

# Les énergies marines renouvelables : Qu'est-ce que c'est ?



Quelles perspectives en Nouvelle-Calédonie.

## Résumé de présentation de l'article

La grande diversité des dispositifs de récupération d'énergies marines renouvelables (EMR) permet de mettre en évidence des degrés de maturité technologique très échelonnés, et les îles inter-tropicales bénéficient d'un très vaste potentiel pour l'insertion de ces EMR dans leur mix de production énergétique. Cette nouvelle activité économique sur l'espace littoral et côtier comporte également des effets indirects en termes d'aménagement. Bien que l'exploitation de ces énergies ne fasse pas encore l'objet d'une programmation en Nouvelle-Calédonie, un rappel des spécificités du pays permet de penser que certaines solutions seront envisageables à moyen terme.

## 1 Les Energies Marines Renouvelables ou EMR : qu'est-ce que c'est ?

### Des technologies particulièrement diverses

Directement ou indirectement, le soleil est la cause quasiment exclusive des sources d'énergie marine, par son effet gravitationnel et par les effets retardés de son rayonnement. Ainsi sont générés les marées, les vents, les houles, les stratifications thermiques des masses d'eau... La multiplicité des principes de conversion de ces différentes énergies implique la mise en œuvre de solutions technologiques très différentes avec des implications très diverses en termes d'aménagement littoral et côtier ou encore d'impact environnemental.

Dans ce qui suit nous traiterons des énergies tirées de la marée, des houles et des vagues, de l'éolien off-shore, de l'énergie thermique des mers, de l'énergie osmotique. Ne sont pas traitées dans cet article les énergies tirées de la fabrication de bio-carburants eux même potentiellement issus de la culture de micro-algues marines.

## Les marées

### *Une énergie gravitaire*

Tout d'abord les marées, depuis plusieurs siècles avec les moulins à mer, permettent dans les zones à fort marnage (différence de hauteur entre basse et haute mer) une production énergétique à partir de retenues littorales et le captage d'énergie gravitaire. Les estuaires s'avèrent les plus propices et les plus faciles à aménager. L'usine marémotrice de la Rance en Bretagne construite au milieu des années 1960 est restée la plus puissante au monde avec ses 240 MW, jusqu'à ces dernières années dépassée depuis par l'usine coréenne de Sihwa avec 254MW. Pour la Rance, sur un capital amorti, malgré l'entretien en milieu marin, la centrale produit l'électricité la moins chère du mix énergétique, comparable à l'hydroélectricité classique. Si des projets monumentaux visant plusieurs GW ont été soutenus, en France sur le Golfe Normand-breton, au Royaume-Uni sur l'estuaire de la Severn, leur abandon est dû au refus d'une trop forte anthropisation de milieux naturels exceptionnels - richesse de la biodiversité estuarienne - et au montant des inves-

tissements nécessaires à la construction d'ouvrages marins continus. D'un principe identique, des projets de lagons artificiels installés plus au large répondent aux principales précautions environnementales, mais avec des coûts accrus.



Le moulin à marée du Birlot (Ile de Bréhat, Bretagne). © Max Zematten.

### *Une énergie également hydrocinétique*

Ainsi, plutôt que pour son potentiel gravitaire, la marée dispose aujourd'hui d'un avenir d'exploitation de nature hydrocinétique, en disposant des hydroliennes dans les zones à forts courants de marée, induits en zone côtière et modulés par la morphologie. Les hydroliennes, majoritairement sous la forme d'hélices et de turbines, extraient cette énergie en milieu ouvert. Quittant la frange proprement littorale, seules des zones de quelques dizaines de km<sup>2</sup> offrent les conditions propices suivantes : des vitesses de courant supérieures à 3 m/s pendant 50% du temps, des profondeurs d'eau de 30 à 40 m de manière à pouvoir installer des rotors d'une quinzaine de mètre de diamètre,



taille actuellement optimale des hydroliennes. Ces conditions sont nécessaires au fonctionnement de machines de puissance unitaire d'1MW, telles qu'envisagées pour concevoir des parcs constituant de véritables centrales exportant leur production vers un réseau centralisé. Des hydroliennes plus petites et moins puissantes, ayant pour objectif d'alimenter un réseau local, s'avèrent particulièrement adaptées au contexte insulaire, avec des suggestions d'implantation très pertinentes pour les passes de lagons et d'atolls.

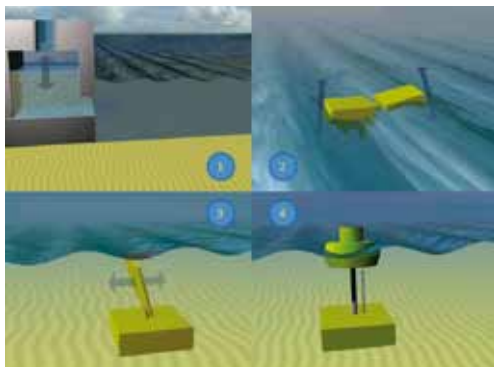


Assemblage de l'hydrolienne Openhydro par DCNS en cale sèche à Brest. © France Energies Marines, Y.-H. De Roeck

## La houle et les vagues

D'un potentiel supérieur, la récupération de l'énergie de la houle et des vagues n'en est pas à un stade de maturité technique moins avancé, ce que traduit la multiplicité des principes de conversion en énergie électrique aujourd'hui proposés : systèmes hydrauliques alimentant des turbines à terre ou des moteurs hydrauliques embarqués, turbines alimentées par des colonnes de compressions d'air, générateurs linéaires etc.

