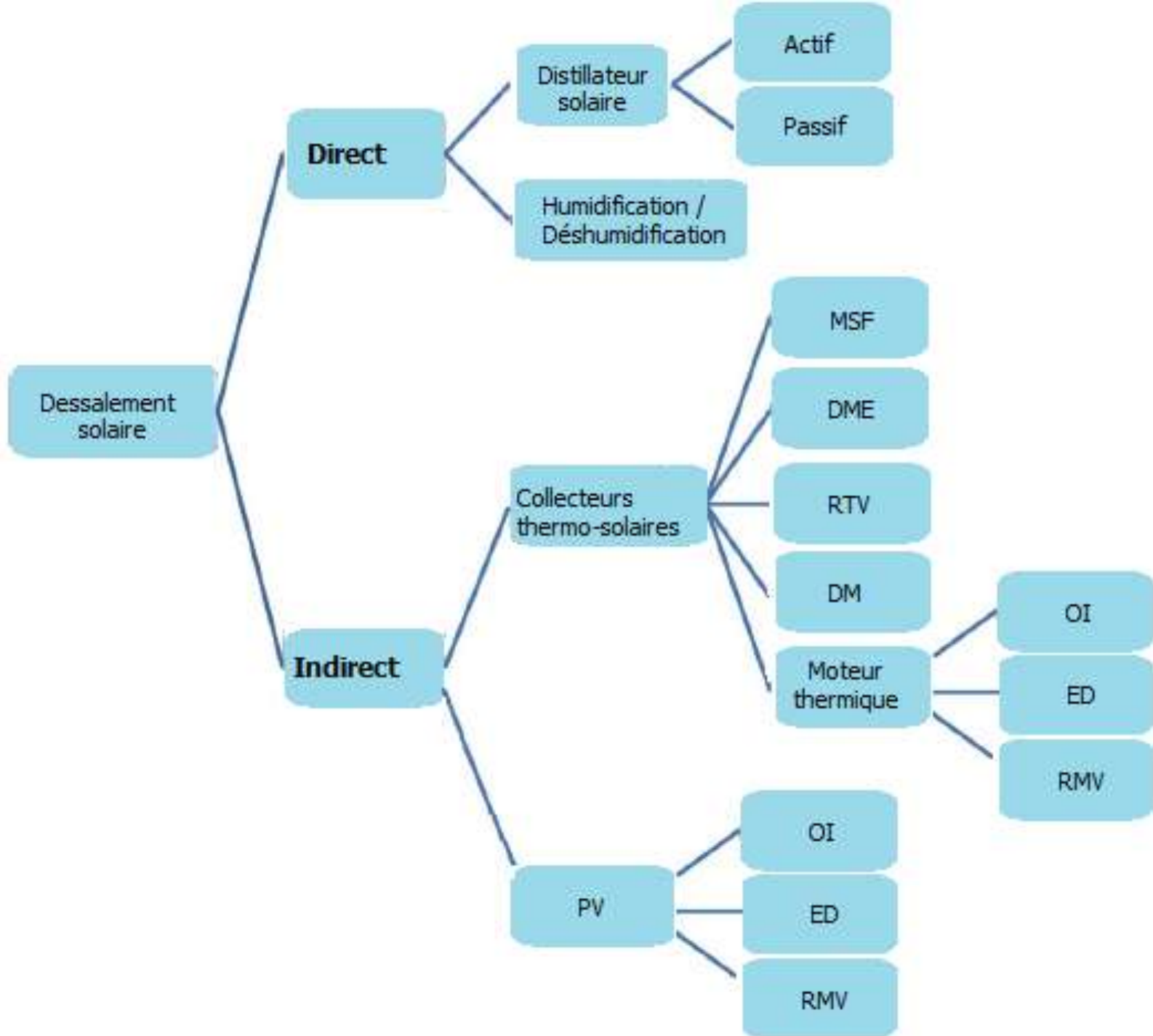
CNRST

Centre National pour la
Recherche Scientifique
et Technique

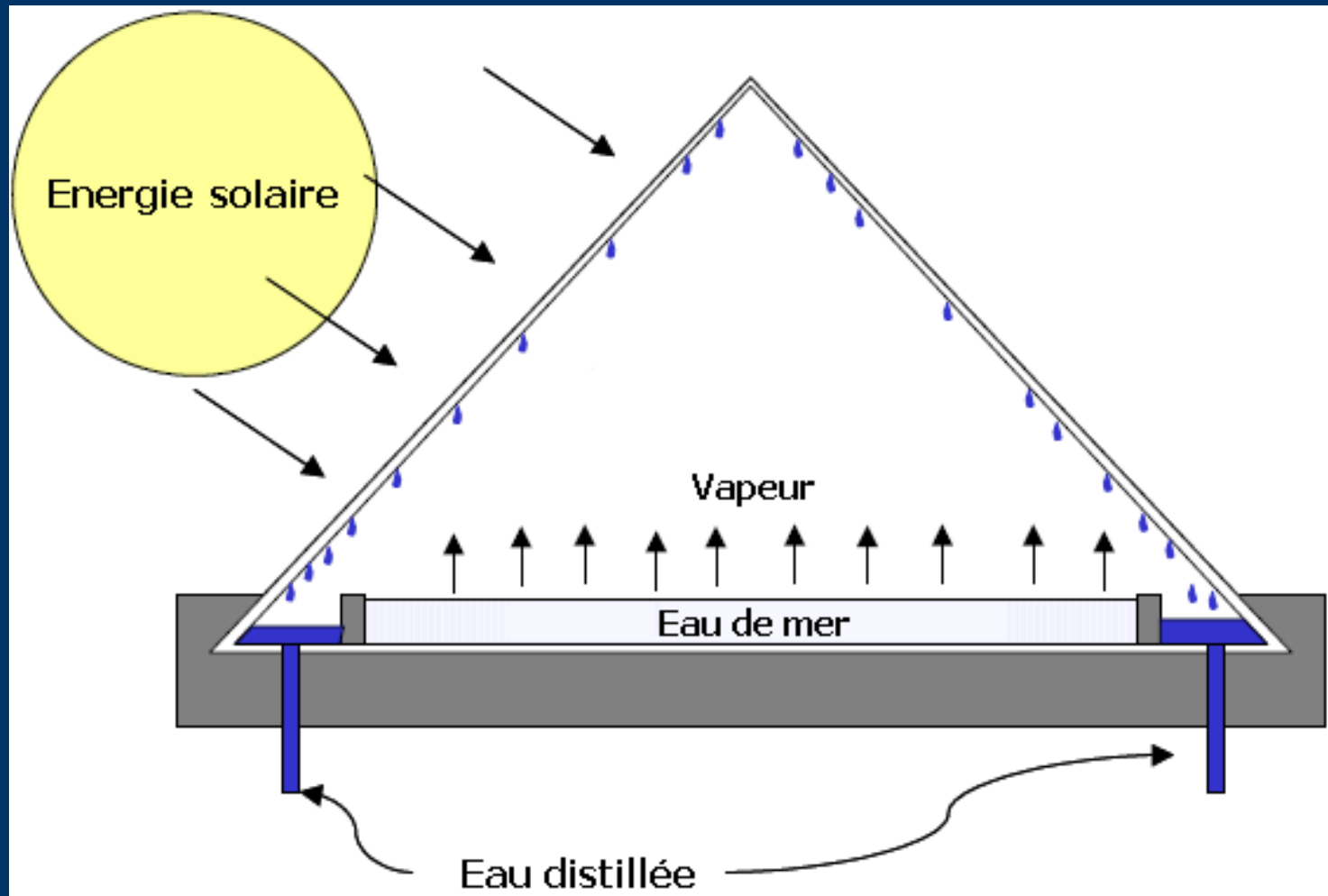
TEER

Unité des Technologies et
Économie des Énergies
Renouvelables

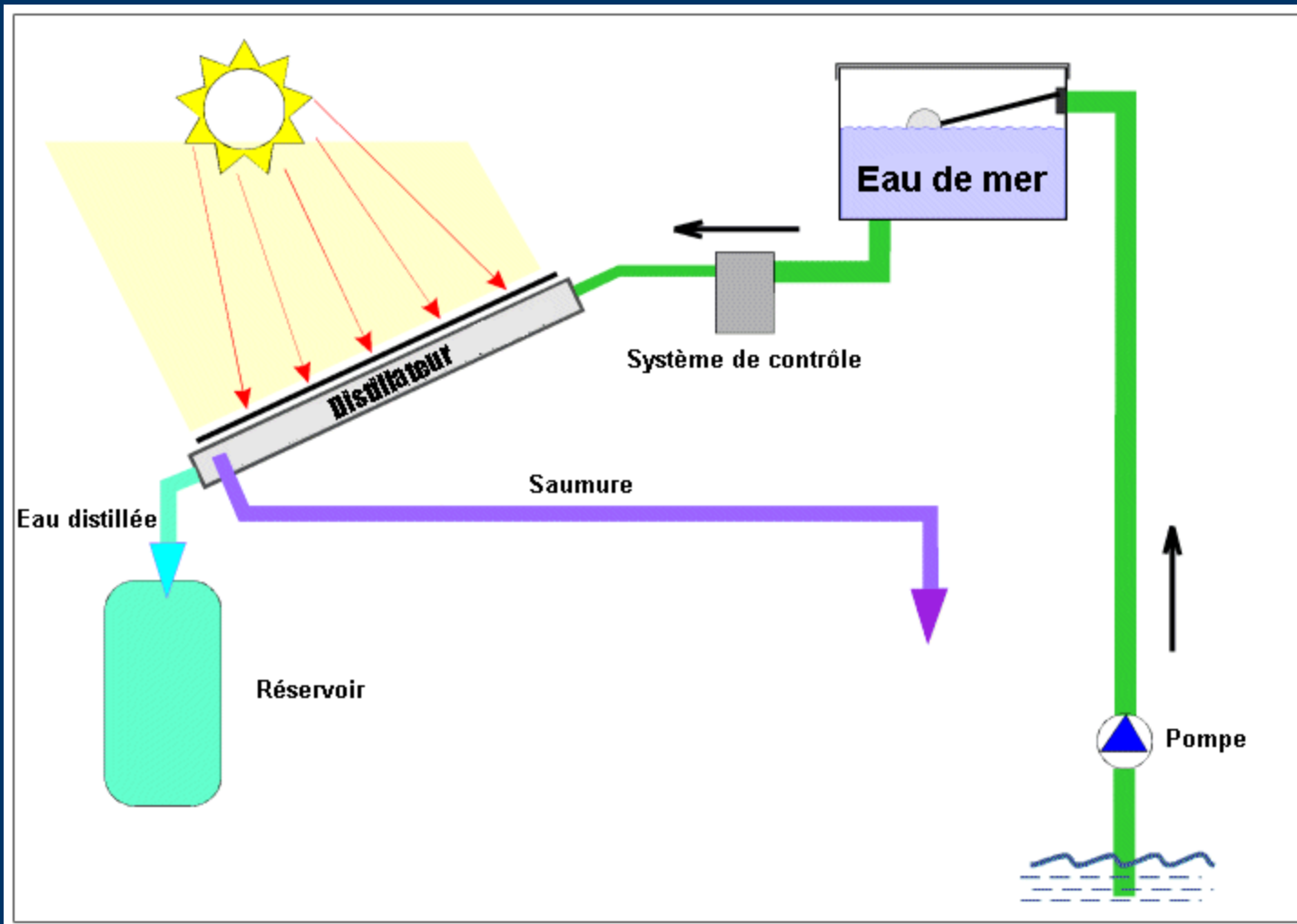




Distillateurs solaires simples



Distillateurs solaires simples



Consommation énergétique

~1,5 kWh/litre

0,7 kWh/litre

Évaporation

~0,8 kWh/litre

Pertes

(Consommation théorique : 0,7 kWh/m³)

