

C4-1 Énergies Renouvelables

Énergies renouvelables marines en Espagne



Irene Arranz Casado

Cristina Fernández Leroy

Marina Galindo Fernández

Paula Junco Madero

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| 1. L'énergie éolienne offshore située dans le Golfe de Cádiz..... | 3 |
| 2. Courants marins dans le Déroit de Gibraltar..... | 14 |
| 3. Vagues. Localisé dans la côte galicienne..... | 22 |

1. L'énergie éolienne Offshore, située dans le Golfe de Cadix :

L'énergie éolienne marine est une application de la force produit par le vent. La différence en rapport à l'énergie obtenue en terre réside en que les aérogénérateurs (les moulins) se trouvent au large. Le coût de son installation sera plus grand que le coût dans les zones terrestres, mais elle aura aussi une vie utile plus large. Actuellement, les nouvelles technologies suscitent que le prix du mégawat (MW) de puissance s'égalise, peu à peu, au prix des autres énergies renouvelables. C'est important remarquer la faible incidence de ce moyen renouvelable dans l'écosystème.

Dans la mer, le vent se trouve avec une superficie de rugosité variable, les vagues, et sans obstacles comme les îles, les îlots, etc., qu'implique que la vitesse du vent ne souffre pas des grands changes. On peut installer des tours plus basses qu'en la surface terrestre. Le vent est moins turbulent que dans la terre, donc on prolonge le période de travail utile d'un aérogénérateur. La baisse turbulence de la mer est dû, surtout, au fait que les différences de température à différentes altitudes de l'atmosphère qui se produisent sur la mer sont inférieures à ces que se produisent à l'intérieur des terres.

Un des avantages est que l'énergie éolienne ne pollue pas, c'est inépuisable et ce contribue pour éviter le changement climatique. C'est une technologie de profit totalement déroulée et mise au point qui atteint le rendement énergétique le plus grand. Grâce aux précédentes expériences et à une grande inversion de fabricantes et promoteurs en I+D+i, le secteur éolienne marine a un processus d'installation et fonctionnement agile, propre et dépuré.

Un important déroulement de l'énergie électrique d'origine éolienne peut être une des mesures les plus efficaces pour éviter l'effet de serre, parce que, mondialement on considère le secteur électrique comme le responsable du 29% des émissions de CO₂. L'électricité générée en utilisant l'énergie éolienne en lieu du charbon, évite une grande quantité des émissions de CO₂, SO₂ et NO. L'électricité produite par un aérogénérateur évite que millions de litres du pétrole soient brûlés et millions de kg du lignite noir dans les centrales thermiques.

1.1 La justesse de la localisation et systématique à appliquer pour la détermination approximative du potentiel :

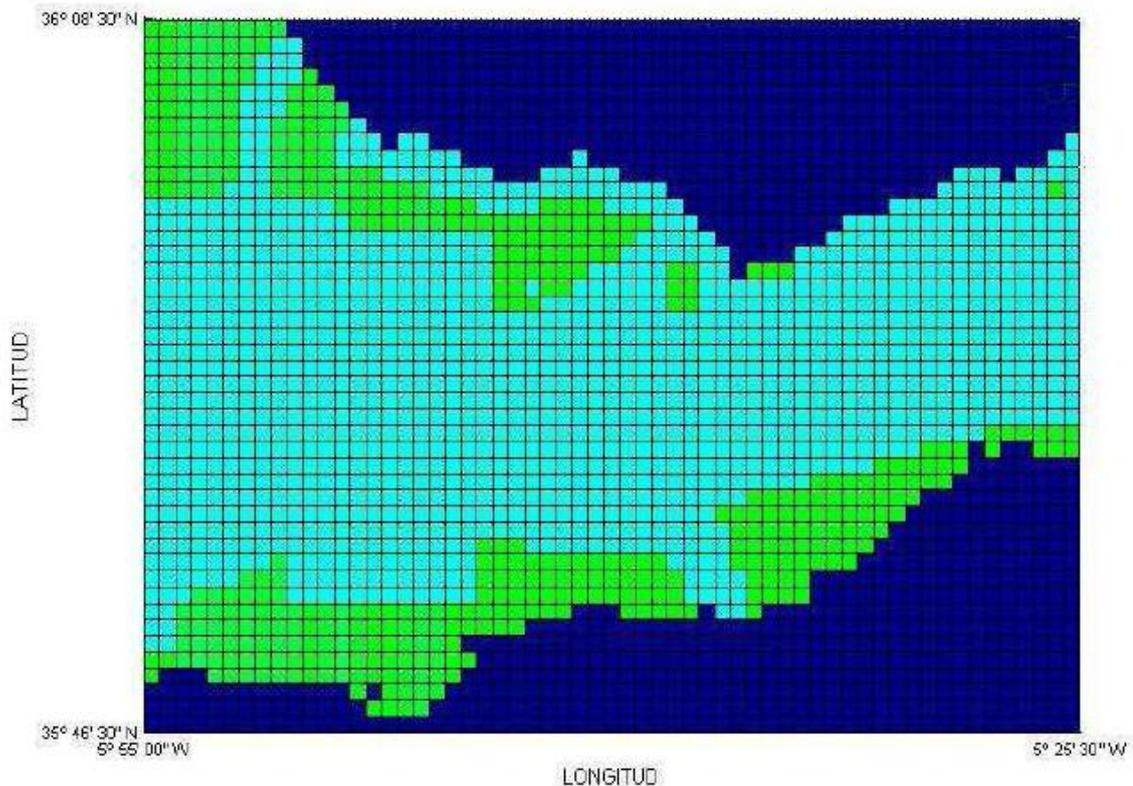
Dans le Golfe de Cadiz, la situation de notre parc éolienne doit être telle qu'elle n'ait une incidence sur:

- L'intense circulation marine qui se déroule dans le Déroit de Gibraltar.
- Ne doit pas être un inconvénient pour les navires ou les embarcations qui se dirigent vers le port maritime de Cadiz ou d'Huelva.
- Ne doit pas produire aucun impact environnemental en sachant que dans la côte se trouve le Parc National de Doñana.
- L'impact visuel que ce produit à la population qui est située en terre soit le moindre possible pour qu'il soit accepté au niveau populaire.
- La localisation doit faire accessible la connectivité électrique
- Sa profondeur ne peut être plus grande que 2^e mètres
- On doit considérer les zones militaires proches
- Éviter les gazoducs qui raccordent la péninsule avec le continent Africaine



Avec tous ces indications et l'aide d'une carte de la zone on peut dire qu'une des zones plus appropriées à la localisation de notre parc éolienne offshore, en respectant les requises précédentes, peut être ; la zone vert supérieure du suivante carte.

36° 09' LATITUD NORTE
5° 50' LONGITUD OESTE



Las direcciones de los vientos predominantes en el Golfo de Cádiz, provienen de la zona norte del Océano Atlántico, que tendrá una incidencia sobre el parque eólico por el oeste, por lo que se debe orientar los molinos del parque eólico para aprovechar al máximo los vientos.

La fuente de alimentación fundamental de nuestra instalación es el viento, y una estimación aproximativa de los vientos de la zona, recopilada de la estación meteorológica más cercana al Golfo de Cádiz, que nos aporta más información.