Des technologies sont actuellement développées pour capturer l'énergie sur des infrastructures au rivage, en zone côtière proche mais également plus au large où le potentiel est plus important, la remontée des fonds amortissant la puissance de la houle à la côte, sauf effets locaux de concentration dus à la bathymétrie. Comme pour l'hydrolien, la pertinence de petites unités houlomotrices pour l'alimentation insulaire est fréquemment avancée, avec sous les tropiques, une constance d'exposition des « côtes au vent ».



Différents types de récupération de l'énergie des vagues : 1, colonne oscillante, 2, atténuateur ; 3, batteur immergé ; 4, absorbeur ponctuel. © AQUARET 2009



Variété des fondations et ancrages des éoliennes offshore. (g. à d.) monopieu, embase gravitaire, jacket, plate-forme semi-submersible. © INNOSEA, H. Muslim & T. Coquer.

## L'éolien marin

L'énergie éolienne en mer constitue aujourd'hui la seule source d'énergie renouvelable exploitée de façon industrielle sur le milieu marin, avec un déploiement déjà effectif dans le Nord de l'Europe sur une puissance installée de 4GW, équivalente à l'ensemble du parc éolien terrestre français ; le reste du monde affiche un retard sur l'Europe, seuls Chine, Japon et Etats-Unis ayant déjà débuté. En France métropolitaine, quatre zones ont été allouées le long du littoral atlantique et de la Manche pour l'installation de 2 GW en 2017, suivi d'un deuxième appel d'offre concernant 2 zones réunissant un autre GW opérationnel en 2020. Il s'agit là d'éoliennes posées, soit littéralement sur une fondation gravitaire, soit fichées au sol par l'intermédiaire de pieux multiples sur un trépied ou une structure en treillis métallique (jacket), soit d'un tube monopieu en continuité avec la partie immergée du mât. Un tel déploiement n'est possible que jusque dans des zones de faible profondeur d'eau (~40m). Au-delà, autorisant alors l'accès à un espace côtier moins contraint par les activités économiques et par les préoccupations paysagères, il faut avoir recours à des éoliennes flottantes

(EOF), héritières des plate-formes développées pour l'offshore pétrolier : plate-formes semi-submersibles, SPAR (crayon flottant à centre de gravité très bas), TLP à câbles tendus.

Ces dispositifs seront déployés dans un futur proche, prototypes puis parcs de quelques unités, sur la côte atlantique et le Golfe du Lion.

## L'énergie thermique des mers

L'énergie thermique des mers offre une source de frigorifiques directement exploitables pour la climatisation (SWAC) et permet également une production non-intermittente d'électricité (OTEC) en domaine intertropical : il s'agit alors d'utiliser les différences de température entre une eau chaude en surface et une eau froide obtenue par pompage de l'eau de mer à de grandes profondeurs.

Suivant que les installations soient installées à terre ou qu'elles soient flottantes, les problématiques rencontrées concernent le parcours de la canalisation sur le fond marin ou l'ancrage des plate-formes, de manière similaire à l'EOF mais sur des fonds de 1000m à minima pour atteindre la thermocline permanente entre masses d'eau froide et chaude.



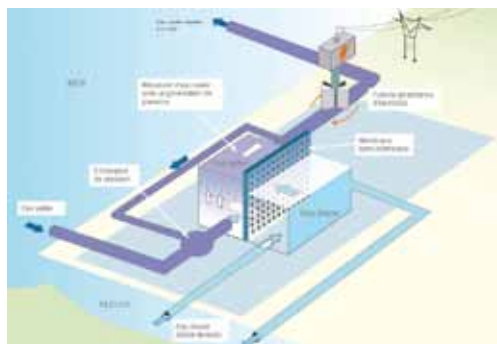
Une centrale ETM ne rejette pas de polluants et les risques environnementaux sont a priori très réduits. D'autre part, une centrale ETM émettrait près de 100 fois moins de dioxyde de carbone qu'une centrale électrique thermique classique.



Projet de centrale pilote ETM de 10 MW (©DCNS)

## L'énergie osmotique

L'énergie osmotique désigne l'énergie exploitable à partir de la différence de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce, les deux masses d'eau étant séparées par une



Principe de fonctionnement d'une centrale osmotique. Prototype de la centrale de Tofte (D'après Statkraft et AFP)

membrane semi-perméable. Elle consiste donc à utiliser une hauteur d'eau ou une pression créée par la migration de molécules d'eau à travers ladite membrane. La pression d'eau en résultant assure un débit qui peut alors être turbiné pour produire de l'électricité. On conçoit que cette énergie puisse être puisée là où des eaux douces rencontrent des eaux salées, notamment les estuaires profonds où une stratification haline permanente permet le pompage à deux profondeurs, afin de ne pas avoir recours à de coûteux ouvrages de canalisation. L'énergie osmotique reste cependant aujourd'hui la moins avancée de ces énergies marines en raison du coût et de la faible performance des membranes actuelles. La société norvégienne Statkraft a toutefois déjà mis en service un premier prototype de centrale osmotique dans un fjord, d'une puissance de 4 kW dès novembre 2009.



