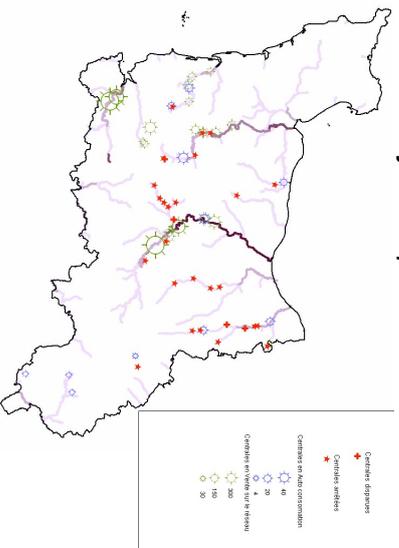


L'Hydroélectricité

État des lieux

Exemple : La production d'électricité d'origine hydraulique en Basse-Normandie. Petite région hydraulique



La grande hydroélectricité :
 Usage : production électrique en injection
 Potentiel : inexistant sauf marémotrice

La micro, mini et petite hydroélectricité :
 Usage : production électrique en réinjection ou en réseau autonome, mécanique

Type	Puissance
Micro	100 kW ou moins – 1 ou 2 maisons
Mini	100 kW à 1 MW – petite usine ou collectivité isolée
Petite	1 MW à 20 MW – production indépendante

L'hydroélectricité

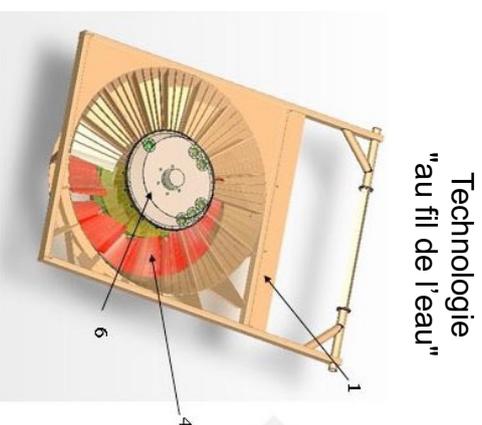
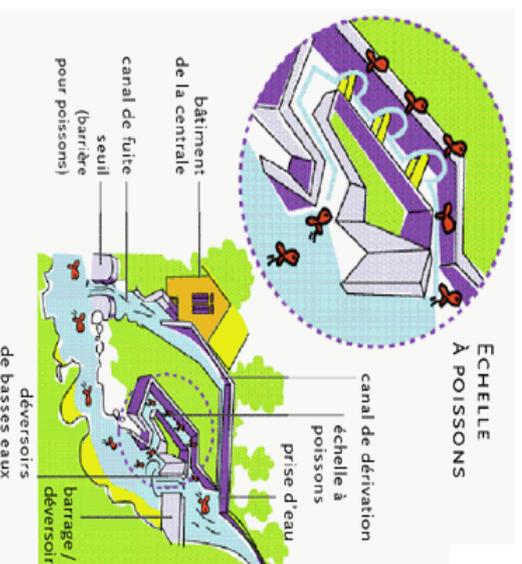
Potentiel

Exemple: 3500 moulins ont existé en Basse-Normandie - la réhabilitation de l'ensemble des installations représenterait : 76,5 MW

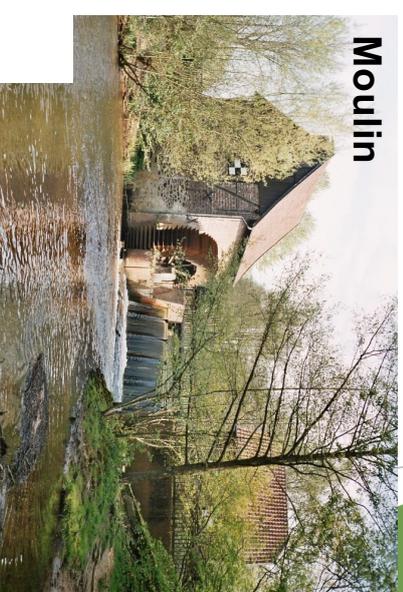
Potentiel de réhabilitation : de 3 à 5 MW

Une prise en compte de l'environnement déterminante pour l'avenir de la production

Des technologies **adaptées** à développer



2. Moyeu et roue de la structure

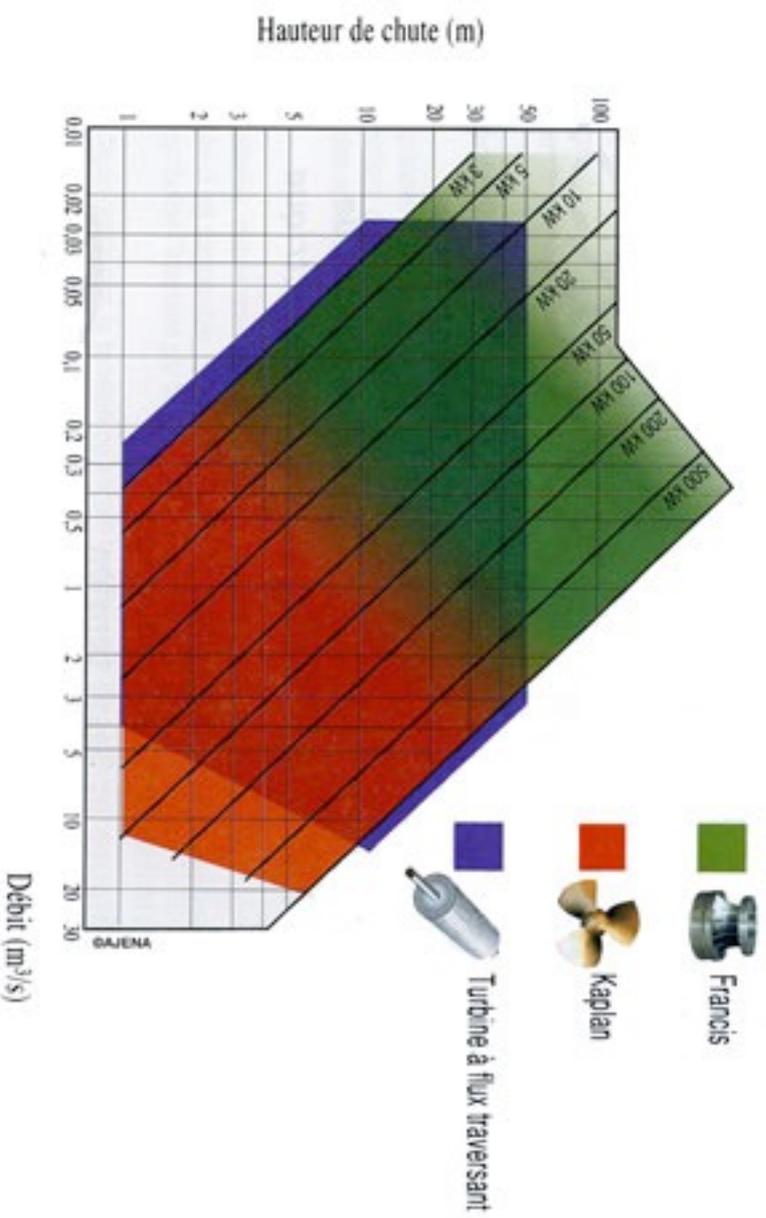


L'hydroélectricité

Choix du type de technologie

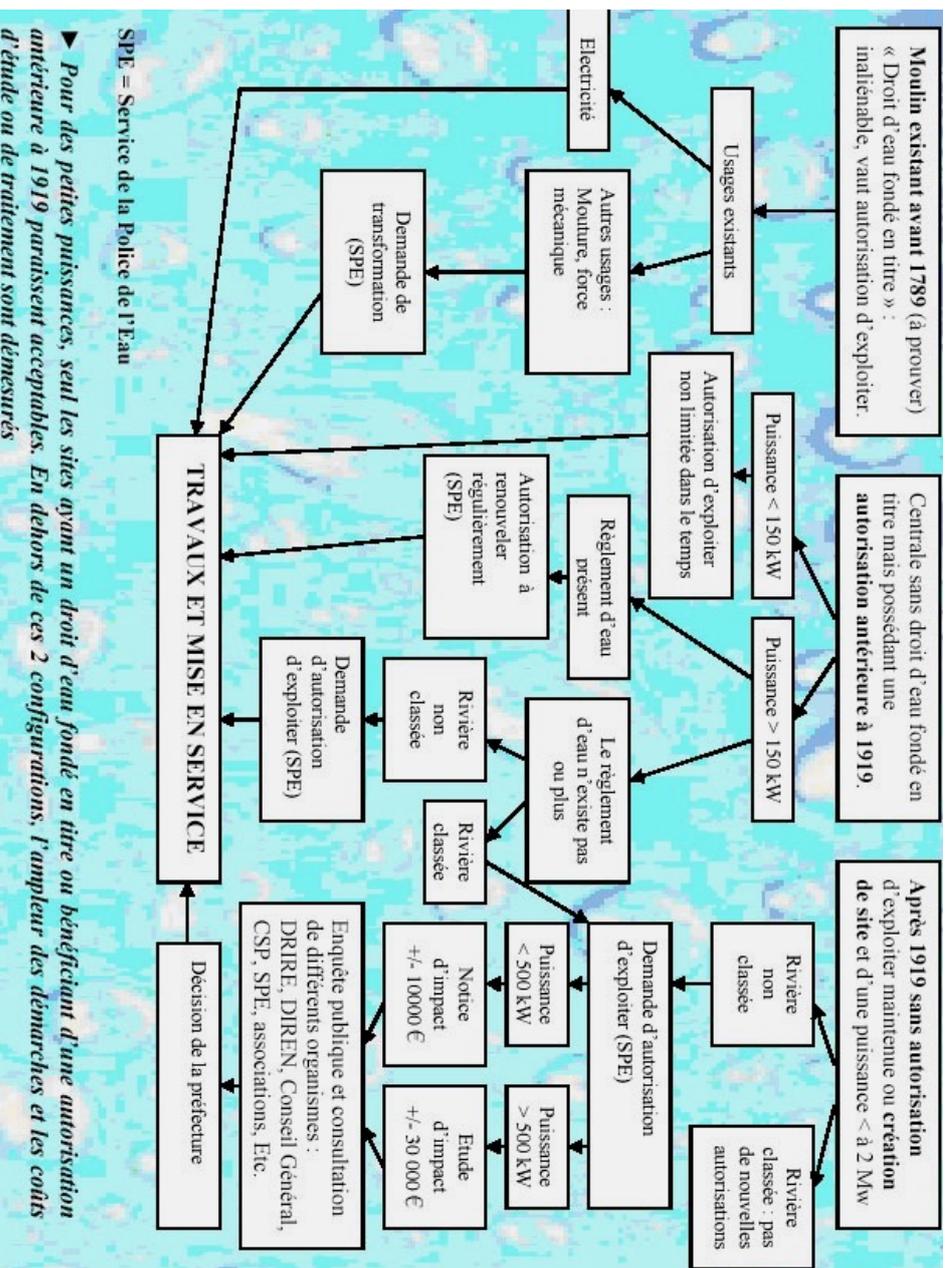
Le graphique ci-dessous vous donne une première idée du choix d'une turbine.

Attention ! Ces données varient suivant les caractéristiques des différents produits proposés par les constructeurs.



L'hydroélectricité

Comment faire ?