Cette information est recueillie sur le net :

| 2009 | Temp. °C | | Humedad % | | Viento km/h m/s | | Presión hPa | | R. Solar W/m2 | Precip. mm |
|---------------------|----------|------|-----------|-----|-----------------|-------|-------------|------|---------------|------------|
| | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | MAX | MAX | MIN | MAX | TOTAL |
| Ene | 19.2 | 5.1 | 92 | 47 | 66 | 18,33 | 1029 | 1006 | 0 | 37.2 |
| Feb | 25.2 | 6.8 | 99 | 32 | 93 | 25,83 | 1027 | 986 | 896 | 97.2 |
| Mar | 24.6 | 8.2 | 97 | 25 | 97 | 26,94 | 1022 | 1001 | 953 | 46.6 |
| Abr | 27.2 | 8.8 | 100 | 18 | 72 | 20,00 | 1025 | 1002 | 1211 | 31.8 |
| May | 30.1 | 11.7 | 92 | 23 | 93 | 25,83 | 1022 | 1010 | 1123 | 6.8 |
| Jun | 34.7 | 14.1 | 95 | 20 | 61 | 16,94 | 1020 | 1012 | 1178 | 0.4 |
| Jul | 37.8 | 16.5 | 96 | 22 | 61 | 16,94 | 1022 | 1010 | 1063 | 0.0 |
| Ago | 35.4 | 17.6 | 95 | 23 | 56 | 15,56 | 1019 | 1009 | 988 | 0.0 |
| Sep | 31.3 | 16.1 | 94 | 32 | 69 | 19,17 | 1024 | 1009 | 1021 | 33.8 |
| Oct | 30.4 | 13.7 | 96 | 35 | 71 | 19,72 | 1025 | 1002 | 835 | 28.2 |
| Nov | 27.8 | 9.4 | 95 | 24 | 43 | 11,94 | 1032 | 1009 | 844 | 85.0 |
| Dic | 20.3 | 1.6 | 98 | 40 | 85 | 23,61 | 1027 | 991 | 654 | 234.2 |

En sachant que la station de laquelle on a pris l'information est située dans le centre urbaine et 8m de haut, on peut nous faire à l'idée que la vitesse des vents qu'on aura pour profiter l'énergie, moyennent le moulin offshore, seront toujours supérieurs parce que les vents que nous profiterons seront situés environ des 80 mètres de haut et au large, où le vent se dirige et s'étale d'une manière plus uniforme qu'un autres zones terrestres ou urbaines. La mesure de la vitesse du vent est réalisée grâce à des anémomètres de cazolets, avec une girouette qui nous indique la direction du vent et l'intensité.

La vitesse optimale se trouve entre 10-12 m/s, mais las vitesses du vent peuvent dépasser les 25m/s, dès l'instant où les aérogénérateurs cesseront son fonctionnement parce qu'on peut se produire des détachements des pales, ou des ruptures des mêmes.

Les critères de la sélection seront :

- Conditions éoliennes
- Branchement du réseau : compagnies intéressées
- Renfort du réseau : réseau de distribution
- Conditions du sol : sol bien cimenté pour son ancrage
- Risques en utilisant le renseignement météorologique

En réalisant en étude ou une réflexion des possibles conséquences qu'on peut trouver dans la zone.

Précédents en le monde :

Le premier parc éolien marin composé par 11 aérogénérateurs a été construit en Danemark en 1991 en le Mar Baltique. En 2002, après la mis de plusieurs parcs de différentes puissances en route, le parc de Horns Rev été inauguré, le plus grand du monde avec 80 aérogénérateurs et une puissance installée de 160Mw.

Après 17 ans d'expérience en le domaine de l'énergie éolienne en Danemark, on peut conclure que, bien que on a exigé un investissement économique très important, la production de l'électricité es plus étable et un 20% supérieure à l'électricité d'origine terrestre. En plus, la vie utile d'un parc éolien avec une maintenance adéquate, peut se dupliquer elle-même.

La répercussion en Danemark a été si favorable que l'administration centrale du pays a déroulé le « Plan d'action sur l'énergie : Énergie 21 », selon laquelle, 4000 MW de l'énergie éolienne seront installés dans des emplacements marins avant l'année 2030, que seront additionnés aux 1500MW installés en terre, pour couvrir plus du 50% de la consommation énergétique nationale, tout cela avec un investissement prévu plus grand de 7000 millions d'Euros.

Et en le reste de l'Europe, on ressorte plusieurs projets entre lesquels on trouve l'installation en le Royaume- Uni avec 3000 aérogénérateurs dans ses côts Est et Ouest, avec une capacité d'approvisionnement du 15% de la population britannique.

En l'Allemagne on prévu l'installation de 60000 MW avant le 2025 et l'Irlande a accepté la construction du parc éolien le plus grande du monde dans le Mar d'Irlande, avec une génération de 520 MW, équivalente au 10% des nécessités énergétiques du pays.

Les parcs éoliens ont une très bonne acceptation de la part de l'opinion publique ; un soutien social lequel a lieu en tous les pays où on met des projets de ce type à bien : l'Allemagne, le Royaume-Uni, l'Hollande, la Suède, l'Irlande et le Danemark.

L'emploi :

Les énergies renouvelables vont se convertir dans les prochaines années en le « moteur de l'économie » espagnole et vont permettre que cette activité et le reste des activités qui se déroulent dans le cadre de l'environnement finissent en donnant de l'emploi au 10% de la population en activité. Cette industrie non seulement produit de l'énergie propre, mais encore des situations et des bénéfiques.

À l'avenir, les prix du pétrole et du gaz augmenteront encore une fois et la population sera 2000 millions de personnes plus dans 20 ans. On continuera en essayant d'exploiter les mêmes sources énergétiques que maintenant, tandis que la consommation des pays émergents augmentera d'une manière exponentielle. Les émissions des gaz polluants seront toujours un problème très sérieux.

Les experts du secteur remarquent, cependant, que les prix des aérogénérateurs vont baisser pendant la prochaine année parce que les petits promoteurs des parcs éoliens vont reculer ses plans dû à l'absence de crédit face à la crise. Dans ce cas, on pourrait avoir un excédent de production.

Les oiseaux :

Les oiseaux heurtent souvent des lignes aériennes d'haute tension, des mâts, des poteaux et des fenêtres. Ils meurent aussi à cause des voitures.

Études réalisées en utilisant des radars en Danemark, où on a installé un aérogénérateur de 2 MW avec un diamètre du rotor de 60 mètres, font preuve de que les oiseaux tendent à changer sa route de vol approximativement 100-200 mètres avant d'arriver à la turbine et qu'ils passent sur elle à une distance sûre.

En Danemark il y a plusieurs exemples d'oiseaux en nichant dans cages qui se trouvent dans les tours des aérogénérateurs. Le seul emplacement connu en lequel il y a problèmes de collision est situé à Altamont Pass, en Californie. Même là, les collisions ne sont pas fréquentes, bien que la préoccupation est plus grande étant donné que les espèces affectées sont protégées par la loi.

Une étude du Ministère de l'Environnement Danois indique que les lignes d'alimentation, inclus les lignes d'alimentation qui conduisent aux parcs éoliens, sont pour les oiseaux un danger plus grand que les aérogénérateurs.

Quelques oiseaux se habituent-ils aux aérogénérateurs très rapidement, il y a autres qu'ont besoin d'un peu plus de temps pour se habituer. C'est pour ça que des possibilités de construire un parc éolique côte des sanctuaires des oiseaux dépend-il de l'espèce des oiseaux. Avant construire des parcs éoliens il faudra tenir en compte les routes migratoires des oiseaux.

La pêche

Récemment, et à cause de la fermeture de quelques centrales nucléaires, il est demandé d'accélérer les procédures administratives pour que le secteur industriel qui travaille sur les énergies renouvelables peut-il arriver d'une façon rapide à installer au moins 1.000 MW d'énergie renouvelable marine avant 2013.