## Les contraintes de mise en œuvre : L'identification d'un potentiel techniquement exploitable

Evoqué pour l'ETM, la disponibilité d'une thermocline stable avec un différentiel de température dépassant les 20° C s'avère nécessaire à la production électrique. Pour le SWAC, il convient d'aller puiser de l'eau « rentablement » froide, là encore sous la thermocline. L'océanographie physique ne s'était pas réellement penchée sur cette question avant des études récentes, basées essentiellement sur la modélisation globale de la circulation océanique plutôt que sur des mesures in situ qui restent trop ponctuelles à ce stade (les sondes ou les prélèvements viennent confirmer les modélisations, elles-mêmes essentiellement contraintes par des données satellitaires d'altimétrie « assimilées » dans les simulations). Ainsi, on définit plutôt des régions propices, au sein desquelles il est nécessaire d'opérer à des campagnes assez onéreuses de qualification des résultats. On profite alors des prélèvements pour vérifier la composition physico-chimique des eaux profondes que la production énergétique va amener en surface, ce qui permet d'anticiper les études d'impact.

Pour les autres énergies marines, la météorologie et l'océanographie opérationnelle fournissent là encore des éléments pour la définition des zones propices à l'exploitation. Cependant, de par la nature intermittente des énergies éolienne, hydrolienne ou houlomotrice, une exploitation rentable implique de disposer d'une estimation sta-

tistique fiable de la ressource considérée. On définit en effet le facteur de charge d'un dispositif de récupération d'énergie intermittente comme le pourcentage du temps pendant lequel il est à même de produire à sa puissance nominale installée. L'ordre de grandeur pour le solaire et l'éolien terrestre est évalué à 25% quand il frôle ou dépasse les 35% en mer pour chacune de ces trois ressources, mais on comprend qu'il existe une très forte variabilité spatiale de ce paramètre. C'est ce qu'il convient de mesurer très finement (au pourcent près), à la fois par une instrumentation déployée attentivement afin de disposer de séries temporelles statistiquement exploitables, et par une modélisation à haute résolution relevant de l'océanographie opérationnelle côtière plutôt que de l'échelle océanique précédemment mentionnée pour l'ETM. Néanmoins, tant la météorologie marine que l'océanographie opérationnelle offrent un caractère nettement plus prédictible que l'obtention de paramètres semblables nécessaires à l'exploitation des énergies intermittentes terrestres, tels que l'ensoleillement et le vent à fine échelle.

Dimensionnant toute forme d'installations d'ouvrages ou de structures flottantes en mer, la connaissance fine des conditions océano-météorologiques importe également : elle définit la durée des périodes propices d'installation, d'accès pour maintenance voire d'exploitation dans les zones d'évènements extrêmes (typhons, ouragans). Là encore, il convient de disposer de séries temporelles longues pour construire des statistiques fiables : des études en cours dans ce domaine permettront certainement d'exploiter au mieux l'observation satellitaire en appui aux coûteux déploiements instrumentaux in situ.

## De nécessaires connaissances géologiques

Cette diversité des énergies marines conduit à la mise à l'eau ou la réalisation d'ouvrages côtiers de natures bien différentes, induisant cependant nombre de problématiques géologiques communes, en considérant l'installation, l'exploitation et le probable démantèlement - a priori obligatoire pour les ouvrages sur concession du domaine public maritime. En excluant les ouvrages proprement côtiers plus conventionnels, voici quelques questionnements relatifs aux installations d'EMR.

Les décisions d'implantation ne peuvent être prises sans une bonne connaissance géologique globale des substrats sous-marins, influant sur les choix des systèmes d'ancrage ou de fondation. Or dans un projet EMR, le retour d'expérience de l'éolien posé permet d'estimer le coût des fondations à 20% du total de l'investissement initial.

Les compléments d'acquisition aux différentes échelles de la géologie, dont celles de la géotechnique, sont entrepris par les développeurs de parcs. Pour appréhender les besoins de connaissance géotechnique, il faut avoir à l'esprit les différents types de fondation pour estimer les profondeurs de battage, les capacités de portance, les propriétés rhéologiques pour les calculs de résilience des sols, mais aussi de fatigue des structures. D'où le besoin d'un relevé géotechnique précis et coûteux.



Pose de matelas-béton de stabilisation du câble de raccordement du site d'essais en mer SEM-REV.  
© Ecole Centrale de Nantes - SEM-REV.

