

## **Introduction :**

De nos jours, l'enjeu écologique est un problème majeur : on réfléchit sans cesse à de nouvelles sources d'énergie non polluantes. Parmi les solutions envisagées, l'hydrolienne, dont le projet remonte à 1999, pourrait être une solution pour remplacer le nucléaire et les énergies fossiles dans la production d'électricité. Il s'agit en effet d'une énergie renouvelable dont le principe suit celui de l'éolienne. Elle est simplement en immersion dans l'eau et fonctionne suivant l'énergie cinétique (de mouvement) des courants marins.

Elle est certainement un prologue à l'utilisation de l'océan comme producteur d'énergie. Celui-ci est encore très peu exploité alors qu'il représente une source d'énergie quasi-inépuisable.

La question est de savoir si l'hydrolienne permet une production massive d'énergie tout en tenant compte de l'aspect environnemental. Mais avant tout, il faut définir ce qu'est une hydrolienne.

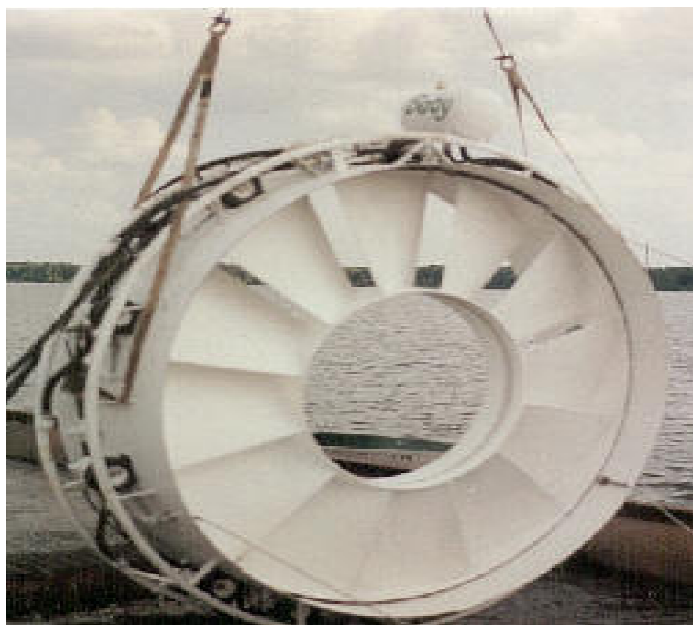
## **1. Qu'est-ce qu'une hydrolienne ?**

### 11. Composition

Même si les différents projets ne se ressemblent pas, du fait qu'elles ont un design laissé à la libre interprétation de l'architecte en charge du projet, les différentes hydroliennes sont toujours composées des mêmes éléments :

- **Un flotteur** : C'est un élément de capacité réglable que l'on peut alourdir avec plus ou moins d'eau. Pour obtenir la meilleure productivité, il faut que la hauteur d'air emprisonné dans le flotteur corresponde à la hauteur des vagues à la surface.

- **Une turbine** : Elle est composée de deux éléments : le rotor est la partie centrale, celle qui reçoit l'énergie mécanique. C'est là qu'on attache les pales, dont le nombre varie de 2 à 10 selon les projets,



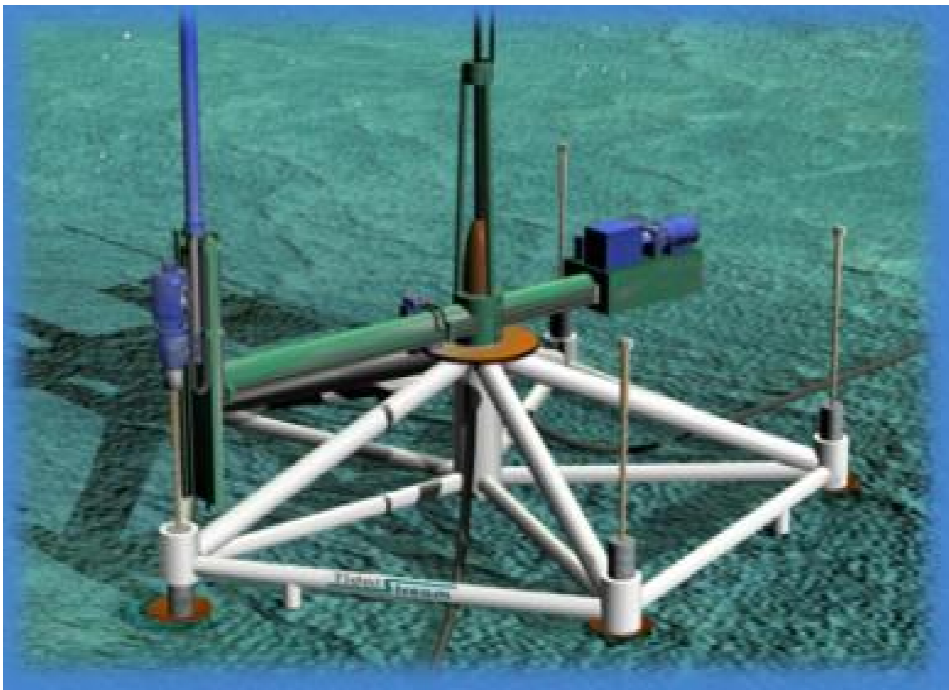
et qui, entraînées par le courant, produisent l'énergie mécanique.

- **Un stabilisateur** : C'est le processus qui permet aux pales d'être bien positionnées par rapport au sens des courants marins.

- **Un alternateur** : C'est un générateur électrique, qui permet de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique. Sans alternateur, l'hydrolienne serait inutile. On distingue 2 types d'alternateurs qui peuvent être entraînés soit directement, soit par l'intermédiaire d'un multiplicateur : la génératrice asynchrone à courant alternatif, dans laquelle le courant est tantôt négatif tantôt positif, et la génératrice à courant continu, communément appelée dynamo, dans laquelle le courant circule toujours dans le même sens.

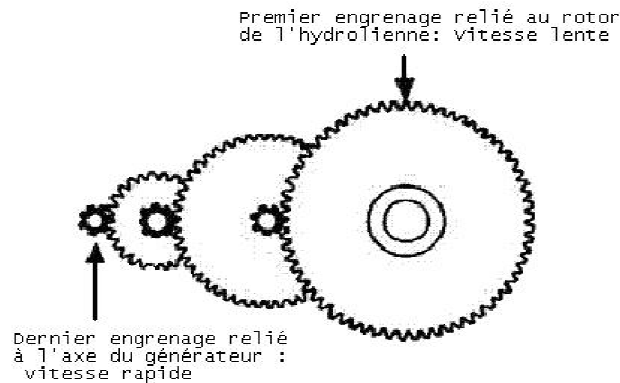


- **Un mât relié à une ancre** : Elle correspond à la base de l'hydrolienne : cette partie est en général fixée dans le sol et maintient l'hydrolienne pour qu'elle ne bascule pas. La plupart du temps, la base est rotative pour que l'on puisse orienter les pales vers le courant ; de plus, sur certaines hydroliennes, la nacelle (la partie de l'hydrolienne regroupant la turbine, le stabilisateur et les différents composants électriques) peut «glisser» sur le mât et ainsi, être remontée à la surface.