L'impact des émissions de CO₂ et son abortion pour la mer est aussi grave que des scientifiques remarquent-ils que s'on ne prend pas une décision immédiate, l'effet sur les organismes marins à cause de l'acidification des océans deviendra évident d'une façon immédiate.

Des informations ont été recompiles sur l'impact de l'incrément des émissions de CO₂ dans les océans. Des études montrent des effets qu'ont déjà en train de commencer à tenir sur l'affaiblissement des squelettes externes et des coquilles dans des mollusques, et des choraux des différents parties du monde, ainsi que dans la diminution de la capacité de reproduction de nombreux poissons, l'apparition d'espèces envahissantes et autres facteurs qu'ont déjà commencé a affecter aux écosystèmes marins et au pêche.

Tous les études indiquent-ils que la Péninsule Ibérique, et plus en particulier le sud de l'Espagne est des unes des régions les plus affectés pour le change climatique, qu'est en train de provoquer la monte du niveau de la mer, la disparition des plages et la destruction des infrastructures littoraux, la désertification, la monte du violence des temporaux et le manque de douce eau.

“Des pêcheurs serons une des secteurs les plus affectés par le change climatique. L'opposition aux projets des énergies renouvelables, sauf dans les cas des écosystèmes très sensibles, elle semble irresponsable et contradictoire à ses propres intérêts. Des générateurs éoliques marins sont partie de la solution que fera possible que des activités comme la pêche peuvent-ils être possibles dans quelques années. S'il n'y a pas un consensus social immédiat a faveur des parcs éoliques et solaires, et sur le besoin d'épargne et effcience énergétique, les océans arrêteront d'être source de vie dans quelques décennies”.

L'organisation des conservateurs affirme-il que “avec une planification et design appropriés, les parcs éoliques marins peuvent-ils être une zone de concentration de la pêche, réservé aux flottes artisanales, que verront en plus protégés ses arts sélectives des activités illégaux de la flotte de trainage, trop fréquent à Andalusia”.

Le tourisme

Le tourisme est une des plus importantes sources de richesse de l'Espagne. Le développement d'un parc éolique, ne doit nécessairement affecter négativement à la croissance du tourisme. Cependant, les installations qu'engendrent des énergies renouvelables sont une partie des ressources touristiques du pays.

En autres payses européennes très développés économique et socialement comme la Danemark ou la Norvège, il existe une grande connaissance des façons de engendrer l'énergie propre et une grande conscience de son besoin de contribuer a un monde le plus soutenable.

1.2 Descriptions des technologies à appliquer et choix de la plus optimale :

Des technologies les plus appliqués dans les éléments qui composent notre parc éolique offshore sont les suivants :

- Des pelles de fibre de carbone renforcée, normalement trois pelles par moulin.
- Un engrenage multiplicateur qui traîne un générateur d'induction de 4 ou 6 paires de pôles (polos). Une turbine aérogénérateur.
- Une tour tubulaire en acier, cimentée, sur des pilotes incrustés dans le lit marin.
- Un système mixte de freinage par des aérofreins d'un pas fixe et un frein du disque à l'axe.
- L'énergie obtenue est fonction du cube de la vitesse du vent.



Un des principaux installateurs d'aérogénérateurs à l'Espagne est la entreprise Vestas. Sur son site web(<http://www.vestas.com/es>) on peut voir tout la grande variété qu'elle offrit :

- kW – V52-850 Kw
- 1.65 MW – V82 -1.65 MW
- 2.0 MW – V80 -2.0 MW, V90-1.8/2.0 MW, V100-1.8 MW
- 3.0 MW – V90 -3.0 MW, V112-3.0MW

Le dernier aérogénérateur nous donnera une puissance plus grande par rapport aux autres, mais au même temps il aura un cout plus haut. Selon Vestas, ils ont essayé de réduire le cout du KWh de l'aérogénérateur V90-3,0 MW. Le moins léger, le plus bas sera le cout de production, des matériaux, du transport et de l'installation. Ce sont les raison pour lesquelles la réduction du poids est une priorité dans le développement des aérogénérateurs.

Malgré le rotor et le générateur sont plus grands, le V90-3,0 MW est moins lourd que le V80-2,0 MW. Le V90 a une tour plus léger et plus résistant, avec une conception innovateur de gondole qui produit plus de puissance avec moins poids. La structure des pelles, différent par rapport a la antérieur technologie, elle introduit des nouveaux matériaux et un dessin révisé du profile de la pelle.

Le V112-3,0 MW est notre nouveau générateur pour des vents des vitesses moyens et basses, et il peut engendrer plus d'électricité qu'aucune des autres modèles de la class 3MW. Il est effieience et fiable, même avec des plus adverses conditions climatiques, il est un point d'inflexion dans tout ça concernant au rendement et efficacité des aérogénérateurs.

Il était construit à partir de la technologie de qualité, le V112-3,0 MW nous offre les dernières progressions dans le dessin des pelles et de la gondole pour le profit maximum de la plus partie des conditions climatiques fluctuants. Des innovations dans les systèmes de refroidissement et dans le fonctionnement de la charge optimise, lui permit d'encore produit de l'énergie quand des autres systèmes s'arrêtent.

Le V112-3,0 MW est parfaitement intégré dans les configurations des actuels parcs éoliques, et il s'adapte aux codes électriques les plus exigeants. En plus, il est fabriqué avec des pièces et composants sont fournies d'une façon facile, donc son disponibilité es haut et fiable.

1.3 Définition d'un parc d'exploitation et le procès d'installation des convertisseurs énergétiques :

Les turbines de le parc éolique seront éloignes autour 7 fois le diamètre dans la direction du vent dominante et 4 fois le diamètre dans la direction perpendiculaire au vent. La puissance de l'aérogénérateur est déterminée par la courbe de la puissance électrique disponible. Ce courbe là nous indique que on ne peut pas profiter une vitesse plus grand que 15 m/s dans le générateur. Sachant le coefficient de puissance le quelle nous donne la efficacité maximal de 10 m/s.

$$\text{coefficient de puissance} = \frac{\text{puissance elct. dispo.}}{\text{puissance eolique d'entrée}}$$

Pour la construction du parc éolique offshore, il faut commencer par fabriquer les pales et le buje en terre car il faut essayer de réaliser au plus quantité de travail en terre au possible, ainsi comme l'assemblage. Dans la mer il s'insère des pivots dans la couche marine, à une profondeur d'environ 10 mètres, sur laquelle il s'ajuste la base du moulin, grâce à une pièce de transition. Le moulin ne doit pas être dévié plus de deux degrés de la vertical, et il s'ajuste par béton.

Le véhicule capable de transporter le moulin jusqu'à son localisation définitive, c'est un bateau de caractéristiques très particulières, donc la location de ce bateau aura un coût élevé, vers le 40% du coût total de l'installation. Il sera situé dans des profondeurs de moins de 20-25 mètres pour pouvoir le fixer à la couche marine correctement, avec son pilot et gravier adéquats.

Un gros marteau est en charge de faire entrer le moulin dans le pilot. Pour cette tâche il faut avoir installé des câbles d'interconnexion avant. Cette interconnexion permet de conduire l'énergie qu'est obtenue à la côte, ils sont triphasés, de cuivre et avec une couverture spéciale pour sa totale résistance à l'eau.

La construction:

- Le gravier dans le seul évite l'érosion: épaisseur de 0.5 mètres et diamètre 0.03-0.02 m.
- Monopilier de 4m de diamètre et 5 cm d'épaisseur. Profondeur moindre de 25m.
- Une autre couche de gravier : d'épaisseur 0.8m et diamètre entre 0.35 et 0.55m.
- Élévation de la turbine et installation des câbles à 36KV à la sous-station.
- Colocation du monopilier moyennant rognon.
- Des navires avec des pattes colloquent-ils des turbines.