En sus de la cartographie des champs d'implantation des systèmes EMR, il convient de procéder à des campagnes de reconnaissance du tracé de la connexion au réseau pour les convertisseurs électriques, ou des caloriporteurs. Les enjeux financiers sont là encore primordiaux, avec des coûts linéaires de câble s'élevant à 1 M€/km, études, fourniture et pose. Tout particulièrement, l'ensouillage des câbles se trouve préconisé afin de minimiser les restrictions aux arts traînants pour la pêche,



ce qui revient à favoriser des parcours sur substrat sédimentaire : il faut alors non seulement reconnaître un parcours - s'apparentant à un labyrinthe dans certaines zones -, mais également disposer d'une connaissance fine des caractéristiques du sol pour déterminer les procédés adaptés (hydrojet, charrue etc.) et savoir combler les tranchées avec un sédiment décompacté.

La traversée de substrats rocheux est inévitable dans les zones aujourd'hui propices

à l'hydrolien, soumises à de très forts courants alternés où les amas sédimentaires sont rares : il existe alors des solutions de couverture des câbles simplement posés à l'aide de tuiles métalliques semi-emboîtées ou de matelas en béton articulés.

Ces solutions onéreuses requièrent alors une observation de la micro-bathymétrie - réalisée en vidéo - afin de s'assurer d'une bonne densité des appuis des câbles pour éviter des suspensions et des concentrations d'efforts mécaniquement inadmissibles.



## De potentiels impacts à envisager et mesurer

L'énergie captée sur le milieu affecte nécessairement sa dynamique, dans des proportions relatives à l'échelle spatiale considérée.

Localement, la création d'obstacles rigides sur le fond marin entraîne des affouillements ou des accumulations autour des fondations. Ces phénomènes, connus pour l'ensemble des aménagements littoraux, peuvent être modélisés à partir d'une bonne connaissance conjointe des statistiques des contraintes de cisaillement à l'interface sol/colonne d'eau et des propriétés rhéologiques des sols avoisinants. Ces perturbations physiques sont par ailleurs évaluées non seulement pour

leur effet mécanique sur la qualité de la fondation ou de l'ancrage, mais aussi pour la modification apportée au biotope local ou sur une zone plus vaste, de par le dépôt des sédiments déplacés.

L'estimation de l'effet individuel des dispositifs de récupération d'énergie hydrolienne et houlomoteur sur la captation du potentiel énergétique est essentiellement destinée à calculer leur efficacité énergétique - en disposant « en amont et en aval » des capteurs de la ressource (courantomètres, houlographes, majoritairement sur la base des techniques acoustiques Doppler). Avec les mêmes outils de mesure, appuyés par la modélisation, l'impact de fermes ou de champs étendus doit être a minima prédit pour évaluer d'éventuels changements de dynamique d'érosion ou d'accrétion sur les côtes soumises, par capture d'une fraction de l'énergie incidente, à une modification des régimes de vagues ou de courants.

L'impact potentiel sur les écosystèmes environnant les installations est bien évidemment également à considérer. Avant d'évaluer d'éventuels effets, plusieurs natures



Observation du peuplement benthique le long du câble du site pilote hydrolien EDF de Paimpol-Bréhat, campagne Brebentz. © Ifremer, O. Dugornay



sons, mammifères, oiseaux, ...). Il pourra en découler des mesures d'atténuation des causes (enfouissement des câbles, carénage de certains systèmes, choix des fluides techniques) ou bien de compensation (en particulier avec l'estimation de l'effet récif artificiel sur l'abondance voire la biodiversité des espèces).

### 3 Une composante de l'aménagement du littoral

L'usage nouveau de la zone côtière par les EMR ne doit pas être oublié dans le nécessaire effort de zonage des activités, demandé par une directive européenne :

de pression sont à considérer : l'introduction de nouvelles sources acoustiques anthropiques, en phase de construction ou d'exploitation, le risque de pollution chimique par les fluides techniques ou les navires d'entretien, la probabilité de collision de certains animaux avec les mécaniques en mouvement, l'effet encore mal évalué des champs électromagnétiques engendrés par les câbles sous-marins de transport électrique. Moins rémanente, l'augmentation probable de la turbidité en phase de construction revient à une problématique plus commune d'impact d'aménagements marins. L'état de l'art dispose de peu de retours d'expérience pour les pressions initialement citées, du fait de l'infime déploiement actuel des EMR dans le monde. Des études sont en cours afin de définir des protocoles pertinents d'évaluation de l'état initial et de suivi des écosystèmes concernés, dans leurs différents compartiments (faune, invertébrés, pois-

le partage ou le recouvrement parfois conciliable avec la pêche, le trafic maritime, et cette autre activité émergente - du moins en France - que constitue l'extraction de granulats marins, repose à nouveau sur une excellente connaissance géologique mais aussi sur la collecte rigoureuse d'éléments économiques - et sociaux - amenant à un choix raisonné et concerté lorsque des exclusions s'avèrent indispensables.

Parmi les usages conjoints, citons l'intégration de dispositif de conversion d'énergie houlomotrice et hydrolienne aux digues portuaires et aux ouvrages de protection côtière : ceci constitue l'objet du projet EMACOP.

Celui-ci rassemble de nombreux acteurs de la communauté nationale, dans le cadre d'une rénovation et d'une extension de ces ouvrages, question que l'élévation du niveau de la mer sur le siècle en cours rend encore plus pertinente.

