

# L'OR BLEU SOURCE D'ENERGIE VERTE

AMAL MOUTERFI

*Maître de Conférences à la faculté des Sciences Economiques, Sciences Commerciales, et Sciences de Gestion/ Université d'Alger 3*

## RESUME

L'eau est une source d'énergie renouvelable et gratuite utilisée depuis des milliers d'années mais, au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, elle a été remplacée par les combustibles fossiles. La brutale augmentation du prix du pétrole dans les années 1970 et la prise de conscience des dangers de la pollution ont créé un regain d'intérêt pour l'énergie hydraulique. Dans quelques décennies, ce n'est pas le pétrole qui sera l'or coulant, mais l'eau. Ce précieux liquide, selon les spécialistes, sera au centre de beaucoup de guerres, de querelles entre les nations.

L'énergie hydraulique consiste à utiliser la force de l'eau si présente dans la nature, comme source d'énergie pour produire de l'électricité ou faire tourner des moulins. Elle est plus respectueuse de l'environnement que les combustibles fossiles, comme le charbon ou le gaz, parce qu'elle ne cause aucune pollution.

Les cours d'eau, les mers et les océans offrent une énergie gratuite mise en œuvre assez facilement. Même si de nombreuses centrales hydrauliques font appel à de nouvelles technologies coûteuses, de simples machines artisanales en bois permettent aussi d'utiliser cette énergie.

**Mots clefs :** Eau, énergies renouvelables, hydroélectricité, énergie hydraulique, énergies de la mer, barrage, éoliennes offshore, hydroliennes, marrés, courants marins, vagues.

## INTRODUCTION

Au 20<sup>ème</sup> siècle, la civilisation du pétrole rend la vie plus facile, mais avec contrepartie une dégradation violente de l'environnement, aujourd'hui la solution serait-elle le retour aux énergies fondamentales. Les énergies renouvelables comme le solaires et les éoliennes se développent un peu partout depuis quelques années, mais il y'a une autre source d'énergie qui a un potentiel énorme et qui est encore inexploitée; c'est l'eau à travers les barrages et la mer, car les océans avec leurs vagues, marrées et courants marins produisent une quantité d'énergie colossale et si on arrivait à la domestiquer et l'exploiter on pourrait fabriquer une grande partie de notre électricité, c'est le grand projet pour l'avenir, mais à quel coût ? Le coût du changement est donc et surtout une question de volonté. A quel point l'eau peut-elle remplaçait les énergies fossiles, quel bénéfice pour l'environnement et la société, pour le changement climatique. L'eau recouvre 72 % de la surface du globe, son volume total est estimé à 1 400 millions de milliards de m<sup>3</sup>, ce qui représente un cube de plus de 1000 km de côté. Ce volume d'eau est stable. Bien entendu, la répartition géographique réelle de l'eau sur la Terre montre une réalité bien éloignée, avec une surface océanique nettement plus importante au Sud qu'au

Nord. Une calotte épaisse de glace couvre tout le continent antarctique, alors qu'au Nord, il n'y a, en plus de la calotte du Groenland, que la glace qui flotte sur l'océan Arctique. Aujourd'hui, près de 1,2 milliard de personnes n'ont pas accès à l'électricité. La part des prélèvements en eau pour la production d'énergie est actuellement estimée à 15 % du total des prélèvements effectués dans le monde. Par ailleurs, alors que les estimations projettent une augmentation de la consommation mondiale d'énergie de 35 % d'ici à 2035, la consommation d'eau par le secteur énergétique risque d'augmenter de 85 %, en dépit d'une exploitation des ressources en eau plus efficace<sup>1</sup>. Les contrastes dans la répartition de l'eau liquide et solide renforcent les disparités dans la répartition de l'eau atmosphérique. Il existe en effet de grandes différences régionales du Nord au Sud liées aux variations de rayonnement solaire, qui ont une incidence entre les pôles et l'Equateur, et d'Est en Ouest selon les circulations atmosphériques et les barrières de reliefs. L'essentiel de l'eau atmosphérique se trouve dans la basse atmosphère, particulièrement le long des Tropiques, zones d'intense évaporation des eaux chaudes de la surface océanique<sup>2</sup>. Le tableau ci-contre nous montre les quantités stockables d'eaux au niveau des diverses sources<sup>3</sup>

<b>Stocks totaux d'eau<sup>2</sup></b>	<b>1,4 milliard de km<sup>3</sup></b>	
Océans, mers	1,35 milliard de km <sup>3</sup>	97,3 %
Glaces	27,5 millions de km <sup>3</sup>	2,15 %
Eaux souterraines	8,2 millions de km <sup>3</sup>	0,63 %
Lacs, rivières	170 000 km <sup>3</sup>	0,01 %
Humidité du sol	70 000 km <sup>3</sup>	0,005 %
Eau des cellules vivantes	1 100 km <sup>3</sup>	0,0001 %
Humidité de l'air	13 000 km <sup>3</sup>	0,001 %

**Tab1.** Stocks de l'eau dans les différentes sources.

<sup>1</sup>Jean-Marie Chevalier, La croissance verte : une solution d'avenir ; PUF, France, 2012, cop. 2013.

