



Les énergies de l'eau : Energie hydraulique & Energies Marines

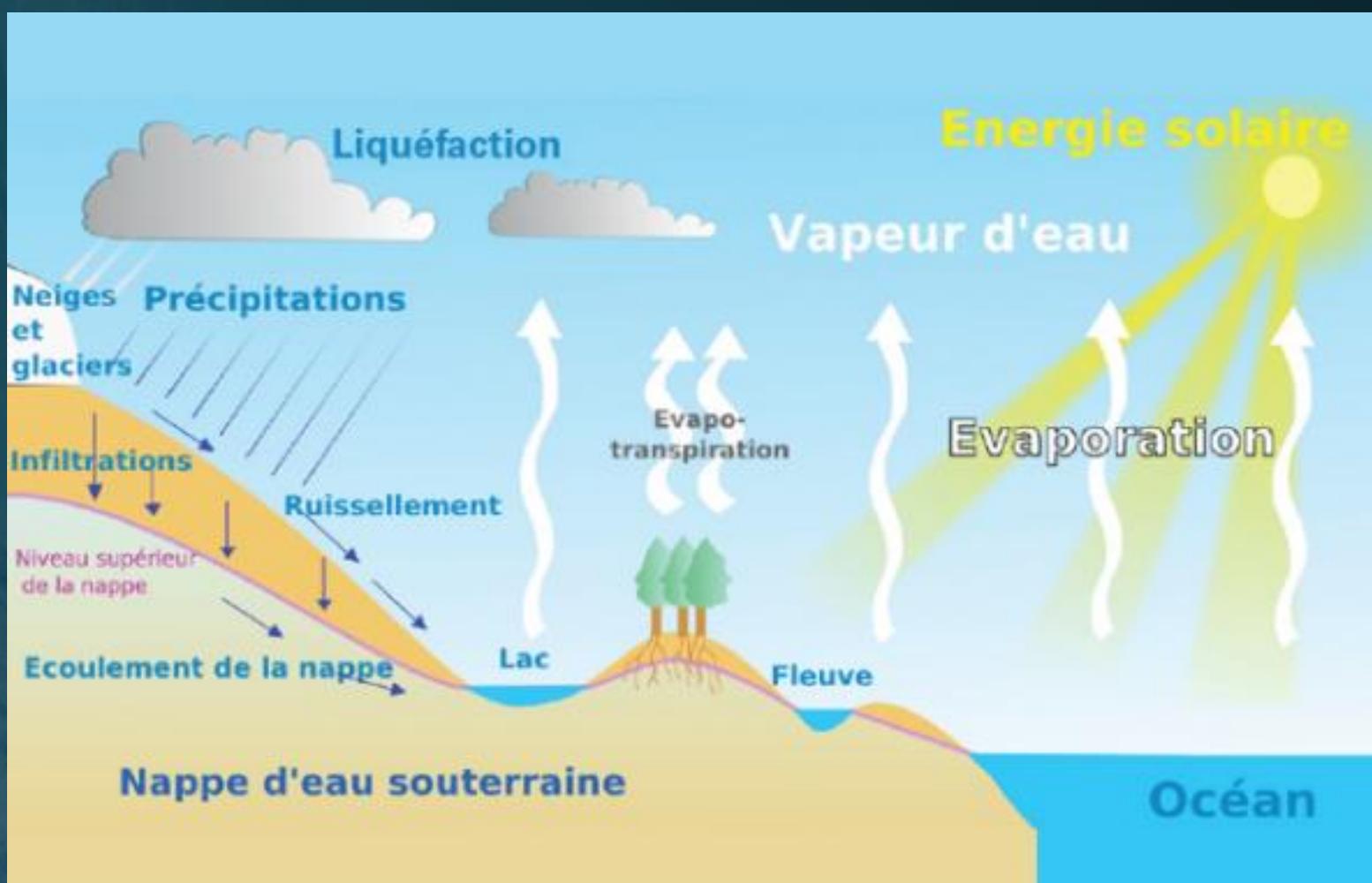
Comme toutes les sources d'énergie dites renouvelables, ces énergies sont une manifestation indirecte de l'énergie solaire et de l'attraction lunaire. Quelques compléments pour mieux être informé.