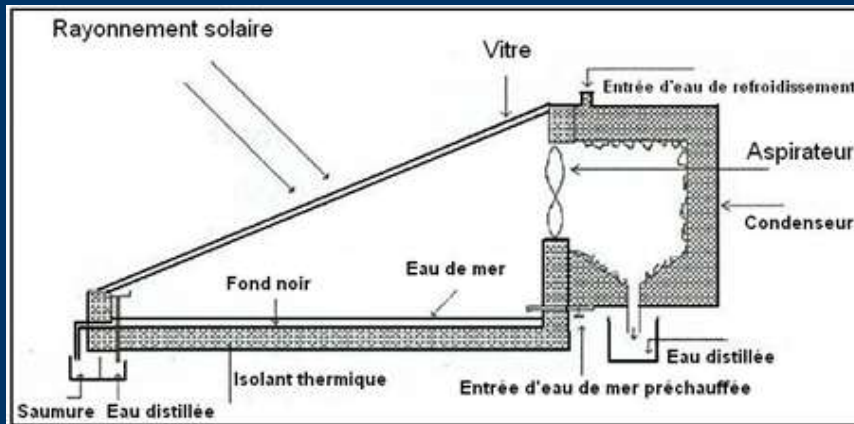
**Pour une irradiation globale quotidienne de 5,5 - 8 kWh/m².j
(Sud du Maroc)**

Production : 3 - 5 litres/m².j

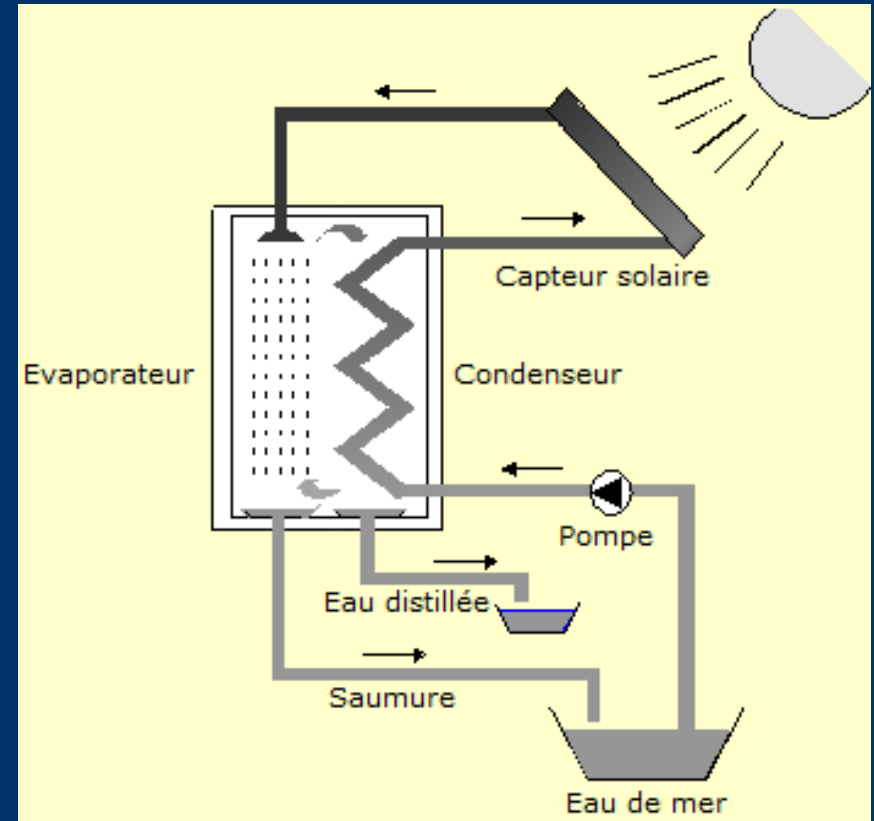


Récupération de la chaleur latente de condensation dans le préchauffage de l'eau

Distillateur solaire avec condenseur

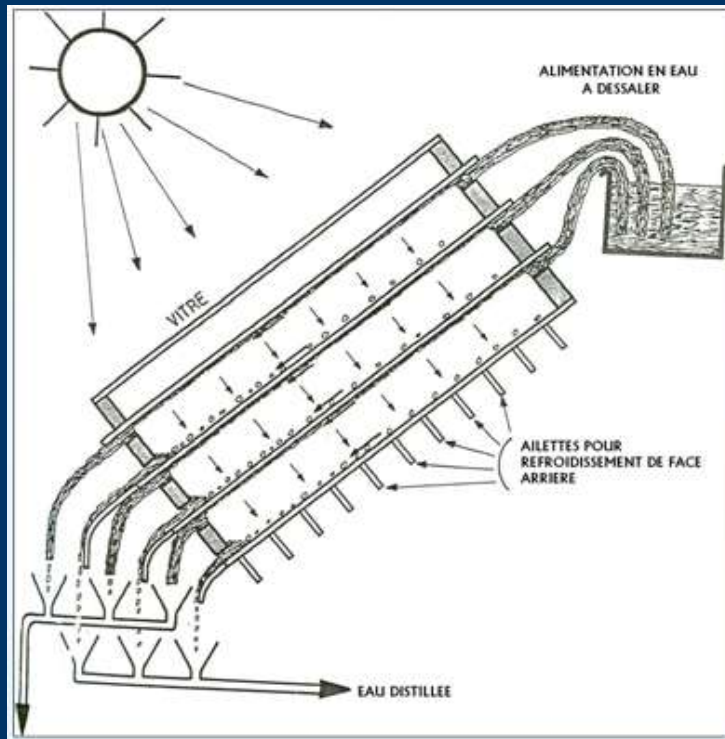


Humidification - Deshumidification

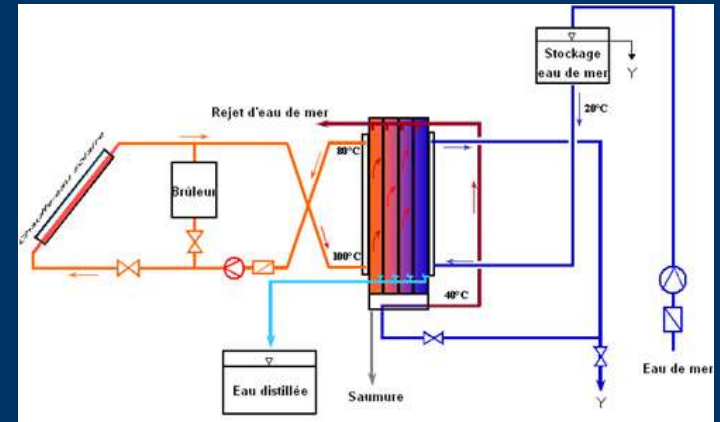


Récupération de la chaleur latente de condensation dans l'évaporation de l'eau

Distillateur à film capillaire (DIFICAP)



Le distillateur à papier absorbant



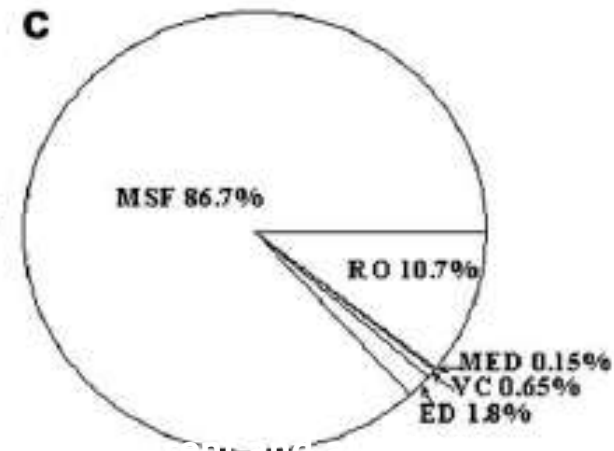
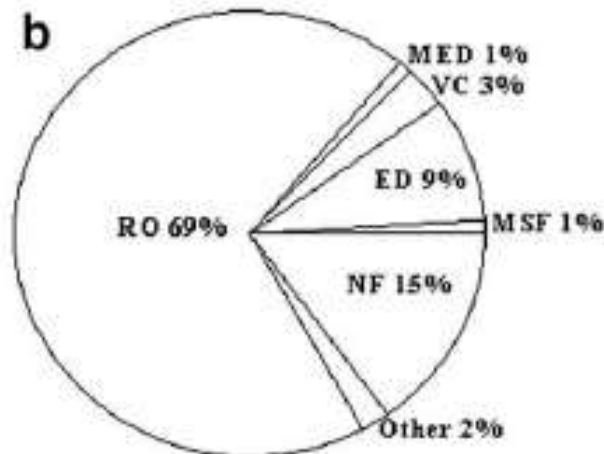
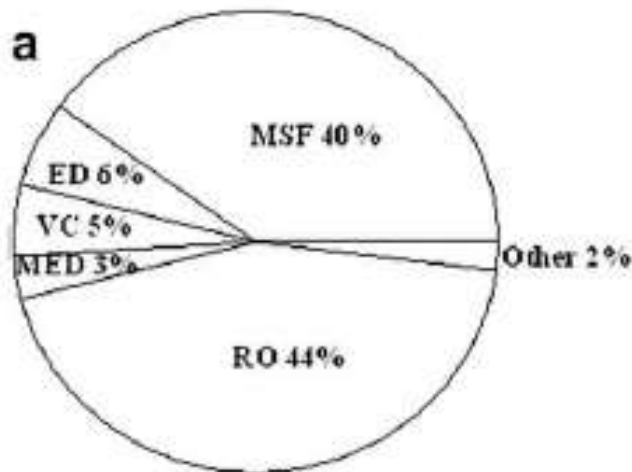
Entraînement des procédés conventionnels de dessalement par des procédés thermosolaires