<sup>2</sup>Jean-Pierre Favennec, Géopolitique de l'énergie. Besoins, ressources, échanges mondiaux, Ed. Technip, IFP Publications, France, 2009

<sup>3</sup>Rapport d'activité du Bureau de Recherches Géologiques et Minières/BRGM2011

La disponibilité en eau dépend principalement de variables climatiques et l'utilisation de techniques nouvelles visant à dépolluer, traiter, réguler et protéger l'eau. Le tableau suivant nous expose les durées de résidence de l'eau dans les différentes sphères<sup>4</sup>.

Atmosphère	8-10 jours
Organismes	1 semaine
Rivières	2 semaines
Lacs (naturels et artificiels)	2 semaines
Sols	2 semaines-1an
Zones humides	des années
Aquifères	des jours à 1 000 ans
<b>Océans et mers</b>	<b>4 000 ans</b>
Glace	10 ans à des milliers d'années

**Tab 2.** Temps de résidence moyen de l'eau.

En 2012 l'humanité a consommé plus de 13 Milliard de tep\* pour une production énergétique mondiale de 13,5 milliards de tep: 81,7 % de cette production provenait de la combustion d'énergies fossiles. Le reste provenait du nucléaire (4,8 %) et des énergies renouvelables (13,5 %), portant l'hydroélectricité ne constitue que 2,3% du bouquet énergétique mondiale. On estime que les besoins énergétiques mondiaux vont représenter de 570 à 600 exajoules par an en 2020. Selon une étude de l'AIE la génération d'électricité provenant des énergies renouvelables représentera 25% du mix électrique totale en 2018. La croissance de la production atteindra 4% entre 2012 et 2018 à 685TW/h soit +6% par an. Les renouvelables, l'hydroélectricité en tête de file, sont 8% du mix électrique contre 2% à 4% entre 2006 et 2011. L'étude prévoit une augmentation de cette part à 11% en 2018. Les experts ont élaborés trois prévisions pour estimer la croissance de la consommation énergétique mondiale. Les besoins vont au moins doubler et pourrait même quadrupler et serait en 2020 de 830 à 1750 exajoules par an<sup>5</sup>.

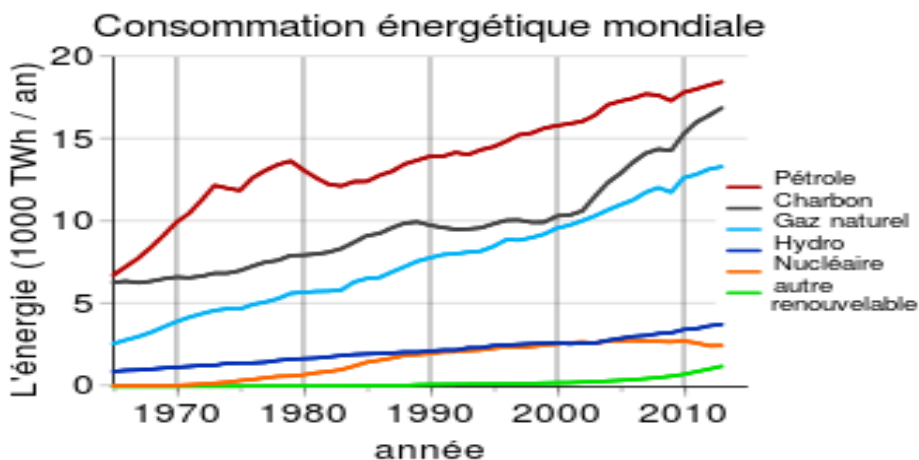
<sup>4</sup>Rapport d'activité du Bureau de Recherches Géologiques et Minières/BRGM2011

\* énergie équivalent pétrole/ Energie solaire reçue par la terre équivaut à 90.000 tep

<sup>5</sup>Rapport de l'Agence internationale de l'énergie/AIEde 2012

Cette évolution est la combinaison de la stagnation depuis 10 ans de la consommation des pays anciennement industrialisés, représentés par le groupe des pays de l'OCDE, et des nouvelles économies qui sont en forte croissance. La Chine, exemple des nouveaux pays industrialisés, voit sa consommation d'énergie plus que tripler de 1990 à 2010. Sa part dans la consommation mondiale double et passe de 7,5% à 16,4 %. La consommation par habitant en Chine est maintenant égale à la consommation par habitant dans le monde. La consommation de l'Afrique augmente de 50% de 1990 à 2010, mais reste marginale dans la consommation mondiale (environ 5,7% pour plus de 15% de la population mondiale)<sup>6</sup>.

Ainsi la consommation par habitant reste-t-elle très variable d'un pays à l'autre, comme le montre le graphique suivant <sup>7</sup>:



**Fig1.** *Consommation énergétique mondiale, en térawatt-heure (TWh), de 1965 à 2012 (Pétrole, charbon, gaz naturel, hydraulique, nucléaire, autre et renouvelable.)*

Plus de trois quart de l'énergie électrique sont produits par les centrales nucléaires. Par ailleurs les technologies récentes permettent de transformer l'eau, une source d'énergie renouvelable sans émissions nocives de gaz à effet de serre en électricité, cependant il faut juste distinguer entre deux types, à savoir l'énergie hydraulique et l'énergie de la mer, dans le monde, la recherche a rapidement progressé notamment

<sup>6</sup>Jean-Pierre Favennec : Géopolitique de l'énergie. Besoins, ressources, échanges mondiaux, Ed. Technip, IFP Publications, 2009

<sup>7</sup>Key World Energy Statistics 2012/AIE

dans les années 2000-2010, avec 50 concepts disponibles en 2008 pour exploiter l'énergie des mers contre 5 en 2003, et plusieurs tests en milieu artificiel ou in situ.