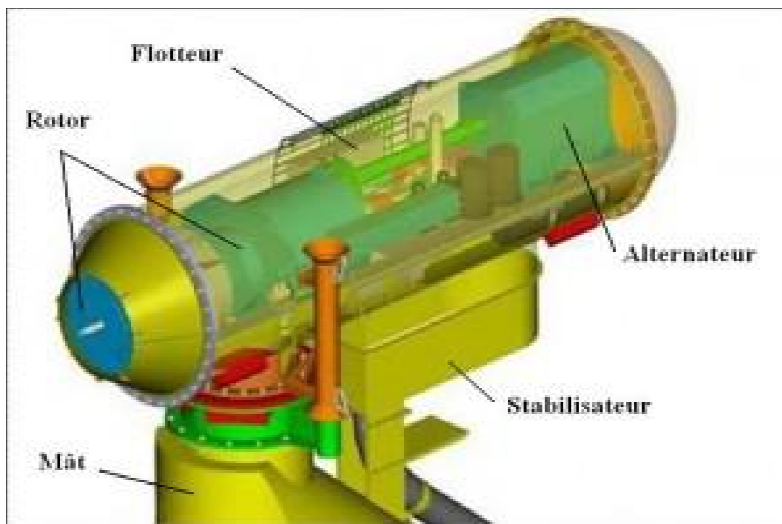


-**Un multiplicateur** : Cet élément est facultatif. Il est nécessaire lorsque le diamètre des pales est supérieur à 5 mètres, car la vitesse de rotation (moins de 200 tr/min) sera trop faible pour entraîner un

alternateur classique. Le multiplicateur, comme son nom l'indique, a pour but de multiplier la vitesse de rotation. Le plus simple et le plus utilisé est le multiplicateur à engrenages. Cependant, il devient vite encombrant lorsque le rapport de multiplication est important.



Voici à quoi ressemble une hydrolienne sans les pales :



## 12. Objectifs

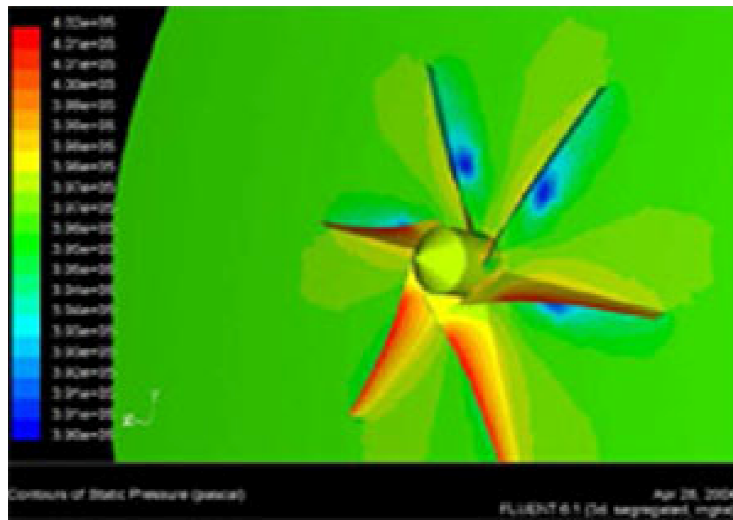
Nous allons définir les objectifs qu'une hydrolienne doit atteindre :

- Se maintenir en place malgré la pression de l'eau et la force du courant : les hydroliennes doivent donc être construites avec des matériaux solides et résistants dans la durée, et il faut que les fondations les maintenant soient solides.
- Turbiner au mieux pour produire de l'énergie mécanique : le choix de l'emplacement, de la taille des pales ainsi que de leur forme sera déterminant.
- Transformer l'énergie mécanique en énergie électrique, puis l'acheminer vers le réseau terrestre : les hydroliennes étant placées loin des côtes, il faudra trouver un moyen de lier l'énergie produite en mer au réseau électrique situé sur les côtes.
- Nécessiter un minimum d'entretien car le milieu marin est un milieu hostile donc difficile d'accès.
- Ne pas gêner la navigation et le milieu vivant : on revient au problème de l'emplacement.
- Produire de l'énergie à un coût acceptable.

## 13. Principe de fonctionnement

L'objectif de l'hydrolienne est de produire de l'électricité en convertissant l'énergie cinétique des pales en énergie électrique. Pour que les pales de l'hydrolienne tournent, il faut qu'elles soient

orientés face au courant. Les pales sont, par conséquent, légèrement inclinées vers l'intérieur, et fonctionnent selon le même principe que les hélices d'avions : le courant se « heurte » aux pales inclinées de l'hydrolienne, ce qui crée une pression plus importante (en rouge) à cet endroit, par rapport à la pression du milieu (en vert) ; de plus, cette surpression occasionne une dépression (en bleu) à l'arrière des pales.



Ainsi, l'hélice est poussée par la surpression et est aspirée par la dépression, ce qui la fait tourner. Elle entraîne dans son sillage l'alternateur qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. L'électricité peut enfin être acheminée vers le réseau national via des câbles. Il faut tout d'abord déterminer la puissance de la ressource. On appelle cette puissance « puissance motrice » ; ce terme désigne la puissance que la ressource transmet à la machine, dans notre cas, l'hydrolienne.

La puissance motrice de l'eau qui traverse la surface du rotor est donnée par la formule :

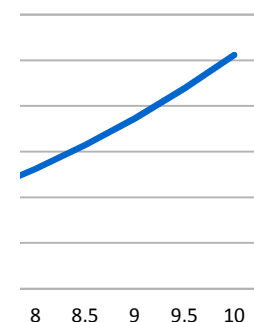
$$W = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^3$$

**W** : puissance en W/m<sup>2</sup> – **ρ** : masse volumique de l'eau salée (1024 kg/m<sup>3</sup>)

**U** : vitesse de l'eau en m/s

Ce graphique donne l'évolution de cette puissance en fonction de la vitesse du courant :

urant



Cette puissance est donnée en W/m<sup>2</sup>, ce qui signifie que la puissance dépend de la surface des pales. On voit que l'hydrolienne commence à devenir intéressante lorsque le courant atteint une vitesse de 3m/s.