Classement des technologies de dessalement

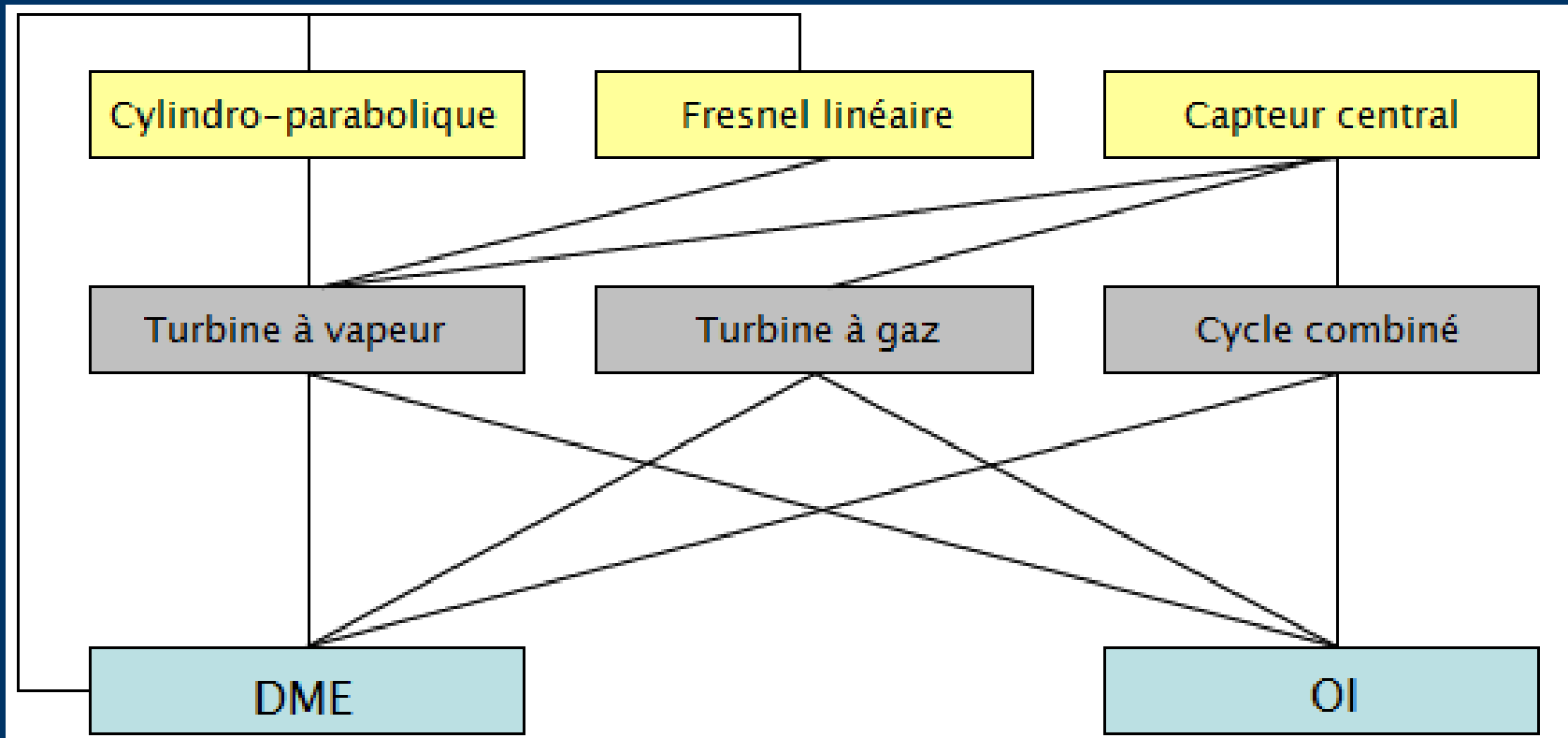
Séparation	Energie	Procédés de séparation	Technologies utilisées
L'eau du sel	Thermique	Evaporation	Distillateurs à Multiples Effets
			Distillateurs par détente successive
			Recompression thermique de la vapeur
			Distillation solaire
	Cristallisation	Congélation	
		Filtration/Evaporation	Membranes de distillation
Mécanique	Evaporation	Recompression Mécanique de la Vapeur	
		Filtration	Osmose Inverse
Sel de l'eau	Electrique	Perméation sélective	Electrodialyse
	Chimique	Chimique	Echange d'ions

Distribution de la capacité de dessalement installée par technologie (a : monde, b : Etats Unis d'Amérique, c : Moyen Orient)



Procédés de dessalement couplés au thermo-solaire à concentration

Options de combinaisons de centrales thermo-solaires à concentration et de procédés de dessalement



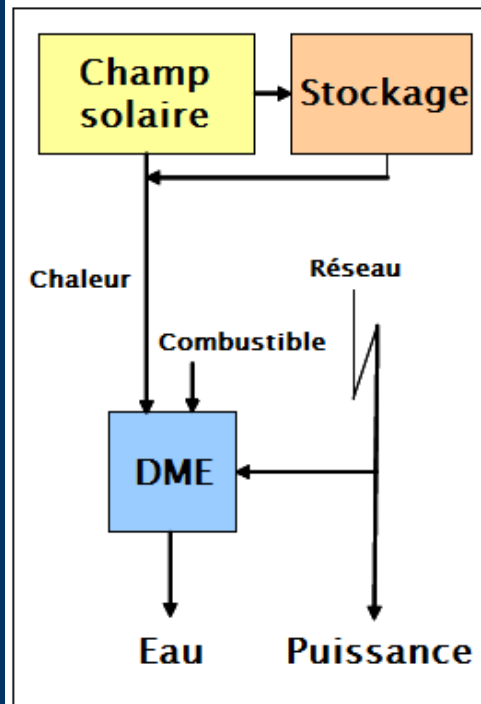
(AQUA-CSP project, DLR, 2007)



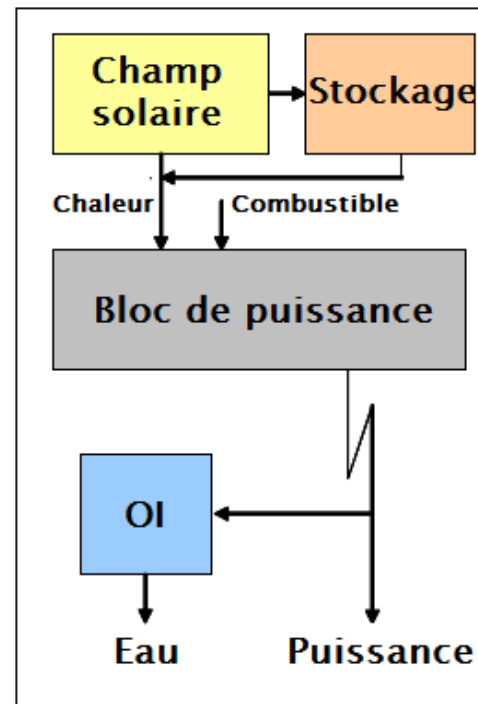
Couplage Thermo-Solaire à Concentration/Procédés de dessalement