On évalue à 40 000 millions de km<sup>3</sup>/an, les ressources mondiales en eau continentale constituant la seule source d'eau douce renouvelable (pluie - évapotranspiration - évaporation). Ce qui équivaut à 5 700 m<sup>3</sup> par habitant et par an.

### ***I. Energie hydraulique***

L'énergie hydraulique est exploitée depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle pour produire de l'électricité et son utilisation s'est répandue dans 159 pays du monde. Elle est aujourd'hui la source d'énergie renouvelable la plus utilisée pour la production d'électricité dans le monde.

Avec 3 490 TWh, l'énergie hydraulique a contribué environ 16 % de la production d'électricité mondiale en 2011. À l'horizon 2020, la part de l'énergie hydraulique dans la production mondiale d'électricité ne devrait plus augmenter de manière notable en raison de l'accroissement des besoins ; elle devrait toutefois atteindre environ 4 500 TWh<sup>8</sup>.

- A) Les barrages**(Poids, voûtes, contreforts, matériaux non assemblés) : un barrage, puis un canal d'amenée, dirigent l'eau du fleuve vers des turbines qui sont réglées pour optimiser l'énergie produite en fonction du débit. Chaque turbine entraîne un alternateur qui transforme l'énergie hydraulique en électricité. Cet alternateur est relié à un transformateur qui élève généralement la tension à 225 000 volts, pour alimenter le réseau haute tension qui transporte l'électricité vers le consommateur.
  
- B) Centrales de hautes chutes** (Galleries, cheminées d'équilibre, conduites forcées, robinets, turbines Pelton) : qui sont surtout présentes dans les sites de haute montagne, elle sont caractérisées par un débit faible et un dénivelé très fort avec une chute supérieure à 300 m. Le barrage s'oppose à l'écoulement naturel de l'eau pour former un lac de retenue qui est alimenté par l'eau des torrents, la fonte des neiges et des glaciers.
  
- C) Centrales de moyennes chutes** (les vannes levantes, les déversoirs) : qui sont surtout installées en moyenne montagne et dans les régions de bas-relief. Elles sont caractérisées par un débit moyen et un dénivelé assez fort avec une chute comprise entre 30 et 300 m. Les centrales d'écluse utilisent des turbines de type Francis. Qui est une turbine dans laquelle le fluide rentre sous une grande pression et transmet son énergie aux pales solidaires

---

<sup>8</sup>Site web du London Array/The project - How it all began

du rotor. Une partie de l'énergie est donnée par le fluide sur les pales en raison du changement de pression tandis que le reste de l'énergie est extraite par la spirale qui entoure la turbine. A la sortie le fluide a une vitesse faible et peu d'énergie. La forme du tube de sortie est conçu pour décélérer le fluide et le faire remonter en pression<sup>9</sup>.

**D) Centrales de basses chutes** (les barrages mobiles, les vannes secteurs, les dégrilleurs, les déchargeurs, les groupes Bulbes) : qui sont implantées sur le cours de grands fleuves ou de grandes rivières. Elles sont caractérisées par un débit très fort et un dénivelé faible avec une chute de moins de 30 m. Dans ce cas, il n'y a pas de retenue d'eau et l'électricité est produite en temps réel. Ces centrales au fil de l'eau utilisent des turbines de type Kaplan qui conviennent particulièrement aux faibles hauteurs de chute à forts débits.

## *II. Energie de la mer*

Le terme "Énergies Marines" désigne habituellement les énergies renouvelables qui peuvent être directement extraites du milieu marin et qui provient de l'énergie potentielle, cinétique, thermique et chimique de l'eau de mer, qui peut servir à produire de l'électricité, de l'énergie thermique ou de l'eau potable. Des technologies très diverses peuvent être employées, comme les centrales marémotrices, les turbines sous-marines exploitant les marées et les courants océaniques, les échangeurs de chaleur fondés sur la transformation de l'énergie thermique des océans et divers systèmes qui tirent profit de l'énergie des vagues et des gradients de salinité.

L'énergie des océans est potentiellement considérable, mais elle est très dispersée et donc difficile à collecter et loin des lieux de consommation.

La seule qui ait été vraiment captée jusqu'ici est l'énergie des marées mais seulement sur quelques sites. À l'exception des centrales marémotrices, les technologies océaniques en sont au stade de la démonstration et des projets pilotes, et nombre d'entre elles exigent davantage de recherche-développement. Certaines de ces technologies se caractérisent par une forte variabilité de la production énergétique et des niveaux de prévisibilité (vagues, amplitude des marées et courants), alors que d'autres sont susceptibles d'être exploitées de façon quasi continue ou même contrôlable (l'énergie thermique des océans et le gradient de salinité). Le développement de nouveaux matériaux (composites, béton composite,

---

<sup>9</sup>Rapport d'activité du Bureau de Recherches Géologiques et Minières/BRGM 2011

alliage métallique, etc.) apporte des propriétés nouvelles qui favorisent la conquête du milieu marin.