Raccordés à la terre, pilotés à distance et fournissant une alimentation électrique, les systèmes EMR offre une opportunité sans doute inégalée d'instrumentation du littoral contribuant à l'essor de l'océanographie côtière opérationnelle (OCO) : les EMR seraient ainsi fournisseurs autant que clients de l'OCO, puisqu'elles s'appuient sur un besoin de connaissance fine de la ressource physique (courants, vagues, état de mer, température, vents de surface) à plusieurs échelles spatio-temporelles tant pour le calcul du productible d'une implantation nouvelle que pour la fourniture au réseau d'un apport intermittent, hors ETM, mais assez facilement prédictible - en comparaison du solaire ou de l'éolien terrestre.

#### 4 *Quel avenir en Nouvelle-Calédonie ?*

La Nouvelle-Calédonie se caractérise par une insularité, exacerbée dans certaines îles secondaires comme les Loyautés, l'île des Pins, les Belep avec des difficultés d'approvisionnement en énergie et des coûts de production élevés.

Alors que dans le reste du monde une dynamique importante se place sur les EMR, la Nouvelle-Calédonie, pourtant bien nantie au plan maritime, n'a encore que très peu envisagé les perspectives d'exploitation de ce type de ressources énergétiques.

### *Qu'en est-il exactement ?*

#### Au plan de la marée et des courants

Le marnage est ici réduit (1,8 m en vives eaux) mais cette marée entraîne, dans certains sites privilégiés des passes du lagon de la Grande Terre, des courants qui peuvent être significatifs.

Une étude menée dans le cadre du Programme ZoNeCo avait fait appel à des simulations par un modèle aux éléments finis (ADCIRC) de résolution de 100 m environ



mettant en évidence (cf. carte ci-après) des zones dans le Sud et le Nord de la Grande Terre où les courants atteignent 1 m/s. Il faut toutefois considérer que la résolution du modèle ne permet pas de représenter des zones plus étroites où l'intensité des courants pourrait être beaucoup plus forte. Par ailleurs des études (mesures in situ) conduites dans le cadre de l'implantation du rejet de l'Usine du Sud (Vale Inco Gorô) certifient des vitesses atteignant 1,5 m/s au droit des passes du Sud, passe de la Havannah notamment, mais toutefois pas dans les passes proprement dites, où les mesures n'ont pas été réalisées.

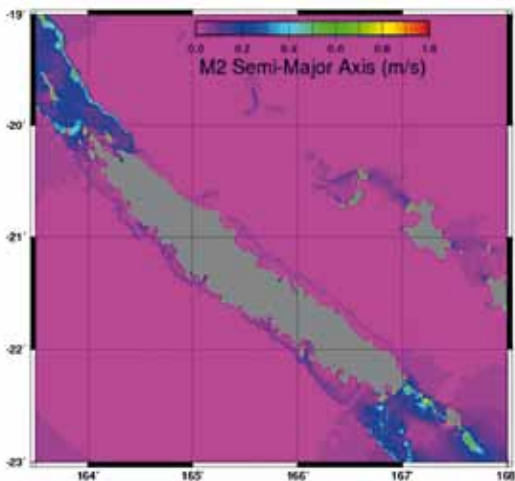
de Goaro Deva (Bourail) qui montrent un courant sortant permanent de 0,5 à 1 m/s en conditions normales de houle, de marée et de vent, quelle que soit l'heure de marée dans la passe de la Fosse aux requins, courant directement lié à la vidange constante du lagon situé à proximité en amont.

A noter réflexion récente « Hydro Gen », hydrolienne flottante à turbine marine, estuarienne ou fluviale de petite puissance (10 à 100 kW) lancée par EEC (filiale du Groupe GDF SUEZ).

## Au plan de la houle et des vagues

Les éléments que nous donnons ci-après sont issus d'une étude réalisée par la SRP (Société de Recherche du Pacifique) sur le régime des houles, dans le cadre de l'avant-projet de l'implantation de capteurs d'énergie houlomotrice de type PELAMIS fabriqué par la Société écossaise Ocean Power Delivery Ltd. Cette étude a permis d'établir une climatologie de la houle, d'en déduire une puissance disponible et d'identifier les sites préférentiels d'implantation.

L'exploitation des données de Météo France montre que les houles dominantes sont de sud-est, générées par un régime d'alizé de sud-est très constant qui intéresse une zone de fetch de 1000 à 2000 kms à l'est-sud-est de la Grande Terre. Par ailleurs en hiver les dépressions passant au sud de la Nouvelle-Zélande produisent de grandes houles de sud-sud-ouest. Ainsi que le montre la figure ci-après pour un point situé au sud-est de Maré, bien que