► Pour des petites puissances, seul les sites ayant un droit d'eau fondé en titre ou bénéficiant d'une autorisation antérieure à 1919 paraissent acceptables. En dehors de ces 2 configurations, l'ampleur des démarches et les coûts d'étude ou de traitement sont démesurés

L'hydroélectricité

Données économiques

Taille du générateur	Coût matériel
50 W à 500 W, 24 Vcc	complète avec le système de régulation et le système de délestage à partir de 3000 € HT
500 W à 6 kW, 220 Vcc	complète avec le système de régulation et le système de délestage de 4500 € HT à 25500 € HT
6kW à 30kW, 380 Vac triphasé	complète avec le système de régulation et le système de délestage de 10500 € HT à 34500 € HT

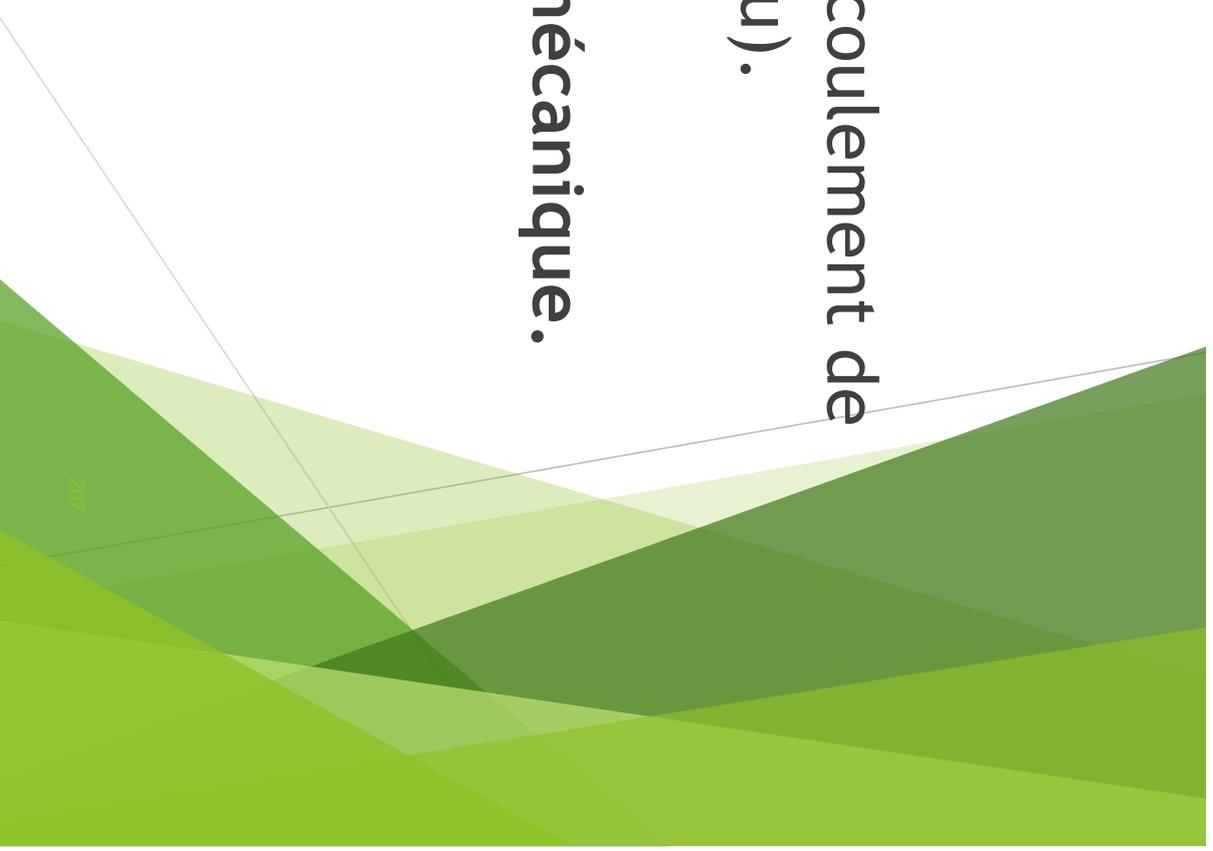
Le tarif d'achat de l'électricité d'origine hydraulique par EDF est dans l'Arrêté du 1^{er} mars 2007.

- **6,07 c€/kWh** + prime comprise entre **0,5** et **2,5** pour les petites installations + prime comprise entre **0** et **1,68 c€/kWh** en hiver selon la régularité de la production
- **15 c€/kWh** pour énergie hydraulique des mers (houlomotrice, marémotrice ou hydrocinétique)

Définition

Energie potentielle récupérée dans l'écoulement de l'eau sur terre (partie du cycle de l'eau).

On la récupère sous forme d'énergie mécanique.



Définition

Puissance

$$P = \rho g Q H$$

- P : puissance [W]
 - ρ : densité de l'eau [kg/m³]
 - g : accélération de la pesanteur [m/s⁻²]
 - Q : Débit [m³/s]
 - H : différence de hauteur d'eau [m]
- Pour simplifier $P = 7 QH$



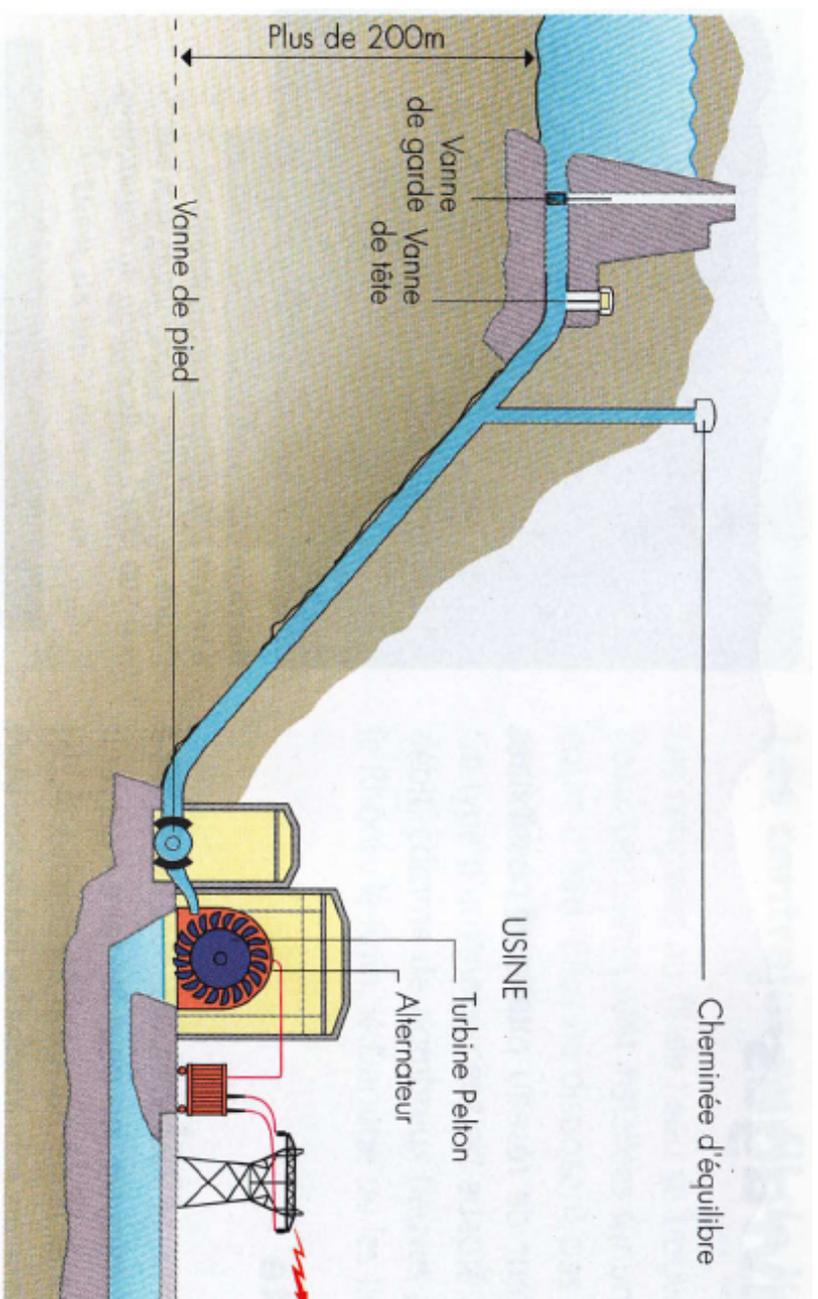
Définition

Classement par type :

- **Hydraulique au « fil de l'eau »** : pas de stockage, la production suit le débit du cours d'eau
- **Hydraulique de barrage** : Création d'une retenue d'eau, permet de moduler la production en fonction de la demande. Stockage intersaisonnier possible.
- **Station de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP)** : Méthode de stockage d'énergie, constituée de deux retenues d'eau d'altitude différente, reliées par une conduite forcée munie d'un groupe réversible turbinage/pompage

Technologies

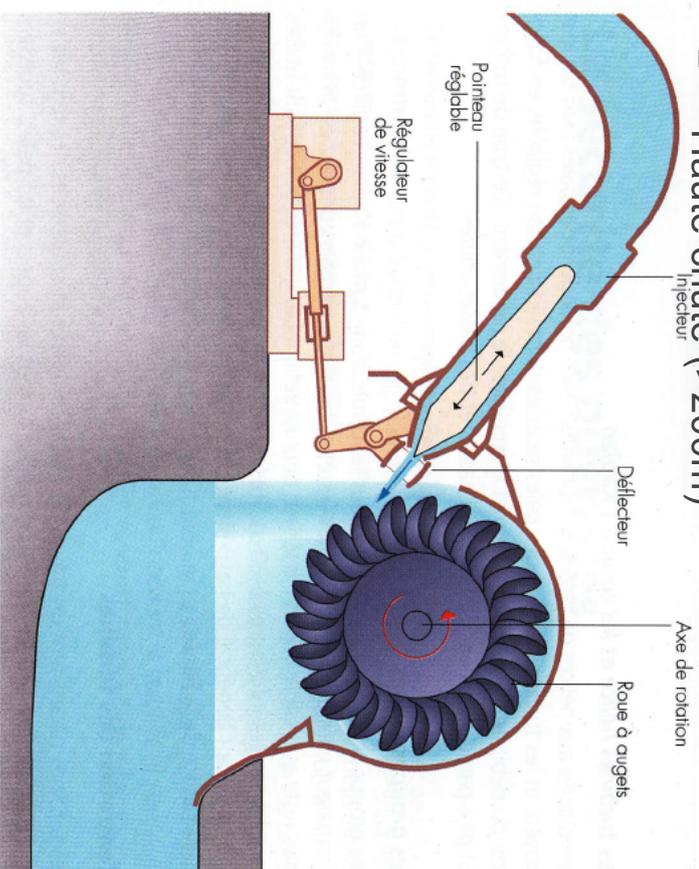
Haute chute



Technologies

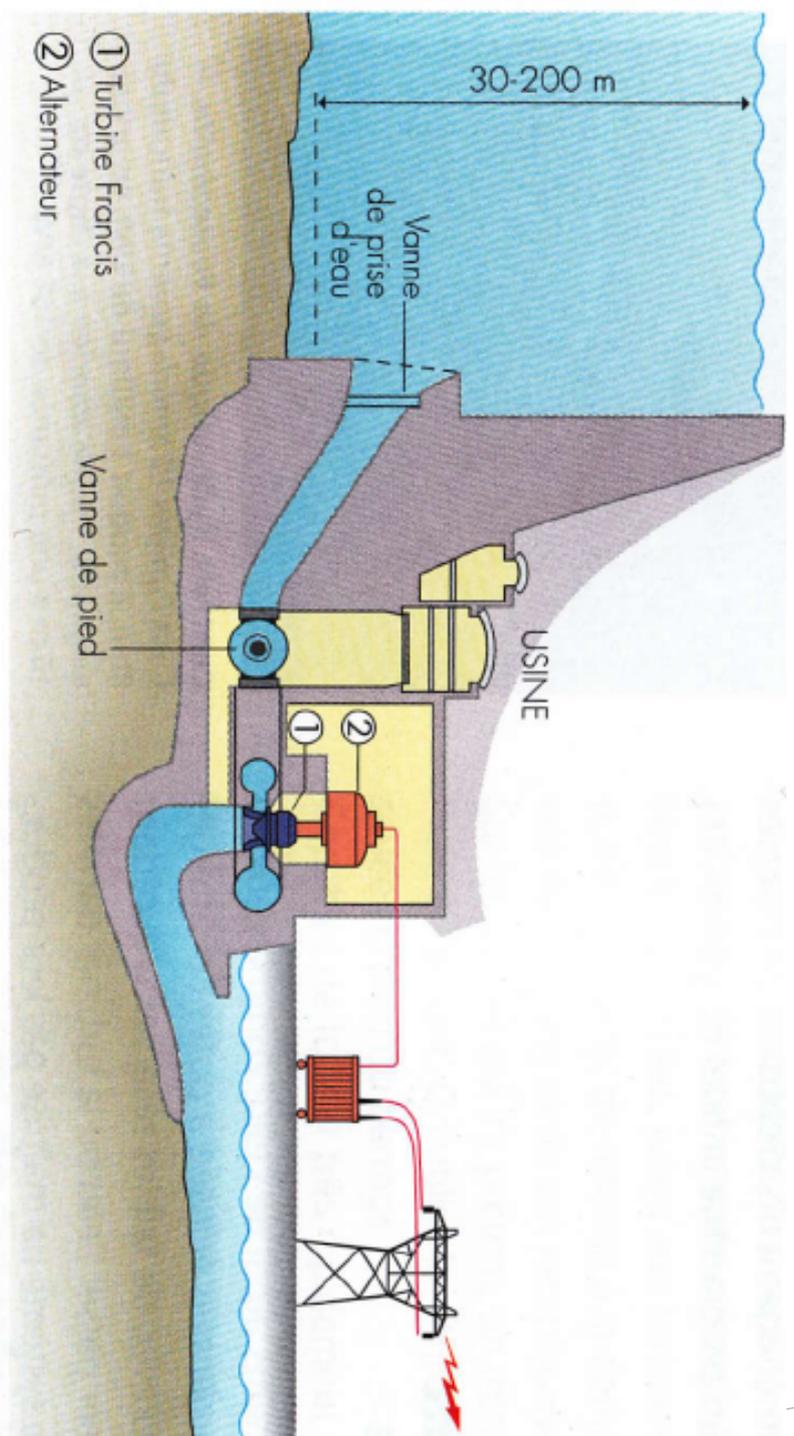
Turbine Pelton :

