



*Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC UVED « Énergies renouvelables ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.*

## *Contexte technologique des énergies marines renouvelables*

**Jean-Yves PRADILLON**

*Responsable du mastère sur les énergies renouvelables marines  
ENSTA BRETAGNE*

Le domaine des énergies marines renouvelables est un secteur industriel assez récent mais un certain nombre de définitions qu'on applique déjà dans le secteur de l'énergie sont tout à fait pertinentes pour les énergies marines renouvelables.

Alors, j'aimerais introduire quelques notions, en particulier le potentiel théorique.

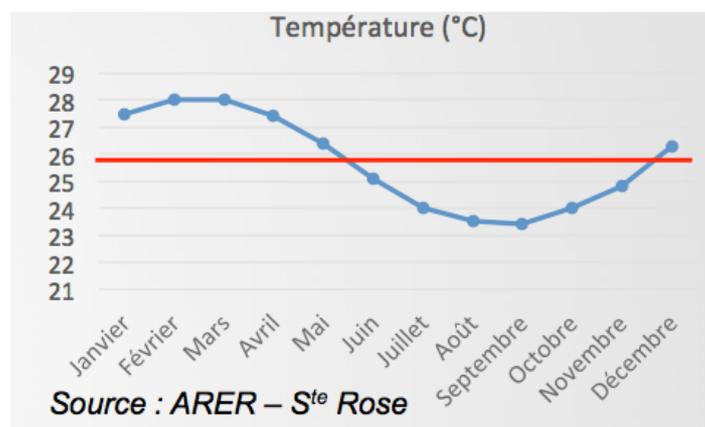
- Le potentiel théorique, c'est quelque chose que l'on peut retrouver facilement avec des formules physiques et qui nous donne la puissance et l'énergie que l'on peut retirer d'une certaine ressource.
- ⇒ Ces chiffres sont en général très élevés et on fait une distinction avec ce qu'on appelle plutôt le potentiel techniquement exploitable.
- Le potentiel techniquement exploitable, c'est cette partie d'énergie sur l'ensemble théorique que l'on peut effectivement capter avec les moyens dont on dispose aujourd'hui.

Enfin, une autre définition importante pour bien comprendre les différentes machines, être capable de les situer, c'est ce qu'on appelle le facteur de charge.

- Le facteur de charge représente la quantité d'énergie que l'on va effectivement retirer d'un système, rapportée à la quantité d'énergie potentiellement retirable de ce système s'il tournait en permanence à plein régime.
- Ce facteur de charge est une donnée qui est variable au sein d'une même journée, qui est variable géographiquement, donc c'est une variabilité spatio-temporelle mais aussi on s'aperçoit que des systèmes peuvent être en sous-régime pendant que d'autres sont en régime nominal voire en surrégime, et donc en fait, le facteur de charge est aussi quelque chose que l'on peut exprimer de manière moyenne sur une période donnée et en général on utilise beaucoup le terme de facteur de charge sur une année, c'est-à-dire la production moyenne d'une machine sur une année.

Alors, j'aimerais parler des différentes caractéristiques des ressources que l'on peut exploiter en énergies marines renouvelables.

- Je vais commencer par l'énergie thermique des mers qui se base sur le gradient de température, c'est-à-dire sur la différence de température que nous avons entre les eaux de surface et les eaux profondes.
  - Cette différence de température permet de faire fonctionner des machines thermodynamiques et on voit bien que sur le graphique (qui se trouve en haut à droite sur ce transparent), on voit bien que cette notion de température, en particulier sur les eaux de surface est quelque chose qui peut varier d'un moment de l'année à un autre, même dans la ceinture intertropicale où sont particulièrement efficaces les systèmes d'énergie thermique des mers et bien il y a des saisons et donc des variabilités de température.
- ⇒ Donc on voit bien le trait rouge sur ce transparent, par exemple la température moyenne et on voit la variation sur l'année autour de cette température moyenne.