Hélas la totalité de cette puissance ne peut pas être exploitée : ceci est dû à ce qu'on nomme «la limite de Betz». C'est un calcul théorique effectué par un mathématicien du nom de Albert Betz qui dit

que la puissance maximale pouvant être exploitée par une hydrolienne quelconque est égale à 16/27 de la puissance du fluide.

L'énergie produite par une hydrolienne est alors donnée par la formule :

$$P_{hel} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_p \cdot S \cdot V^3$$

$P_{hel}$  = puissance mécanique fournie (en W)

$C_p$  = coefficient de puissance ( $\approx 0,57$ )

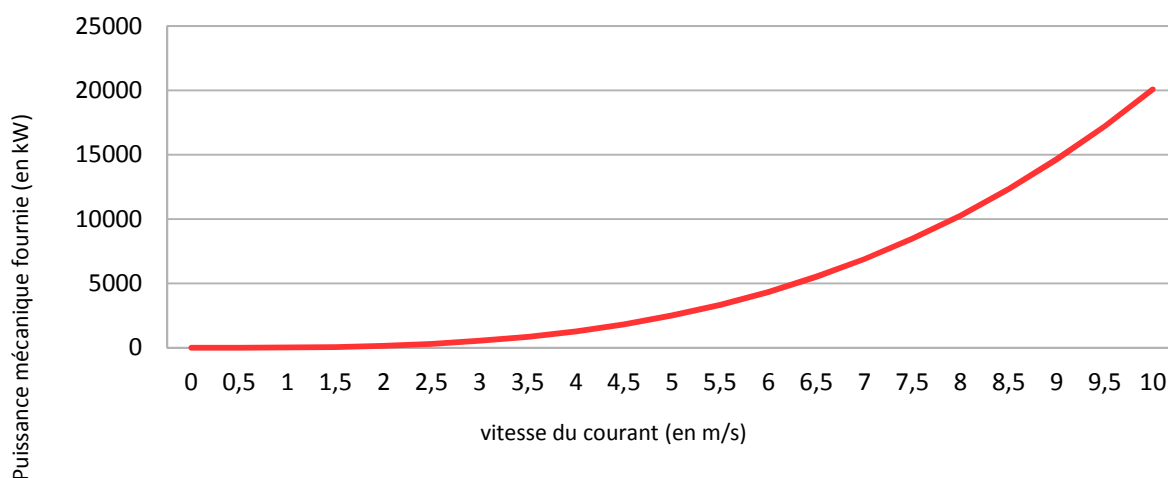
$\rho$  = masse volumique de l'eau salée = 1024 kg/m<sup>3</sup>

$S$  = surface du disque éolien en m<sup>2</sup> (surface circulaire générée par la rotation des pales)

$V$  = vitesse du courant en m/s

Ce graphique donne la puissance mécanique fournie par une hydrolienne ayant des pales de 5 mètres en fonction de la vitesse du courant :

Puissance mécanique fournie en fonction de la vitesse du courant

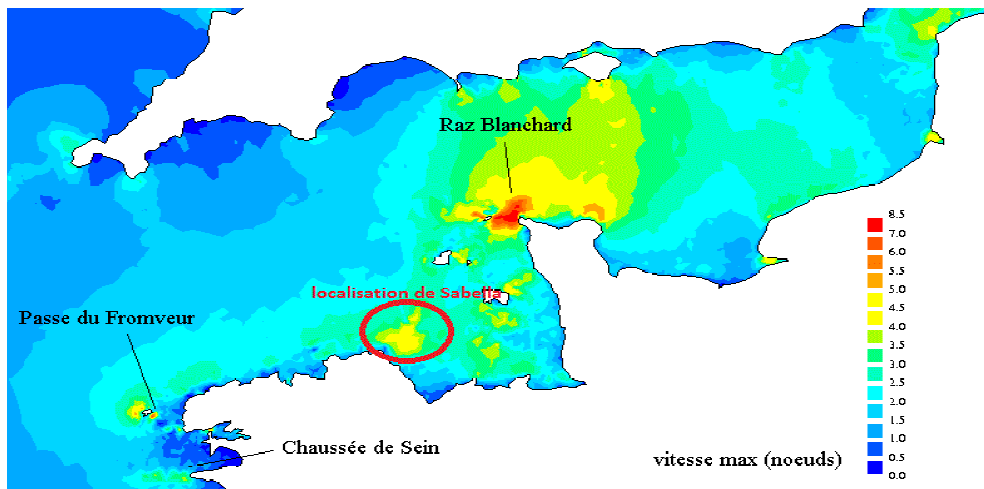


#### 14. Différents types de projet

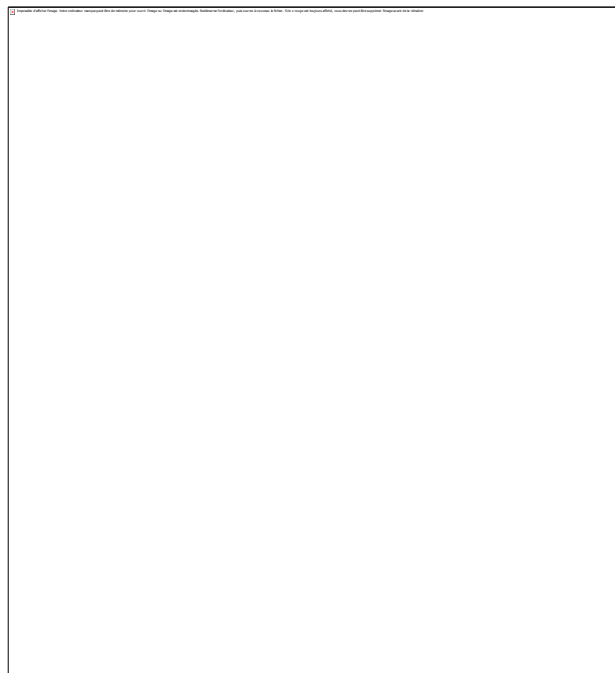
##### *14.1. Le projet Sabella*

C'est une petite entreprise quimpéroise, Hydrohelix, qui est à l'origine de ce projet. Hydrohelix, dont l'objectif est de créer le premier parc hydrolien français au large de l'île de Bréhat, a construit Sabella en guise d'expérimentation afin de tester d'une part ses performances et d'autre

part l'impact sur la faune locale. Elle fut installée le 31 mars 2008 au large de Paimpol ; le choix de ce site n'est pas anodin, car il s'agit d'une zone où les courants sont particulièrement forts (de 6 à 10 m/s, ce qui est amplement suffisant vu que Sabella ne nécessite qu'un courant de 2,5 m/s pour fonctionner).