- Roue à godets
- Jet tangentiel
- Haute chute (>200m)

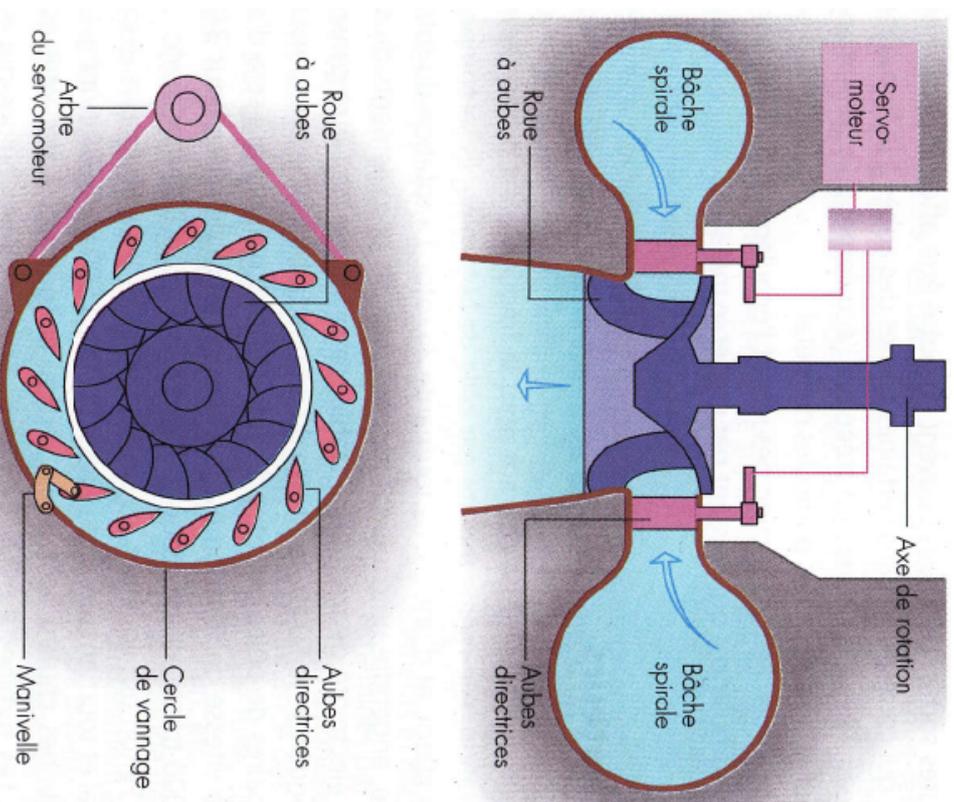


Technologies

Moyenne chute



Technologies

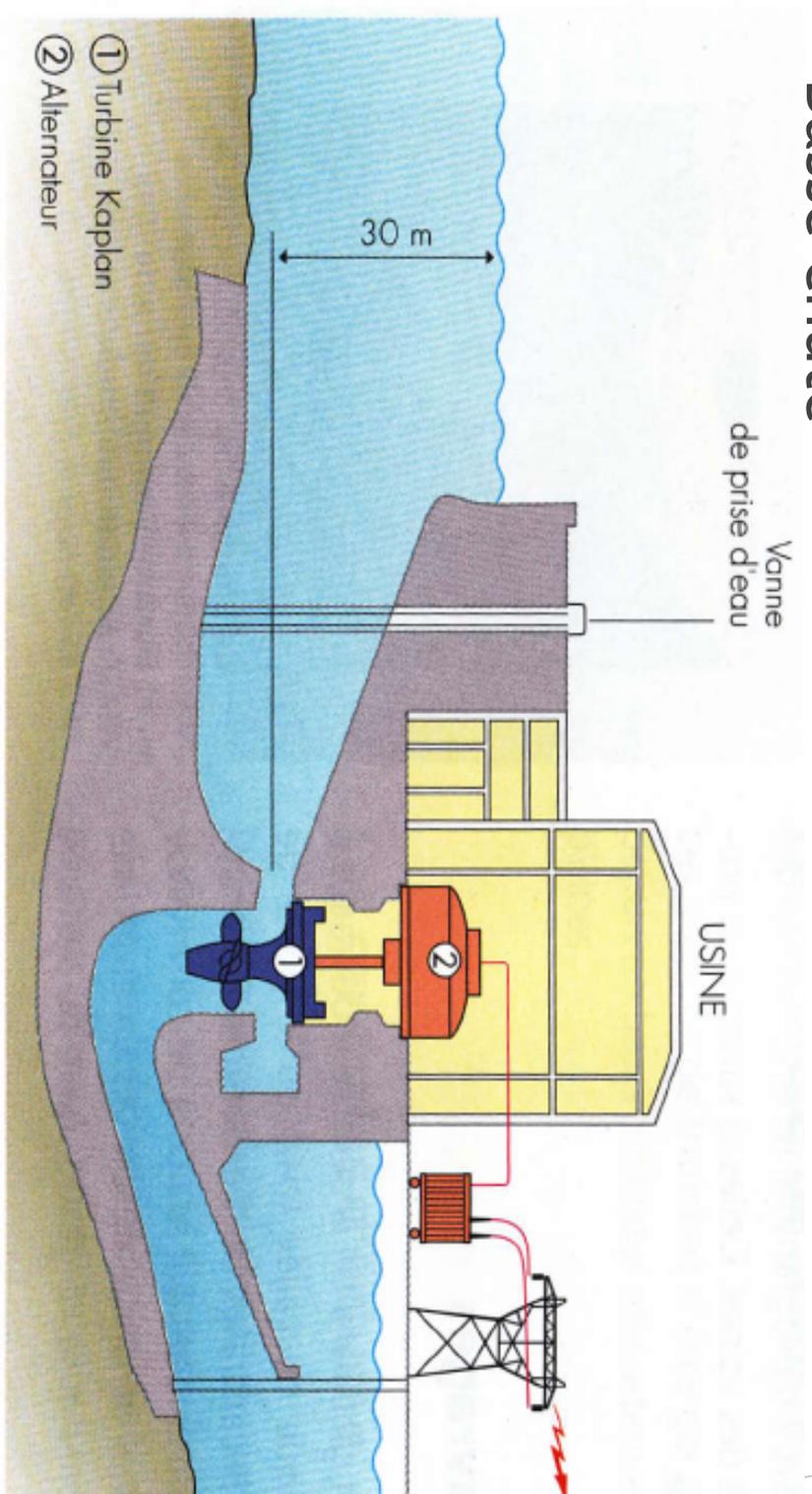


Turbine Francis :

- Type hélice de bateau avec inclinaison des pâles variable
- Axe vertical
- Admission par volute et aubes
- Moyenne chute (30 à 200 m)

Technologies

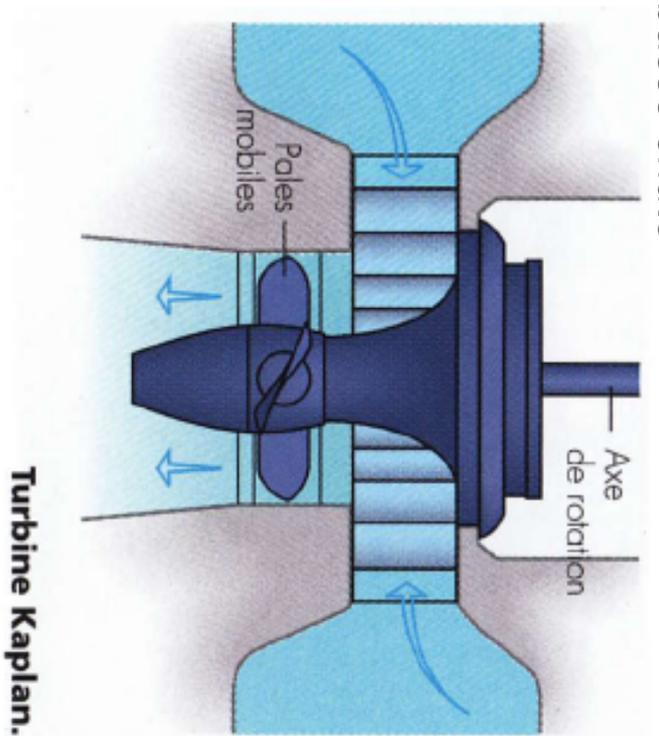
Basse chute



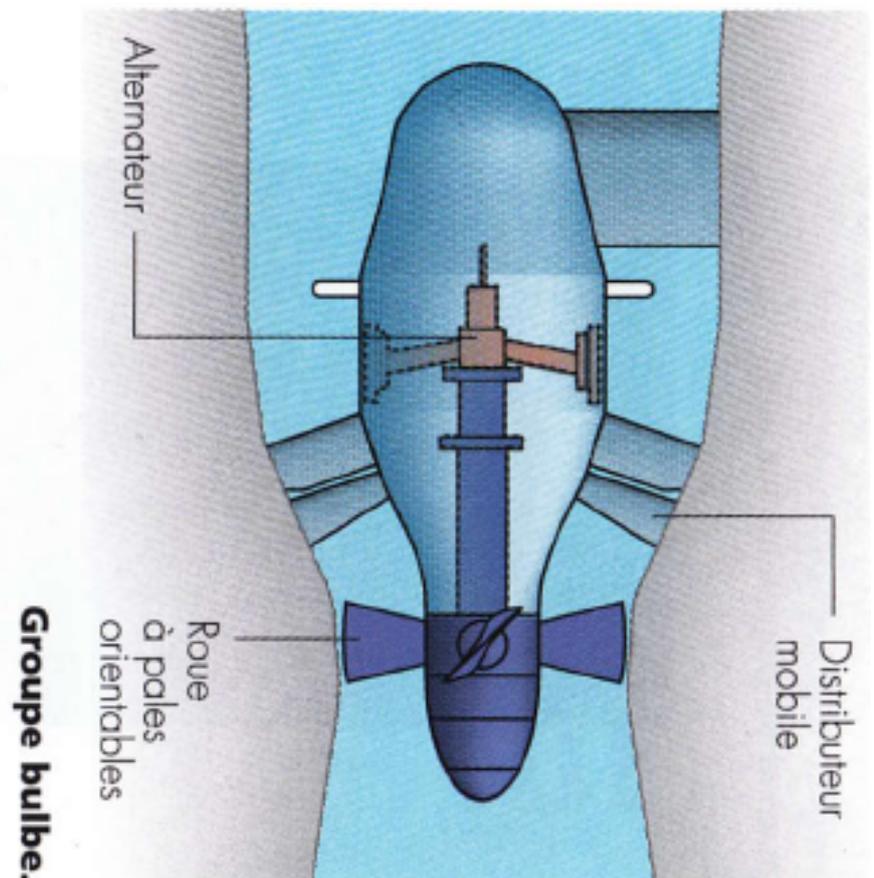
Technologies

Turbine Kaplan :

- Type hélice de bateau avec inclinaison des pâles variable
- Axe vertical
- Admission radiale
- Basse à très basse chute