1.4 Quantification de la capacité productive annuelle du parc :

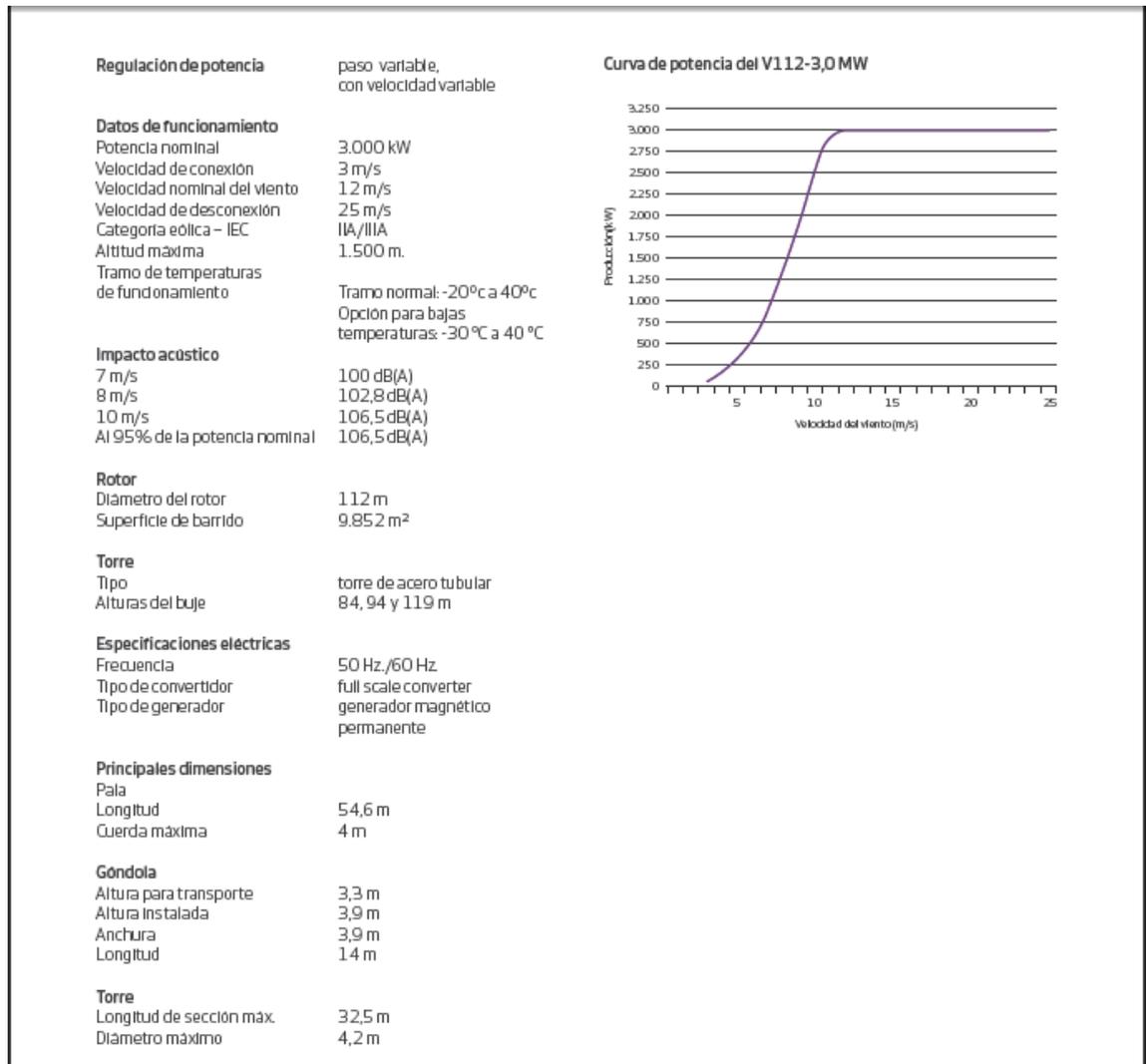
Siendo las características del parque las detalladas a continuación, podrá hacer una estimación, sabiendo que la fórmula utilizada es:

Avec des caractéristiques du parc qui ont été détaillées ci-dessus, on peut faire une estimation, sachant que la formule utilisée est :

$$e. \text{ cinétique} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3$$

Etant :

- La densité de l'air a une pression atmosphérique et température ambiante de 15°C ; de 1,225 Kg/m³.
- Le surface de balayé est 9852m².
- La vitesse moyenne estime le meilleur possible, qui est 11 m/s.



2. Courants marins dans le Détroit de Gibraltar

2.1 Adéquation de la localisation et systématique à appliquer pour la détermination approximée du potentiel

Le détroit de Gibraltar est le seul passage maritime entre la mer Méditerranée et l'océan Atlantique, délimité par le cap de Trafalgar et le cap d'Espartel dans l'ouest, et la pointe Cires et pointe Europe dans l'est.

Il a une largeur variable, dès 44 Km à l'entrée ouest jusqu'à un minimum de 14 Km dans l'étrécissement entre Tarifa et la pointe Cires, avec une longueur de 60 Km sur le parallèle 36° N.

La bathymétrie du détroit est très irrégulière. Elle varie entre 550 m dans le canal principal jusqu'à 90 m dans la zone plus basse, avec une profondeur maximale de plus de 1000 m.

Il y a un échange de grandes masses d'eau entre la mer Méditerranée et l'océan Atlantique à travers du détroit de Gibraltar.

Pour la zone à étudier, on considérera quelques facteurs indispensables pour arriver à une correcte utilisation des courants marins existants. Ces facteurs sont:

1. Maximisation de l'énergie disponible, en cherchant une vitesse de courant plus grande. On trouvera cette vitesse dans les sections avec une surface plus petite, et peut être affectée par la distribution de l'effet de la marée et du vent.
2. Pour l'emplacement on cherchera une profondeur petite, d'environ 100 m, avec une pente réduite.
3. Localisation des routes de navigation pour les exclure.
4. Exclure les zones militaires.
5. Localiser les zones de pêche. Dans un premier moment, elles seront exclues pour les possibles conséquences socio-économiques.
6. Localisation des liaisons électriques plus proches et accessibles.
7. Réduction de l'impact sur l'environnement, en considérant le parc naturel de Gibraltar. On exclura cette zone.