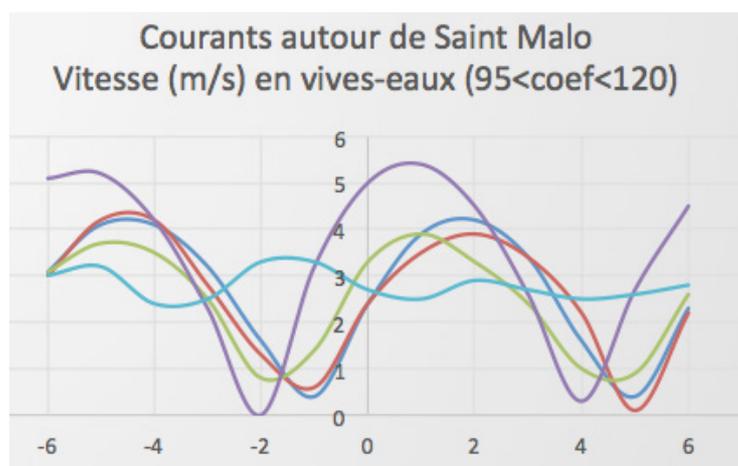


- Le facteur de charge pour celle-ci est de 30 %.

- La deuxième ressource que j'aimerais présenter, c'est les vents et les courants. Alors ce n'est pas tout à fait la même chose, le vent, le fluide c'est l'air, le courant, le fluide c'est l'eau mais le principe de fonctionnement des machines que l'on met dans ces deux types de ressources-là sont assez identiques donc on a l'habitude de souvent les associer.
- Alors, là aussi on a une variation spatio-temporelle et alors on s'aperçoit que (en bas à gauche du transparent), on voit une répartition de la force et de la direction des vents pour une éolienne.
- Dans la figure en bas au milieu, on voit la répartition des courants ;

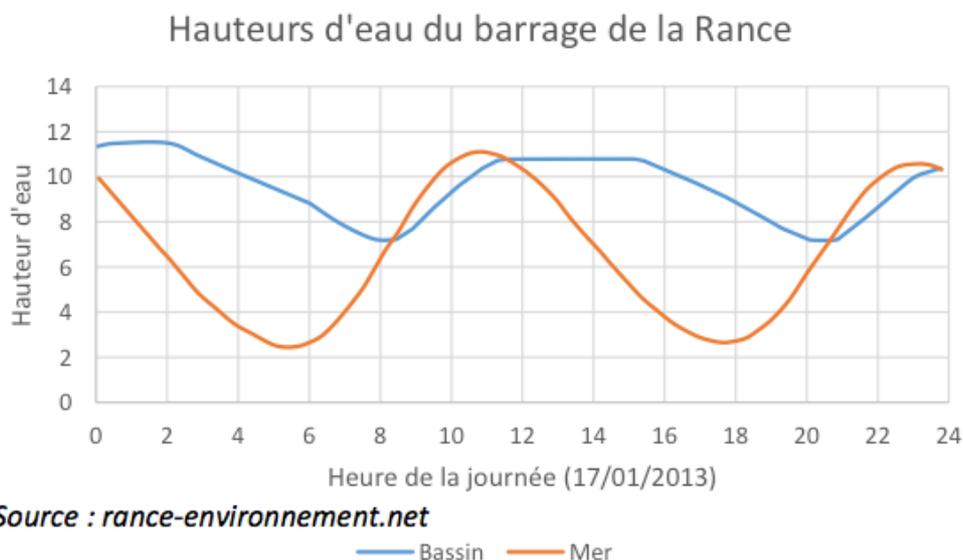


- Et sur le transparent en bas à droite, on voit la quantité d'énergie, la vitesse de courant sur (ici on est au large de Saint-Malo) à différents points autour de Saint-Malo, c'est-à-dire qu'on est vraiment sur un espace qui n'est pas très étendu mais on s'aperçoit que la valeur des fonds, la bathymétrie fait que l'on peut trouver une énergie qui est variable dans une zone particulière.