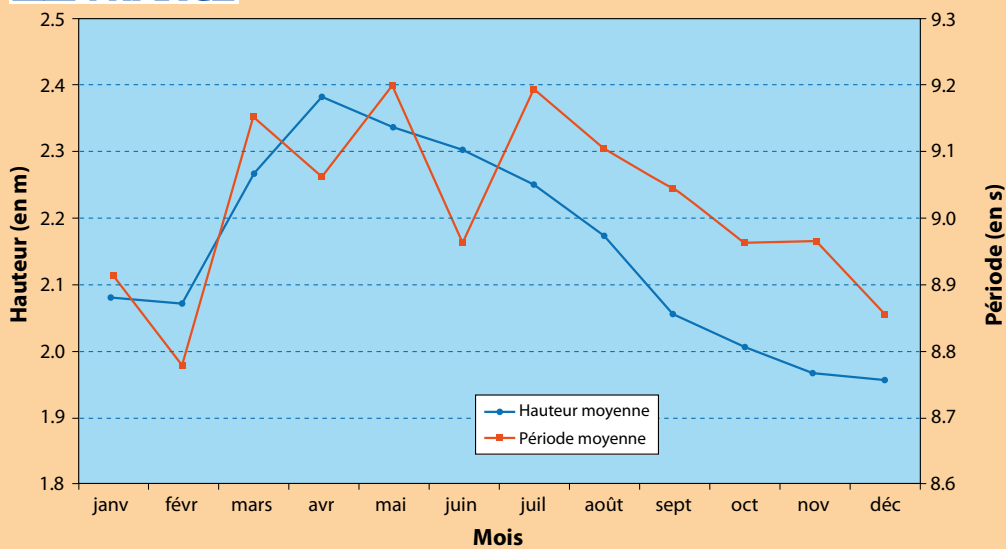
Représentation des vitesses des courants de marée, Onde M2, simulées par le modèle ADCIRC mis en œuvre par l'IRD de Nouméa. Les zones des plus forts courants se situent dans les passes des grands lagons Nord et Sud.

Par ailleurs il existe dans certaines parties du lagon (notamment dans sa partie étroite à l'ouest) des phénomènes de surverses liées à la houle qui combinées à la marée pourraient offrir des conditions favorables. On notera par exemple les observations effectuées dans une étude commanditée par la Province Sud (LBTP 2005) sur le site





### Evolution mensuelle des paramètres de la houle au point 22,0°S/168,5°E sur la période 1995-2005



l'on note un maximum en avril et un minimum en décembre, la variabilité saisonnière (variations de période infime et hauteur moyenne entre 2 et 2,4 m.) est très faible, notamment si on la compare aux sites de zones tempérées ou la variabilité entre été et hiver est très forte. La ressource est donc quasiment constante toute l'année.

L'étude a plus précisément considéré trois sites, l'un sur la côte ouest en face de Bourail et deux aux Iles Loyauté le premier au nord de Lifou et le second au sud-est de Maré. La ressource la plus intéressante du territoire se situe au sud-est de la zone maritime, la Côte Ouest étant par contre protégée de par son orientation par rapport aux houles dominantes d'est-sud-est. Cette étude montre également que la puissance moyenne mesurée sur le point au sud-est de Maré est supérieure à 20kW/m

ce qui est un résultat intéressant pour une exploitation opérationnelle de l'énergie houlomotrice.

## Au plan de l'éolien marin

L'utilisation de l'énergie éolienne en Nouvelle-Calédonie atteint 3% de la production globale du pays et s'est inscrite en hausse de 26% en 2012. Cette exploitation est actuellement exclusivement terrestre (champs d'éoliennes dans le Grand Sud et dans le Nord-Ouest principalement).

Le potentiel en énergie éolienne résulte d'un régime des vents basé sur un système d'alizés soutenus (vents de secteur Est-Sud-Est) qui soufflent par exemple 220j/an à Nouméa.

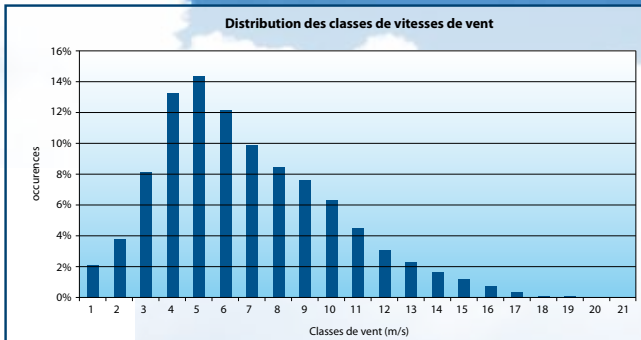


Des vents d'ouest souvent violents (jusqu'à 40 nœuds) soufflent pendant environ 10% du temps. Ces configurations, que l'on ne trouve pas dans les autres îles du Pacifique situées en petites latitudes sud, au sein de zones fréquentes de marais barométriques, sont favorables au développement local de l'énergie éolienne.

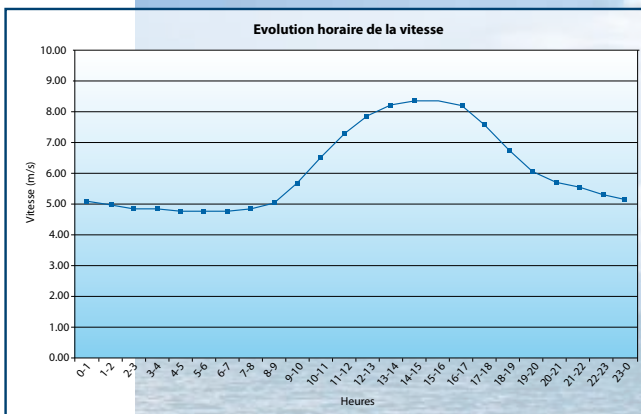
Les deux figures ci-contre, aimablement mises à disposition par la Société Aerowatt, montrent : d'une part (distribution des classes de vitesse des vents) que les vents supérieurs à 4 m/s, considéré comme seuil de fonctionnement des éoliennes, représentent 73% des occurrences des vents et d'autre part, pour un régime d'alizé établi (évolution horaire de la vitesse), c'est entre 10-11h et 19-20h dans la journée que l'énergie disponible dans le vent est maximum.