Additifs aux panneaux 6 (Energie et processus élémentaires) et 8 (Comment produit-on de l'électricité).

Potentiel énergétique de l'eau

Le cycle de l'eau

- Sous l'action du Soleil, la terre, les mers et les océans chauffent. Des différences de températures en résultent qui se manifestent par les vents : un courant s'établit entre les zones chaudes et froides. Sous l'action combinée du Soleil et des vents, l'eau s'évapore. La vapeur d'eau forme les nuages qui se déplacent au gré des vents. De l'abaissement des températures résulte la condensation de la vapeur d'eau. Les précipitations de pluie et de neige alimentent les glaciers, les lacs et les rivières qui s'écoulent dans les océans et les mers : **c'est le cycle de l'eau**. La gravité de la Lune et du Soleil produisent les marées.

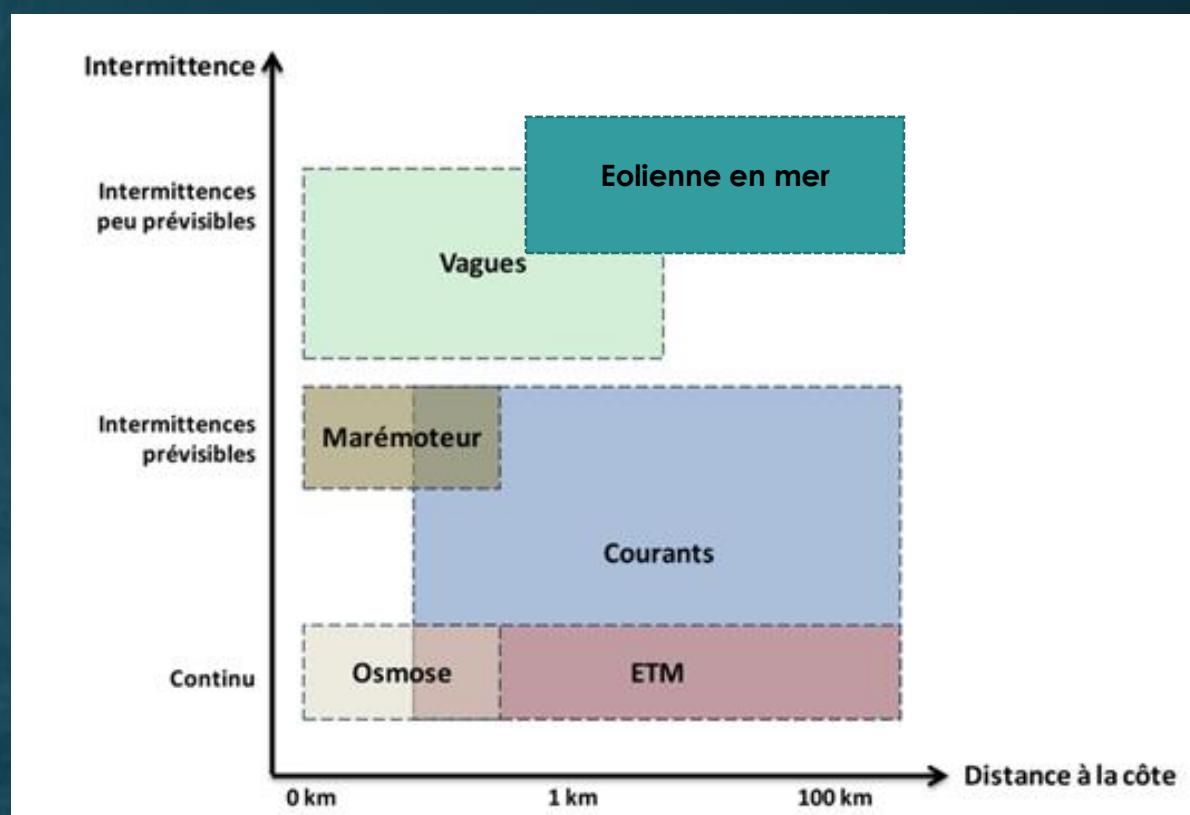


Potentiel énergétique de l'eau

L'énergie marine

- Les mers et les océans représentent 71% de la surface du globe. En théorie, ils pourraient fournir 30 000 Gtep à partir du seul rayonnement solaire à leur surface, 40 Gtep par la force du vent en mer, dont une partie se transforme en houle et en vagues, 2 Gtep par la force des courants de marée dus principalement à l'attraction lunaire. Il faut ajouter à cela l'énergie liée aux différences de température selon la profondeur et celle des gradients de salinité à l'embouchure des fleuves (différence de salinité).
- Les besoins de l'humanité étant estimés à 16,5 Gtep, c'est une ressource importante malheureusement oubliée voire négligée de la transition énergétique.