Sabella pèse 7 tonnes et a des pales de 3 mètres de diamètre. Le coût du projet est estimé à 750 000 € et sa vitesse de rotation est située entre 20 et 50 tr/min, ce qui équivaut à une production estimée à 20 kW (la consommation annuelle de 150 maisons). Elle est immergée à 30 mètres de profondeur et à 10 kilomètres des côtes. L'électricité est acheminée vers le continent grâce à un câble, puis connectée au réseau national.

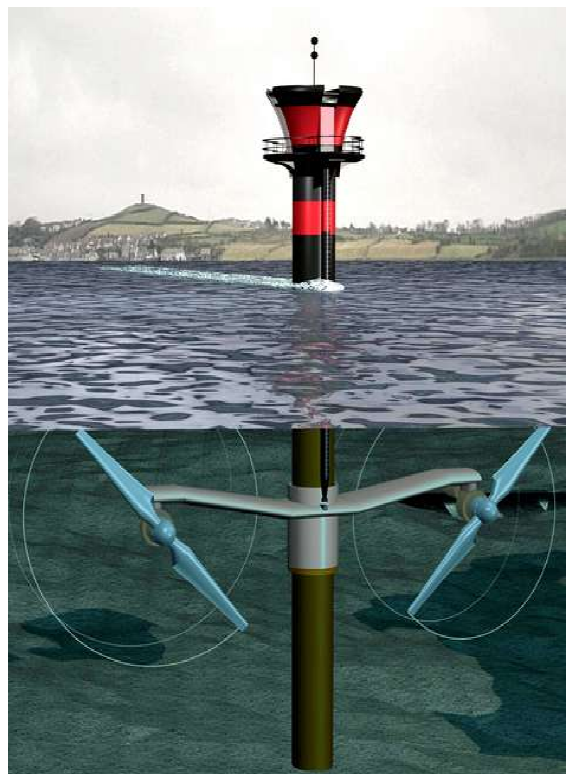


A l'horizon 2015, Hydrohelix souhaite installer 5 hydroliennes ayant chacune des pales de 16 mètres de diamètre et qui produiront 1MW au total (l'équivalent de la consommation de 7500 foyers).



### *142. Le projet Seagen*

Les Britanniques ont déjà immergé une hydrolienne au large de l'Irlande du Nord, en mai 2011. Elle est actuellement la plus grosse du monde, avec 2 hélices de 15 mètres de diamètre. Grâce à ses deux hélices supportées par un bras horizontal et installées de part et d'autre d'un mât planté à une trentaine de mètres de profondeur. Elle pourra produire 1,2 MW (l'équivalent de la consommation de 9000 foyers). Les Britanniques ont donc une légère avance sur les Français dans le domaine, et ces derniers envisagent, après avoir testé l'hydrolienne britannique pendant deux mois, d'améliorer sa capacité électrique.



L'innovation majeure est que la maintenance des hélices peut se faire «à sec», car le bras permet de remonter les hélices à la surface. Ce système «d'ascenseur» permet aussi d'orienter et de régler la profondeur des hélices afin qu'elle profite au maximum du courant.

Les Britanniques envisagent d'établir un parc hydrolien au large de la côte d'Andrim : ce parc pourra fournir environ 100 MW (ce qui équivaut à la consommation annuelle d'une ville

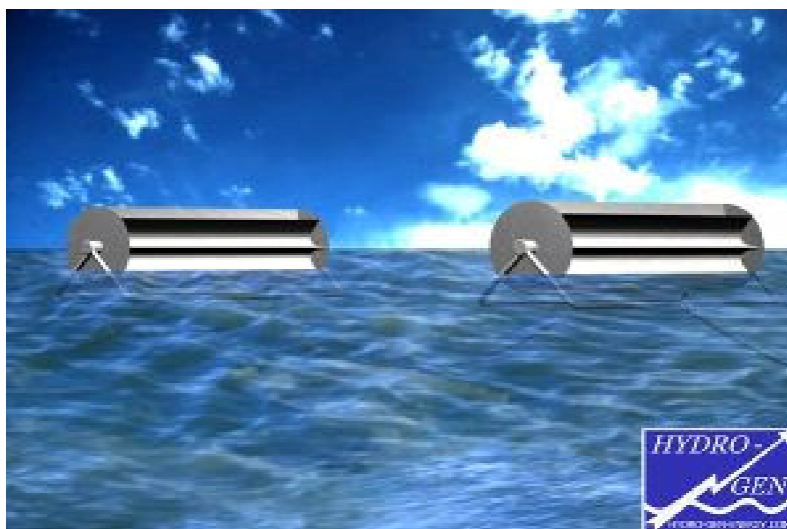
comme Toulouse !) ; par contre, le coût estimé du projet est conséquent.

### 143. Autres projets

De nombreux autres projets destinés à capter l'énergie des courants ont été imaginés. On peut citer le projet ambitieux et original de la société Verdant Power, établie à New York. Elle envisage de construire une petite ferme de turbines dans l'East River (à New York). Les hydroliennes seront fixées dans le sol à 9 mètres de profondeur et seront équipées d'un rotor pivotant capable de s'orienter face au courant en fonction de la marée. Trey Taylor, le président de Verdant Power, espère construire 200 à 300 petites hydroliennes le long du fleuve.

D'autres projets sont développés partout dans le monde :

- le projet Hydrogen, où les hydroliennes flottent en surface

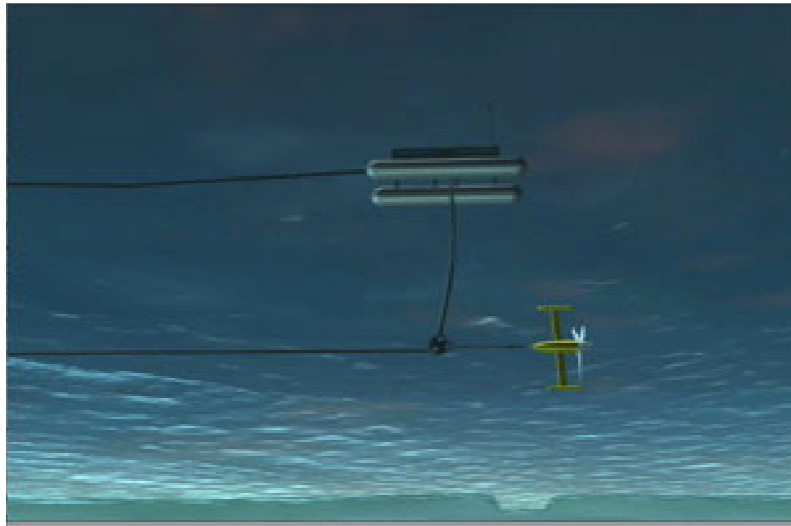


- le projet Open-Hydro



- Le projet Atlantic Florida University





## 2. Conditions d'implantation

Développer une hydrolienne est pour le moment quelque chose d'extrêmement coûteux. C'est pourquoi le choix du lieu où l'on va implanter n'est pas à prendre à la légère. De nombreux aspects entrent en compte : la vitesse du courant, mais aussi l'orientation par rapport à celui-ci, les impacts potentiels qu'elle aurait sur l'environnement, mais surtout le lieu où l'on va l'implanter pour que la production d'énergie soit maximale.