- ⇒ Ce qui voudra dire que lorsqu'on fera un système d'énergie thermique des mers et bien, on fera très attention à l'endroit où on va installer la machine pour obtenir le meilleur de l'énergie.

- Une autre énergie qu'il est possible de capter en mer, c'est les vagues ou la houle.
- Et en général, on a l'impression que - quand on regarde ça de loin -, que c'est un mouvement sinusoïdal et que les molécules d'eau montent et descendent et c'est tout ce qu'elles font, mais c'est bien loin de ça et on voit sur cette animation (en haut à droite) que les molécules d'eau se déplacent, en plus de se déplacer verticalement en montée et descente, elles se déplacent aussi dans le sens de la houle et donc les machines doivent tenir compte de ce type de fonctionnement de la ressource.
- En plus, la ressource est variable en hauteur, on a de grands mouvements en surface, plus on va vers le fond et moins les mouvements sont importants mais ils existent toujours, ce qui autorise de mettre des machines en surface ou dans la veine d'eau.
- Le facteur de charge pour les vagues c'est de l'ordre de 30 à 50 %.
- Enfin, je terminerai avec les marées où là on va jouer sur la différence de hauteur, ce que l'on appelle le marnage, entre les parties les plus basses et les plus hautes d'une marée.
- ⇒ Dans les sites les plus énergétiques au monde, on peut aller de 10 à 20 mètres, sachant par exemple que le record étant la baie de Fundy, au Canada mais on a aussi l'estuaire de la Severn au Royaume-Uni mais aussi l'estuaire de la Rance en France qui sont des lieux particulièrement énergétiques.
- Le dessin qui se trouve sur la droite du transparent en bas vous montre la différence de hauteur sur une journée complète - donc sur 24 heures -, vous avez la différence de hauteur entre en rouge, la marée et en bleu, le réservoir derrière le barrage de l'usine de la Rance et on voit d'ailleurs, c'est assez amusant, que sur la plage 12 - 16, le réservoir va être à une hauteur légèrement inférieure à la hauteur de la mer, alors qu'au contraire, sur la plage précédente, entre 0 et 2h du matin, là, on aura surchargé le réservoir.



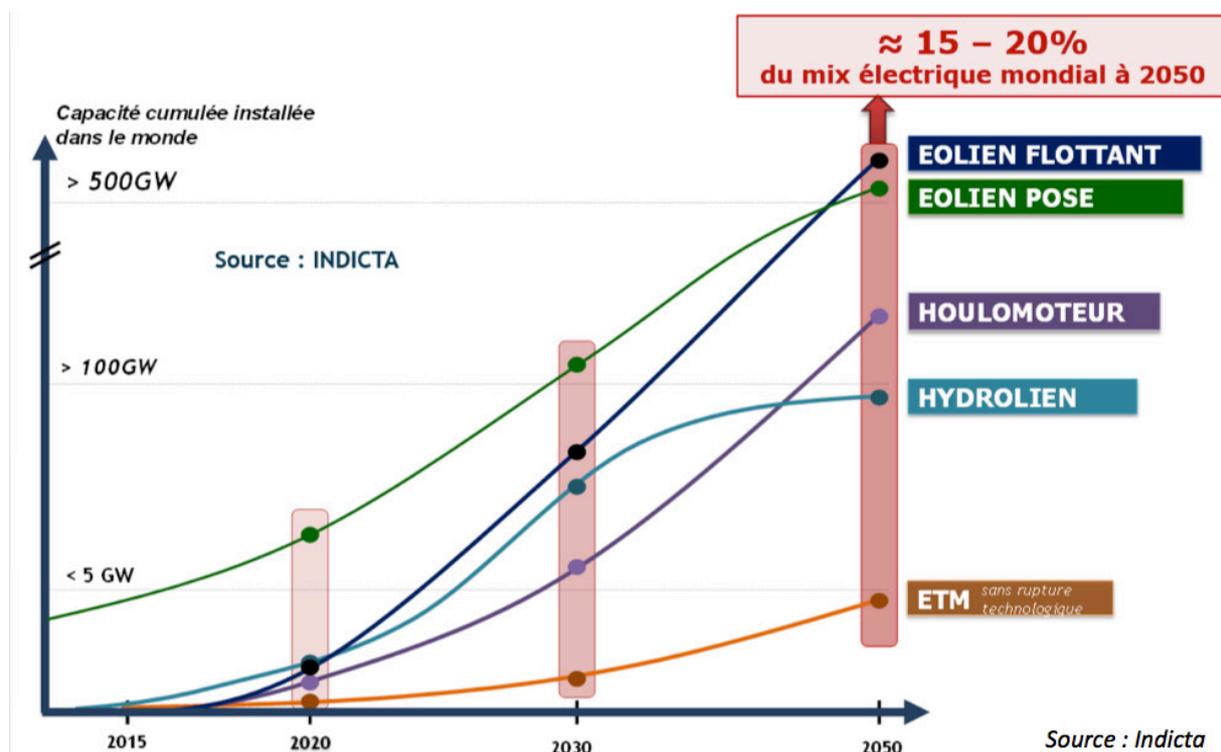
- Le facteur de charge est de 30 %.