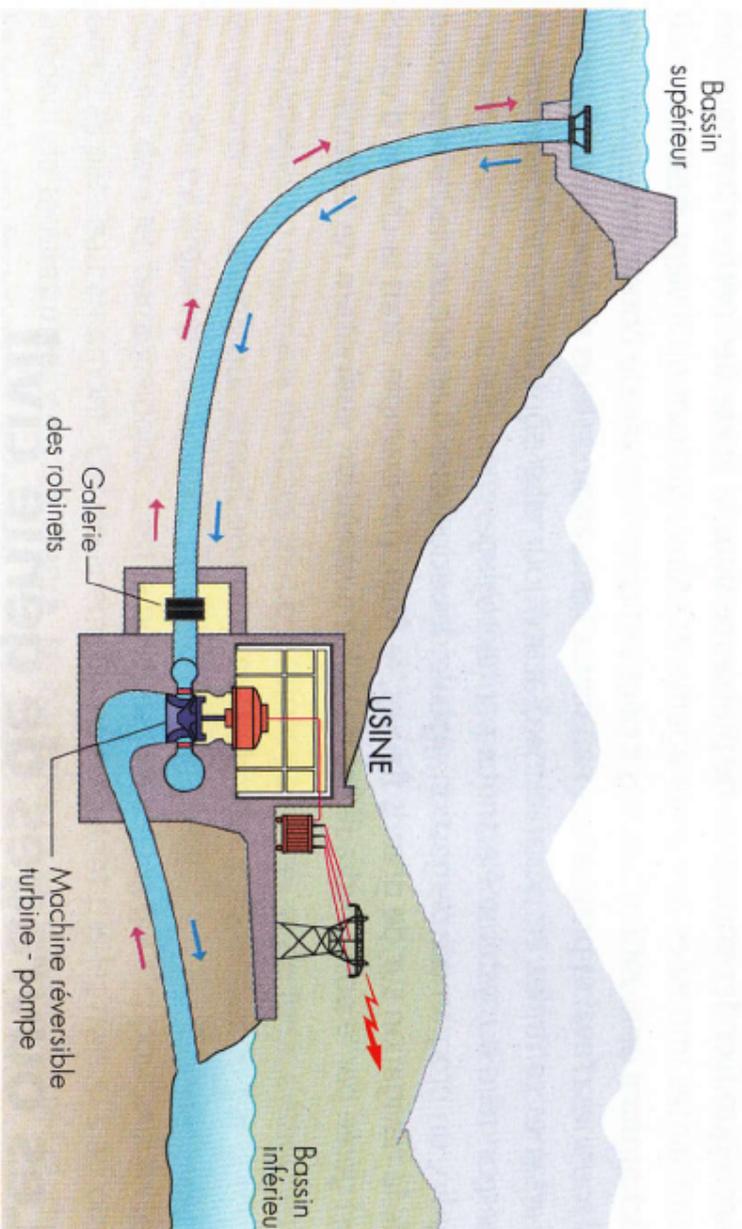
Technologies



- Groupe bulbe :
 - Type hélice de bateau avec inclinaison des pâles variable (Kaplan)
 - Axe horizontal
 - Admission axiale
 - Chute < 20 m

Technologies

Station de Transfert d'énergie par Pompage (STEP)



Technologies

STEP de Revin (4x200MW)



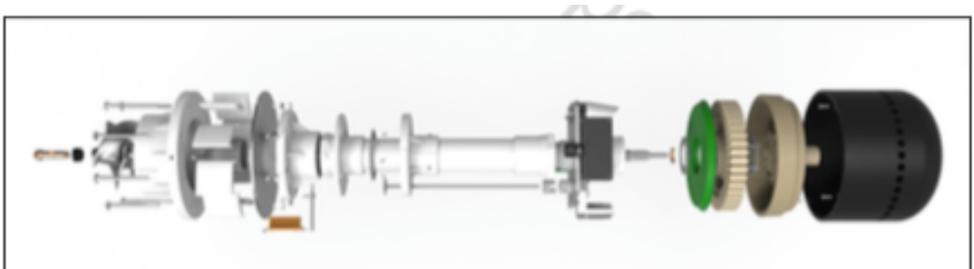
Exemples extrêmes !

Barrage des trois gorges

- 18 200 MW (85 TWh)
- 1,8 Mhab déplacés

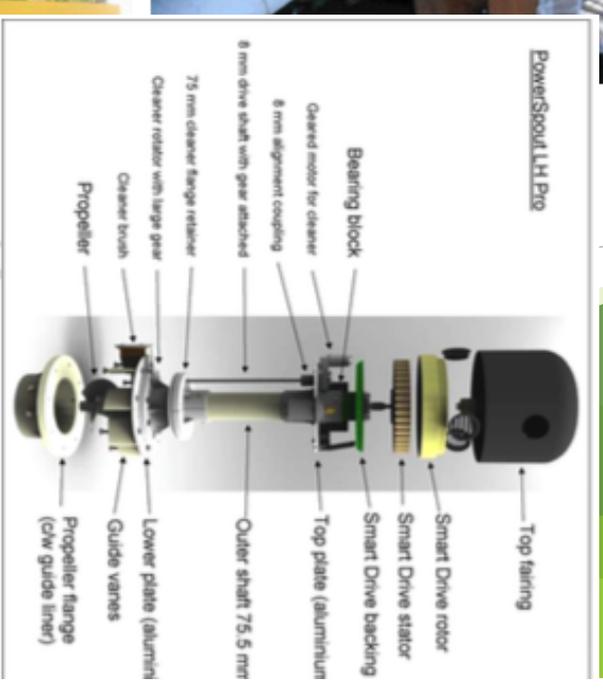


Pico-hydro 120 W



Exemples pico-hydro de 100 à 5 000 W

(Low Head 1600 W maximum output/unit)



Avantages / inconvénients

ENERGIES MARINE

Exploitation des énergies de la mer sous différentes formes :

- Energie marémotrice
- Energie des courants
- Energie des vagues (houlomotrice)
- Energie thermique
- Energie osmotique
- Energie éolienne offshore
- Transport à voile
- Algues (voir chapitre biomasse)

Avantages / inconvénients

Avantages

- Plus prédictibles (courant, marées)
- Voire production continue (ETM, Osmose, Algues)
- A priori moins de contraintes d'espace
- Gros potentiel

Inconvénients

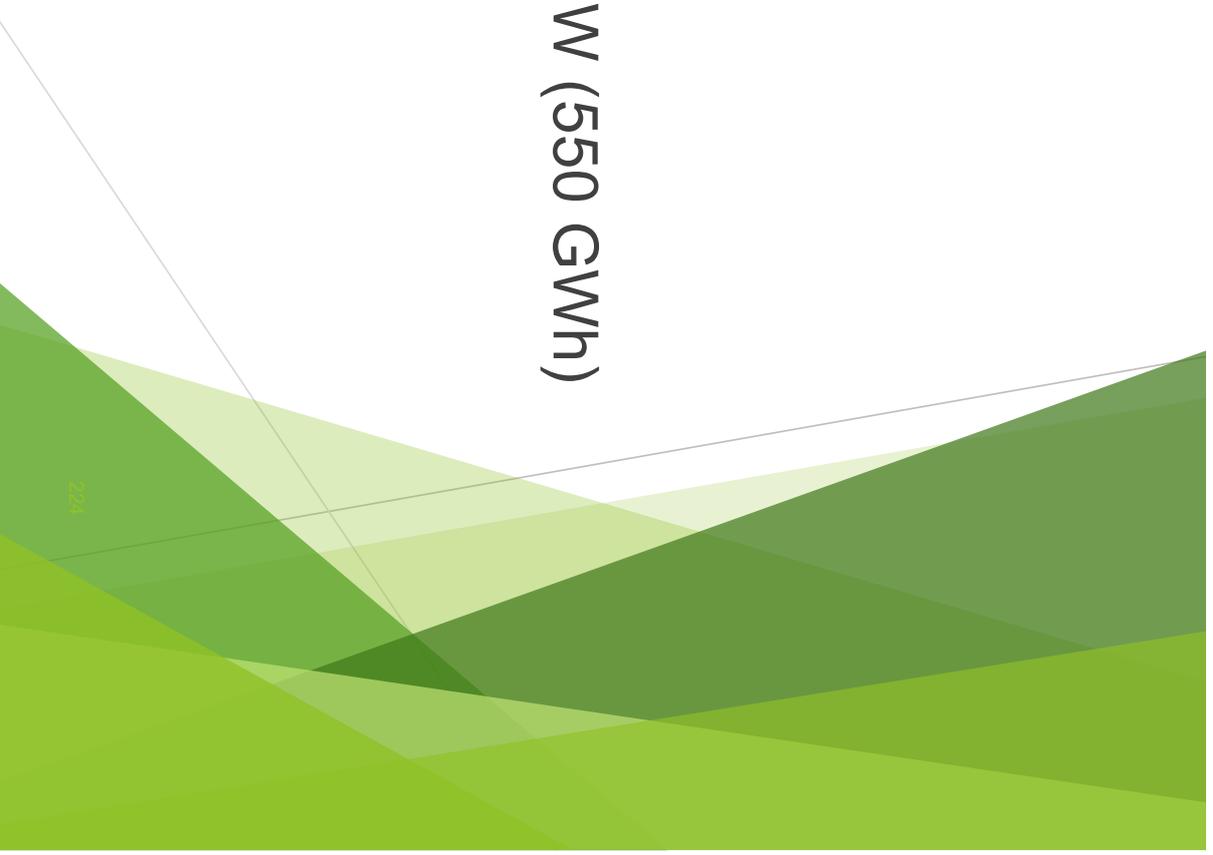
- Impacts potentiels sur l'environnement (vie marine)
- Compétition d'usage (marins, trafic maritime, aspect visuel...)
- Milieu hostile (Conditions météo, salinité...)

Energie Marémotrice

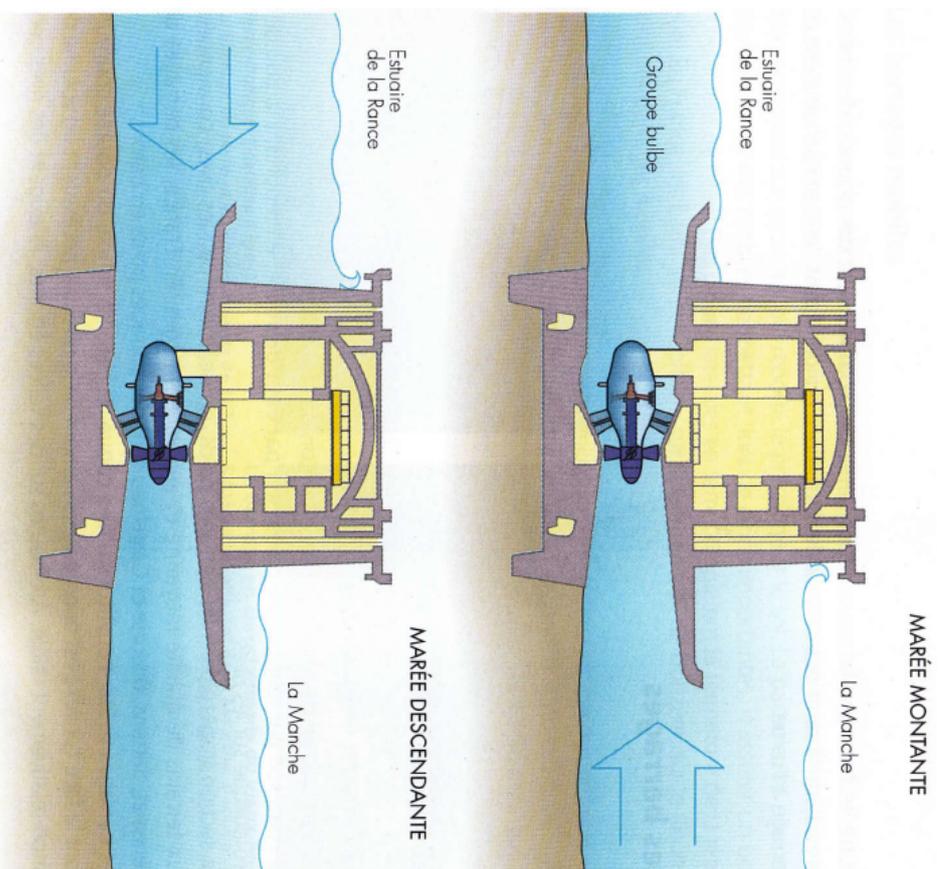
Energie potentielle des marées

3 usines dans le monde

- France, barrage de la Rance, 240 MW (550 GWh)
- Canada (25 MW)
- Chine (5 MW)