Ces données sont le fruit d'enregistrements à terre spécifiques aux conditions d'une zone, résultant notamment de l'impact du relief et l'apparition possible d'un vent secondaire, phénomène qui lui est éliminé au large.

Actuellement il n'y a pas de projet d'éolien marin. Il apparaît très vraisemblable en raison de la biodiversité des lagons



La figure ci dessus montre que les vents supérieurs à 4m/s représentent sensiblement les 3/4 des occurrences.



La figure ci dessus montre que le maximum d'énergie du vent dans un alizé établi se rencontre entre 10-11h et 19-20h.

coralliens, de leur inscription pour une surface importante (15000 km<sup>2</sup>) au patrimoine mondial de l'Unesco et de conflits potentiels d'usages (navigation, pêche, voile etc...) que des projets d'implantations d'éoliennes en mer posées sur les petits fonds des lagons (moyenne 30 m) ne verront pas le jour. Par contre, à l'extérieur des récifs et compte tenu du potentiel évoqué plus haut, et du caractère laminaire des vents au large non perturbés par le relief, l'exploitation de cette énergie sur éoliennes flottantes n'est pas totalement utopique sur une échéance de long terme.

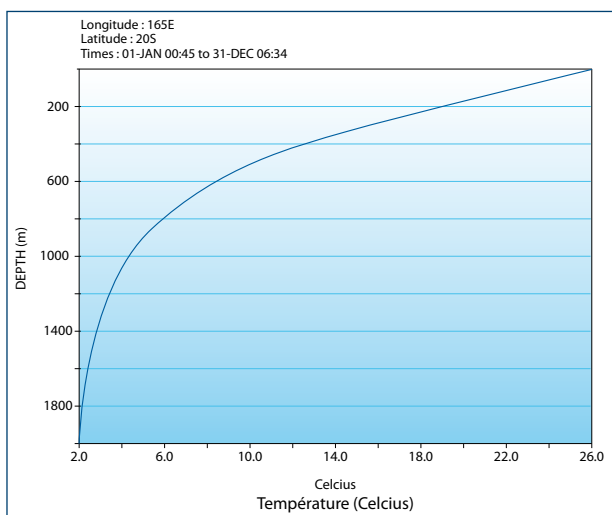
Toutefois une telle perspective, qui suppose que soient résolues des contraintes techniques importantes (ancrages, raccordement à terre etc.), ne pourra que bénéficier de la poursuite du développement de l'exploitation du gisement éolien terrestre et de l'ensemble de la maîtrise technique opérationnelle de ce gisement.

## Au plan de l'Énergie Thermique des Mers

Cette exploitation présente un intérêt en zone intertropicale, là où la température de l'eau reste uniformément proche de 4°C à une profondeur de 1000 m tandis qu'elle est supérieure à 24°C en surface. Il est effectivement nécessaire de bénéficier d'un différentiel de 20° pour l'exploitation ETM. Dans le cas de la Nouvelle-Calédonie, des fonds de plus de 1000 m se situent à des distances assez proches de la côte autour des Iles Loyautés mais aussi sur la Grande Terre, là où le lagon est étroit ; au niveau de Bourail sur la Côte Ouest ou encore de Touho et de Hienghène sur la Côte Est. La courbe ci-contre qui représente un profil de température moyenne sur la verticale au niveau de la Côte Est (données tirées du modèle ROMS opéré par l'IRD), montre que le différentiel surface-fond dépasse 20° et que des conditions physiques seraient donc propices à une exploitation de l'Énergie Thermique des Mers.

## Conclusion

Cette revue rapide des caractéristiques EMR met en évidence des besoins variés sur les solutions techniques possibles justifiant d'entreprendre des reconnaissances géologiques et géotechniques poussées et des études d'impact également solides,



Profil de température sur la verticale au point 165°E - 20°S, Côte Est. (modèle ROMS, IRD/NOAA)

tout particulièrement là où la biodiversité marine est riche (ce qui est le cas de la Nouvelle-Calédonie) et les activités anthropiques sont importantes. Ces études contribuent aux décisions d'implantation et aux paramètres de conception des fondations et ancrages des machines et de leur raccordement au réseau terrestre. Dans un mécanisme d'attribution par appel d'offres, en vue de diminuer la facture finale du consommateur sur laquelle se reportent toute action redondante, les



campagnes de levé systématique devraient être réalisées *ab initio* sur fonds publics ou bien en encourageant leur mutualisation. Des recherches sont également à mener afin de mieux quantifier les impacts potentiels, tant dans un esprit de préservation environnementale que pour conforter l'efficacité des solutions EMR.