Différentes configurations du dessalement par thermo-solaire à concentration

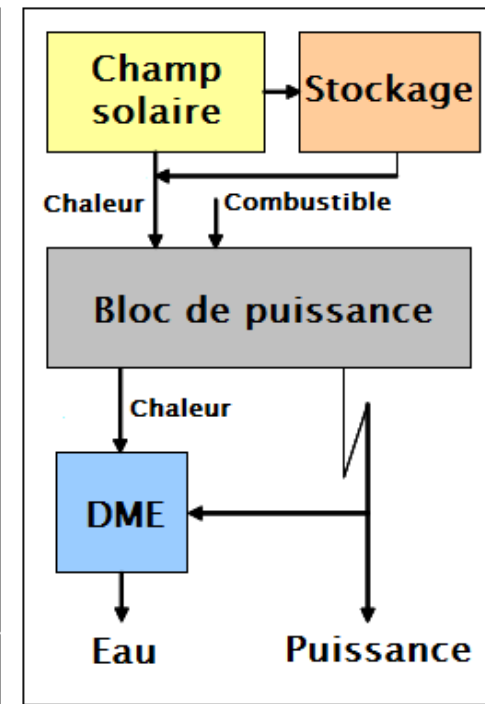
Chaleur seule



Puissance seule

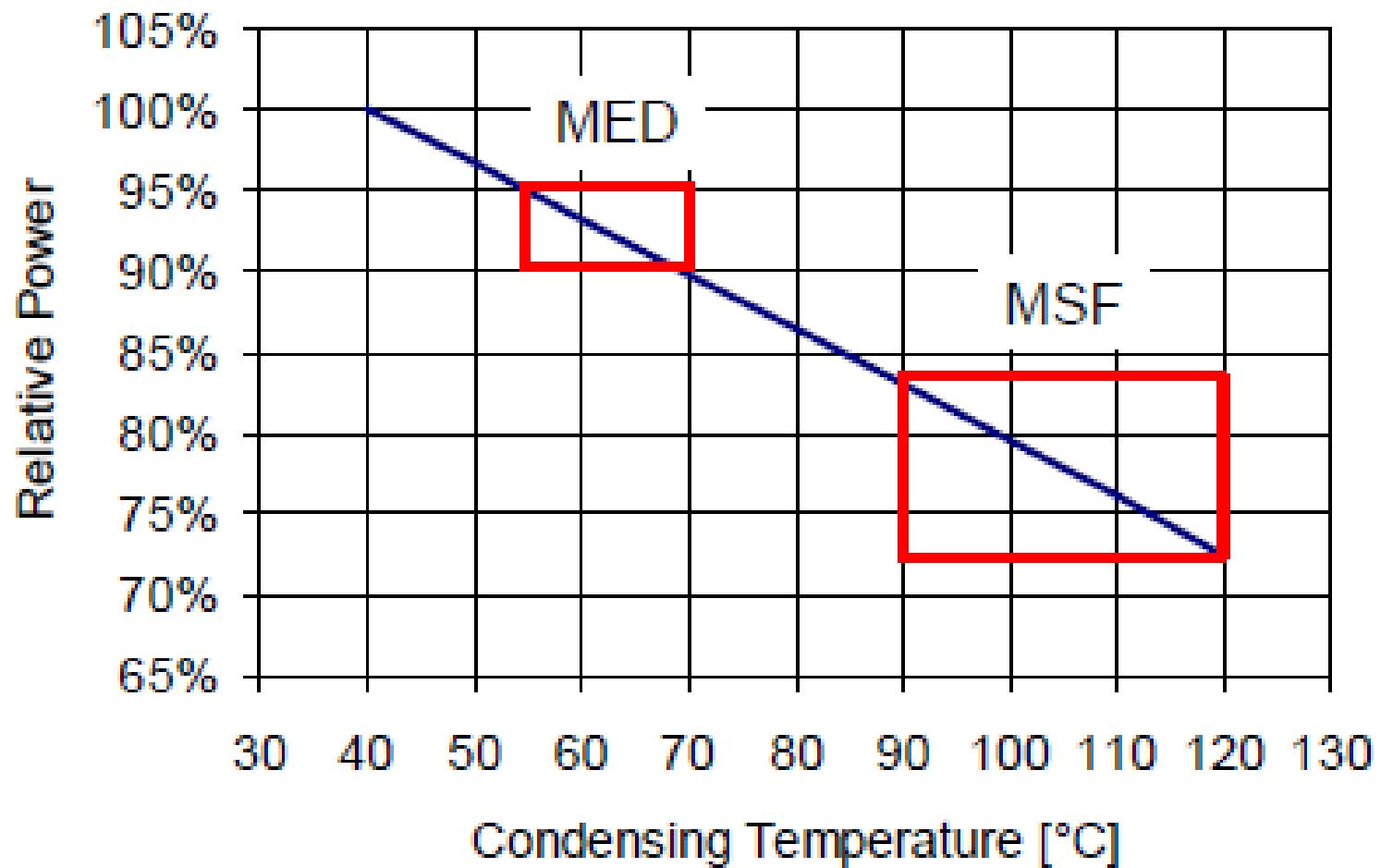


Chaleur et Puissance combinées



(AQUA-CSP project, DLR, 2007)

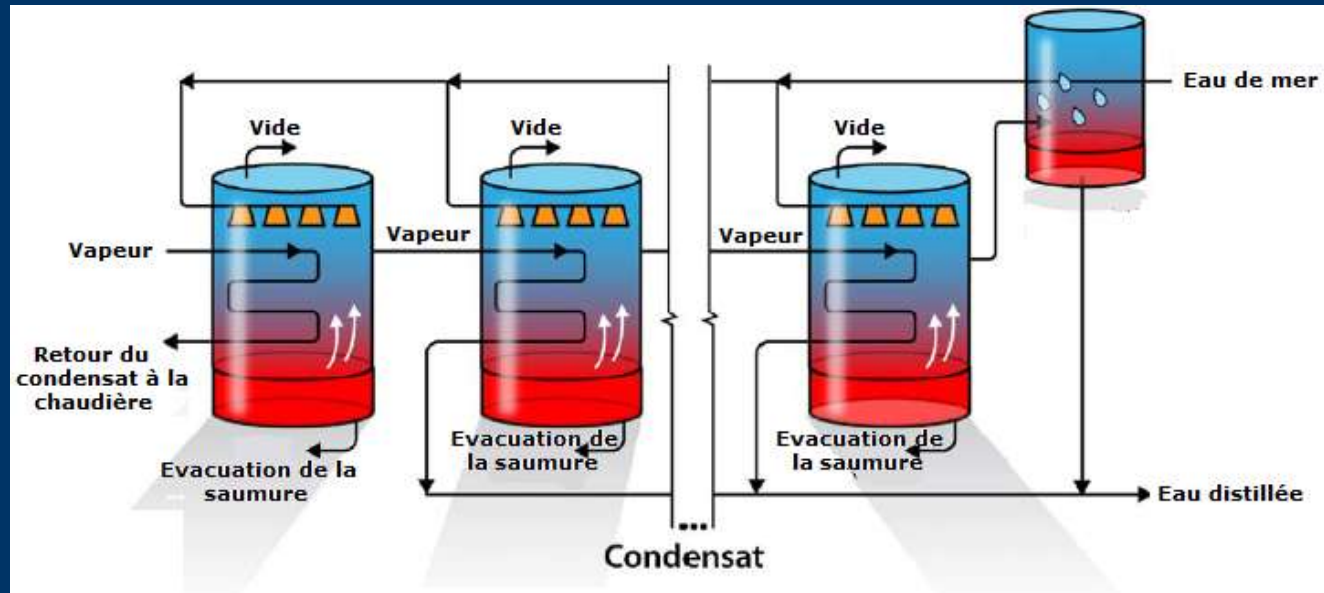




(AQUA-CSP project, DLR, 2007)

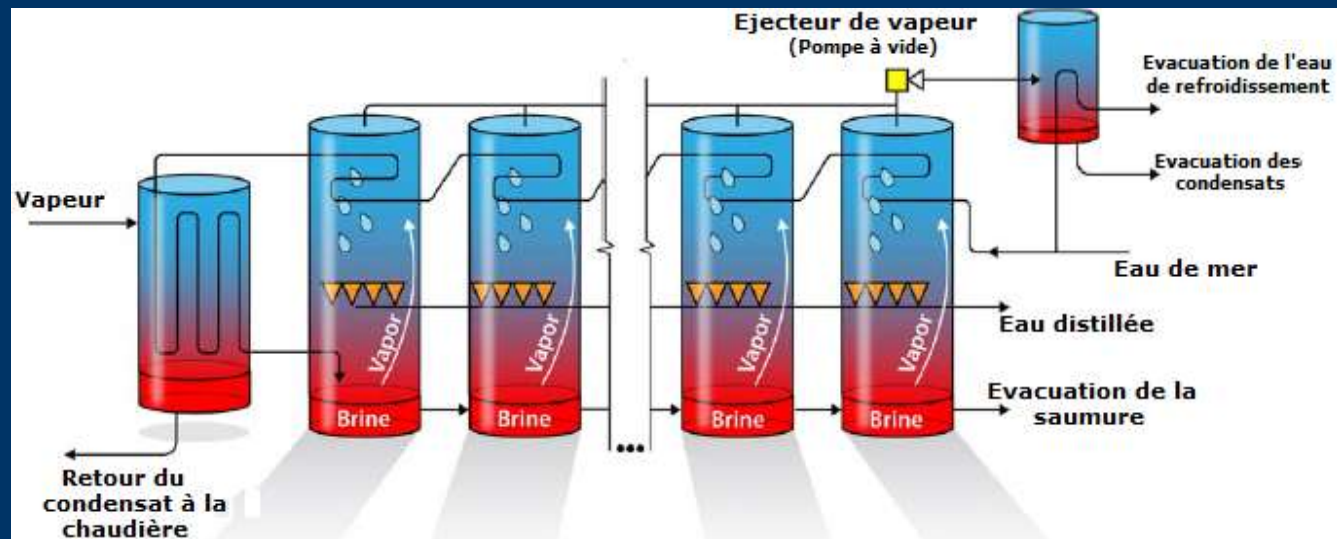


Schéma d'un distillateur à multiples effets



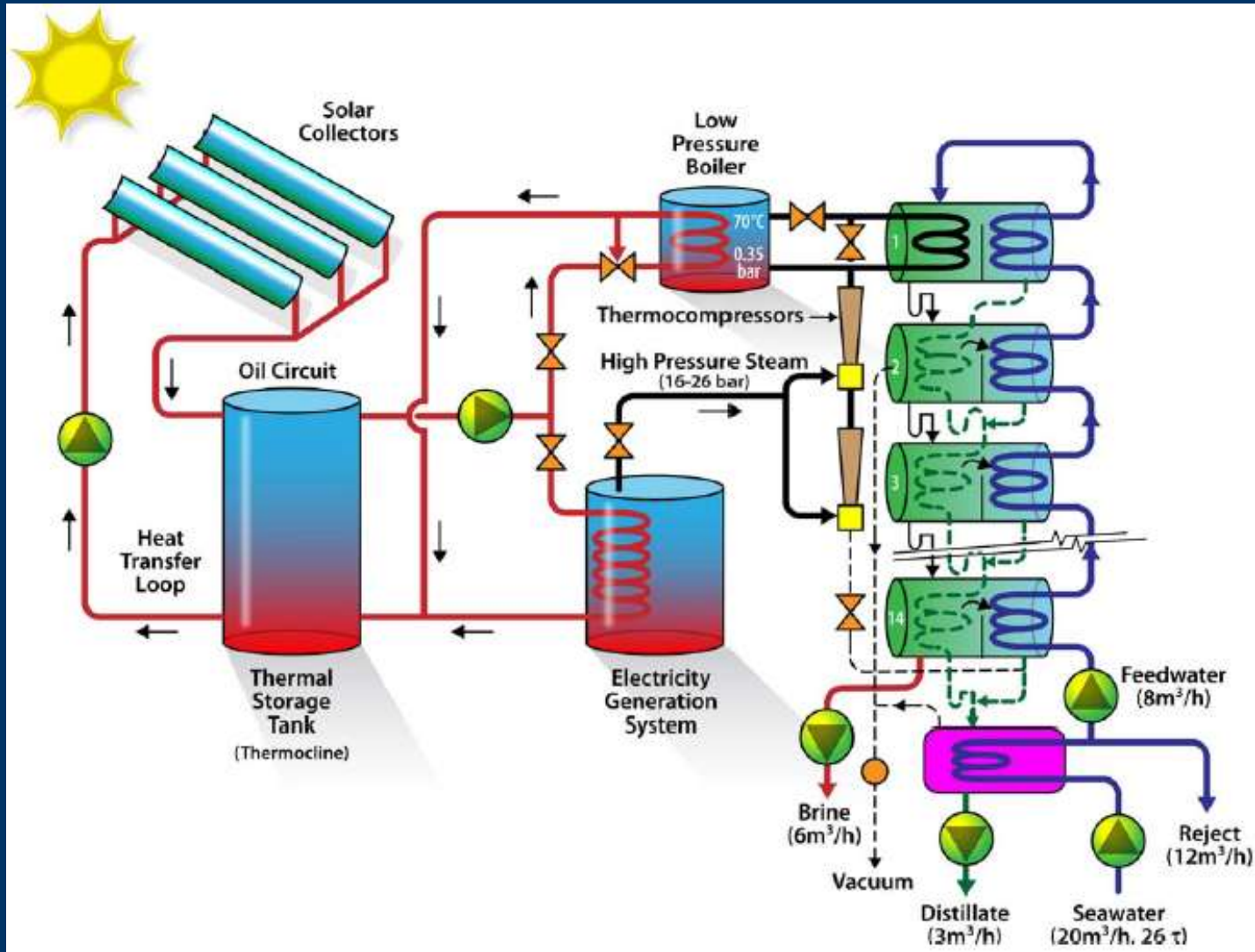
(Source : A. Al-Karaghoul et al. 2009)