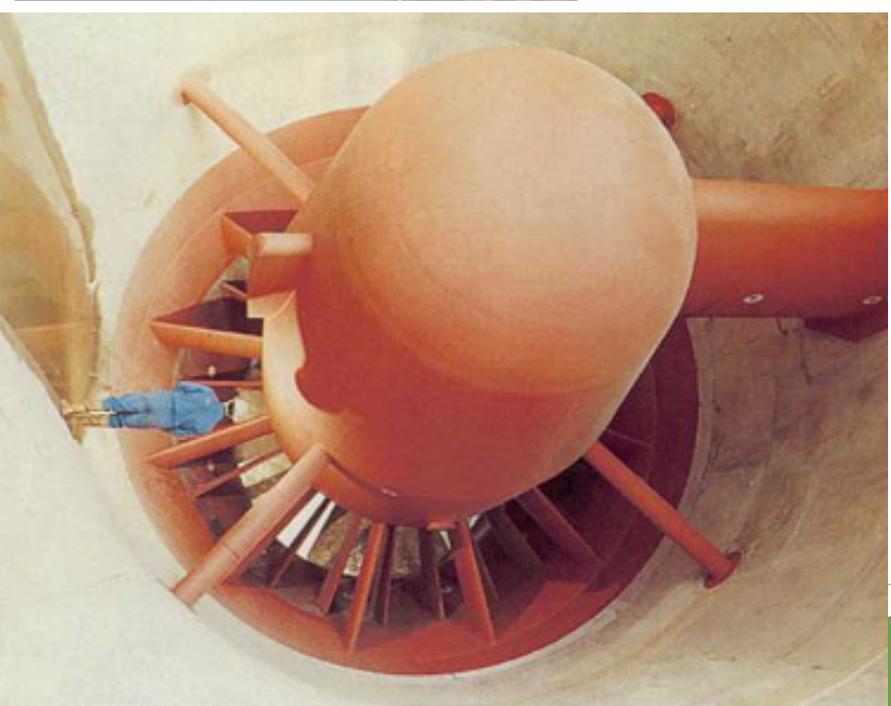


Energie Marémotrice

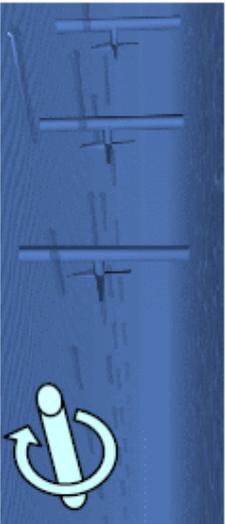


Energie Marémotrice

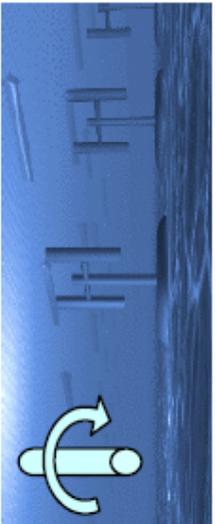
Barrage de la Rance



Technologies des hydroliennes



1) Les hydroliennes à axe horizontal, qui fonctionnent à l'image d'une éolienne ;



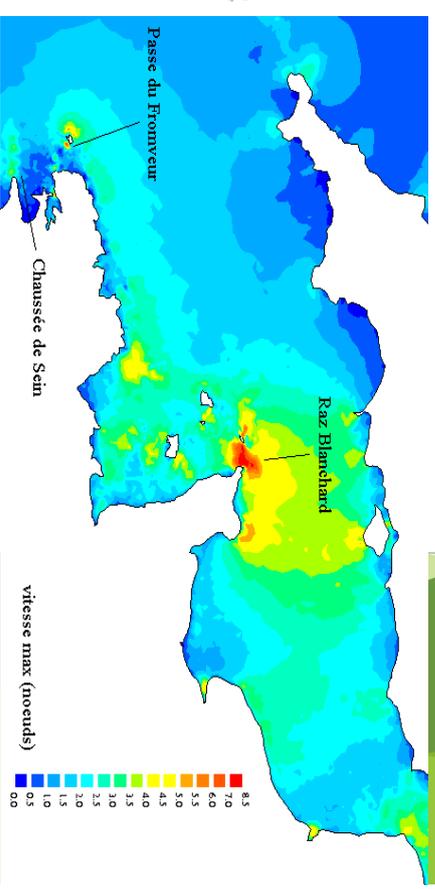
2) Les hydroliennes à axe vertical ;



3) Les systèmes à hydrofoils ;



4) Les hydroliennes qui exploitent « l'effet Venturi », c'est-à-dire l'accélération d'un fluide dans une conduite dont le diamètre se rétrécit.



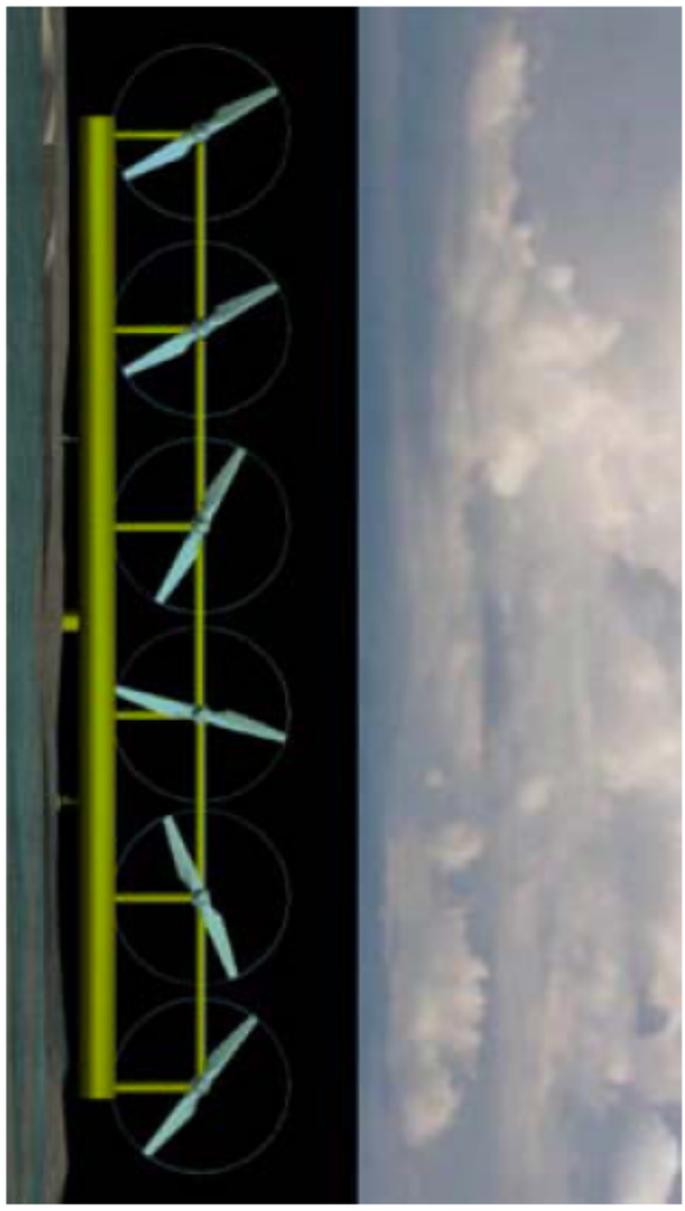
Technologies

Hydroliennes : même principe que les éoliennes (densité différente)

- Fondations
- Maintenance difficile
- Impact environnemental?

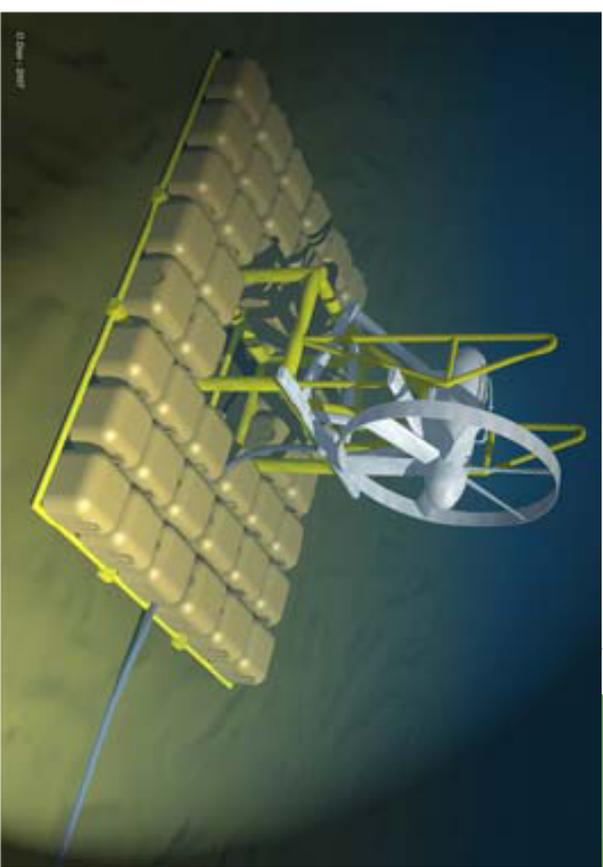


Technologies



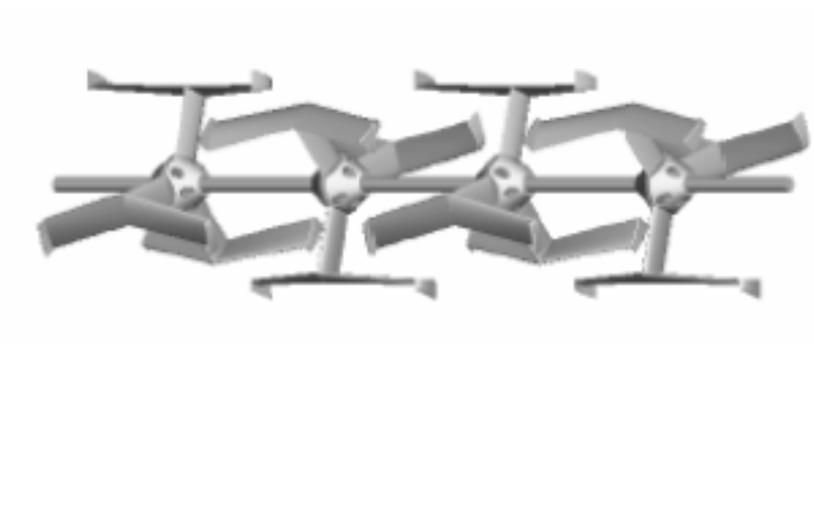
Source : MCT

Technologies



Source : OpenHydro et HydroHelix.

Technologies

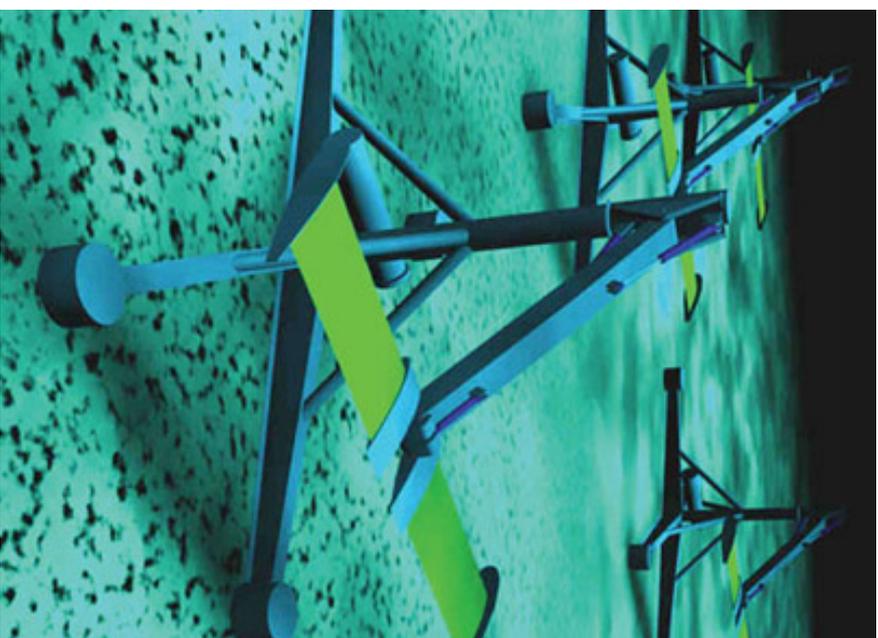


Source : HARVEST.