Pour ce qui concerne plus précisément le cas de la Nouvelle-Calédonie on peut avancer ce qui suit :

le potentiel hydrolien en Nouvelle-Calédonie serait réduit, tout du moins ne permettant pas la mise en opération d'hydroliennes de grande taille (courant nécessaire de l'ordre de 3 m/s). Toutefois ce constat mérite d'être infirmé ou confirmé par des mesures in situ adéquates dans des étranglements des passes entre lagon et mer ouverte, mesures qui semblent ne pas être actuellement disponibles.

Le potentiel houlomoteur est par contre significatif pour toute la zone située entre Lifou, Maré, l'île des Pins et le sud de la Grande Terre avec un régime constant toute l'année. Par contre, en raison de la géographie des sites potentiels, la complexité technique des installations à envisager serait grande (ferme de grande taille, câblage, interconnexions, sous réseaux etc...), notamment vers l'île des Pins et le sud de la Grande Terre. D'autant que la maturité technologique de ces systèmes est encore perfectible. C'est le site de Maré qui semble toutefois le plus prometteur.

Le potentiel éolien marin est réel, compte tenu des régimes de vents de cette région du Pacifique explicités plus haut. Cependant des perspectives d'exploitation, en raison des configurations géographiques particulières de la Nouvelle-Calédonie et des protections ou conflits d'usage potentiels dans les lagons ne peuvent s'envisager éventuellement qu'à long terme et sont également dépendantes de la croissance de l'exploitation du potentiel éolien ter-restre, encore sous-exploité, et en tirant bénéfice du savoir-faire lié à la croissance de ce dernier potentiel.

Le potentiel en énergie thermique des mers, en raison des différences de température entre 1000 m et la surface, que ce soit pour la climatisation (SWAC) ou la production non-intermittente d'électricité (OTEC) est réel sur le papier. Un site privilégié pourrait être celui de Bourail, notamment dans le cadre d'un démonstrateur pilote en liaison avec le projet de développement touristique de Goaro Deva. Une production électrique de base, reposant sur des centrales ETM flottantes à l'extérieur du récif est concevable à moyen ou long terme si leur performance devient compétitive vis-à-vis d'une production reposant aujourd'hui sur du charbon ou des hydrocarbures.

Ces conclusions concernant les différentes possibilités d'exploitation en Nouvelle-Calédonie des Energies Renouvelables sont cohérentes avec celles de l'Expertise collégiale pilotée par l'IRD en 2010 intitulée « l'Énergie dans le Développement de la

Nouvelle-Calédonie » en renforçant l'analyse des possibilités que la mer (hors micro-algues) est susceptible d'offrir ici.

## Bibliographie

Boyé H. et al (2013). Rapport de la mission d'étude sur les énergies marines renouvelables. La documentation française.

[http://www.ladocumentationfrancaise.fr/docfra/rapport\\_telechargement/var/storage/rapports-publics/134000275/oooo.pdf](http://www.ladocumentationfrancaise.fr/docfra/rapport_telechargement/var/storage/rapports-publics/134000275/oooo.pdf)

Lacroix D., Paillard M. (2008). L'avenir des énergies renouvelables marines. Synthèse de l'étude prospective Ifremer sur les énergies renouvelables marines à l'horizon 2030. In Futuribles n°345.

<http://www.futuribles.com/fr/viewer/pdf/3011>

LBTP. (2005). Etude courantologique et houlographique du chenal de l'îlot Shark dans l'objectif d'étudier sa navigabilité. Rapport d'Etude pour la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud. Mai 2005. 42 p. plus annexes.

Rabain A., De Roeck Y.-H. (2012). La viabilité économique des énergies marines comme condition nécessaire de leur développement en France et à l'international. In Paralia, XII<sup>èmes</sup> JNGCGC Cherbourg. DOI:10.5150/jngcgc.2012.091-R, [http://www.paralia.fr/jngcgc/12\\_91\\_rabain.pdf](http://www.paralia.fr/jngcgc/12_91_rabain.pdf)

Schneider F. (2013) Les Energies Renouvelables Marines face au Droit. Fiche de synthèse d'étude prospective. Ifremer, juin 2013.

SRP. (2006). Etude de la ressource en énergie houlomotrice en Nouvelle-Calédonie appliquée au développement du convertisseur Pelamis. Octobre 2006.

### Autres liens :

<http://www.france-energies-marines.org/Les-energies-marines-renouvelables>

<http://www.connaissancedesenergies.org>

<http://www.ifremer.fr/drogm/cartographie/plateau-continentale/energies-marines-renouvelables>

<http://www.mer-veille.com>



**Yann Hervé  
De Roeck**

Directeur général  
de France Energies  
Marines. 15 rue Johannes  
Kepler, 29200 Brest,  
[yhdr@france-energies-marines.org](mailto:yhdr@france-energies-marines.org)



**Lionel Loubersac**

Ancien Délégué  
de l'Ifremer  
en Nouvelle-Calédonie  
[lionel.loubersac@ifremer.fr](mailto:lionel.loubersac@ifremer.fr)