Schéma d'un distillateur par détentes successives



(Source : A. Al-Karaghoul et al. 2009)

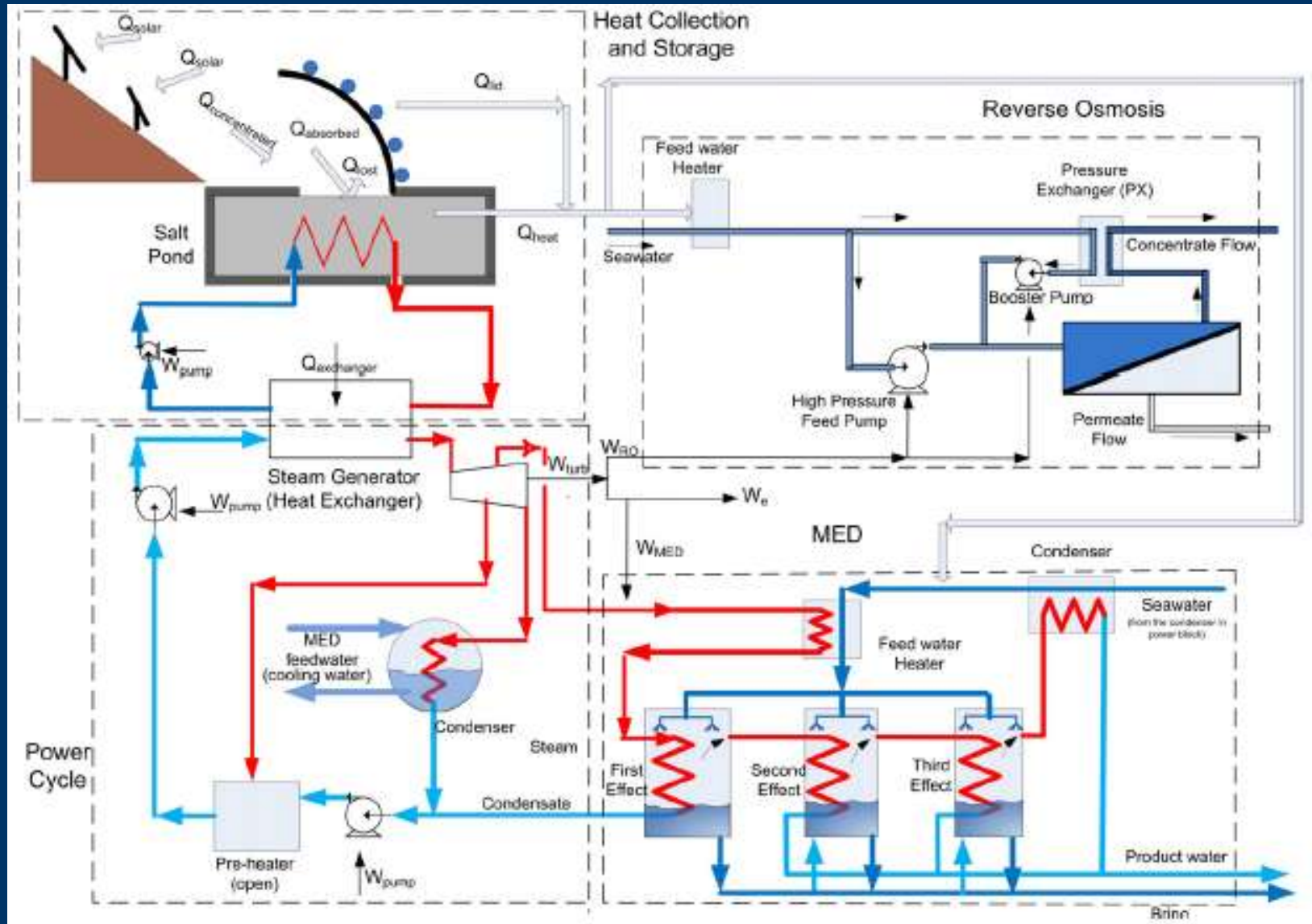
Schéma de l'installation constituée d'un champ de capteurs cylindro-paraboliques et d'un distillateur à multiples effets du projet STD (PSA)



(Source : A. Al-Karaghoulî et al. 2009)