### 2.1. Profondeur et orientation

L'orientation de l'hydrolienne a beaucoup d'importance : celle-ci doit être placée face au courant, de manière à ce que le courant frappe l'hélice de plein fouet, ce qui assure une production optimale, comme nous l'avons vu précédemment. Même si les courants vont en général toujours dans le même sens, les fabricants ont quand même permis à l'hydrolienne d'être orientée comme ils le veulent, car le rotor tourne autour du mât.

La profondeur à laquelle on la mettra a aussi son importance : plus l'hydrolienne sera ancrée profondément et plus il sera difficile d'assurer la maintenance et l'entretien de la machine. On a donc déterminé qu'une hydrolienne doit être placée à une profondeur située entre 15 et 100 mètres. En dessous de 15 mètres, les courants sont bien trop faibles pour être exploités. Au dessus de 100 mètres, il est très difficile d'assurer l'entretien et la maintenance de la machine. Cela signifie que l'installation des hydroliennes ne peut se faire qu'à proximité des côtes, et non en plein milieu de l'océan. De toute manière, acheminer l'électricité serait bien trop coûteux et laborieux si l'hydrolienne était placée à plus de 50 kilomètres des côtes.

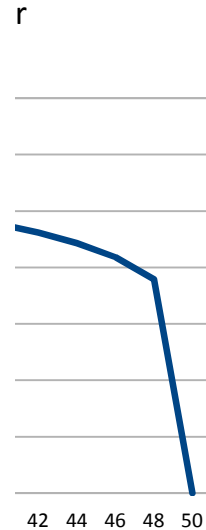
On sait en outre que la vitesse du courant varie selon la distance avec le fond, selon la formule :

$$U = (U_0 * (z / p))^{(1/7)}$$

**z** : distance au dessus du fond – **p** : distance entre le fond et la surface

**U<sub>0</sub>** : vitesse du courant en surface

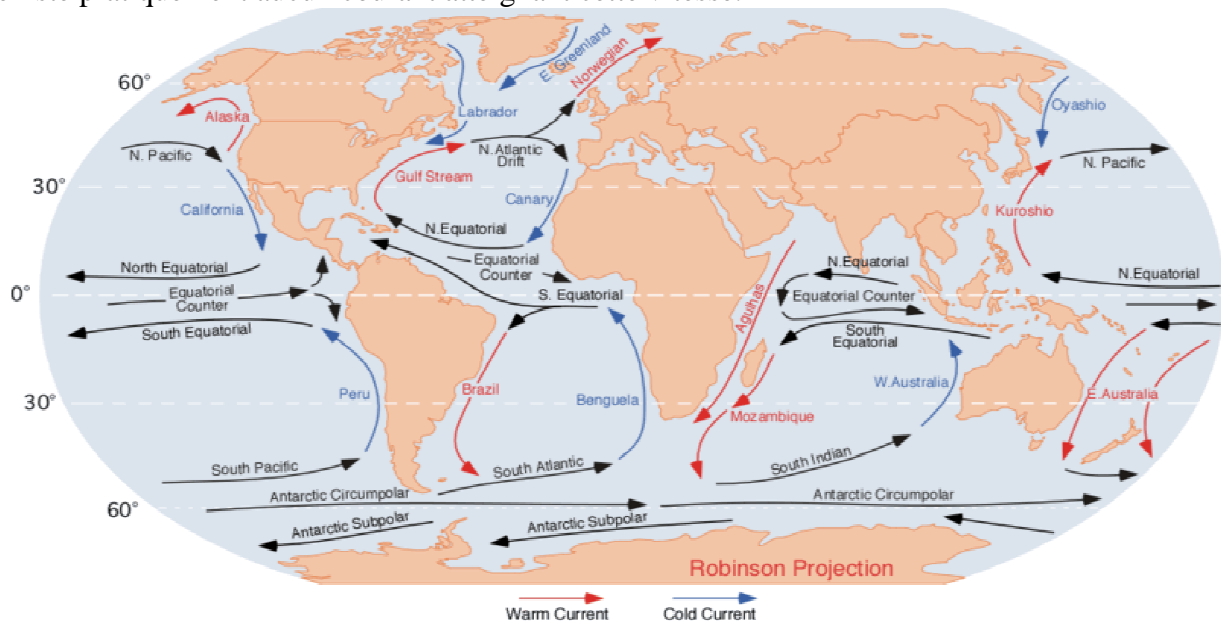
Ce graphique donne la vitesse du courant en fonction de la distance par rapport à la surface, pour une profondeur de 50 mètres et un courant d'une vitesse de 3m/s :



En fait, la vitesse maximale est généralement située légèrement sous la surface libre. C'est pourquoi cette formule montre ses limites, mais elle est pour le moment la meilleure que l'on ait trouvée.

## 22. Lieux propices à l'implantation

Tout d'abord, il faut savoir qu'une hydrolienne ne peut fonctionner que si la vitesse du courant est supérieure à 2 m/s. Si cette vitesse ne semble pas très élevée, les zones où les courants surpassent cette valeur sont pourtant relativement rares. Les experts en charge du projet établissent aussi une limite de 10m/s au-dessus de laquelle se formeraient des bulles de gaz qui, en formant des bulles de gaz, engendrerait une dépression importune pour le fonctionnement de l'appareil. Mais il n'existe pratiquement aucun courant atteignant cette vitesse.