Technologies

Hydroptère

- Faible encombrement
- Fondation



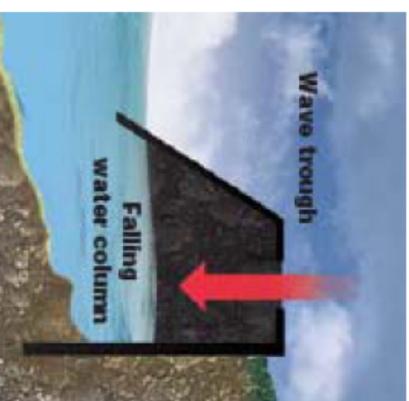
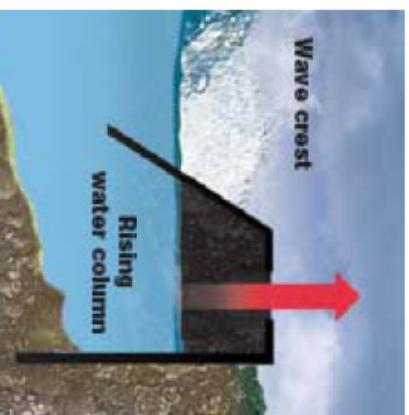
Stingray de la société EB

Energie des vagues

Plus de 90 systèmes...

4 types de dégagement :

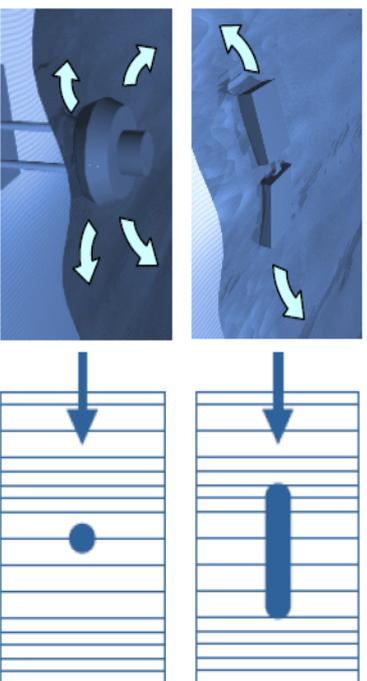
- les systèmes à déferlement : les vagues viennent déferler sur un plan incliné à l'arrière duquel se trouve un bassin en hauteur. Lorsque l'eau de ce bassin retourne à la mer, elle actionne une turbine ;
- les systèmes à colonne d'eau oscillante : la surface de l'eau agit comme un piston qui chasse l'air dans un cylindre ;



Source : Wavegen.

Energie des vagues

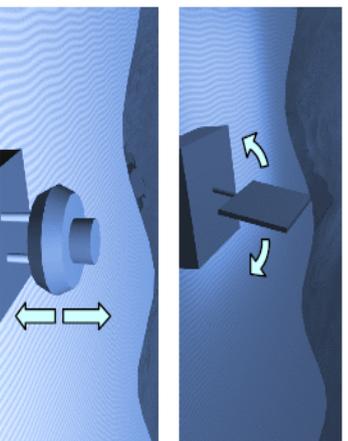
- les flotteurs :



1) de type « atténuateur » : il s'agit d'un flotteur perpendiculaire à la direction des vagues

2) de type « absorbeur » : il s'agit d'un flotteur capable d'absorber l'énergie dans toutes les directions

- les systèmes immergés :



1) de type « oscillateur » : un volet monté sur un bras articulé oscille avec les vagues

2) de type « pompe » : la différence de niveau de la mer provoque une différence de pression dans un piston.

Energie des vagues

Pelamis en opération au Portugal depuis Juillet 2008. Chaque boudin :

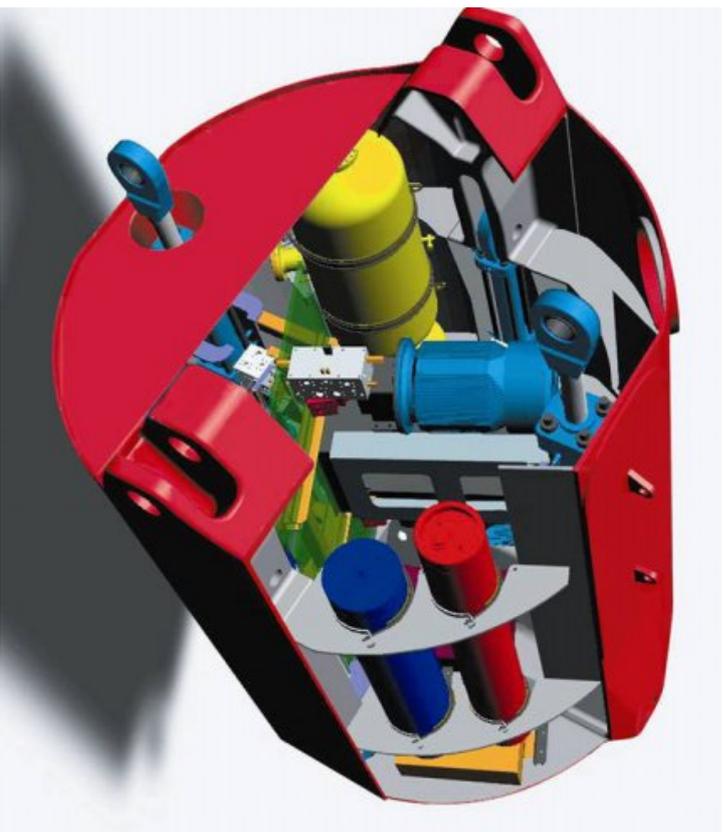
- 140 de long
- 3,5 m de diamètre
- 350 t
- 750 kW

Source : Pelamis Wave Power Ltd.

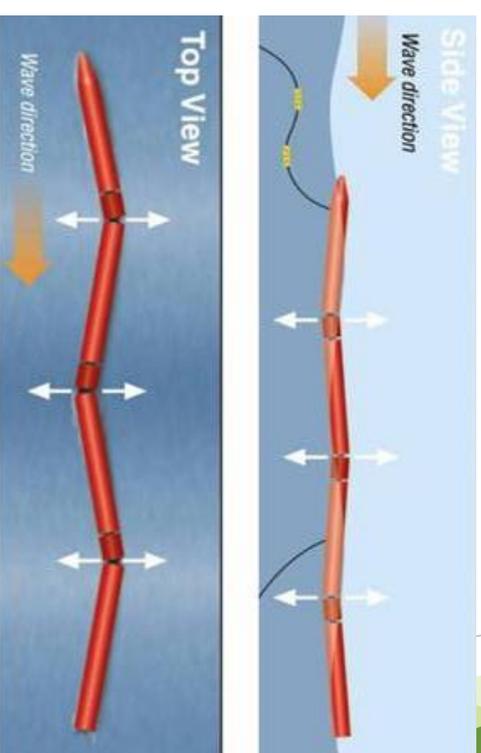


Energie des vagues

Pelamis



- Pas de fondation
- Possibilité de remorquage pour maintenance à terre

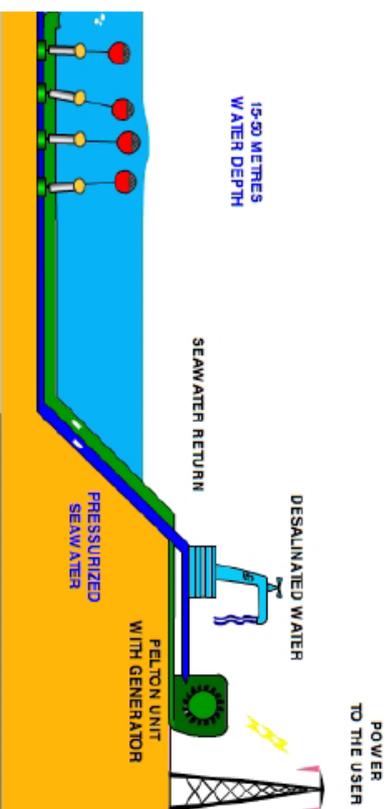


Source : Pelamis Wave Power Ltd.

Energie des vagues

CETO : pompage d'eau de mer

- Possibilité de désalinisation
- Faible impact environnemental



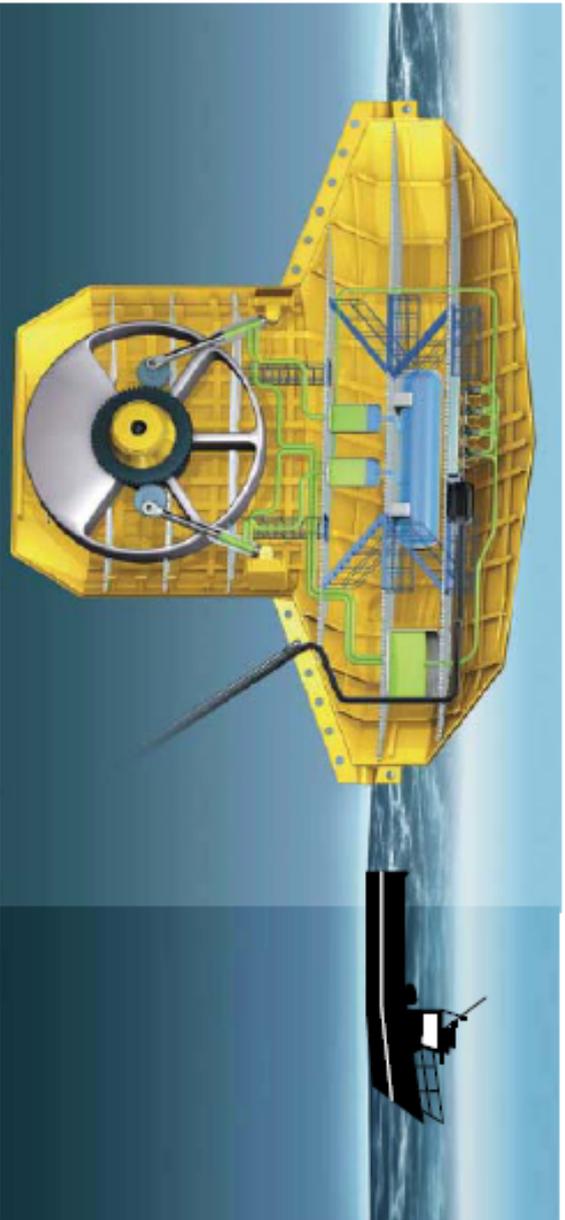
Source : CETO.