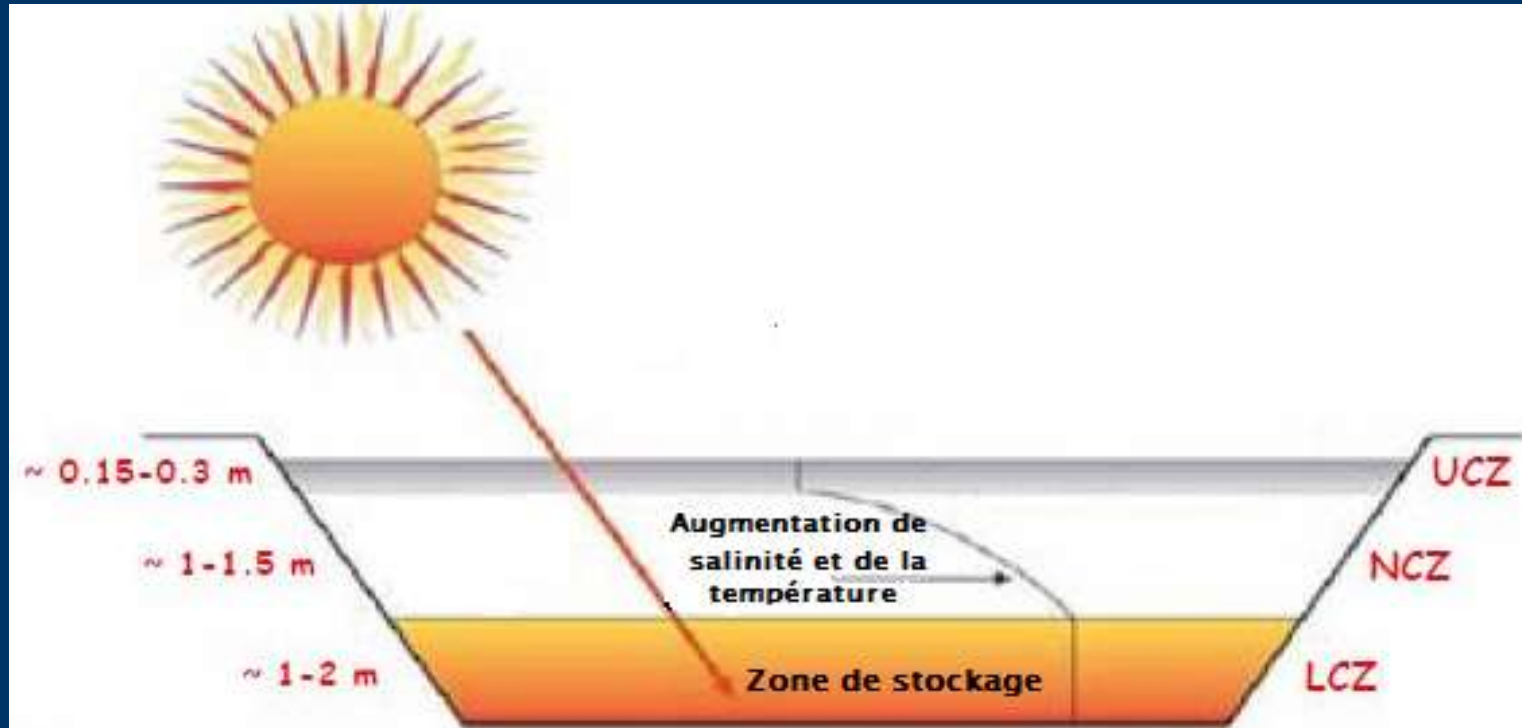
Systemes hybrides de dessalement



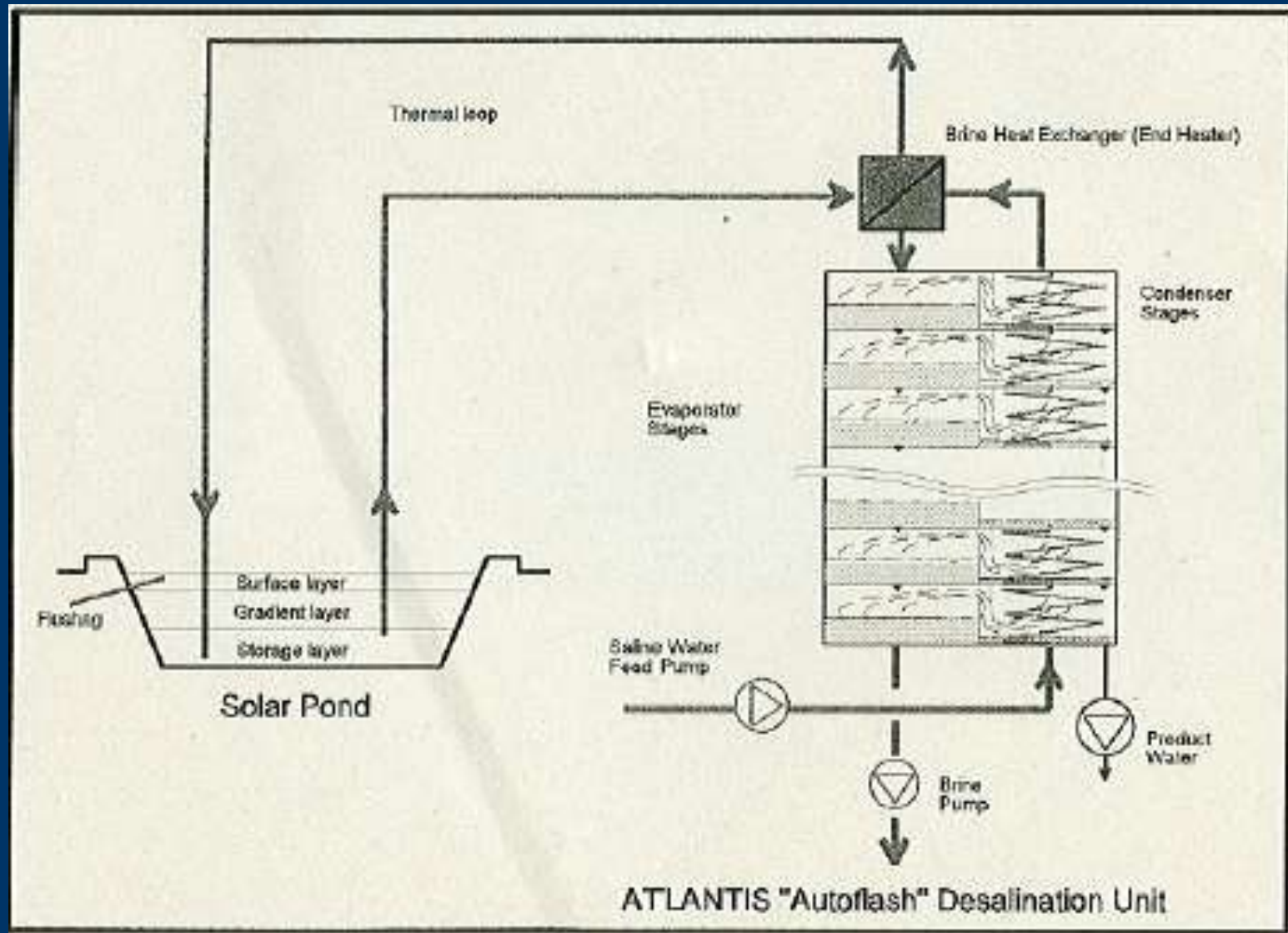
(Ghobeity and al, 2011)



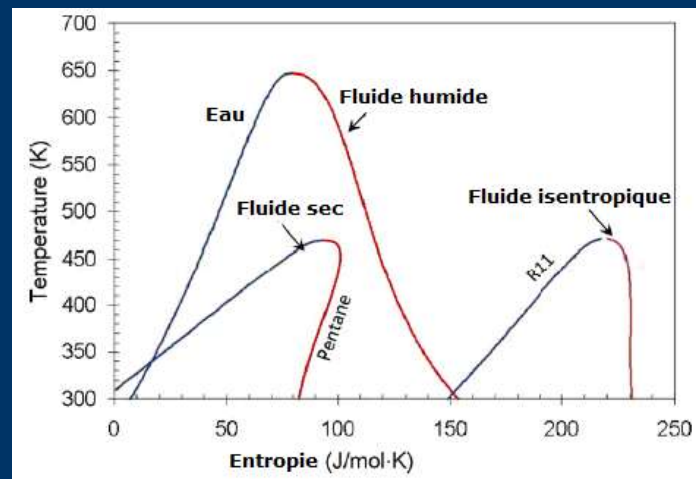
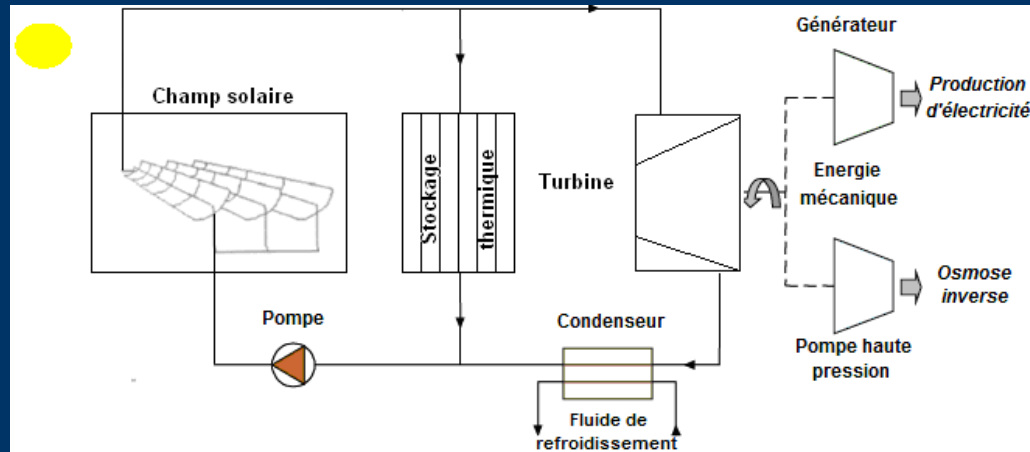
Etangs solaires à gradient de salinité



Etangs solaires à gradient de salinité



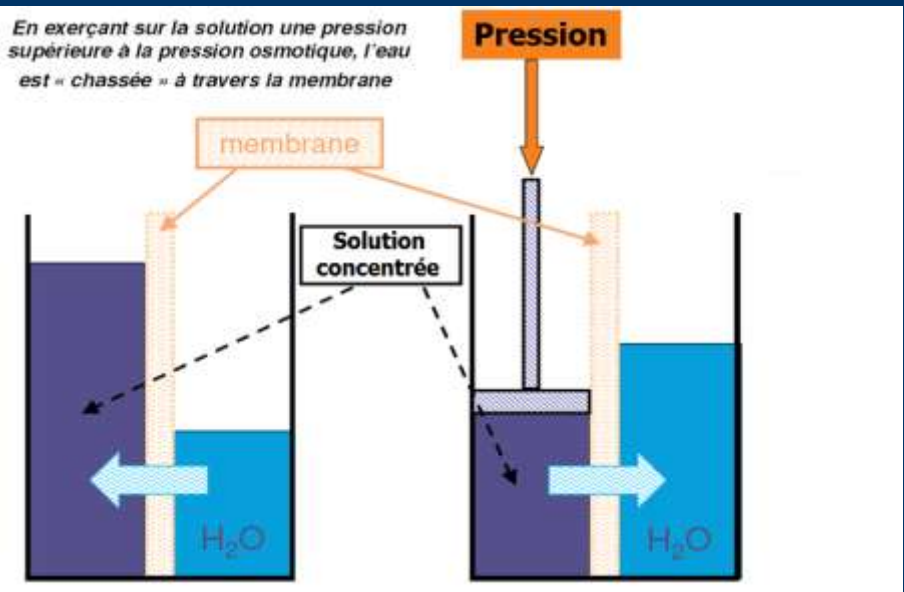
Couplage Cycle Organique de Rankine/Procédés de dessalement



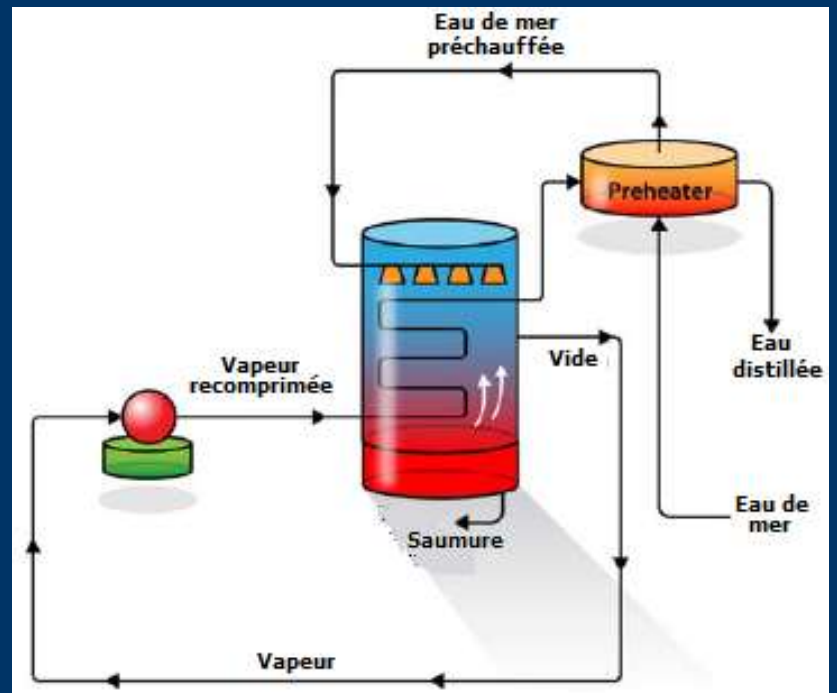
**Entrainement des procédés
conventionnels de dessalement
par l'électricité d'origine
renouvelable**



Osmose inverse

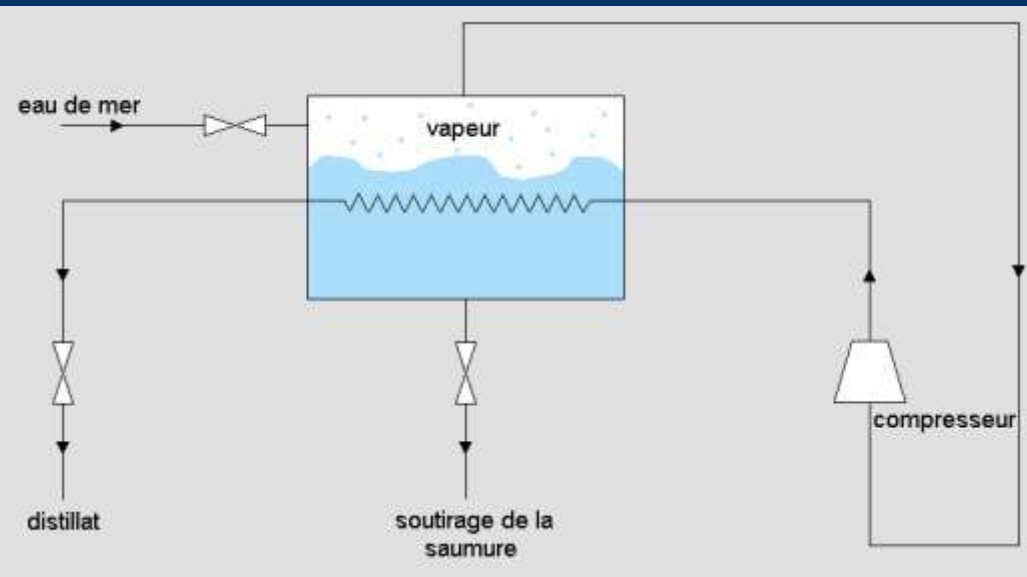


Recompression de vapeur



(Source : A. Al-Karaghoul et al. 2009)