## **II.1Energie éolienne offshore** (installation d'éoliennes en mer)

Certaines technologies commencent à émerger avec de bon résultats, comme les éolienne offshore qui fonctionnent de la même manière qu'une éolienne terrestre, mais est implantée au large des côtes pour mieux utiliser l'énergie du vent afin de produire de l'électricité grâce à une turbine et à un générateur électrique. Des fermes éoliennes en mer sont envisagées partout dans le monde, le plus grand parc éolien au monde est celui de Horns Rev au Danemark avec une puissance totale installée de 369MW, celui du Royaume-Uni, pays leader de l'éolien offshore, est le London Array ; les 175 éoliennes de sa phase 1, réparties sur une surface de 100 km<sup>2</sup>, fournissent une puissance de 630 MW ; après sa mise en service complète en avril 2013, le parc a produit en 6 mois d'hiver (octobre 2013-mars 2014) 1,5 TWh ; extrapolée sur un an, cette production peut être estimée à 3 TWh, représentant environ 0,8 % de la production brute du Royaume-Uni (363,8 TWh en 2012), alors que la surface de 100 km<sup>2</sup> de ce parc représente 0,04 % de la superficie du pays<sup>10</sup>.

## **II.2Energie marémotrice**

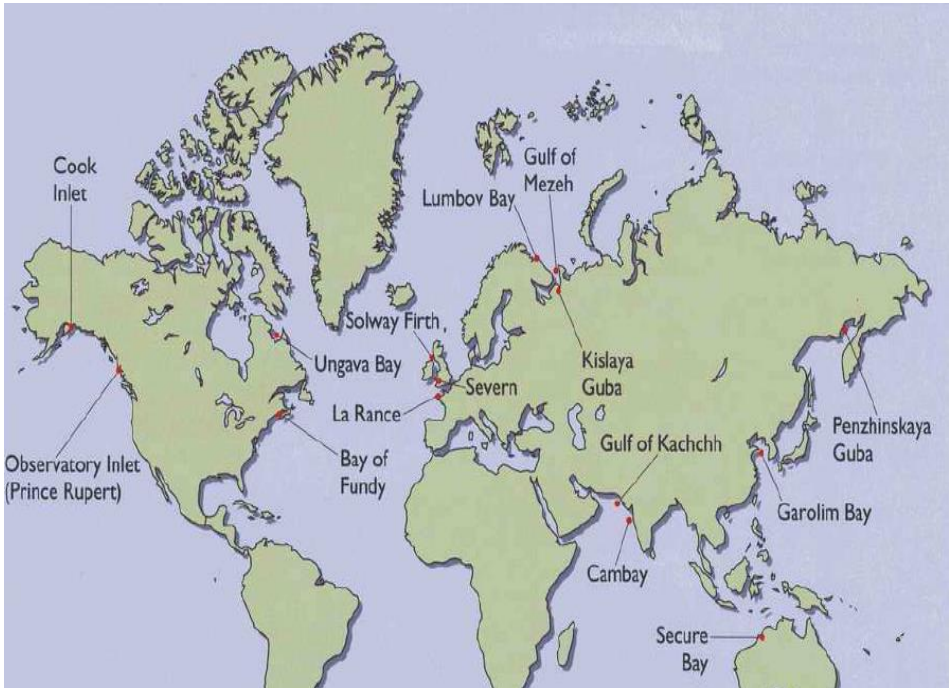
(Exploitation de l'énergie potentielle des masses d'eau mues par les marées qui nécessite un barrage ou un bassin de retenue, est de l'ordre de 400 TWh/an au niveau mondial) : près des côtes, l'amplitude des marées entre le niveau de basse mer et le niveau de haute mer peut dépasser dans certains sites 15 m (baie de Fundy au Canada). Et c'est cette énergie potentielle due à cette différence de hauteur qui est captée par les centrales marémotrices.

La carte ci-dessous présente les zones géographiques renommées pour l'importance de leurs marées<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup>Site web du London Array/TWh generated by London Array

<sup>11</sup>Brian Polagye&All, Environmental Effects of Tidal Energy Development Proceedings of a Scientific Workshop. U.S. Department of Commerce.National Oceanic and Atmospheric Administration.National Marine Fisheries Service. USA; March 22-25, 2010.



**Fig2.** *Quelques exemples de régions qui peuvent présenter un potentiel pour des projets d'énergie marémotrice*

Il faut donc installer un barrage pour créer exploiter cette différence de hauteur d'eau. Le barrage est muni de pertuis: lorsque la marée monte, ils sont ouverts et le niveau de l'eau monte dans le bassin. Dès que la mer redescend, on ferme les pertuis pour conserver l'eau. Puis, dès que la différence de hauteur entre le niveau du bassin et celui de la mer est suffisant, on peut "libérer" l'eau du bassin en la dirigeant vers des turbines qui vont générer de l'électricité.

Ainsi, l'énergie des marées est une énergie variable mais elle peut être prévue des années à l'avance. Comme pour les barrages fluviaux, les centrales marémotrices ont des investissements lourds et un fonctionnement intermittent mais il n'y a pas de combustible, peu de frais d'exploitation, de maintenance et une forte disponibilité.