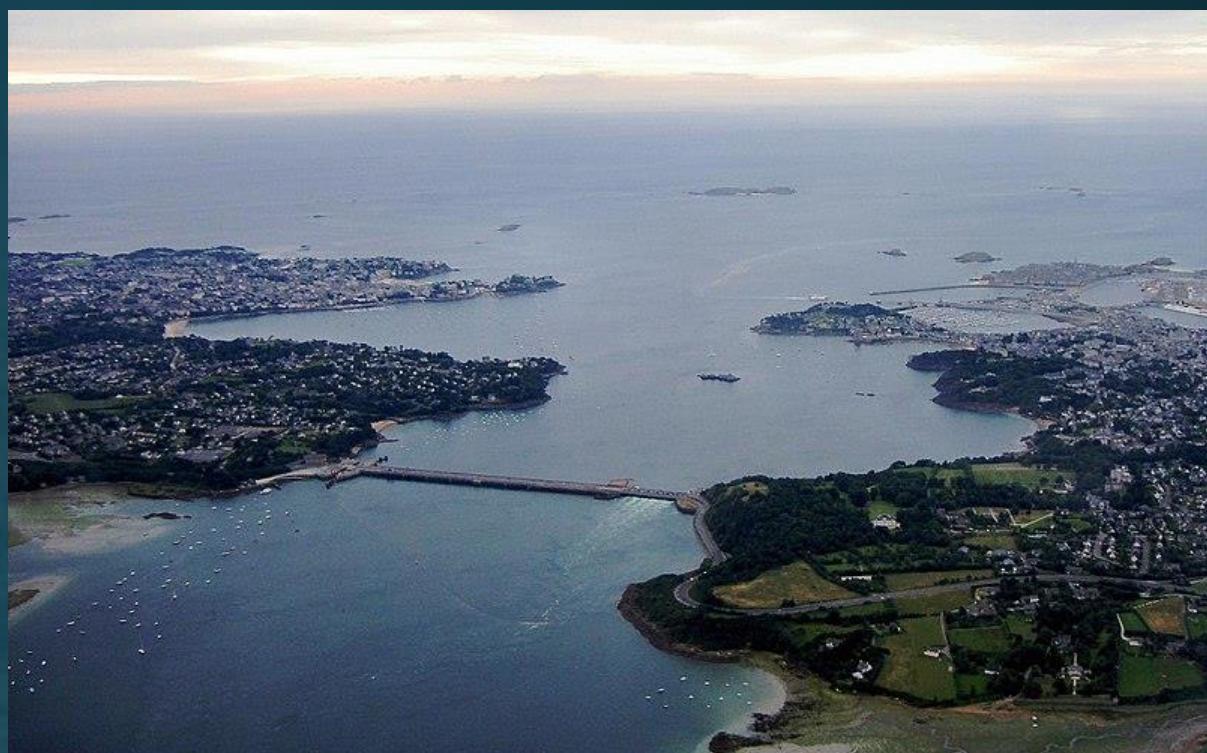
Cartographie des types d'énergies marines selon leur intermittence et leur distance à la côte



Qu'est-ce que l'énergie hydraulique

- On appelle énergie hydraulique, l'énergie cinétique résultant du déplacement des molécules d'eau tel qu'il existe dans les courants marins, les cours d'eau, les marées, les vagues et dans les ouvrages comme les barrages et les chutes d'eau.
- L'énergie hydraulique peut-être convertie directement en énergie mécanique : moulin à eau ou noria (machine de Marly) sur les rivières et les fleuves. Elle peut aussi être convertie en une autre énergie :
 - une centrale hydroélectrique utilise l'énergie (potentielle) de la hauteur d'une chute d'eau ;
 - une centrale au fil de l'eau utilise l'énergie d'un cours d'eau ;
 - une centrale marémotrice utilise l'énergie du mouvement de flux et de reflux des marées ;
 - une hydrolienne exploite l'énergie des courants marins ;
 - une centrale houlomotrice utilise l'énergie des vagues.