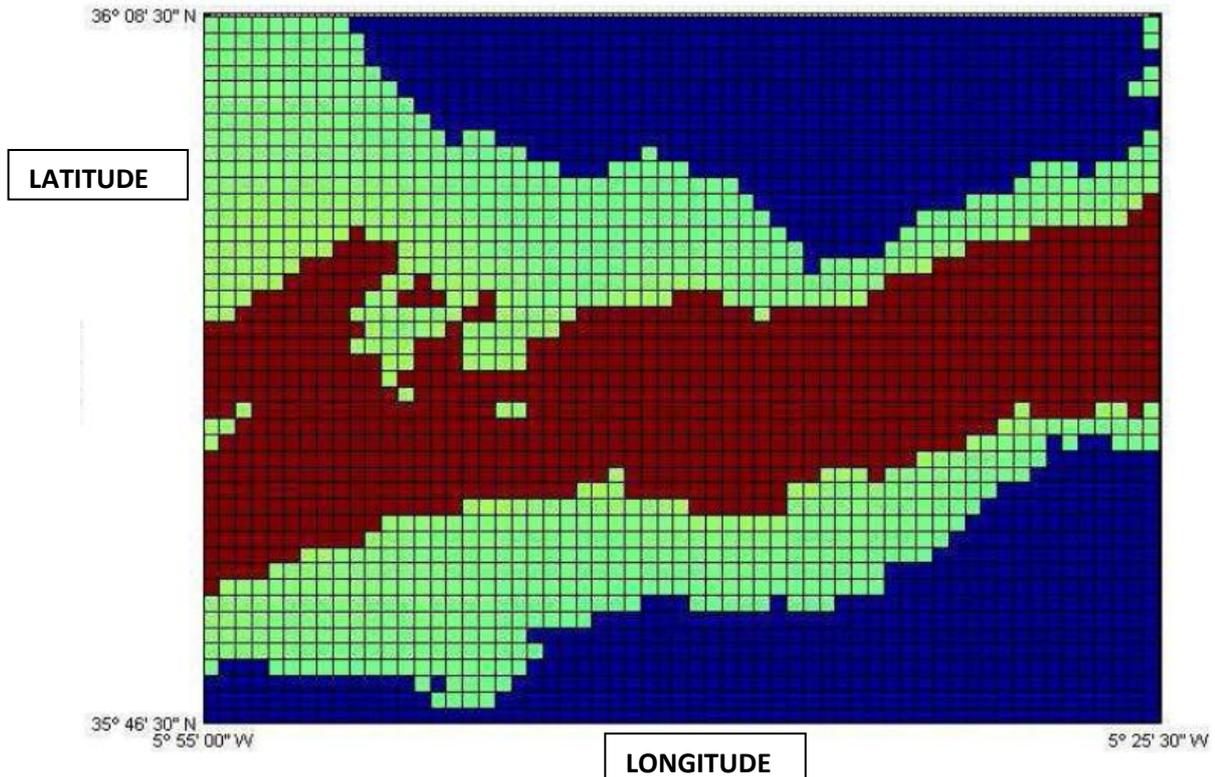
Avec ces facteurs, on peut faire cartes de couleurs pour nous faciliter la localisation des zones avec plus possibilités de bonne utilisation des courants marins.

1. Vitesse des courants

Tous les dispositifs existants jusqu'à aujourd'hui requièrent une vitesse de courant minimale, normalement entre 1.5 et 2 Kn.

2. Simplification du mouillage

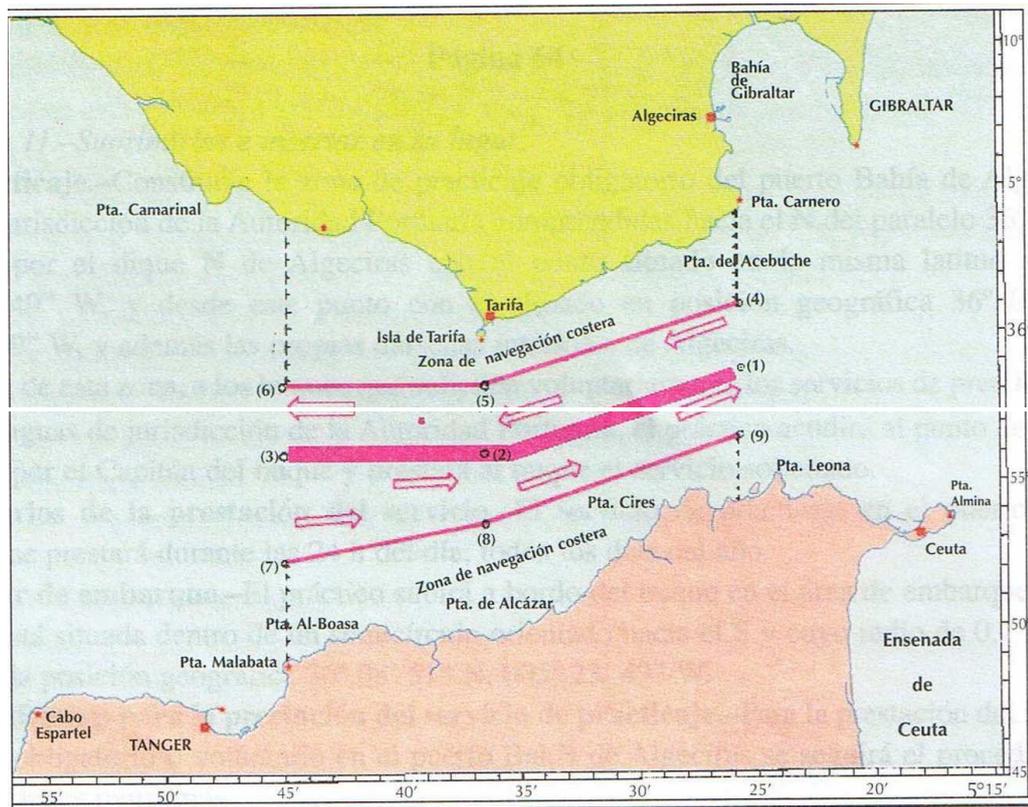
On cherche des zones pas très profondes, d'environ 100 m de profondeur. Dans le détroit de Gibraltar on trouve beaucoup de zones avec cette caractéristique. Dans le graphique ci-dessous on montre les profondeurs supérieures à 100 m en marron, et les inférieures à 100 m en vert.



3. Routes de navigation

Dans le détroit de Gibraltar il y a deux grandes routes de navigation : une sortie à l'océan Atlantique, plus proche à la côte espagnole, et une entrée à la mer Méditerranée, proche à la côte marocaine.

Le graphique ci-dessous montre ces deux routes :

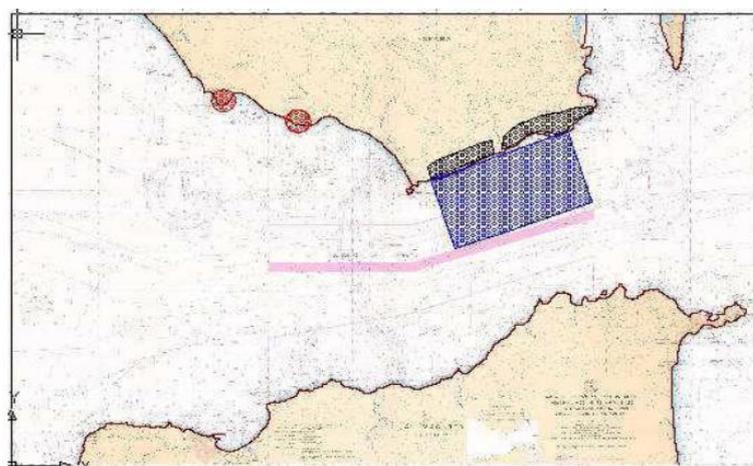


On évitera, donc, l'installation de dispositifs sous-marins dans ces zones, car les travaux là-bas seraient très difficiles et la perte à la dérive de ces dispositifs représenterait un danger pour le trafic maritime.

On doit ajouter aussi aux zones de navigation les routes des sous-marins, qui utilisent la partie plus profonde et centrales du détroit.