La première et la plus puissante usine marémotrice au monde fut construite en France en 1966 dans l'estuaire de La Rance avec une puissance de 240 MW. Les autres sont beaucoup plus petites puisque la plus importante après cette première se situe dans la baie de Fundy au Canada avec une puissance de 18 MW. Pourtant, les potentialités ne manquent pas dans le monde et s'élèveraient de 500 à 1 000 TWh/an. Actuellement, le Royaume-Uni se positionne comme leader des technologies marémotrices et houlomotrices, c'est le premier pays au monde



capable de lancer les premiers projets de production d'énergie marine à l'échelle commerciale<sup>12</sup>.

### **II.3 Energie hydrolienne**

La prise de conscience relativement récente de la nécessité de remplacer le pétrole peut expliquer le développement tardif des hydroliennes (exploitation de l'énergie cinétique des courants de marées ou océaniques via une turbine, et qui est estimé de 400 à 800 TWh/an à l'échelle mondiale) ainsi que le fait que le milieu marin est particulièrement exigeant et agressif (corrosion due au sel, organismes). L'éolien terrestre a donc eu la priorité, mais il ne peut répondre à tous nos besoins.

La puissance du courant varie avec le cube de la vitesse. Par exemple, l'énergie produite par un courant de 4 m/s est 8 fois plus forte que celle produite par un courant de 2 m/s, et la prévisibilité et la constance de l'énergie des courants marins constituent leur avantage majeur, c'est une énergie fiable et prédictible à long terme puisque la densité de l'eau est 800 fois supérieure à celle de l'air, offrant ainsi un potentiel de génération électrique considérable. Ceci explique la recherche des sites présentant les courants les plus forts, mais malheureusement ceux-ci sont rares (une vingtaine seulement dans le monde)<sup>13</sup>.

L'hydrolienne est fonction de deux variantes; canalisée ou avec effet venturi, et peut prendre l'une des trois formes suivantes :

- ✓ Turbines à flux axial (axe horizontal)
- ✓ Turbines à flux transverse (axe vertical)
- ✓ Autres (roues à aubes, profils oscillants)

L'hydrolienne bénéficie des énormes efforts techniques qui ont déjà été faits dans le développement de l'éolien, mais a fait l'objet de moins de recherches. La plus grande hydrolienne du monde a été inaugurée en 2010 (22,5 m de hauteur, un rotor de 18 m de diamètre, conçue par Atlantis Resources Corporation, ce modèle AK1000 pèse 130 tonnes et devrait produire 1 MW). Les caractéristiques des hydroliennes se résument essentiellement dans les points suivants<sup>14</sup>:

---

<sup>12</sup>notre-planete.info, [http://www.notre-planete.info/ecologie/energie/energie\\_oceans](http://www.notre-planete.info/ecologie/energie/energie_oceans).

<sup>13</sup>Frank Thomsen & All, Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish. Report funded by COWRIE Ltd. UK. July 06, 2006

<sup>14</sup>François Batifoulier & autres, Impact hydrodynamique de la mise en place d'un parc d'hydroliennes en Baie du Mont Saint-Michel, XII<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Cherbourg, France, 12-14 juin 2012

- 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 beaucoup plus petites que les éoliennes pour une même puissance,
- Les courants marins sont prévisibles (notamment en consultant les éphémérides), on peut donc estimer avec précision la production d'électricité.
- Les potentiels des courants marins sont très importants, le potentiel européen hydrolien exploitable est estimé à environ 12,5 GW, soit l'équivalent de 14 réacteurs nucléaires de 900 MW.

#### **II.4 Energie houlomotrice**

(Exploitation de l'énergie des vagues est de l'ordre de 2 000 à 8 000 TWh/an au niveau mondial) : comme leur nom l'indique, il s'agit de centrales qui profitent de la houle des vagues pour produire de l'électricité. L'oscillation de la houle à la surface de l'eau entraîne l'oscillation verticale de flotteurs en série. Ces flotteurs entraînent à leur tour l'arbre d'un générateur d'électricité placé en hauteur. C'est l'énergie renouvelable la plus dense avec un potentiel de production immense. Ses caractéristiques en font une ressource qui pourrait atteindre une capacité de production proche de la production nucléaire mondiale. Selon le Conseil Mondial de l'Énergie, environ 10 % de la demande annuelle mondiale en électricité pourrait être couverte par la production houlomotrice.