Energie des vagues

Searev (Centrale Nantes)

- Système boué
- Maintenance facilité
- Pas de pièces sensibles au contact de la mer

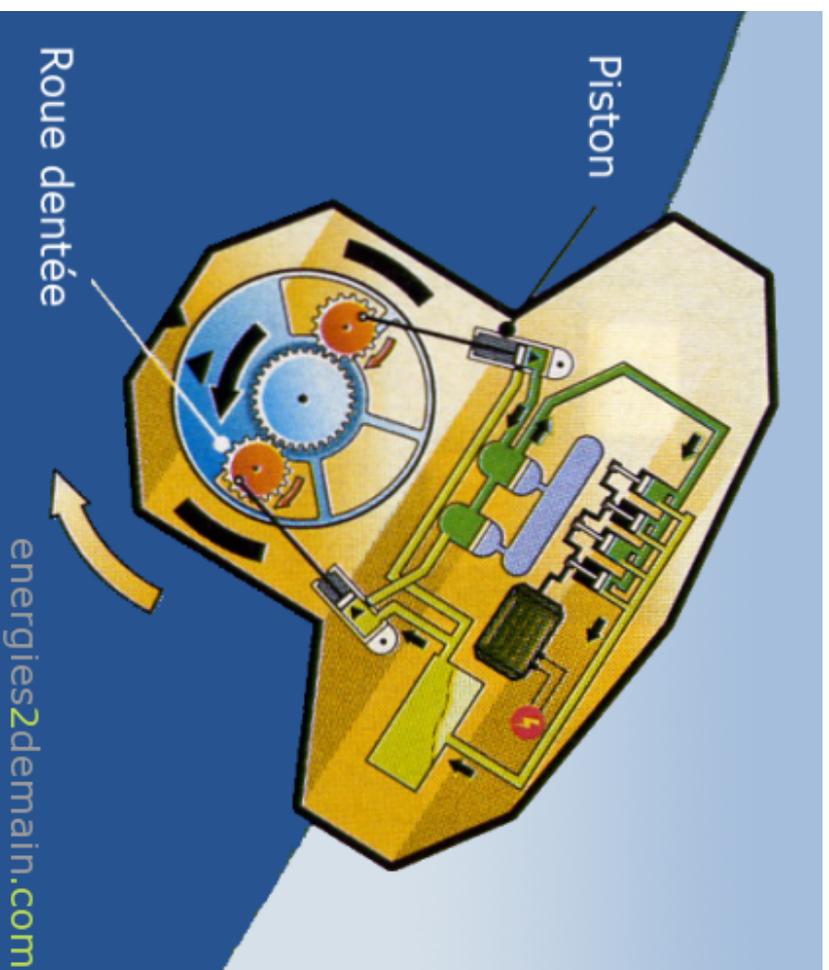
Figure 42. Le concept Searev, et un ligneur de 9 m à l'échelle.



Source : d'après l'Ecole centrale de Nantes.

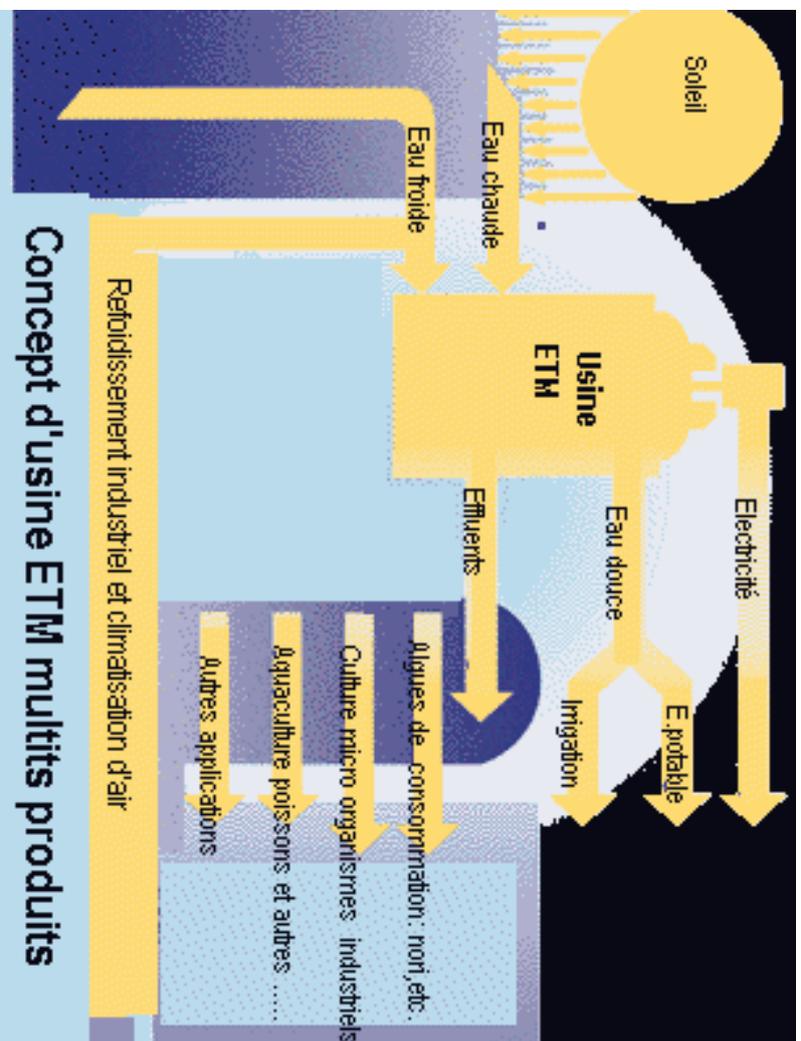
Energie des vagues

Searev (Centrale Nantes)



Energie thermique des mers

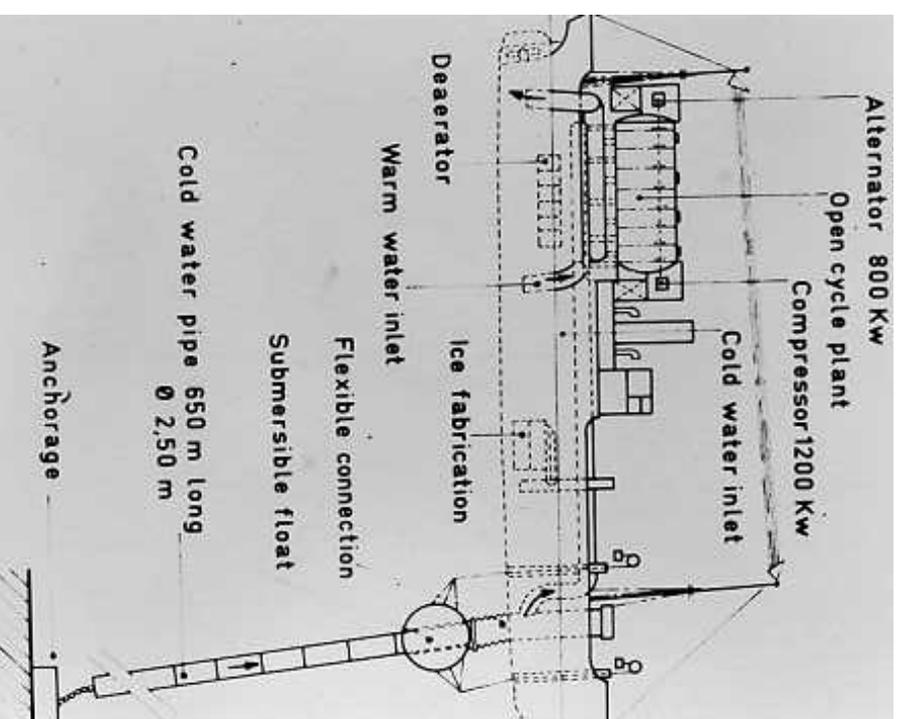
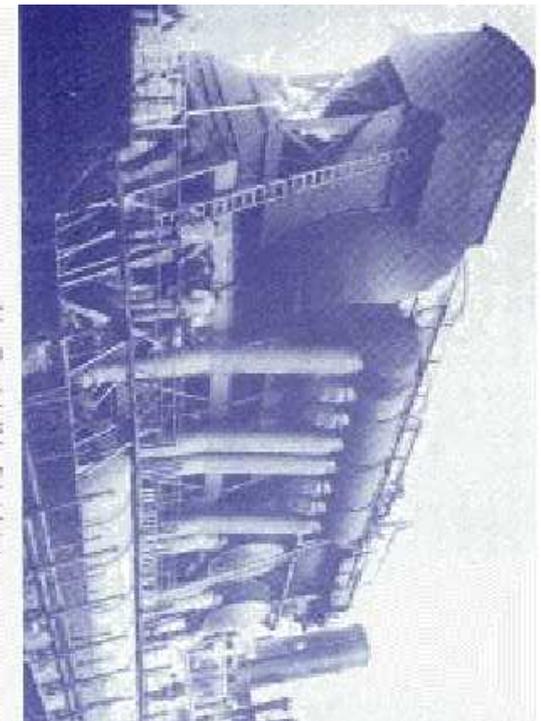
Utilisation du gradient thermique entre eaux profondes et eaux de surfaces



NR

Energie thermique des mers

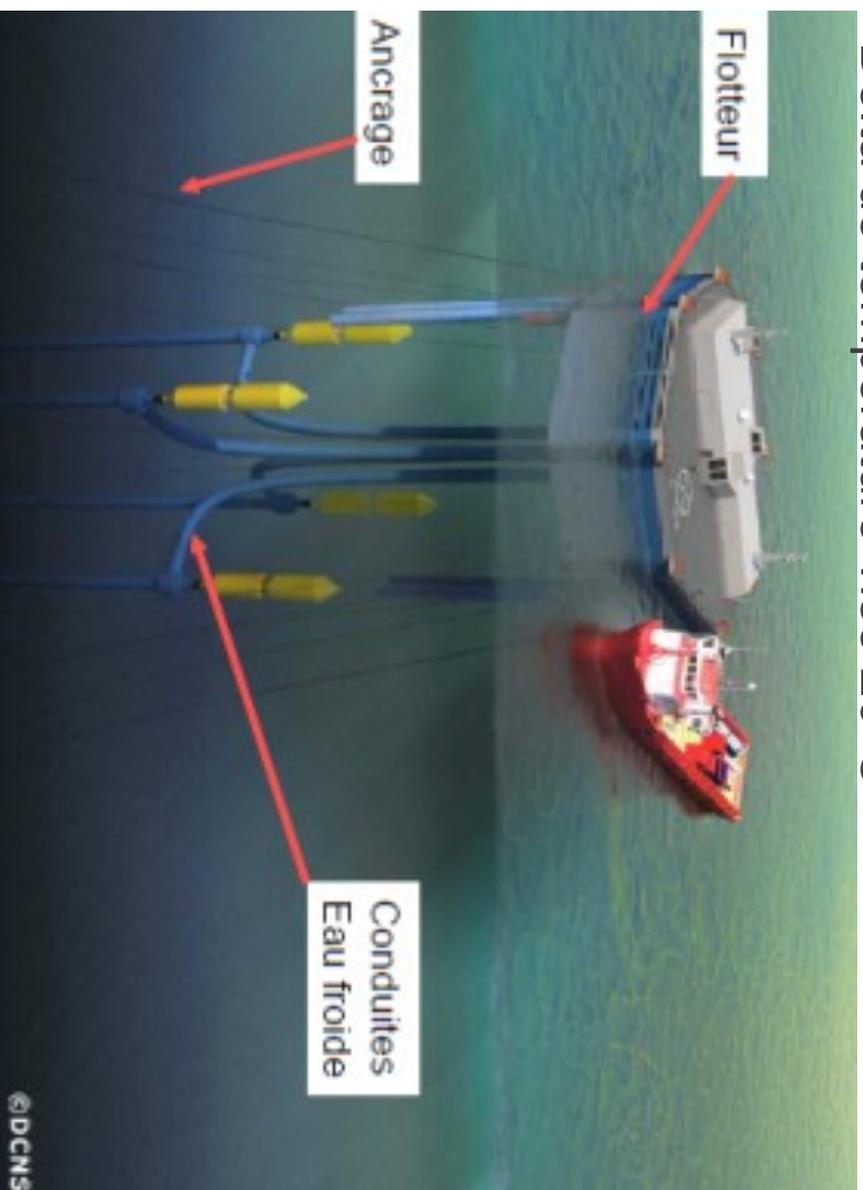
La France précurseur : Le Tunisie - 1933