Et puisque je viens de parler de ces facteurs de charge, j'aimerais juste rapidement montrer comment on obtient ces valeurs-là.

- Typiquement, l'usine de la Rance est dimensionnée avec une valeur pic de 240 MW, c'est-à-dire qu'elle a 24 turbines de 10 MW chacune et on sait que l'usine de la Rance par expérience, depuis le milieu des années 60, produit en moyenne 550 GWh par an.
- Donc si on ramène ça au nombre d'heures possibles dans l'année, potentiellement, on va obtenir 240 multiplié par le nombre d'heures possibles dans l'année, on va obtenir un chiffre et si on divise 550 par ce chiffre, on obtient 26 %.

⇒ Donc c'est le rendement usuel d'une usine marémotrice.

Avant de rentrer dans le détail des différents systèmes, ici je présente une vue prospective des différentes sources d'énergies marines renouvelables où on voit la progression de ces énergies.



Alors, évidemment, on est optimistes, on croit qu'elles vont croître d'une manière importante mais on s'aperçoit quand même de certaines choses :

Alors, sur ce graphique, il y a deux énergies qui ont une inflexion : c'est l'éolien posé et l'hydrolien.

- Les éoliennes posées ont commencé bien plus tôt que toutes les autres technologies, on le voit en début de la courbe.
- On commence déjà en 2012 à avoir un certain nombre de machines posées et on s'aperçoit que les éoliennes flottantes qui ont démarré beaucoup plus tard puisqu'on est en plein démarrage de ces technologies-là, vont l'estimer vers 2050 passer au-dessus des éoliennes posées. Pourquoi ?
- ⇒ Tout simplement parce que les sites potentiels d'installation d'éolien posé sont limités en nombre et donc par voie de conséquence, tous les sites vont être appareillés au bout d'un moment et le seul potentiel de développement qu'on aura ce sera sur l'éolien flottant.
- Et l'hydrolien, on est dans une situation à peu près identique, lorsque l'on aura installé les sites, ce sera absolument terminé.

L'ETM ne représente pas beaucoup de sites mais il représente une véritable chance pour des zones géographiques très particulières comme par exemple les îles de la ceinture intertropicale.

Les estimations, pas forcément les plus optimistes, peuvent nous amener à penser que de l'ordre de 15 à 20 % du mix énergétique électrique mondial sera assuré par les énergies marines renouvelables à l'horizon 2050.