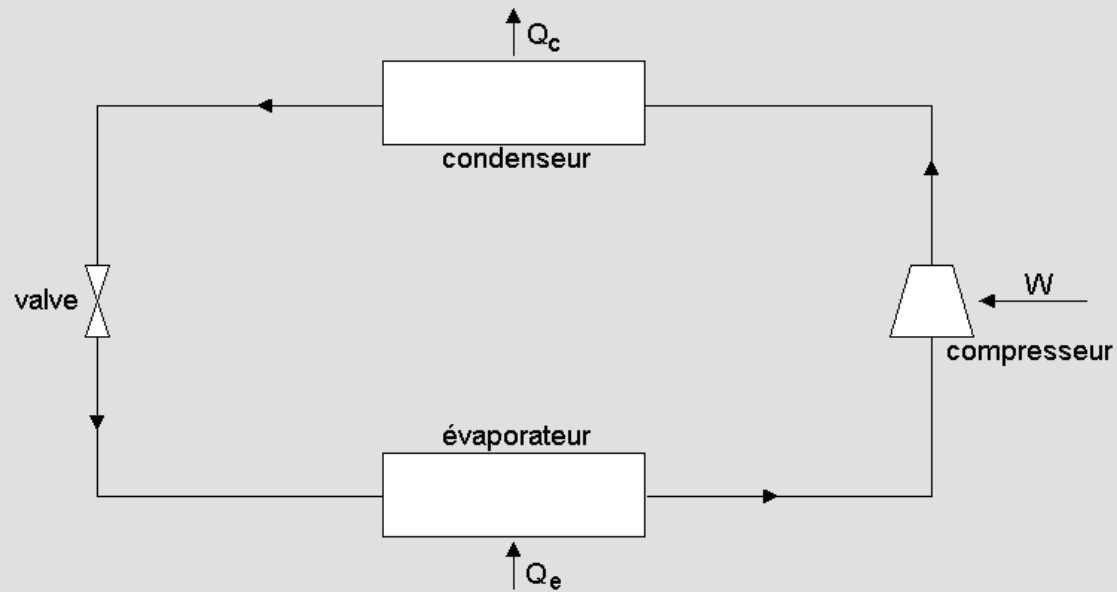




$$\text{COP} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

T_1 : Température de condensation

T_2 : Température d'évaporation



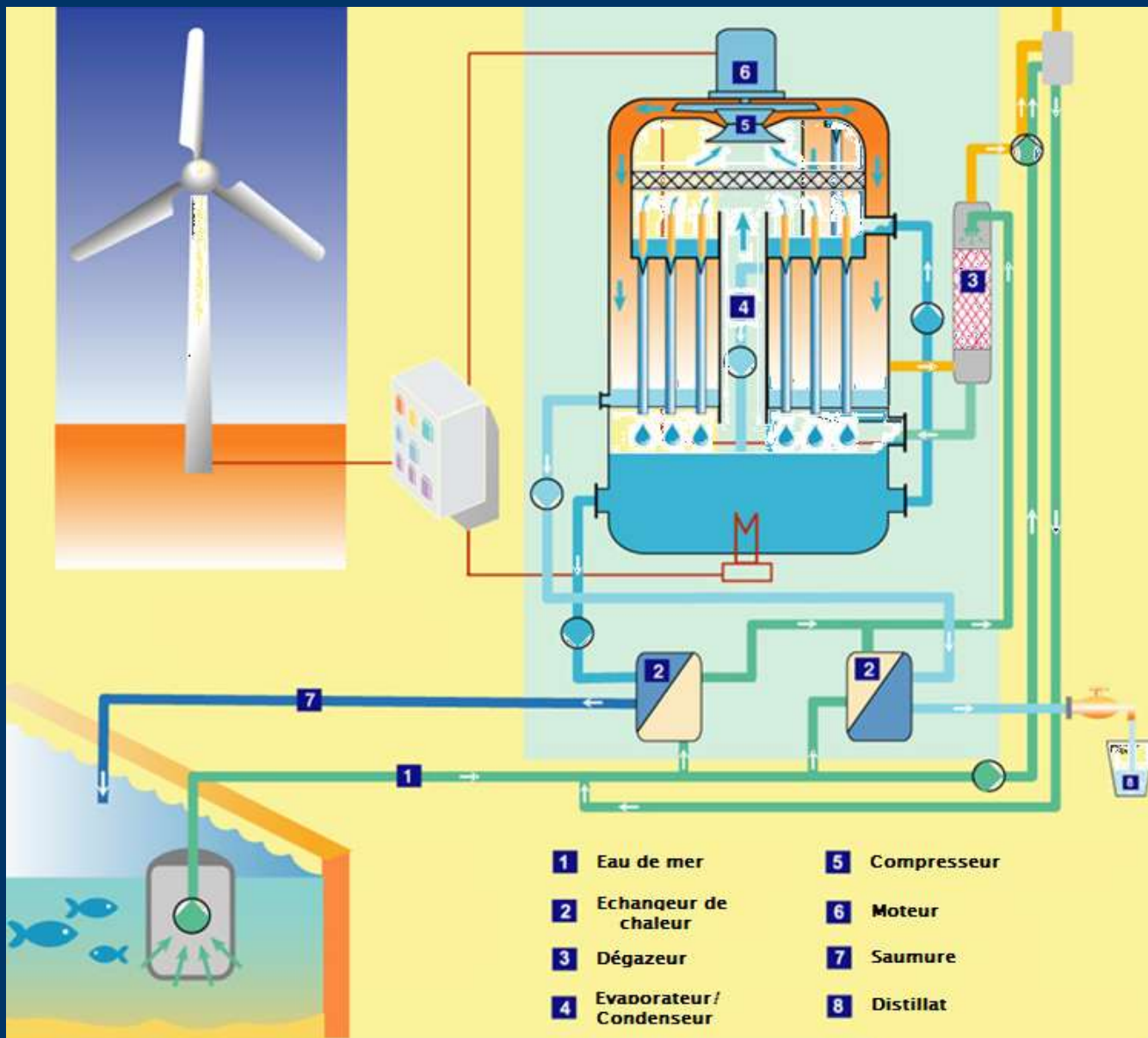


Schéma d'un recompresseur de vapeur actionné par une éolienne (Plantikow, 1999)



Champ panneaux solaires alimentant un système de dessalement à Osmose Inverse autonome, en fonctionnement depuis 1998 dans les îles Canaries

Projet ADIRA au Maroc



	Ait Bensaine	Ouelad Elboukhari Ounzar
RO unit (l/h)	600	1000
PV Generator (W _c)	4800	2700
Batteries (Ah)	610	375

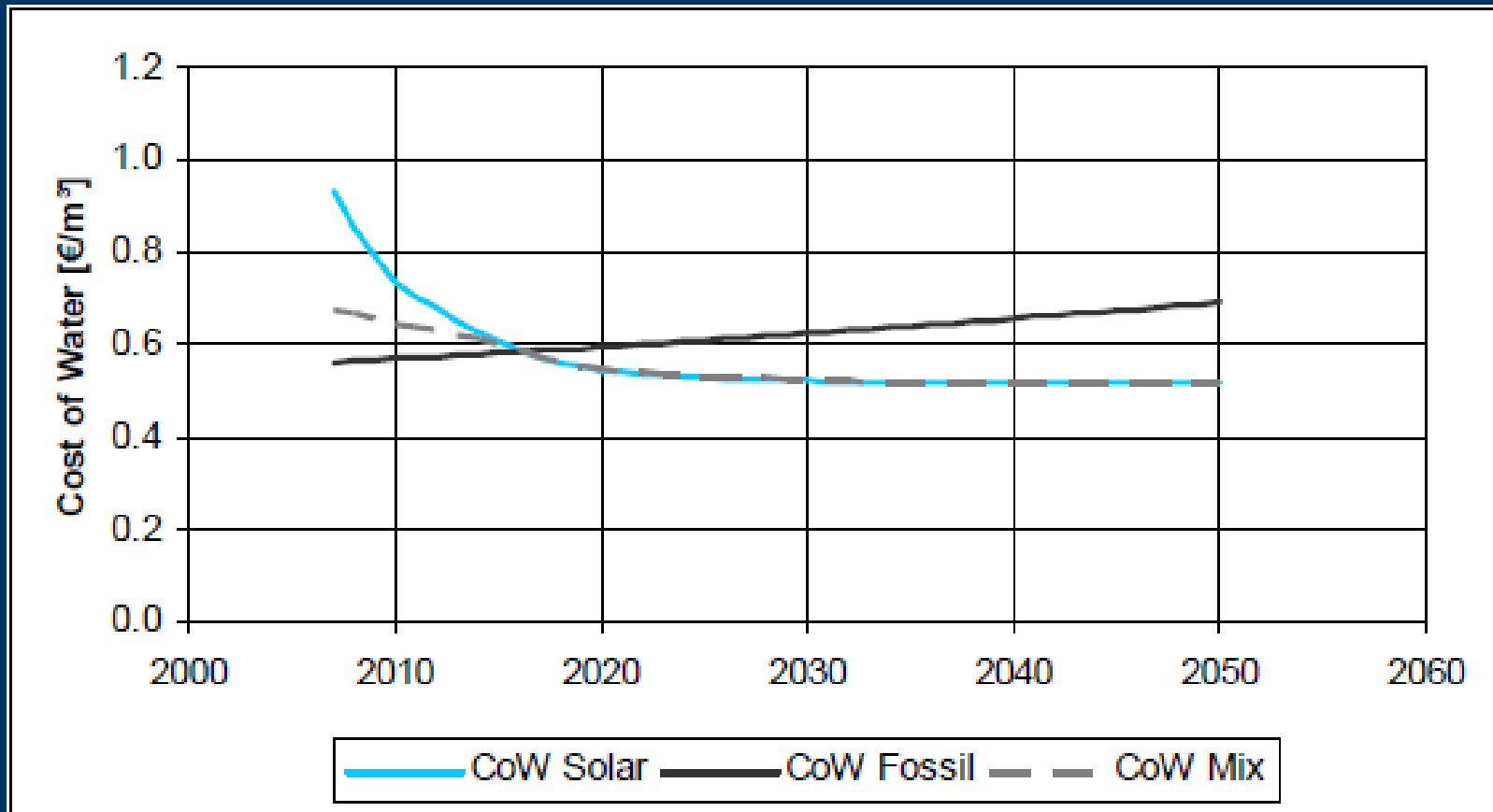
Aspects économiques du dessalement

Procédé de dessalement	Coût d'investissement (Euro par m ³ /j)			
	Petit	Moyen	Large	Géant
Flash	—	—	1500	1000
DME	1800	1350	900	—
RMV	1700	—	—	—
OI Eau de mer	1773	1030	820	740
OI Eau saumâtre	500	400	300	200
ED	328	300	266	—