Usine marée motrice de la Rance



Qu'est-ce que l'énergie thermique des mers - ETM, (en anglais Ocean Thermal Energy conversion OTEC)

En raison de la surface qu'ils occupent les océans (et les mers) sont des capteurs importants de l'énergie solaire. Bien qu'une partie de cette énergie soit dissipée par les courants, la houle et les frottements (voir ci-dessus), une grande partie réchauffe les couches supérieures de l'océan. C'est ainsi qu'à la surface la température de l'eau est élevée, (plus de 25° C en zone tropicale), tandis qu'en profondeur, privée de rayonnement solaire, l'eau est froide (2 à 4° C suivant la profondeur).

Les eaux chaudes de surface et froides des profondeurs ne se mélangent pas : la densité volumique de l'eau s'accroît lorsque la température diminue. Cette différence de température peut-être exploitée par une machine thermique pour produire de l'énergie.

- L'énergie thermique des mers (ETM) est un type d'énergie renouvelable peu connu, bien qu'il soit utilisé depuis plus d'un siècle. Pourtant, ce système permet d'assurer suffisamment d'énergie pour couvrir les besoins des zones situées à proximité des mers tropicales.
- Dans son livre, *Vingt mille lieues sous les mers* (1869), Jules Verne fait référence aux différences de températures des « eaux de surface et les eaux profondes des océans pour produire de l'électricité ». Après l'intuition de Jules Verne, le physicien français Jacques Arsène d'Arsonval expose le principe d'énergie thermique des mers en 1881. Ne disposant pas à l'époque des moyens nécessaires, c'est l'un de ses élèves également français, Georges Claude, qui construit le premier prototype de centrale thermique des mers de 22 kW en 1930 dans la baie de Matanzas (Cuba)..

Qu'est-ce que l'énergie thermique des mers - ETM, (en anglais Ocean Thermal Energy conversion OTEC)

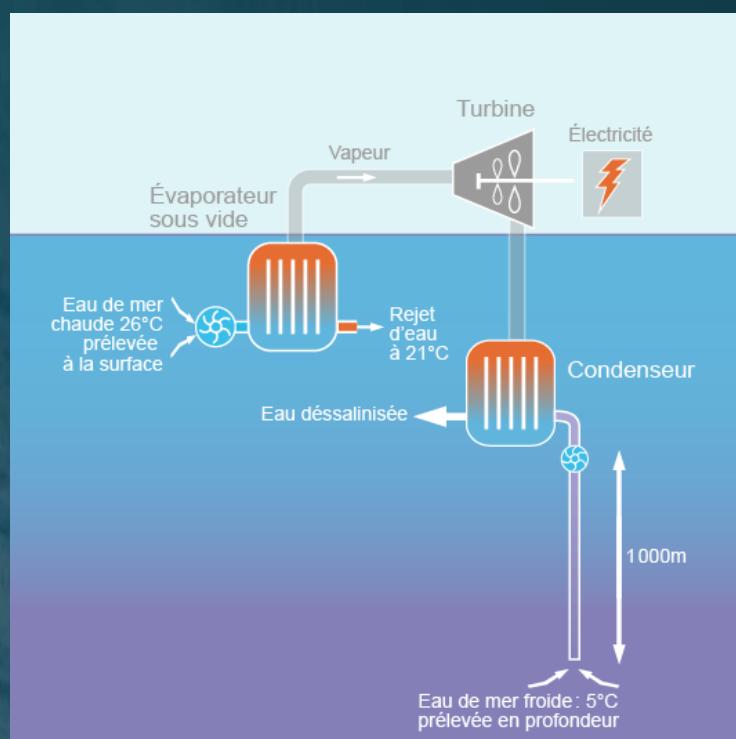


- **Principe** : L'ETM consiste à exploiter la différence de température entre l'eau de surface, qui est aux alentours de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, et l'eau profonde, qui est d'environ $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, au sein d'une centrale thermique. Ce type de production est uniquement possible dans les zones où l'eau de surface reste chaude toute l'année, c'est-à-dire dans les mers tropicales.
- **Fonctionnement** : La production d'électricité est similaire à celui d'une centrale électrique classique : un fluide sous forme de vapeur entraîne une turbine couplée à un alternateur. La vapeur est produite par contact avec l'eau chaude de surface.