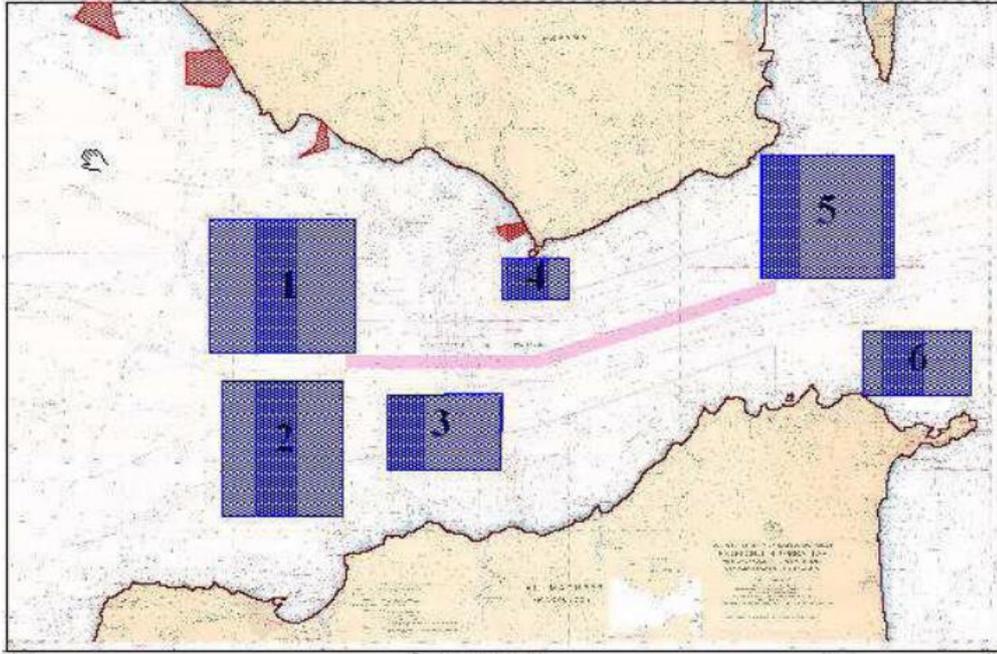
4. Zones militaires

Dans le détroit de Gibraltar on trouve une grande activité militaire. Dans cette zone il ne serait pas possible construire une usine d'exploitation énergétique. On montre cette zone dans le graphique ci-dessous :



5. Zones de pêche

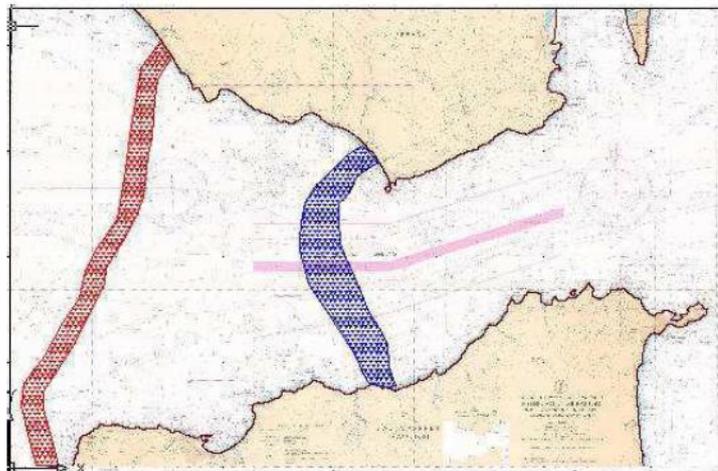
On exclut ces zones pour l'installation des usines renouvelables marines. Les zones dont on parle sont :



6. Localisation des connexions électriques et gaz

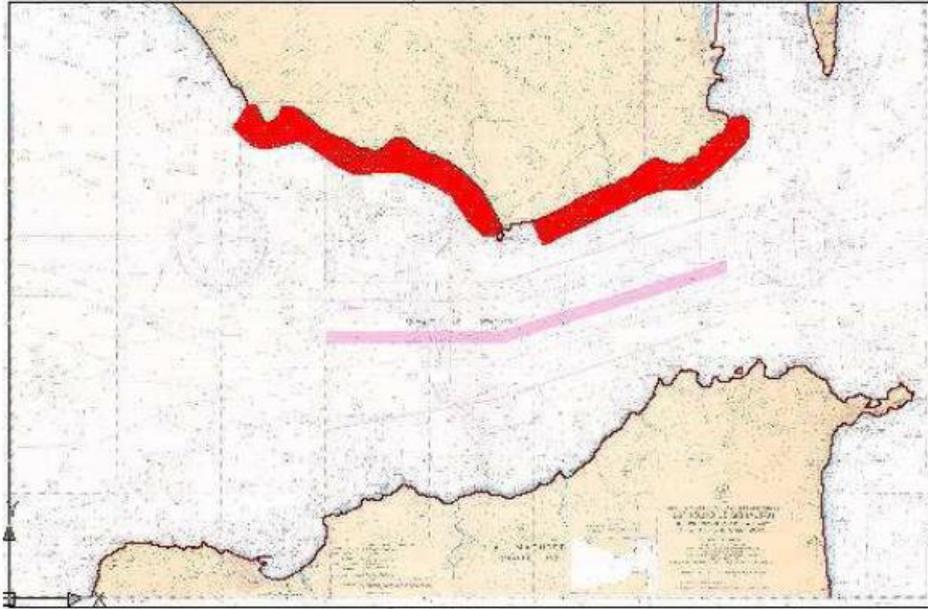
Dans la zone on trouve des émissaires électriques sous-marins et un gazoduc qui relie le Maroc à l'Espagne.

Dans cette zone la pêche est interdite ainsi que le mouillage, donc l'installation d'une usine renouvelable marine serait impossible. C'est dommage ça parce qu'on pourrait utiliser la connexion électrique pour apporter l'énergie sur la terre.



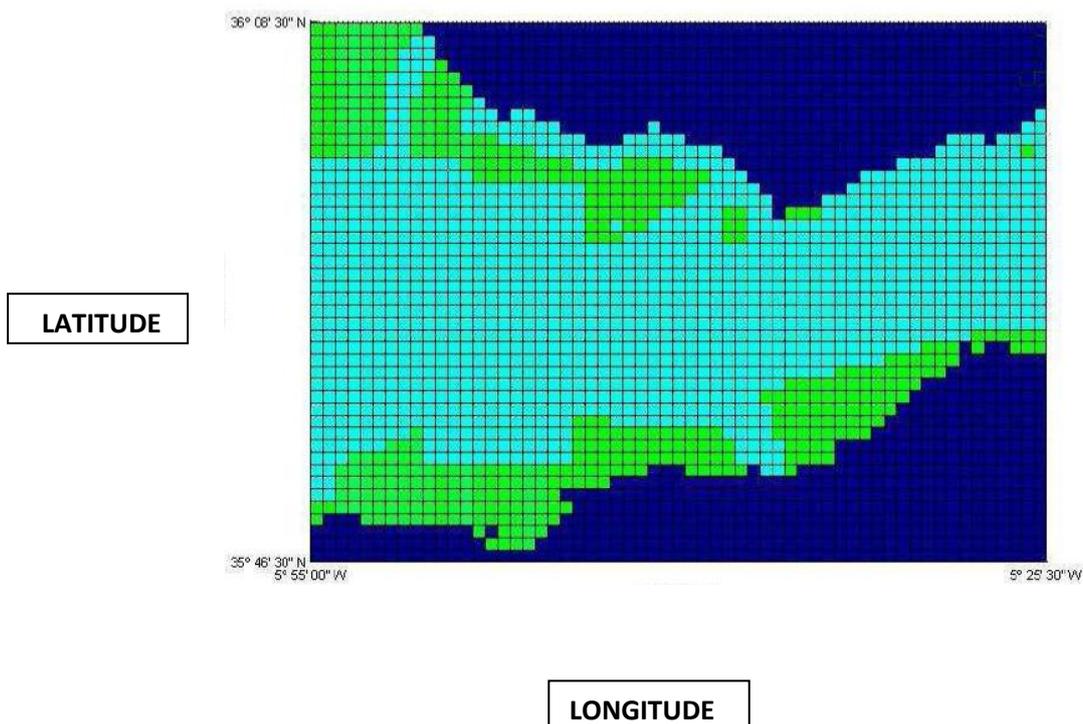
7. Parc naturel du détroit de Gibraltar

On remarque en rouge le parc marin du détroit



Dans un premier moment, cette zone serait exclue de toute installation, mais on pourrait discuter avec les autorités la possibilité de construire un parc qui profiterait des courants, car ça serait un projet d'intérêt pour la région.