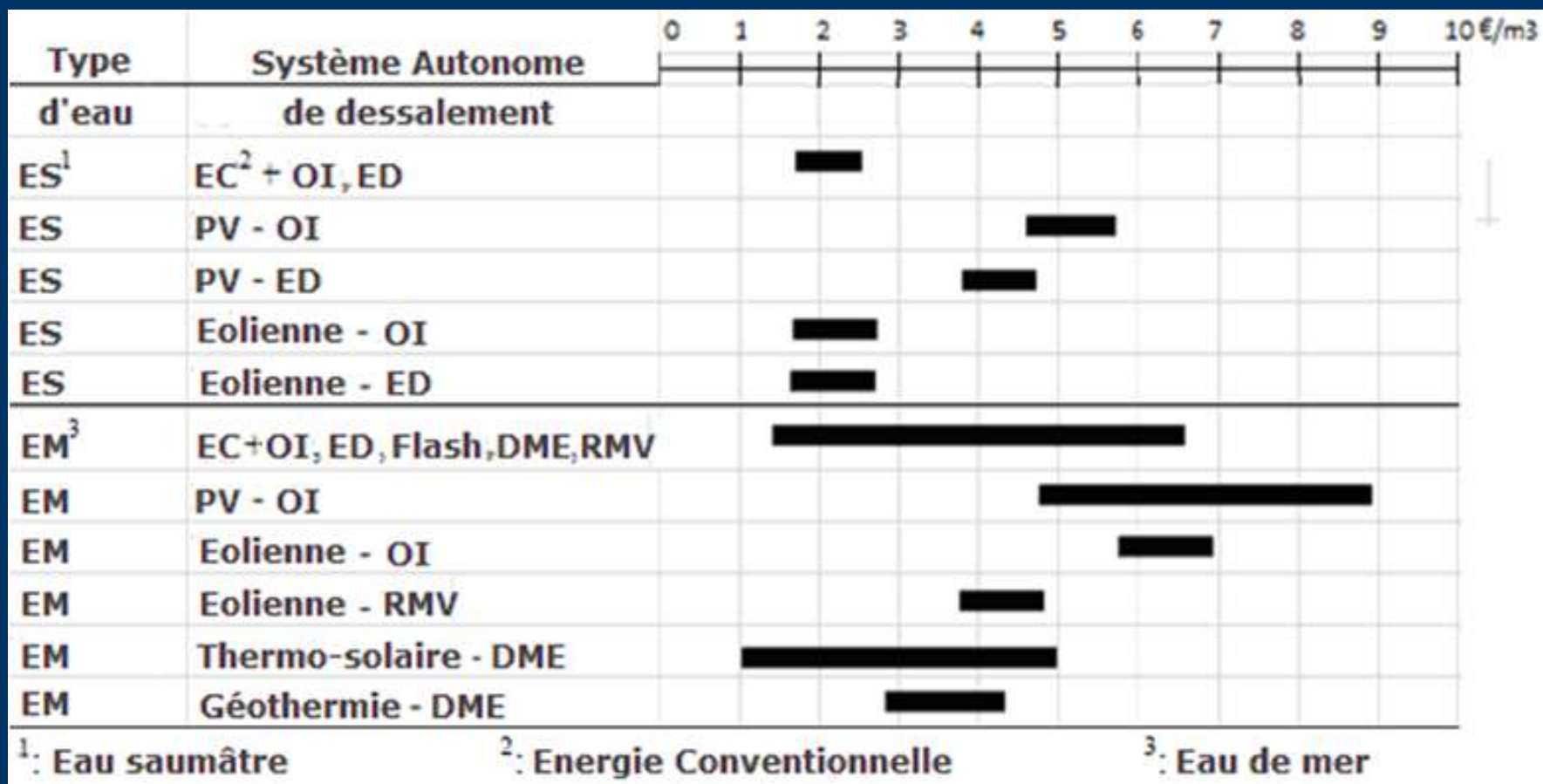
Coût de maintenance et de fonctionnement

Procédé de dessalement	Coût (Euro/m ³)			
	Petit	Moyen	Large	Géant
Flash	—	—	1,4	0,68
DME	1,53	1,0	0,45	—
RMV	1,73	—	—	—
OI Eau de mer	1,43	1,12	0,46	0,35
OI Eau saumâtre	0,75	0,55	0,35	0,12
ED	0,20	0,25	0,40	Non faisable

Projection du coût de l'eau dessalée avec utilisation du thermo-solaire à concentration



(AQUA-CSP project, DLR, 2007)



(Source : ADIRA Handbook. Aguide to autonomous desalination system concepts)





ELSEVIER

Desalination 165 (2004) 219–230

DESALINATION

www.elsevier.com/locate/desal

Economic analysis of wind-powered desalination in the south of Morocco

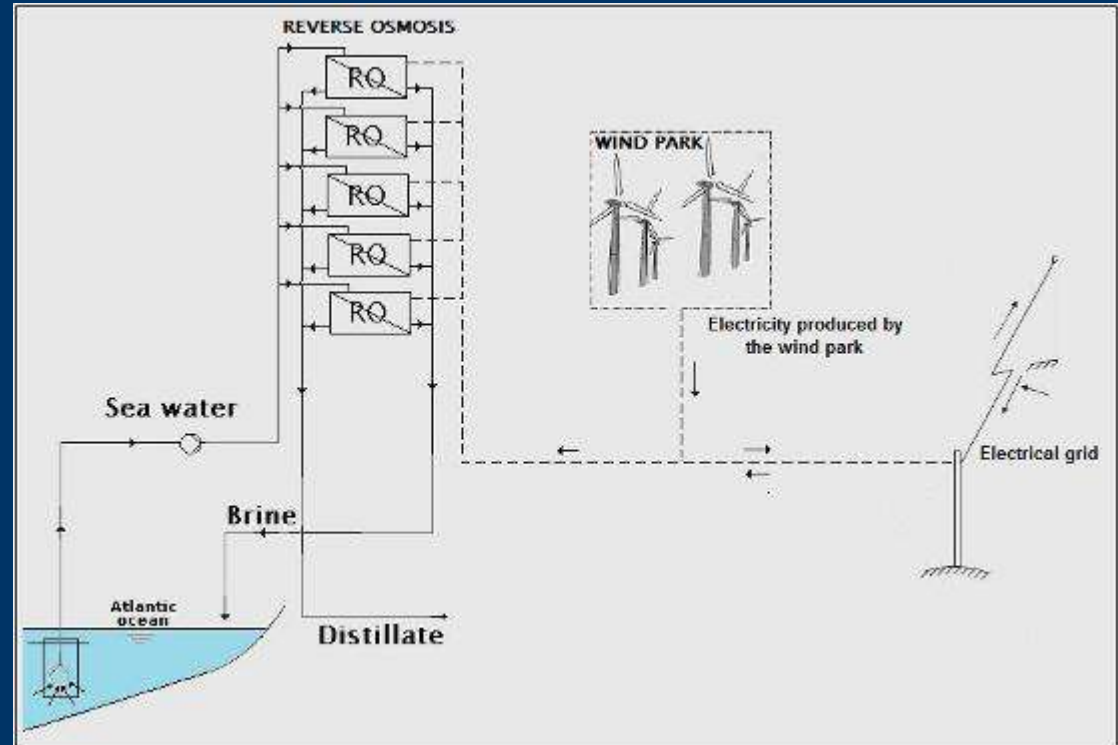
D. Zejli*, R. Benchrifa, A. Bennouna, K. Zazi

*National Centre of Scientific and Technical Research, Rabat, Morocco
Tel. +212 (37) 774099; Fax +212 (37) 771288; email: zejli@cnr.ac.ma*

Received 12 February 2004; accepted 20 February 2004

Towns	Levelized water cost, €/m ³		Grid wind turbine/grid LWC ratio	
	Reverse osmosis	Vapour compression	Reverse osmosis	Vapour compression
Tan-Tan	1.59	2.18	0.95	0.89
Laayoune	1.5	1.91	0.9	0.78
Dakhla	1.4	1.61	0.83	0.66

ETUDE ECONOMIQUE DU PROJET DE LA STATION DE DESSALEMENT DE TAN-TAN COUPLEE A UN PARC EOLIEN DE 11 MW



wind-grid
configuration



LWC=0.84

grid-only
configuration



LWC=0.82

Desalination and Water Treatment

www.deswater.com

1944-3994/1944-3986 © 2010 Desalination Publications. All rights reserved
doi no. 10.5004/dwt.2010.1405

Economic feasibility of a 11-MW wind powered reverse osmosis desalination system in Morocco

D. Zejli^a, K.E. Aroui^b, A. Lazrak^b, K.E. Boury^c, A. Elmidaoui^{b*}

18 (2010) 1-11

June

**Mes vifs remerciements pour
m'avoir invité à me joindre à
VOUS....**

(zejli@cnrst.ma)