Centrale ETM

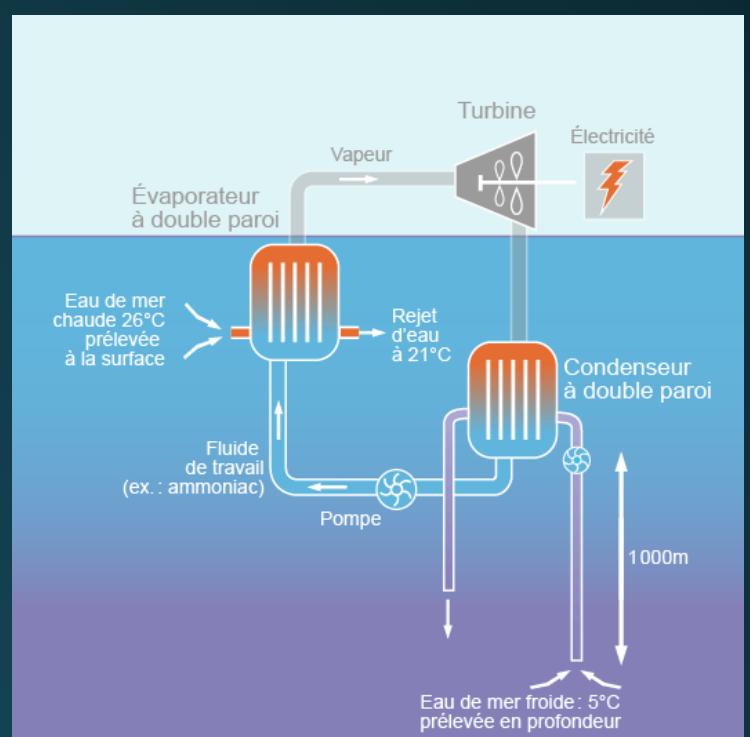
Centrale ETM en cycle ouvert

L'eau de mer de surface est puisée et traverse un évaporateur sous vide dans lequel un faible volume s'évapore (environ 0,5% du volume produit sous forme de vapeur). L'eau sous forme de vapeur ne contient pas de sel. La vapeur générée actionne alors une turbine permettant de produire de l'électricité. La vapeur circule ensuite à travers un condenseur où elle repasse à l'état liquide au contact de l'eau froide pompée en profondeur. Celle-ci peut être récupérée pour la consommation.



Centrale ETM en cycle fermé

Elle est constituée d'une boucle fermée avec les mêmes types de composants qu'une centrale en cycle ouvert. Le fluide caloporteur circulant dans cette boucle n'est plus de l'eau mais un autre fluide dont le point de condensation approche 4°C, généralement de l'ammoniac. L'eau chaude de surface pompée transmet ses calories à l'ammoniac dans l'évaporateur à double paroi qui ne nécessite pas d'être sous vide puisque l'ammoniac s'évapore à une température plus faible que l'eau.



Un cycle hybride utilise les deux techniques : le cycle fermé produisant de l'électricité est suivi d'un 2^{ème} étage en cycle ouvert, qui permet de produire de l'eau potable.

Centrale ETM

Le faible écart de température entre les eaux de surface et de profondeur limite l'efficacité énergétique d'une centrale ETM, qui peut être compensée par un débit d'eau important. La consommation d'énergie par le pompage d'eau froide peut s'avérer importante. La puissance du pompage d'eau froide peut être réduite à 20% de la puissance brute générée par la centrale ETM à condition d'opter pour des conduites de grands diamètres (de 5 à 10 m).

L'implantation de centrales thermiques est limitée aux zones intertropicales dans lesquelles un gradient thermique d'au moins 20°C est disponible entre eaux profondes et de surface et où les fonds atteignent près de 1 000 m. Ces critères sont un préalable à la production d'une quantité d'électricité de 3 à 5 fois supérieure à celle consommée.



Projet d'une centrale de 1 MW développé par le KRISO (Korea Institut of Schips and Ocean Engeniring) construit sur la côte de Sud Tarawa, capitale de la République de Kiribati dans l'océan pacifique sud.

Qu'est-ce que l'énergie osmotique

L'énergie osmotique désigne l'énergie exploitable à partir de la différence de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce, les deux natures d'eau étant séparées par une membrane semi-perméable. Elle consiste à utiliser une hauteur d'eau ou une pression créée par la migration de molécules d'eau à travers ladite membrane. La pression d'eau en résultant assure un débit qui peut alors être utilisé pour produire de l'électricité.

Il serait possible de développer ces centrales au voisinage des estuaires où l'eau douce fluviale se mélange à l'eau salée de la mer.

L'énergie osmotique est aujourd'hui la moins avancée des énergies marines en raison de la faible performance des membranes. Un premier prototype de centrale osmotique d'une puissance de 4 kW a été mis en service en 2009 par Statkraft (Norvège).

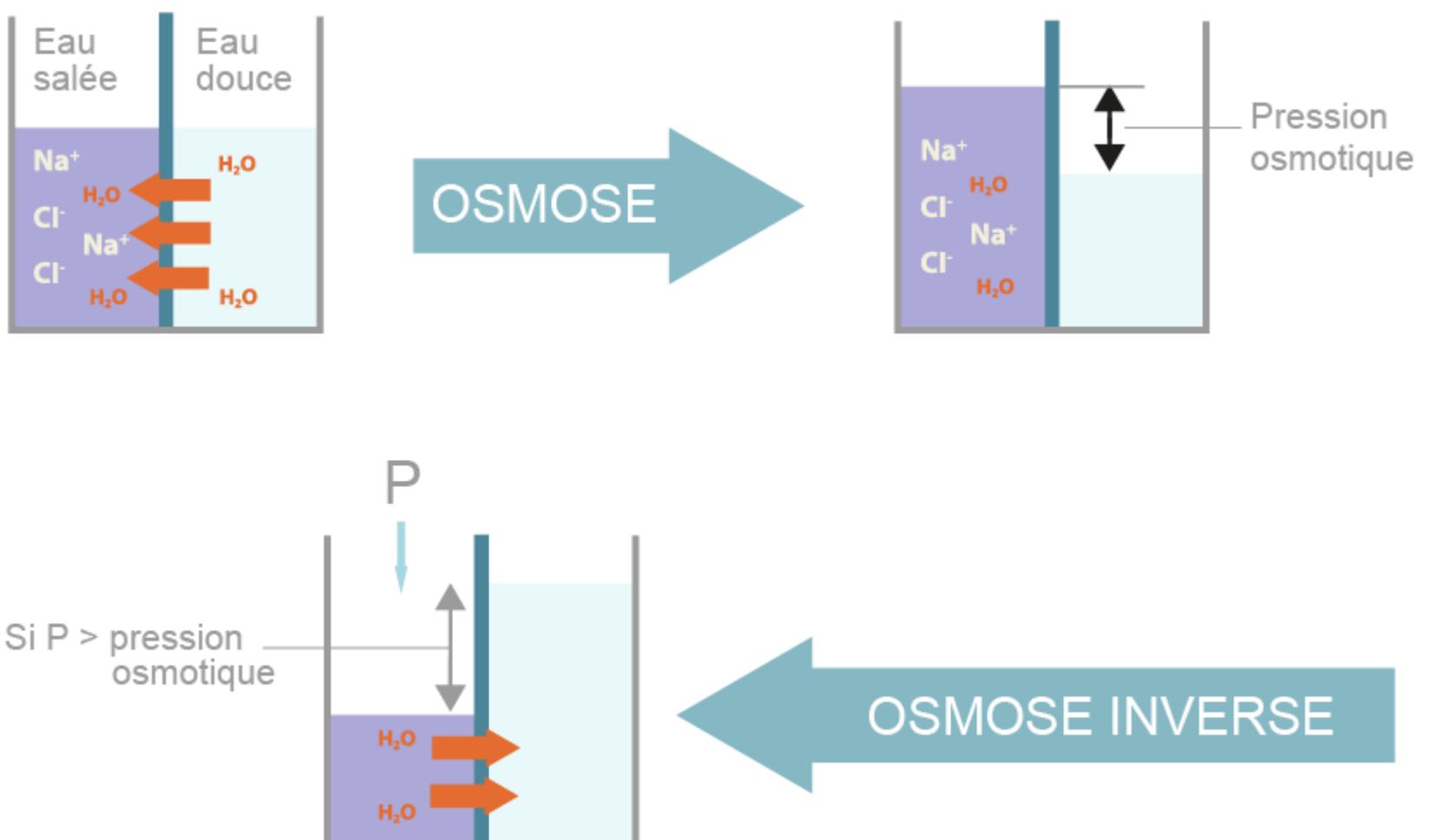
L'école polytechnique de Lausanne a publié une étude en 2016 qui rendrait possible de générer une puissance électrique de 1 MW/m² en utilisant une membrane de disulfure de molybdène de trois atomes dont 30% de la surface serait couverte de nanopores.