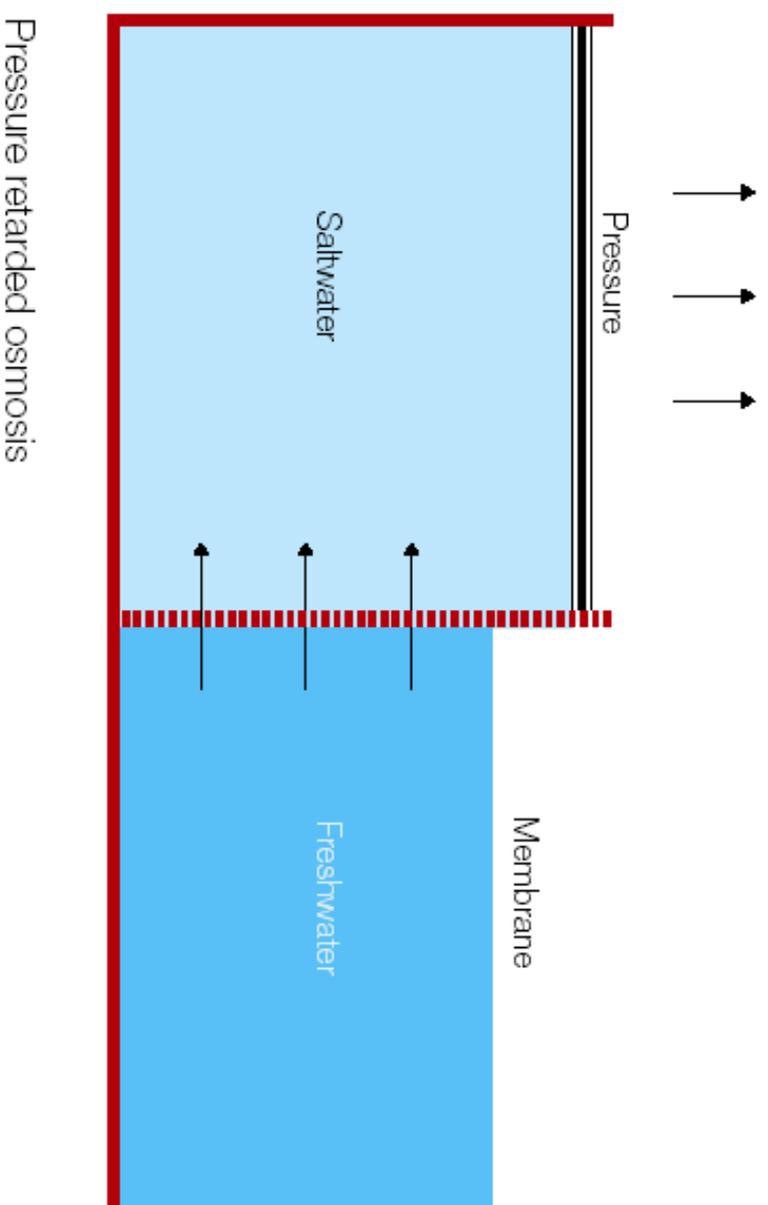
Energie thermique des mers

Programme R&D DCNS / La Réunion

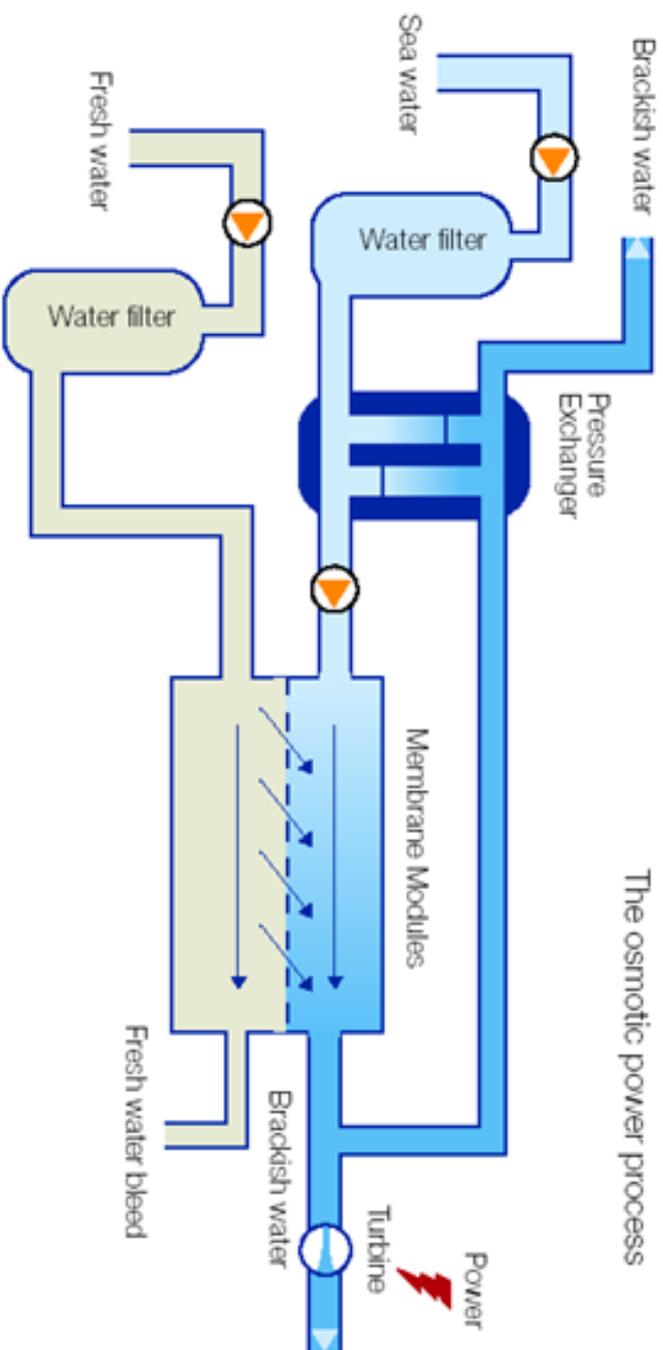
- Prélever l'eau à 1000 m
- Delta de température visé 20°C



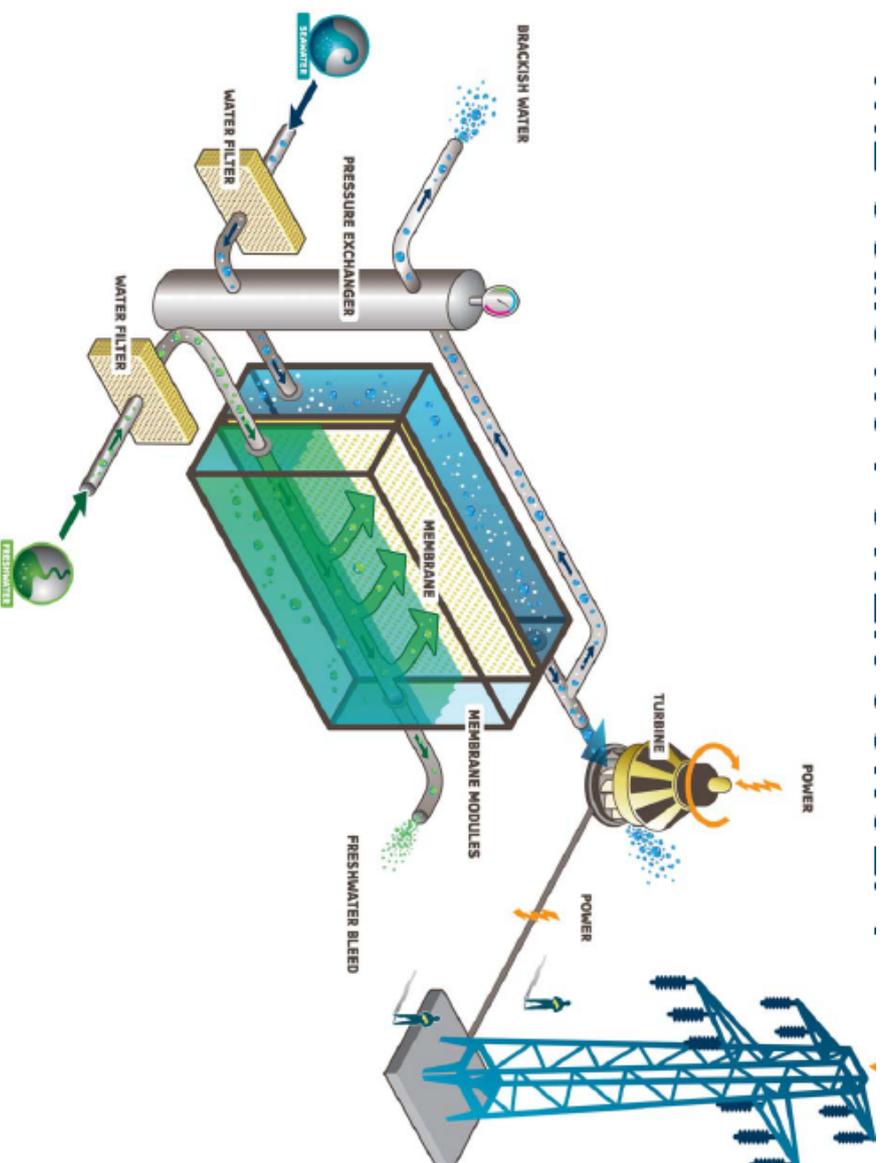
Energie thermique des mers



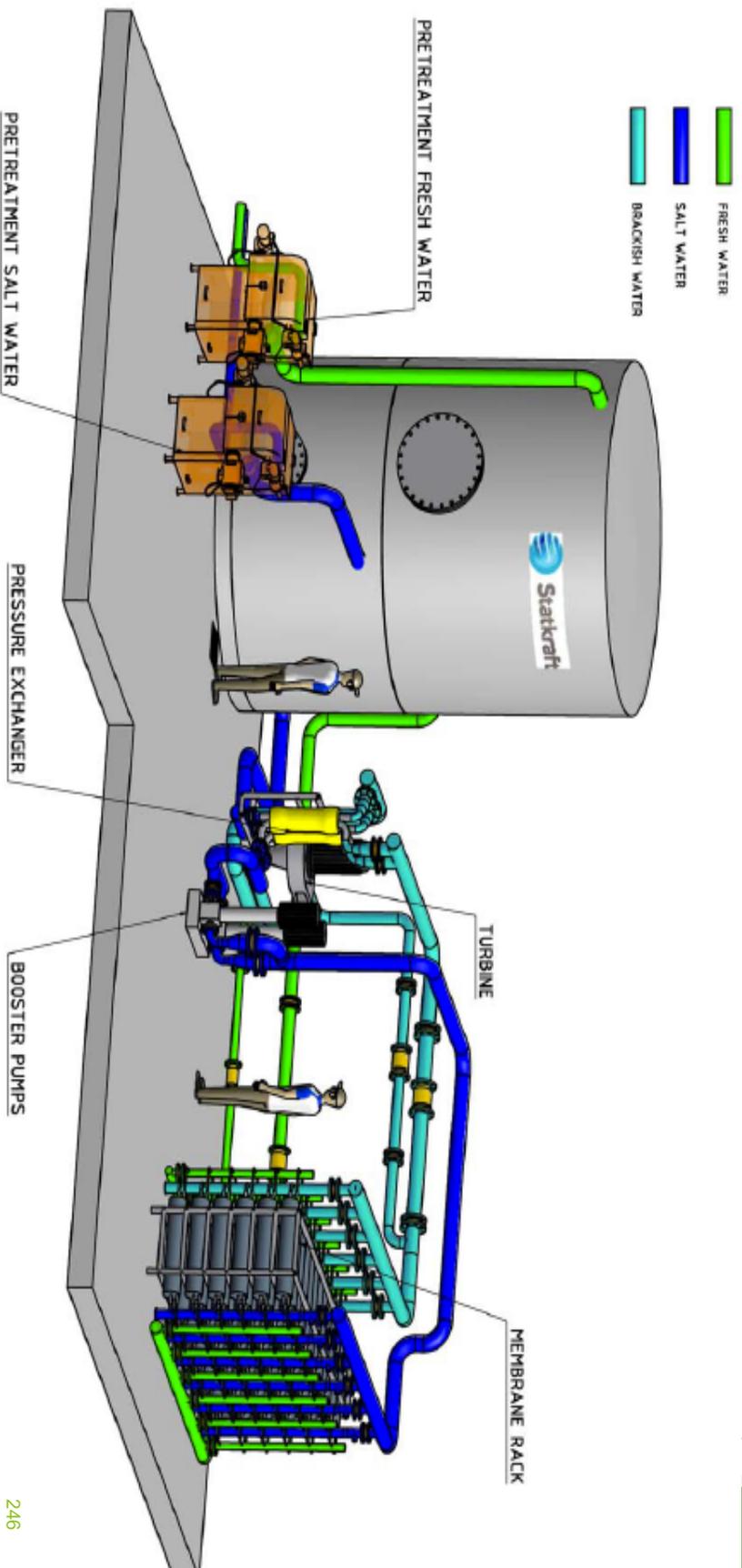
L'équivalent de 20 mètres de chute!



L'équivalent de 20 mètres de chute!



Osmose : l'installation



L'énergie des embouchures....



Variante : RED

L'électrodialyse inverse (RED) a aussi comme base une membrane perméable aux ions...

On a ici affaire à une pile ionique

Projet au Nord des Pays-Bas sur une embouchure artificielle.