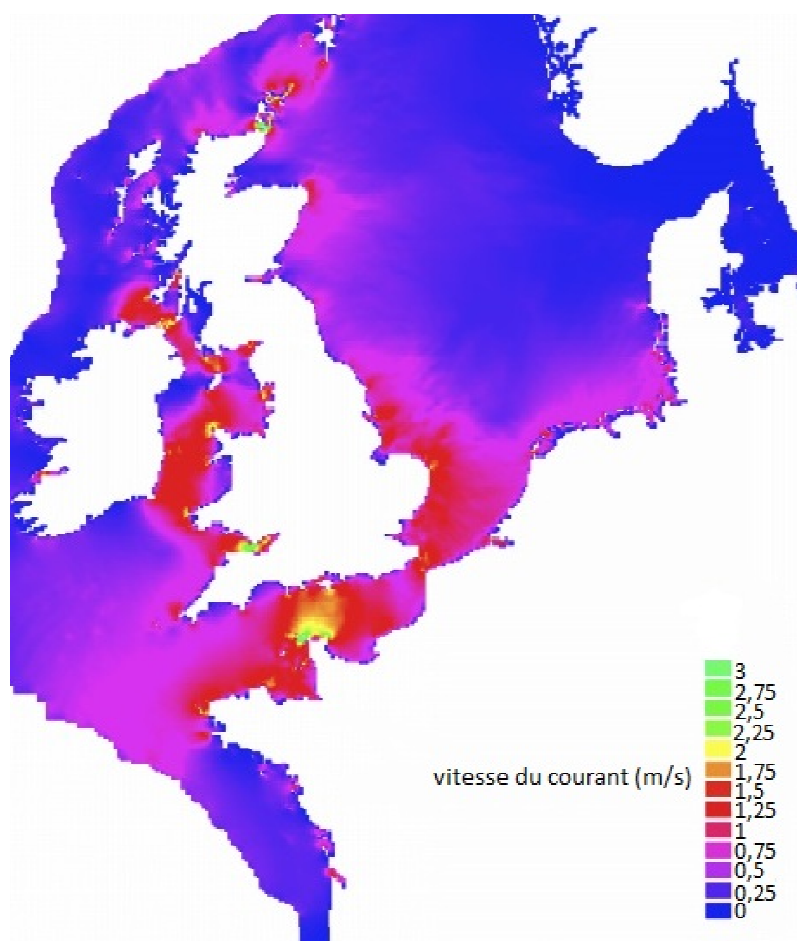


Lorsqu'on parle de courants, on pense en général aux courants océaniques. Même si potentiellement, tous les courants, chauds ou froids, pourraient être exploités, leur vitesse moyenne de 1 m/s est trop faible pour faire tourner les pales. De plus, comme le montre la carte, et à quelques exceptions près, ils sont trop éloignés des côtes pour que l'on achemine l'électricité sans que l'opération soit trop onéreuse.

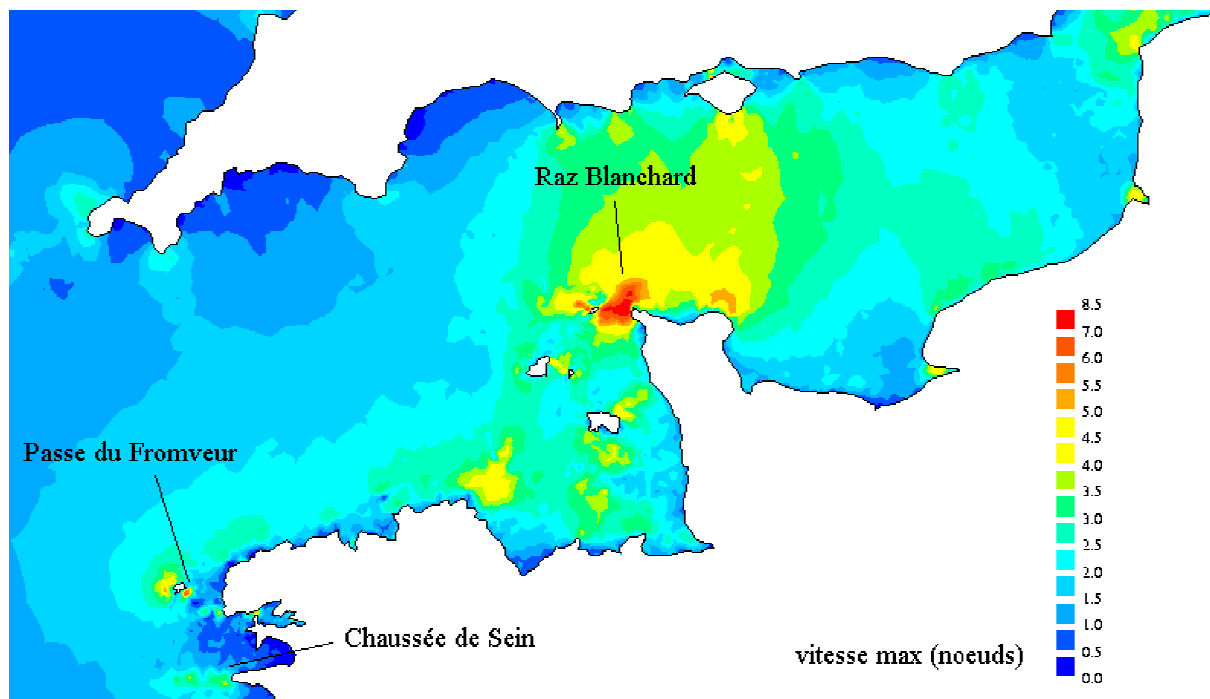
Il faut donc trouver d'autres courants plus intéressants. Les courants de marée sont la solution, premièrement parce qu'ils peuvent atteindre une vitesse de 5 m/s, et deuxièmement parce qu'on les trouve près des côtes. Comme l'indique leur nom, les courants de marée sont créés par la marée. Quand la marée monte, le courant se dirige vers les côtes, et quand elle descend, le courant change de sens et se dirige vers le large. Le fait que le courant change de sens n'est pas un problème en soi, car il empruntera le même chemin pour aller vers les côtes ou pour revenir : il n'y aura pas besoin d'orienter les pales dans l'autre sens pour qu'elles fonctionnent.

Ces courants sont très intenses dans les baies, et le projet proposé par l'entreprise américaine HydroVenturi, consistant à placer un champ d'hydroliennes à l'entrée de la baie de San Francisco, permettrait d'alimenter en électricité la ville entière, soit 1 million d'habitants.

En Europe, la Manche et la mer du Nord sont les lieux où les courants de marée sont les plus forts, ce qui explique pourquoi la France et la Grande-Bretagne sont les pionniers du projet de l'hydrolienne. Les autres mers européennes (mer Méditerranée, mer Baltique, mer Noire) sont des mers très fermées où les marées sont quasi-nulles. Cette carte illustre bien le fait que c'est dans la Manche que se concentre la majeure partie du potentiel hydrolien en Europe :



En France, c'est la Bretagne qui dispose des courants de marée les plus forts. Au large de cette région, les lieux propices à l'installation d'un champ d'hydroliennes sont au nombre de trois : le Raz Blanchard, la Passe du Fromveur et la Chaussée de Sein. Cette carte justifie le choix de ces lieux, en nous montrant non seulement la proximité qu'ils ont avec les côtes, mais aussi le courant fort qui les caractérise :



### 23. Impacts de l'hydrolienne

Les impacts potentiels de l'hydrolienne sont encore mal connus, ce qui inquiète considérablement les pêcheurs travaillant dans les zones où elles seront implantées. Les impacts environnementaux sont actuellement à l'étude en Europe dans la Manche, la mer du Nord et la mer Baltique.