En mars 2022, la compagnie nationale du Rhône (CNR) et la start-up Sweetch Energy ont lancé un projet d'installation d'un premier pilote industriel dans le delta du Rhône, avec, selon ses concepteurs, une membrane innovante à mailles nano dont les performances seraient vingt fois supérieures à l'existant et 100 % biosourcé, pour un coût du matériau, 5 à 10 fois moindre. Le potentiel du delta du Rhône avoisine les 4 TWh.

L'énergie osmotique : Principe et fonctionnement

Les sels dissouts dans l'eau de mer sont majoritairement du chlorure de sodium que l'on retrouve dans l'eau sous forme ionique. Prenons deux réservoirs remplis d'un même volume, pour l'un d'eau douce et pour l'autre d'eau salée, séparés par une membrane semi-perméable qui bloque les ions de grosse taille et laisse passer les molécules d'eau plus petites.

La concentration saline dans les deux réservoirs étant différente, le niveau égal de départ n'est pas une position d'équilibre. Il se produit donc une migration des molécules d'eau de la solution d'eau douce vers la solution saline au travers de la membrane semi-perméable. L'effet produit engendre une augmentation du niveau du réservoir d'eau saline et en même temps que diminue la concentration saline de cette solution. L'effet s'arrête lorsque l'équilibre osmotique est atteint, c'est-à-dire l'équilibre entre les couples « pression » (hauteur d'eau) et « concentration » (en sels) de l'une et l'autre des solutions.



L'énergie osmotique : Principe et fonctionnement

L'osmose inverse quant à elle consiste à appliquer une pression sur le réservoir d'eau saline afin d'inverser le sens de migration des molécules d'eau. En corollaire à l'exemple précédent, lorsque les réservoirs d'eau ne sont pas ouverts mais fermés, ce sont les pressions qui montent et non pas les niveaux d'eau.

Autrement dit, la pression osmotique correspond à la pression nécessaire pour arrêter le passage d'un solvant (eau dans notre cas) d'une solution moins concentrée (ici en sel) à une solution plus concentrée à travers une membrane semi-perméable.



Références :

https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_hydraulique

https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_thermique_des_mers

https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_marine

<https://fondation-lamap.org/sequence-d-activites/le-cycle-de-l-eau-dans-la-nature>

Les énergies renouvelables, juin 2012, <https://enea-consulting.com>

<https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/energie-renouvelable-consiste-energie-thermique-mers-4130/>

<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-energie-thermique-mers-6671/>

<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-thermique-des-mers-etm>

White paper ocean thermal energy conversion (OTEC), 2021, IEA technology, Program for ocean energy systems (OES). www.ocean-energy-systems.org

<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-osmotique>

https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/au-fil-de-l-eau/bientot-une-centrale-osmotique-dans-le-delta-du-rhone_5005370.html

<https://www.sweetch.energy/>

<https://www.cnr.tm.fr/actualites/cnr-et-sweetch-energy-lancent-la-1ere-centrale-osmotique-pilote-de-production-delectricite-en-france/>

Mahe Sylvain, Marlin Christelle, Et Al. (2020). Livre Blanc sur les infrastructures françaises de recherche du domaine des sciences du système Terre et de l'environnement. Vision stratégique d'AllEnvi 2020-2030. 116p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00690/80249/>