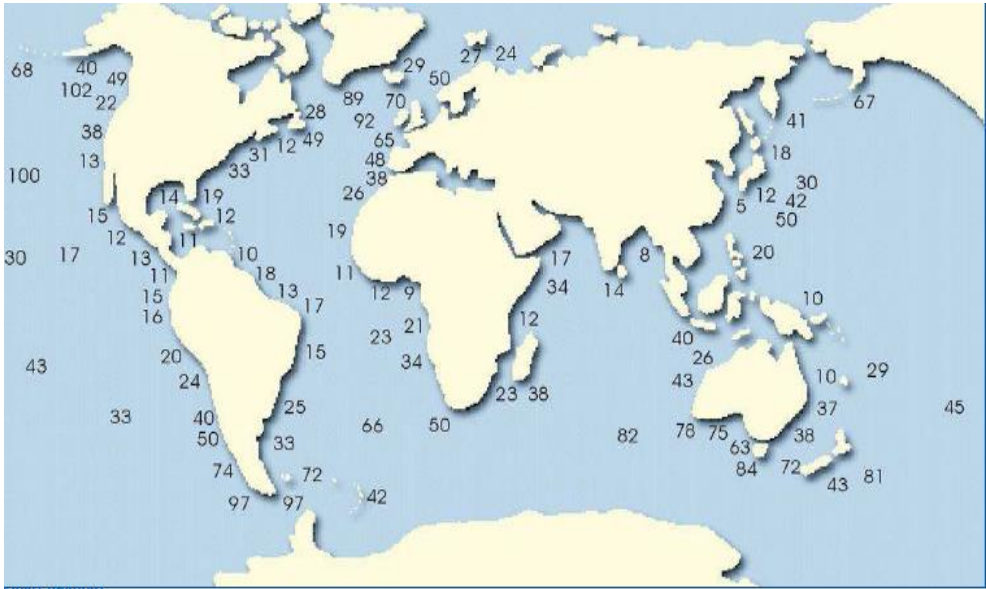
L'énergie houlomotrice est intéressante à développer pour les îles. En effet, souvent pour avoir de l'électricité, une île fait venir par bateau du fioul car les îles n'ont généralement pas de charbon ou de gaz. Cet accès à l'électricité est coûteux, peu écologique et peu fiable en raison de la dépendance avec l'arrivée des bateaux. Les autres énergies renouvelables comme l'éolien ou le solaire ne sont pas une solution viable car il est impossible de recouvrir une île avec des éoliennes ou des panneaux solaires. "Si la connaissance de la puissance moyenne est un prérequis, la constance de la ressource conditionne aussi la rentabilité d'une ferme houlomotrice. Ainsi, autour de l'archipel d'Hawaii, bien connu pour ses vagues gigantesques issues des tempêtes du Pacifique Nord ou de l'océan austral, ce sont en fait les modestes vagues, hautes de 1 à 2 m, levées par les alizées qui garantissent l'essentiel de la ressource<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup>Jean-François Filipot, Responsable programme de recherche France Énergies Marines.

\* Unité KW/ mètre linéaire de front de vague.

La carte ci-contre nous montre la puissance des vagues dans l'océan Atlantique qui est estimée à 45KW\*/m au large et 25KW/m plus près des côtes<sup>16</sup>.



**Fig 3.** Puissances moyennes des vagues aux côtes atlantiques.

Il existe 4 technologies pour récupérer cette énergie :

- **les corps flottants** : ces dispositifs constituent une structure flottante articulée et perpendiculaire aux vagues. Ils sont formés de tuyaux en aciers ou de pontons reliés par des joints contenant des pompes hydrauliques. Le mouvement des vagues force le liquide hydraulique qui actionne une turbine.
- **les colonnes d'eau oscillante** : la surface de l'eau de mer agit comme un piston pour pousser l'air dans un tuyau (« trou du souffleur ») ; cet air actionne à son tour une turbine qui peut travailler dans les deux sens. Ce type de dispositif peut être installé en mer ou sur le littoral.
- **les systèmes à déferlement** : la vague déferlant sur un plan incliné est recueillie sur un bassin en hauteur dans lequel l'eau actionne une turbine, puis retourne à la mer.

---

<sup>16</sup>Brian Polagye&All, Environmental Effects of Tidal Energy Development Proceedings of a Scientific Workshop. U.S. Department of Commerce.National Oceanic and Atmospheric Administration.National Marine Fisheries Service. USA; March 22-25, 2010.

- **les parois oscillantes immergées** : ce sont de petits dispositifs en comparaison à la longueur d'ondes des vagues, dont il existe plusieurs variantes. Ils peuvent soit osciller (sorte de volet oscillant dans les deux sens avec le passage des vagues), soit actionner une sorte de pompe à piston à vérin hydraulique.

Avec des côtes s'étirant sur plus de 830 km, l'énergie houlomotrice présente un grand intérêt et offre un avantage commercial pour le Portugal qui se positionne comme pionnier dans cette technologie. La machine avait fourni à ses débuts en 2008 près de 2,25 MW d'énergie, de quoi fournir l'équivalent énergétique de 1 500 foyers, le projet devait être capable de produire l'énergie de 15 000 maisons, économisant ainsi l'émission de 60 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an.<sup>17</sup>

## **II.5 Energie thermique des mers**

(Exploitation de la différence de température qui peut exister entre l'eau de surface et celle de fond, est de l'ordre de 10 000 TWh/an au niveau mondial) : l'énergie thermique des mers (ETM) pourra contribuer à terme à remplacer l'énergie fossile et répondre aux besoins croissants en électricité des territoires situés dans les tropiques et à leur future autonomie énergétique. Le principe consiste à exploiter la différence de température entre l'eau de surface, à environ 25 °C, et les eaux profondes (– 1 000 m), à environ 5 °C. Cette différence de température existe naturellement dans les mers tropicales et permet de produire de l'électricité 24 heures sur 24 toute l'année.

Enfin, l'énergie osmotique engendrée par l'exploitation de la différence de salinité entre deux masses d'eau, ainsi que la biomasse marine (principalement biocarburants par micro-algues) sont d'autres potentialités liées à l'exploitation de la mer.

## **III. Cas de l'Algérie**

Disposant de vastes étendues désertiques, d'une façade maritime importante et d'une superficie de 2 millions et demi de km<sup>2</sup>, largement ouverte aux vents, notre pays pourrait utiliser diverses techniques à même de produire en grande quantité de l'électricité. Les experts ainsi que les responsables des institutions concernées estiment que si la production d'électricité renouvelable est en devenir, la quasi-totalité de la production électrique algérienne repose actuellement sur les combustibles fossiles (99,6%). Les sources renouvelables assurent le complément et se répartissent entre l'hydroélectricité (0,4% du total) et le solaire (0,01% du total, cependant, très faible depuis l'année 2008, avec un volume qui ne dépasse pas les 4 GWh).

---

<sup>17</sup> [www.notre-planete.info/ecologie/energie/energie\\_oceans.php#houlomotrice](http://www.notre-planete.info/ecologie/energie/energie_oceans.php#houlomotrice)

Toutefois, notre pays a affiché sa volonté de recourir aux sources renouvelables pour produire son électricité. Selon les explications du ministère de l'Énergie et des Mines, on a besoin d'investir jusqu'à 120 milliards de dollars (85 milliards d'euro) dans les énergies renouvelables d'ici 2030. Voulant vraisemblablement se positionner ainsi en pays incontournable en Méditerranée dans le secteur de la production de l'énergie en général et de l'électricité en particulier. La production hydroélectrique du pays a fortement diminué en 2010, après avoir atteint un pic de production en 2009. Elle a représenté en 2010 un niveau de production inférieur à celui observé en moyenne sur la même période de référence (267 GWh). Les statistiques des organismes spécialisés précisent, en outre, que la production d'électricité issue des combustibles fossiles ne se soucie pas des variations de la production hydroélectrique et croît de manière continue sur la période (+5,6% par an en moyenne)<sup>18</sup>.

Quelles sont actuellement nos ressources, nos réserves, notre pluviométrie ? Quel sera l'avenir de l'Algérie en la matière ?

Pour répondre à cela, il faut savoir que le climat algérien, comme celui des pays méditerranéens, couvre le Nord, tandis qu'un climat désertique règne sur le Sud. Les précipitations annuelles enregistrées dans les Hauts-Plateaux et dans l'Atlas saharien ne dépassent pas la quantité 200 à 400 mm de pluie. Mais, la hauteur des pluies annuelles est souvent inférieure à 130 mm dans l'ensemble du Sahara algérien. Il existe quelques cours d'eau côtiers ou au centre ou à l'Est comme Aïn El Hammam, Soummam, Medjerda, Rhummel, Sebaou, Hamiz, Macta, Mazafran. Cependant le Chlef reste le plus long fleuve d'Algérie, sa longueur étant de 725 km<sup>22</sup>. Ce fleuve est situé au nord-ouest de l'Algérie, il prend sa source dans l'Atlas tellien et se jette dans la Méditerranée. Il débite, dans les périodes de crues, 1 500 m<sup>3</sup> par seconde.

Au sud de la région du Tell, les cours d'eau se déversent dans la Méditerranée, mais, ceux qui descendent vers l'Atlas saharien font partie de la plus grande réserve d'eau au monde. Ils forment une nappe phréatique dite la nappe de l'Albien. Cette nappe est la plus grande réserve au monde d'eau douce, elle est enfouie sous le sable du désert algérien et elle a une superficie de 900 000 km<sup>2</sup>. Elle longe presque tout le Sahara algérien ce qui rend facile l'accès à l'eau pour les cinq pays voisins de l'Algérie d'ici quelques années. Adrar a de grandes réserves hydriques constituées de la nappe du continental intercalaire.

Actuellement, le secteur des ressources en eau compte 70 barrages de grande et moyenne envergures, avec une capacité de 7 milliards de mètres cubes. Par ailleurs,

---

<sup>18</sup>Rapport annuel du ministère de l'Énergie et des Mines, 2014.

le taux de remplissage des barrages est de 70 % suite aux dernières pluies. D'autre part, 157 projets de grande et petite hydrauliques ont été lancés en 2013<sup>19</sup>.

Les ressources hydriques disponibles et mobilisables en Algérie sont estimées à 17,2 milliards de m<sup>3</sup>, dont 12 milliards de ressources superficielles et 2 milliards de ressources souterraines dans le Nord et 5,2 milliards de m<sup>3</sup> dans le Sud (superficielles et souterraines). Le taux de remplissage des 70 barrages en exploitation à travers le territoire national a atteint 70,68%, un niveau équivalant à une réserve globale en eau de 4,10 milliards de m<sup>3</sup>, la réserve nationale en eau s'affiche en hausse lors de cette période de forte consommation comparée à la même période de l'année 2010 où elle avait atteint 3,75 milliard de m<sup>3</sup>. Ainsi, l'Algérie veut se prémunir contre la rareté des ressources hydriques. Elle prévoit la construction de 30 barrages, pour l'échéance 2015-2019. Le pays compte augmenter ses capacités de réserves en eau. Avec la réalisation de ces 30 projets, les capacités de stockage de l'Algérie devront augmenter de 1,5 milliard dem<sup>3</sup>.<sup>20</sup>

Afin de rationaliser l'utilisation des stocks d'eau le gouvernement a décidé qu'il n'y aura plus d'électricité à base d'énergie hydraulique afin de préserver l'eau qui devient de plus en plus rare dans certaines régions du pays. Les centrales hydroélectriques seront tout simplement fermées à terme et les barrages produisant de l'électricité seront consacrés à l'irrigation et à l'alimentation de la population en eau potable. En fermant les centrales hydroélectriques, le gouvernement va ainsi porter le nombre de barrages de 70 à 100. La décision de renoncer à produire de l'électricité à partir des barrages a été motivée, par le fait que le niveau de production des centrales hydroélectriques reste «insignifiant», contribuant très peu à l'offre énergétique nationale. L'essentiel de la production électrique est assurée par le gaz.

En ce qui concerne les énergies de la mer l'Algérie est bien classée car elle dispose de près de 1600Km de côte. Si on pouvait exploiter toute l'énergie que recèle cette espace on pourrait couvrir une bonne portion de notre besoin en électricité. Certes, c'est un peu utopique.

## CONCLUSION

Un rapport conjoint de deux agences de l'ONU et de l'AIE, bien documenté dans le World Energy Outlook (WEO) 2010, constate que 20% de la population mondiale n'a pas accès à l'électricité et que 40% de la population dépend de la biomasse pour la cuisine. Il conclut que les efforts pour donner accès à tous à

---

<sup>19</sup>Rapport annuel du Ministère des ressources en eau, 2014

<sup>20</sup>Rapport annuel de l'Agence Nationale des ressources hydrauliques/ANRH2013

l'électricité doivent être accélérés et seront indispensables au développement des pays les plus pauvres.

L'hydroélectricité est aujourd'hui la première source d'énergie dans le monde qui soit à la fois renouvelable, abordable et décarbonée, elle permis à bon nombre d'habitants de bénéficier d'une source d'électricité stable, fiable et bon marché avec pour ambition de fournir un approvisionnement à moindre coût, sans transiger sur la sécurité et le respect de l'environnement.

Qu'il s'agisse de l'hydroélectricité mais aussi du refroidissement des centrales thermiques ou encore de la vapeur faisant tourner les turbines dans les centrales solaires à concentration, la quasi-totalité des procédés de production d'énergie exige d'importantes quantités d'eau. La croissance démographique et l'essor rapide des économies accentuent en outre la demande d'eau et d'énergie, et plusieurs régions du monde connaissent déjà des pénuries importantes sur ces deux plans. Pour remédier à ces difficultés, la Banque mondiale a expérimenté plusieurs approches innovantes, comme l'instauration d'une assurance publique contre la sécheresse et les prix élevés du pétrole, qui vise à protéger les consommateurs contre la cherté et la volatilité des prix de l'électricité en cas de sécheresse, ou l'élaboration d'instruments de planification intégrée dans le cadre de l'**initiative ThirstyEnergy**.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. François Batifoulier, YouenKervella, Renaud Laborbe, Jerome Cuny, Matthieu Caillaud, Pascal Lazure, Florence Cayocca : Impact hydrodynamique de la mise en place d'un parc d'hydroliennes en Baie du Mont Saint-Michel, XII<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Cherbourg, France, 12-14 juin 2012
2. Michel Benoit et Jean-François Dhédin, Energies marines hydrolienne et houlomotrice / Exemples de projets et de travaux de R&D, Conférence Institut Coriolis, Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE), France – 24 septembre 2010
3. Jean-Marie Chevalier : La croissance verte : une solution d'avenir ; PUF, France, impr. 2012, cop. 2013.
4. Andrea Copping, Environmental effects of marine energy development around the World, Pacific Northwest National Laboratory, Washington, USA. Annex IV Final Report. January 2013
5. Jean-Pierre Favennec : Géopolitique de l'énergie. Besoins, ressources, échanges mondiaux, Ed. Technip, IFP Publications, 2009
6. Brian Polage, Brie Van Cleve, Andrea Copping, and Keith Kirkendall: Environmental Effects of Tidal Energy Development Proceedings of a Scientific Workshop. U.S. Department of Commerce.National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service. USA; March 22-25, 2010.

7. Frank Thomsen, Karin Lüdemann, Rudolf Kafemann and Werner Piper: Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish. Report funded by COWRIE Ltd. UK. July 06, 2006
8. Key World Energy Statistics 2012/AIE
9. Site web du London Array , consulté le 17/06/14.
10. Site du Gouvernement Américain/Department of Energy and Climate Change/UKES 2013 Chapter 5 Electricity consulté le 14/02/14.
11. notre-planete.info, [http://www.notre-planete.info/ecologie/energie/energie\\_oceans](http://www.notre-planete.info/ecologie/energie/energie_oceans).
12. Rapport de l'Agence internationale de l'énergie/AIE 2012
13. Rapport d'activité du Bureau de Recherches Géologiques et Minières-France/BRGM 2011
14. Rapport annuel 2013 de l'Agence Nationale des ressources hydrauliques/ANRH
15. Rapport annuel 2014 du Ministère des ressources en eau.
16. Rapport annuel 2014 du Ministère de l'énergie et des mines.