Tout d'abord, il faut noter que les sites préférentiels pour l'installation d'hydroliennes sont des sites de courants forts à très forts (plus de 3 m/s), où les conditions sont peu favorables au développement d'une faune et d'une flore sédentaire et fixée. Les impacts ne concerneront donc qu'une minorité d'espèces végétales et animales. Malgré cela, il est tout de même nécessaire de les évaluer.

Ensuite, on ignore si les impacts seront néfastes ou bien bénéfiques pour la vie sous-marine. Pour la flore, d'un côté, il est possible que les turbines créent des zones de turbulence qui empêcheraient les sédiments de se déposer au fond de l'eau et de nourrir la flore, ce qui créerait ainsi, à long terme, une zone morte. D'un autre côté, les sédiments ainsi mis en suspension assureraient la prolifération du plancton, et ainsi, celles des poissons qui s'en nourrissent. Un autre problème est que les sédiments en suspension risquent, en s'accumulant, de provoquer un phénomène d'envasement de l'hydrolienne, et ainsi, nécessiter un entretien fréquent de la machine. La solution est de limiter la vitesse de rotation des pales à 20 tours par minute.

Les hydroliennes pourraient aussi perturber quelques animaux marins qui, trop curieux, se seraient trop approchés. Mais le captage de l'énergie des courants ralentit la vitesse du fluide dans l'axe de la turbine ce qui provoque une légère accélération des courants de contournement. Les poissons suivent en général les courants les plus forts et éviteront l'obstacle : l'hydrolienne a donc des dangers limités pour la faune. De plus, la vitesse relativement faible de l'hydrolienne engendre un bruit trop ténu pour gêner les poissons.

Les impacts sur la navigation seront, quant à eux, quasi-nuls. Ils devront seulement se méfier de ces nouveaux obstacles, qui seront signalés par des balises. On peut déplorer quand même que les hydroliennes «gâchent» le paysage. Enfin, elles seront implantées suffisamment près des côtes pour ne pas provoquer de collisions avec des sous-marins.

Il nous faut également parler du recyclage des matériaux. Celui-ci est malheureusement impossible, la rouille et la corrosion provoquées par le sable et le sel contenus dans l'eau ne permettent pas leur récupération et leur réutilisation en fin de vie. Ces matériaux, qui se doivent d'être ultra-résistants pour tenir le coup face à la pression de l'eau (à 30 mètres de profondeur, elle est de 4 hectopascals, c'est-à-dire 4 fois la pression à la surface de la Terre) et être recouverts d'un revêtement antirouille performant, sont en général très onéreux. C'est pourquoi on ne peut se permettre de gaspiller ces matériaux, et, pour cela, il faut entretenir les hydroliennes fréquemment, ce qui coûte également très cher. Enfin, il faut former les techniciens (formation à la plongée...) afin qu'ils puissent assurer la maintenance sous l'eau (toutes les hydroliennes ne disposant pas de système pour être remontées à la surface), c'est-à-dire ouvrir l'hydrolienne sans que l'eau entre à l'intérieur et abîme les systèmes électroniques.

#### 24. Avantages et inconvénients

Nous allons donc récapituler quels sont les avantages et les inconvénients de l'hydrolienne :

##### Avantages

- Les hydroliennes nécessitent des pales beaucoup plus petites que les éoliennes pour produire une énergie équivalente, et cela grâce à la masse volumique de l'eau qui est environ 800 fois supérieure à celle de l'air.
- L'hydrolienne produit de l'énergie 24h/24, car le courant varie beaucoup moins et est beaucoup plus prévisible que le vent permettant de faire fonctionner les éoliennes.
- L'hydrolienne utilise une énergie renouvelable (le courant marin) et elle ne pollue pas en termes de déchets issus de combustion tels que CO<sub>2</sub> ou de déchets radioactifs.
- Les hydroliennes sont discrètes pour les humains car inaudibles sous l'eau.
- Contrairement aux éoliennes, les hydroliennes ne sont pas synonymes de pollution visuelle.

##### Inconvénients

- Les hydroliennes créent des zones de turbulences, qui modifient la sédimentation et le courant, avec de possibles effets sur la flore et faune juste en aval de leur positionnement. Les animaux marins perçoivent également le son produit par l'hydrolienne, ce qui peut perturber leurs cycles de reproduction.
- Dans les eaux turbides, du fait de la présence de sable en suspension (Pas-de-Calais par exemple), l'érosion des pales d'hélice ou des pièces mobiles par le sable est très forte. Ainsi, l'entretien doit être très fréquent, mais il est plus difficile qu'à l'air libre puisqu'on ne peut pas l'ouvrir sans que l'eau pénètre à l'intérieur et endommage les systèmes mécaniques et électriques.
- Elles coûtent très cher à l'entretien et à l'installation.

La production d'énergie de l'hydrolienne a donc des impacts très limités sur l'environnement, et les lieux pour l'implanter sont suffisamment nombreux pour qu'elle devienne une source d'énergie majeure capable de remplacer les énergies fossiles et le nucléaire. Mais le problème est de savoir si cette énergie est rentable économiquement, et donc, nous allons établir une comparaison avec les autres énergies existantes.

### 3. Production énergétique

#### 31. Comparaison avec les autres énergies

Au niveau de la puissance, une hydrolienne produit à peu près autant qu'une éolienne,

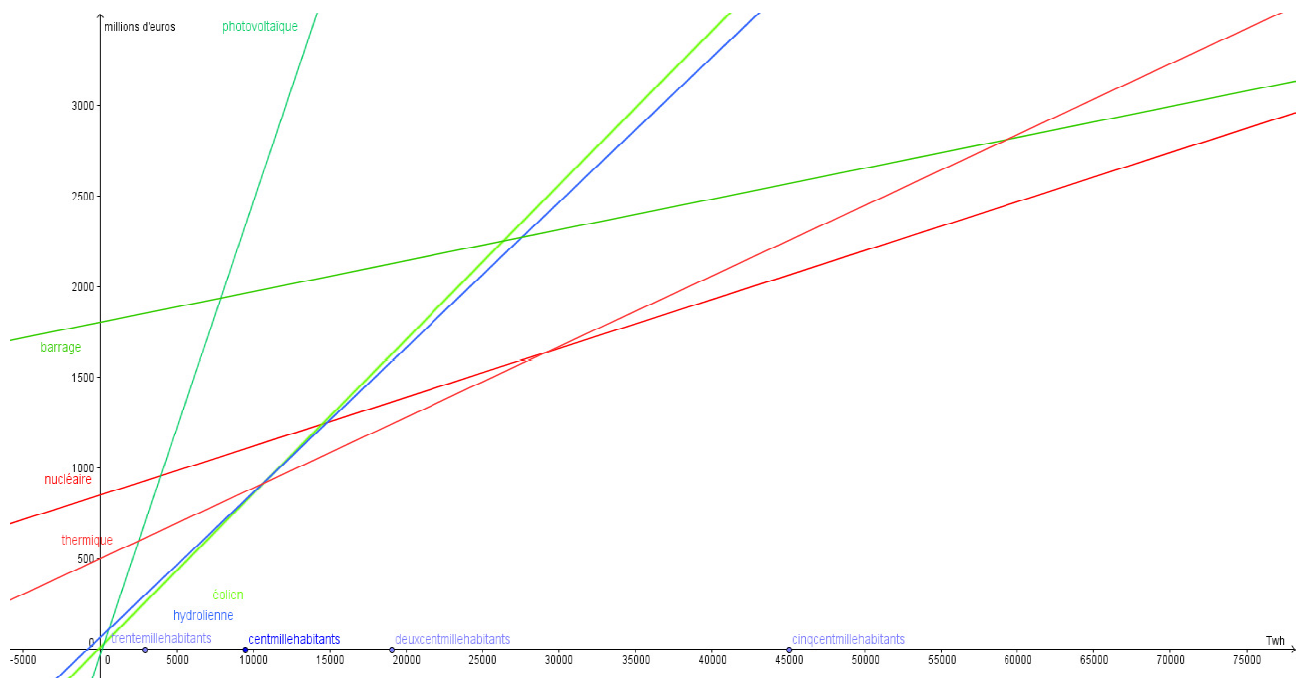
comme le montre le tableau ci-dessous. La production électrique est néanmoins bien inférieure à celle des énergies non renouvelables, telle que le nucléaire ou le charbon.

Moyen de production	Puissance (en MW)
hydrolienne Seagen	1,2
hydrolienne Hydrohélix	0,2
réacteur nucléaire	1000
éolienne classique	1
centrale marémotrice de la Rance	260
un mètre carré de panneau photovoltaïque	0,13
centrale à charbon	250

Mais ce tableau ne prend pas en compte l'aspect économique, c'est-à-dire le coût de production de l'énergie, mais aussi de l'installation du dispositif. Le tableau ci-dessous donne le coût de production d'un MWh et le coût en millions d'euros des infrastructures nécessaires, et ce pour les différentes sources d'énergie :

Moyen de production	Coût de l'énergie (en €/MWh)	Coût d'installation (en Millions d'euros)
nucléaire	30	1000
éolien	80	1,3
photovoltaïque	450	0,1
hydrolien	60	16
Hydraulique (barrage)	20	1500
centrale thermique	40	800

Ce graphique nous montre l'évolution du prix de ces différentes énergies en fonction de la production (en TWh) :



Nous pouvons ainsi voir que le coût de l'hydrolienne n'est pour l'instant pas rentable pour la production à grande échelle. Par contre, à l'échelle d'une petite ville par exemple, l'hydrolienne pourrait assurer son autonomie électrique à un coût bien inférieur à celui du nucléaire ou des autres énergies renouvelables, exception faite de l'éolien.

### 32. Potentiel de l'hydrolienne

Pour rappel, l'hydrolienne n'est pour l'instant qu'à l'état de projet. Néanmoins, elle intéresse de plus en plus de scientifiques et d'entreprises qui voient là une alternative aux énergies non renouvelables comme à certaines énergies renouvelables actuellement surexploitées (ex : l'énergie hydraulique...)

Ce tableau donne le potentiel des côtes françaises et des différents projets évoqués, et les compare à la consommation annuelle d'électricité en France :

	production (en TWh)	Pourcentage par rapport à la consommation électrique annuelle française (486,4TWh)
parc hydrolien du Raz Blanchard	12,5	2,57%
parc hydrolien de la passe de Fromveur	8,33	1,71%
parc hydrolien de la chaussée de Sein	4,17	0,86%
trois parcs	25	5,14%
côtes bretonnes	33,33	6,85%
côtes françaises	50	10,28%

En France, l'énergie hydrolienne ne pourrait pas remplacer le nucléaire, qui représente 75% de la production électrique. Par contre, le potentiel hydrolien français pourrait assurer les besoins électriques d'une population équivalente à celle de la région Rhône-Alpes ( 6 millions d'habitants ), permettant de démanteler 6 réacteurs nucléaires et donc, d'avoir moins de déchets radioactifs, dont le stockage est, de nos jours, un problème majeur. Alliée aux autres énergies renouvelables, comme

l'éolien, l'hydraulique et le photovoltaïque, l'hydrolienne pourrait permettre aux Français d'assurer plus de 40% de leur production électrique sans rejeter de gaz à effets de serre.

Hélas, si la France a une forte capacité hydrolienne, ce n'est pas le cas partout dans le monde. Le potentiel hydrolien mondial ( $\approx 400\text{TWh}$ ) ne représente que 2,16% de la consommation annuelle ( $\approx 18500\text{TWh}$ ) de la population. Il s'agit toute fois d'une ressource intéressante, dans la mesure où toutes les solutions sont à envisager pour régler le problème écologique actuel.

### **Conclusion :**

Le nombre limité d'impacts environnementaux ainsi que la ressource énergétique inépuisable que représentent les courants marins font de l'hydrolienne une énergie renouvelable dont le potentiel est encore largement inexploité. L'hydrolienne dispose donc d'un atout majeur par rapport aux énergies fossiles, car on se rend compte que ce genre de ressources commencent à manquer. Si le potentiel de cette énergie reste limité, l'hydrolienne n'est qu'un avant-goût de l'utilisation du formidable potentiel de l'océan comme source d'énergie, potentiel qui, une fois exploité, deviendrait incontournable pour assurer les besoins en électricité des générations futures.

Hélas, le problème est surtout lié à l'aspect économique que représente la construction, l'installation et l'entretien de l'hydrolienne. Si, à petite échelle, l'hydrolienne est l'énergie la plus rentable, elle est surpassée à grande échelle par les énergies fossiles et nucléaire, mais également par certaines énergies renouvelables. C'est pourquoi il faudra songer à améliorer sa rentabilité, ce qui implique de réduire les coûts d'entretien de la machine, par exemple, en choisissant des matériaux plus résistants, ou en adaptant l'hydrolienne pour que l'entretien puisse se faire en surface.

Néanmoins, de nombreux projets se développent un peu partout dans le monde, et on peut parier que, dans les décennies à venir, on entendra de plus en plus parler de l'hydrolienne, jusqu'à ce qu'elle devienne un moyen incontournable de produire de l'électricité.