Avec cette étude, on arrive à définir quelques zones optimales pour la construction d'une usine qui profite des courants marins. On montre en vert, dans le graphique ci-dessous, les zones en accord avec les contraintes antérieures.



Dans la côte espagnole il y a une zone dans la région appelée « Bajo de los Cabezos » très intéressante, dans laquelle le courant s'accélère jusqu'à 2 Kn. On va choisir cette zone pour l'emplacement de notre projet d'usine énergétique marine.

2.2 Description des technologies à appliquer et choix de celle qu'on trouve optimale

Parmi la grande diversité d'installations et d'outils qui servent à la conversion de l'énergie des courants marins, on va choisir celui qui s'adapte mieux aux conditions de la zone d'étude.

Le TidEl tidal stream generator (SMD Hydrovision) représente sans doute une bonne option, à cause de la bathymétrie du détroit, des conditions des courants et de la navigation de la zone.

Ce modèle pourrait être installé à la profondeur appropriée pour optimiser la vitesse de courant de chaque zone en évitant les interférences avec la navigation.

Le dispositif est totalement orientable, d'installation facile à n'importe quelle profondeur et on pourrait l'utiliser pour profiter des deux courants.

C'est un modèle d'extraction de l'énergie des courants générés par les marées. Le TidEl consiste en un pair d'hélices contrarotatives de 500 kW sur une poutre transversale.

Le modèle complet flotte et il est fixé au travers d'un système de chaînes. Le système d'ancrage permet aux hélices de s'aligner de manière automatique au flux dominant de courant de la marée. L'avantage de ce système, c'est qu'il n'a pas besoin d'une structure de support et il peut être installé dans les fonds d'une majeure profondeur.



Le nouveau projet développé par M. López Piñeiro (professeur de l'École Polytechnique à Madrid), est aussi une bonne solution.

C'est un dispositif submersible formé par une structure avec trois pales dans lequel la partie centrale contient une hélice et un dispositif Pod pour convertir le mouvement des courants en énergie électrique.

Le dispositif peut, au travers d'une mécanique de lestage, peut plonger jusqu'à la profondeur désirée, porter à la surface et tourner pour pouvoir réaliser une maintenance confortable. Le mouillage se réalise dans le fond, en permettant ainsi le tour autour le point d'accrochage.

Ce dispositif, par ses caractéristiques de mouillage et opération, est parfaitement adapté aux conditions du détroit. Dans l'image suivante on peut observer la géométrie du générateur.



Comme ce projet est encore en phase expérimental, on choisit la première option.

2.3 Définition du parc d'exploitation et exposé opérationnel du processus d'installation des convertisseurs énergétiques:

Le Parc va se placer dans la zone de "Bajo de los Cabezos", comme il a été expliqué avant. Cette zone a, plus ou moins, 10^7 m^2 , dans lesquels on pourrait installer à peu près 5 générateurs TidEl. Les générateurs s'amarrent au sol du fond avec des chaînes et s'orientent de telle manière que chaque générateur aie la position optimale pour

obtenir la majeure quantité d'énergie possible en fonction de la courant prédominant dans ce moment-là. Il n'a pas besoin d'un support de base, donc l'opération serait plus simple.

2.4 Quantification de la capacité productive annuelle du parc:

Puissance utilisable : $0.5 * \text{Densité} * \text{Rendement} * S \text{ (surface)} * (\text{vitesse moyenne})^3$ (en MW)

Où: - Densité de l'eau : 1012 kg/m^3

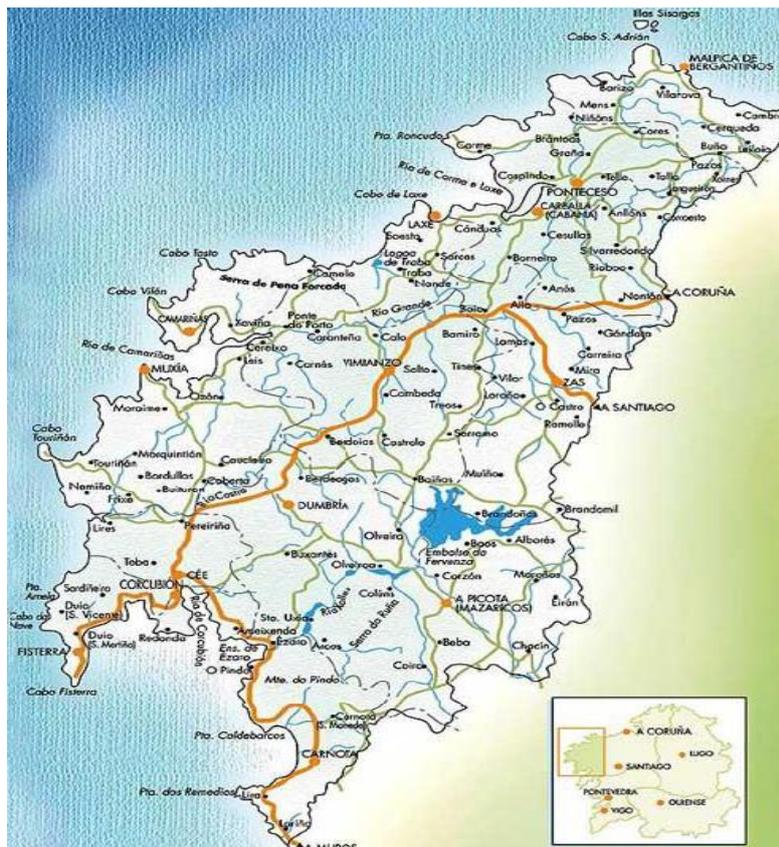
- Rendement des générateurs : 40%
- Surface provoquée par les pales en tournant: les pales du générateur sont de 7,5 m donc: $S = \pi * 7.5 * 7.5 = 176.71 \text{ m}^2$
- Vitesse moyenne : 2Kn (1Kn=0.5144m/h).

Avec tout ça on peut conclure que la puissance utilisable, pour chaque générateur, c'est de 87.5MW, en arrivant, avec les 5 générateurs, à une puissance de 175MW.

3. Vagues. Localisé dans la côte galicienne

3.1 Adéquation de la localisation et systématique à appliquer pour la détermination approchée du potentiel:

Pour trouver la bonne localisation pour l'installation d'un système qui transforme l'énergie des vagues en énergie utile on a besoin d'une bonne houle. Dans la communauté autonome de Galicie on peut trouver quelques emplacements où l'installation de ce type de système est rentable, mais sans doute il serait le meilleur la côte de mort. Des récents études réalisés par l'Université de Santiago de Compostela ont donné comme résultat que la meilleur exploitation des vagues marines il serait entre Finisterre et Îles Sisargas.



Potentiel espagnol:

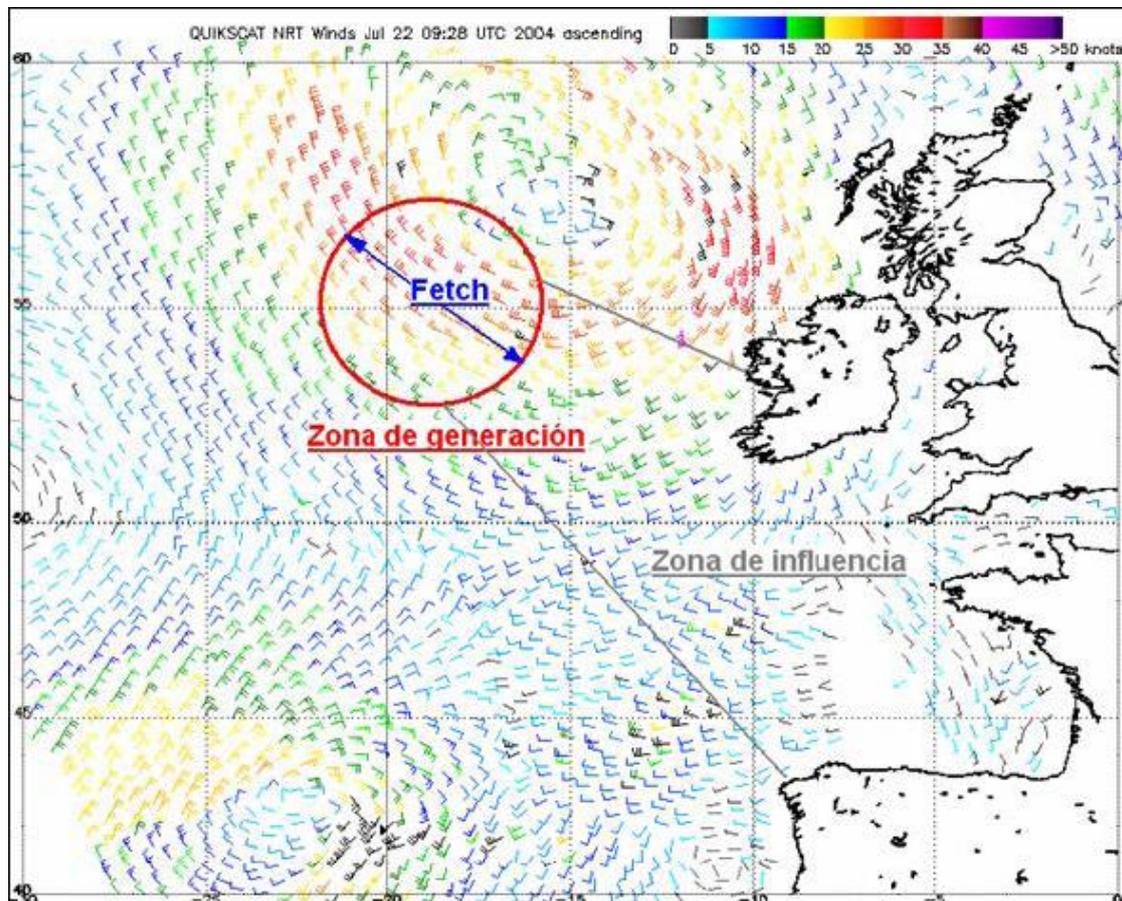
Sur le point de vue du gradient thermique, il n'y a pas suffisant différence de température dans nos côtes, et sur le point de vue du gradient salin

On doit prendre en compte que l'impact sur l'environnement est important. On analysera le potentiel théorique dans les embouchures des fleuves.

Par rapport aux vagues, il y a une ressource de 21GW (source APPA, Association de producteurs d'Énergies Renouvelables), concentré surtout dans la côte Atlantique et Cantabrique, et aussi dans les Îles Canarias.

Les principales caractéristiques d'une vague, lesquelles définissent son comportement, ce sont son hauteur (H), longueur d'onde (L) et profondeur (h). Autres paramètres sont T (période de vague) et c (vitesse de propagation de vague), de telle manière que $c=L/T$.

Les vagues, formées par le vent, sont capables de se propager au travers de grandes distances, de cents ou miles de km. Pendant son chemin, ils souffrent un grand nombre de processus qui les transforment et convertissent en ce qu'on peut observer quand on est proches à la côte. La zone de la mer où les conditions sont homogènes, où le vent souffle dans la même direction, elle s'appelle zone de génération. La longueur de cette zone dans la direction du vent s'appelle "fetch".



L'énergie des vagues est l'addition de l'énergie potentielle et l'énergie cinétique par unité de surface horizontale.

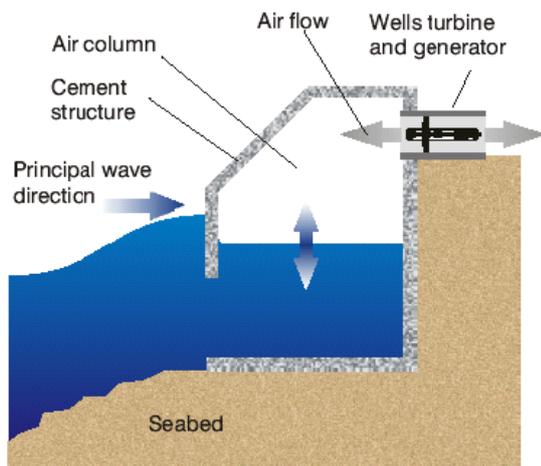
3.2 Description des technologies à utiliser et élection de laquelle est considérée l'optimale:

Si on prend en compte que l'houle développée dans la côte galicienne est très forte, spécialement dans la côte de Mort (emplacement choisi pour notre projet), on décide d'utiliser une installation "on shore". L'installation est LIMPET WAVGEN (UK), un projet développé par UK en 2004.

Cette installation fonctionne de la manière suivante:

- l'eau pénètre dans une chambre ouverte au dessous du niveau du mer.
- Quand la vague incise, l'air se comprime dans la chambre et il sort à l'extérieur au travers d'une turbine.
- D'une même manière, quand la vague se retire, l'air coule à l'intérieur de la chambre.

Cette installation est connectée au réseau électrique et elle a deux turbines qui peuvent obtenir une puissance maximale de 250 KW chaque une. C'est aussi considérée un dispositif d'emmagasinement.



Il y a deux projets en phase de développement:

- a) Îles Feroe (plante OC souterraine). La première phase est de 600KW pour démonstration, et la deuxième est une expansion de 5MW. Le budget initial, c'est de 10M€.

- b) Mutriku (Guipuzcoa). Il utilise une multi turbine OWC (de 16 unités), avec une puissance de 300KW, et un budget est de 5M€. La construction a commencé en 2006, et depuis le fin de 2009 est déjà en fonctionnement.

Ces améliorations pourraient s'adapter au projet dans la Côte de Mort.

3.3 Définition du parc d'exploitation et exposé opérationnel du processus d'installation des convertisseurs énergétiques:

L'installation se placera dans une zone rocheuse où les vagues déferlent, même on pourrait aussi le placer à flot.

On doit prendre en compte la valeur écologique et économique de la zone, puisqu'elle est très appréciée du à la quantité si grande de pouce-pied qu'elle produit. En conséquence, on devrait chercher une autre zone où l'impact environnementale soit minimal, et où il n'affecte pas à la récolte de fruits de mer. Il y a un autre problème avec ce projet, parce que, après un temps, la mer abîme ce type d'installations, et la maintenance est très compliqué du à la zone dans laquelle on se trouve.

3.4 Quantification de la capacité productive annuelle du parc:

Si on prend en compte les courts renseignements qu'on a pour faire le calcul de la puissance utilisable, on se base dans les renseignements connus pour estimer la quantité d'énergie qu'on peut obtenir de cette installation.

Études récents réalisés par l'USC (Université de Santiago de Compostela) ont démontré que dans la Côte de Mort on peut arriver à 50KM par metre d'eau (c'est à dire, plus de 400MW/hm par an), avec un prototype pareil au nôtre. Ce prototype est celui qu'on montre ensuite:

