

Le Croisic, centre de recherche sur les énergies renouvelables

Le projet SEM-REV à Penn Avel

Lors d'une récente conférence, le 12 juillet 2012, Jacques RUILLER, astronome amateur croisicais, nous a fait rêver, les "Amis du Croisic" et bien d'autres, à la découverte des étoiles, de leur formation, de notre soleil et notre vieille planète, la Terre, âgée de 4,5 milliards d'année.

Nous avons appris que la vie a pu apparaître sur la terre grâce à la présence d'eau liquide mais aussi grâce au carbone. Ce carbone et les autres éléments lourds que l'on trouve sur la terre, résultent des fusions nucléaires de l'hydrogène et de l'hélium qui ont eu lieu lors des générations précédentes d'étoiles (avec explosions en "*supernovae*" de ces mêmes étoiles) en un processus qui a duré plus de 9 milliards d'années.

Lors des périodes géologiques successives, la végétation, nourrie par le soleil grâce à la photosynthèse, a laissé se déposer sur la terre, en quelques centaines de millions d'années, des débris végétaux qui sont devenus fossiles : le charbon, le gaz naturel et le pétrole, richesses énergétiques prodigieuses que l'humanité va trouver le moyen de consommer intégralement en moins de 200 ans !...

Si l'on peut regretter cette frénésie consummatrice, n'oublions pas tout de même qu'elle a permis la croissance si recherchée, le développement humain et notre niveau de vie actuel.

Les pics de production du pétrole et de l'uranium (époque où la demande devient supérieure à l'offre) se situent suivant les experts entre 2020 et 2050. Pour le gaz, l'échéance est plus lointaine avec l'exploitation éventuelle des gaz de schiste. Quant à nos ressources en charbon, nous devrions en avoir encore pour une centaine d'années au rythme de production actuel.

Toujours est-il que si l'humanité veut éviter la catastrophe économique d'une rupture énergétique, il est plus qu'urgent de s'en préoccuper et de trouver des énergies de remplacement.

C'est seulement depuis 2008 qu'une mobilisation générale se manifeste dans le monde entier.

Pour remplacer nos précieuses énergies fossiles, les idées ne manquent pas. On peut pour simplifier classer les énergies renouvelables, donc non fossiles, en 5 grandes catégories suivant leur origine :

- 1°) L'énergie nous venant directement du soleil soit par effet thermique direct, soit par effet photovoltaïque (les panneaux solaires), soit enfin par la photosynthèse (la biomasse avec les biocarburants végétaux et les micro-algues).
- 2°) L'énergie provenant des mouvements de l'atmosphère et du climat :
 - le vent dû aux différences de température de l'atmosphère et à la rotation de la terre sur elle-même, active : les moulins à vent, les éoliennes terrestres ou offshore, et les systèmes de récupération de l'énergie de la houle formée par ce même vent sur les océans.
 - les pluies venant du cycle de l'eau né de l'évaporation : énergie hydraulique avec les barrages et les moulins à eau.
- 3°) L'énergie provenant de l'attraction des astres (lune, soleil, planètes) par effet de marée, avec les usines marémotrices et les hydroliennes dans les courants côtiers.
- 4°) L'énergie venant de l'élément le plus courant de l'univers, l'hydrogène : combustion directe, moteurs à pile à combustible, énergie thermonucléaire par fusion de l'hydrogène, expérimentée au centre international ITER de Cadarache près d'Aix en Provence.
- 5°) L'énergie emmagasinée dans le cœur de notre planète : géothermie de surface avec les pompes à chaleur, géothermie marine (projet ETM), géothermie profonde sur certains sites et près des volcans.

Des projets très divers semblent prometteurs mais le doute s'installe sur leurs coûts donc sur leur rentabilité. Des informations contradictoires circulent et on finit par ne plus savoir très bien où l'on va.

Pourquoi un Centre de Recherche ? Pourquoi au Croisic ?

La France, très vulnérable sur le plan énergétique avec une balance commerciale en fort déficit, se devait de prendre les choses en main. Son climat tempéré, ses kilomètres de côtes ont naturellement poussé nos élus, chercheurs et industriels à privilégier les ressources naturelles 2, 3 et 4, bien présentes chez nous. Compte tenu de l'importance des investissements, on ne peut prendre le risque de se tromper. Les études préalables sont donc essentielles.

L'idée de lancer un projet expérimental spécifique pour les énergies d'origine marine est venue du laboratoire de mécanique des fluides de l'École Centrale de NANTES en 2003.

Le projet SEAREV (Système Électrique Autonome de Récupération de l'Énergie des Vagues) a été conçu par ce même laboratoire. Il s'agit d'un énorme flotteur de 25 mètres de long et 15 mètres de large mis en mouvement par les vagues. Ce sont les oscillations du flotteur, comme celles d'un pendule, qui permettent de remplir et de vider des pompes hydrauliques chargeant des accumulateurs à haute pression. Des moteurs hydrauliques entraînent ensuite des générateurs d'électricité.

Un premier prototype à l'échelle 1/12 a déjà été testé dans le bassin à vagues du laboratoire.



Le choix d'un site au large du Croisic a été fait en 2006, sous le nom de SEM-REV (Site d'expérimentation en mer pour la récupération de l'énergie des vagues) après évaluation des critères d'adaptation (puissance suffisante des vagues), de facilité d'accès (300 jours par an) et de raccordement au réseau.

Le coût total du projet s'élève actuellement à 14 millions d'euros. Il est inscrit dans un contrat État-Région avec le soutien du CNRS (l'État pour 1,6 M€), de la Région des Pays de Loire (9 M€), du Conseil Général (0,65 M€) et de l'Union Européenne (FEDER).

L'objectif du site d'essai SEM-REV est d'offrir aux industriels et aux organismes compétents la première zone d'expérimentation de systèmes de production d'énergie à partir des ressources marines.

Rénovation d'un bâtiment de Penn Avel

Une convention pour l'occupation du site de Penn Avel, pour une durée de 20 ans, a été signée par Mme QUELLARD, maire du Croisic et M. CHEDMAIL directeur de l'École Centrale de NANTES en mars 2011.

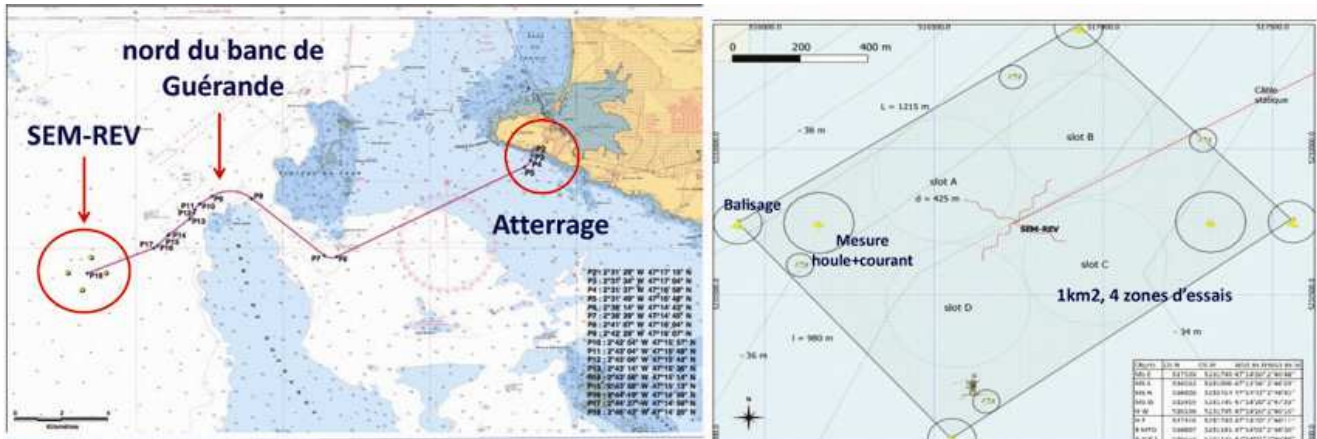
Le bâtiment, maintenant entièrement rénové, abrite un hall d'accueil, une salle de réunion, une salle informatique équipée de puissants ordinateurs, des bureaux, un laboratoire et un atelier. Une équipe de 8 personnes, chercheurs, ingénieurs et techniciens, et peut-être encore bien d'autres à terme, y prendra place progressivement. La surface disponible est de 375 m² et le coût de la réhabilitation s'est élevé à 372 000 €.



Le site en mer au large du Plateau du Four

Le site de démonstration comprend une zone réservée en mer de 1 km², balisée par quatre bouées de 1,5 t chacune. Elle est située à 10 milles à l'ouest-sud-ouest de la pointe du Croisic (carte ci-dessous).

Deux houlographes et une station météo sont déjà en place. Les relevés sont désormais disponibles en temps réel, sur le site de la SEM-REV : <http://www.semrev.fr/>

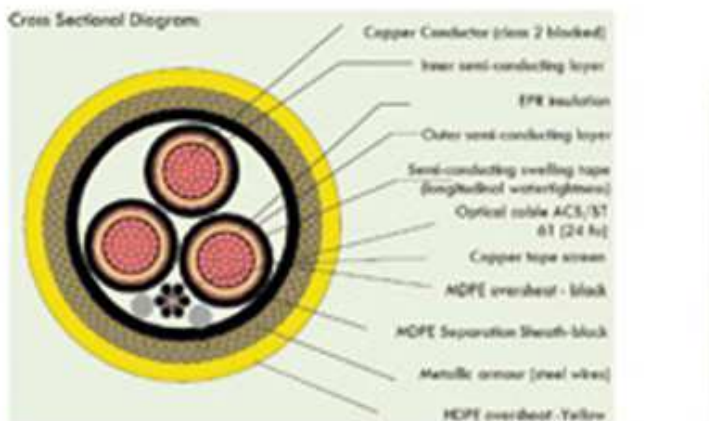


Le câble de liaison

Le câble de liaison entre le site en mer et la côte du Croisic a une longueur de 23,7 km et une capacité de transit de 8 mégawatts.

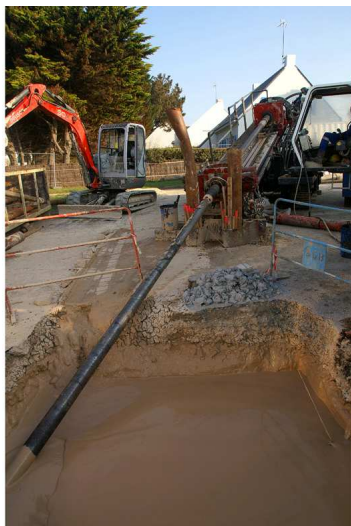
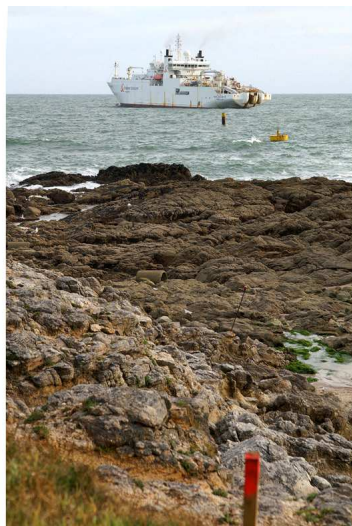
Fabriqué par la société SILEC, ce câble mixte de 20 kv est composé de 3 fils de cuivre coaxiaux pour le transport de l'énergie et 24 fibres optiques pour le transfert d'informations.

Câble électrique



Une opération préalable de forage sous l'estran à proximité de la plage du Sable Menu a débuté le 8 mars 2012 pour une durée de 3 semaines.

La technologie très performante de "forage dirigé" (la même que pour les forages horizontaux des gaz de schistes) a permis de passer sur une longueur de 330 mètres, à une profondeur variable de 6 à 12 m, sous la chaussée, le sentier côtier et l'estran sans le moindre dommage à l'environnement. La tête de forage a, en effet, été guidée par ordinateur depuis le parking du Sable Menu où est implanté maintenant le local électrique de raccordement au réseau ERDF.



C'est le navire câblé de France Télécom Marine, le René-Descartes, important navire de 145 m de long qui a assuré la pose du câble, à partir du 12 mai 2012. Le câble livré en 6 tourets de 62 t chacun, a été chargé dans l'énorme soute du navire câblé au terminal de Montoir.

Le câble a tout d'abord été enfilé dans la gaine réservée sous l'estran jusqu'au transformateur, puis déroulé en 3 jours avec une très grande précision jusqu'au site en mer.

Ensuite, est venue la phase d'ensouillage avec l'enfouissement de la totalité du câble dans le sable à une profondeur d'au moins 1 mètre pour ne pas gêner la pêche locale.

Cette opération délicate a été faite à l'aide d'un robot, le J-SWOC (crawler) de la société SIMEC.

Malgré les aléas météo, les travaux d'ensouillage du câble ont été terminés à la mi-août 2012.

Seule une petite zone au Nord du banc de Guérande n'a pas permis un enfouissement suffisant à cause d'un sol trop rocheux. A cet endroit, une protection spéciale sera mise en septembre, protection qui pourrait servir de base, à moyen terme, à des récifs artificiels pour la reproduction. Un projet spécifique pourrait être envisagé en collaboration avec les Comités de Pêche locaux.



Embarquement du câble dans une cuve (© : ECOLE CENTRALE DE NANTES)

Le raccordement au réseau ERDF et les derniers tests seront faits à l'automne 2012. Viendra ensuite la réalisation délicate car en milieu marin du "HUB" financé via *France Énergies Marines*, pour permettre le raccordement simultané de 4 machines sur le même câble.

La connexion au système est prévue pour la mi 2013 avec l'arrivée des premières machines.

La première machine à l'essai : WINFLO, une éolienne flottante

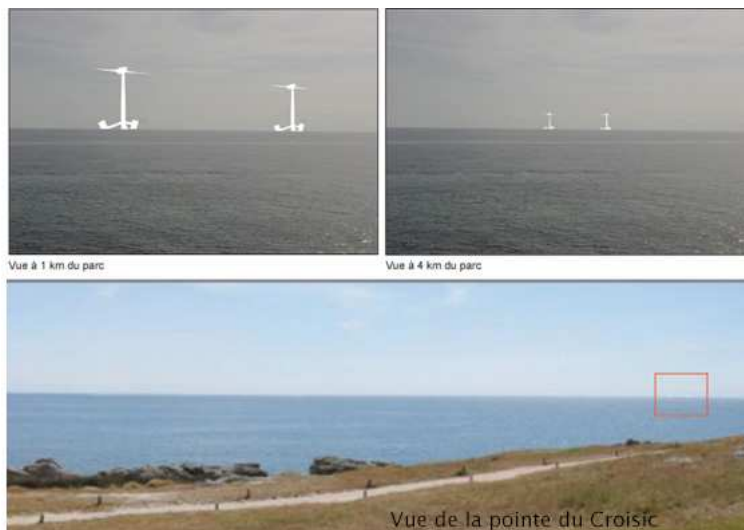
Initialement, le site était prévu pour tester les seules machines aptes à récupérer l'énergie des vagues.

La demande des industriels étant plus large, une extension de la concession aux éoliennes flottantes est en cours d'instruction. Elle fera l'objet d'une enquête publique en début d'année 2013.

Ces éoliennes à l'essai, pourront être de natures très différentes : Axe horizontal, axe vertical, down-wind, up-wind, tri-pales bi-pales avec toutes sortes de flotteurs.

Une attention particulière est portée à l'impact visuel de cette (ces) éolienne (s) vis-à-vis de la côte.

Les photos montage ci-dessous, montrent que grâce à l'éloignement (19 km de la pointe du Croisic), et une hauteur de 60 m, les éoliennes seront perçues un peu comme les voiles blanches d'un voilier de plaisance.



Les avantages de ce type de machine par rapport aux éoliennes off-shore posées sont évidents :

- Implantation éloignée des côtes donc à des profondeurs plus importantes
- Pas de fondations pénalisantes pour la faune et la flore marines sous-jacentes
- Ancrages de type caténaire souple, utilisant la technologie des plateformes pétrolières (ancres, corps-morts...)
- Maintenance possible à terre, en cas de grosse avarie, après remorquage de la machine flottante au port équipé le plus proche.

La première éolienne flottante de type WINFLO, conçue en partenariat par NASS & WIND, ENSTA, et IFREMER, assemblée à BREST par la DCNS, aura une hauteur d'environ 70 mètres et 30 mètres d'envergure. Elle sera posée sur un flotteur métallique tripode d'environ 10 à 15 mètres de tirant d'eau, maintenu en place par 3 ancres enfouies dans la couche de sédiments du site. La turbine d'une puissance de 1MW sera fournie par le groupe français VERGNET.

Le test portera sur l'influence, sur le rendement énergétique, de l'inclinaison et de l'orientation de cette grande tour, sensible aux mouvements engendrés par la houle.

Si les essais en mer sont concluants, un projet de ferme marine de grande ampleur pourrait être envisagé au large de l'île de GROIX à l'horizon 2020.



Le deuxième prototype testé : Le projet Wave Energy Converter S3

La société SINGLE BUOY MOORINGS de Monaco a une approche complètement différente et originale pour son houlomoteur S3.

Les études préalables ont montré que les polymères électro actifs EAP se déforment sous l'action de la houle, pouvant ainsi convertir directement l'énergie des vagues en électricité sans pièces mécaniques ou hydrauliques intermédiaires.

Ces polymères peuvent, en effet, subir de grandes déformations sur une gamme de fréquence compatibles avec celles de la houle.

Les avantages de la méthode sont évidents : produire de l'électricité propre avec efficacité, un faible taux d'usure et sans nuisance sonore.

La maintenance du système en mer sera donc fortement allégée par comparaison à tout système mécanique ou hydraulique.

Le projet, d'un montant de 18 M€, est soutenu par IADEME, IFREMER et bien entendu l'École Centrale de Nantes.

La mise en place du prototype sur le site du CROISIC est lui aussi prévue courant 2013.

CONCLUSION

Dés le début 2013 et pendant 20 ans, le site d'essai en mer de la SEM-REV sera prêt pour accueillir toutes sortes de machines innovantes de toute nature, pour capter les énergies renouvelables d'origine marine.

Gageons que ces essais effectués en mer dans les conditions réelles d'utilisation, seront porteuses, à terme, de grands projets industriels capables d'assurer l'avenir énergétique de notre pays pour le plus grand bien des générations futures.

Plusieurs projets de recherche sont également prévus sur l'environnement marin avec la mise en place d'instrumentations spécifiques : courant, bruit, vie marine, impact des équipements. Ces projets sont menés en collaboration avec plusieurs laboratoires du CNRS et des instituts de recherche (dont IFREMER).

Nous mesurons la chance que notre petite cité du CROISIC possède de se trouver si proche d'une expérimentation porteuse de tant d'avenir pour l'humanité.

Christian BAILLE
Ingénieur de l'École Centrale de Lyon
Retraité au Croisic

Documents techniques et photos, présentés dans ce document, avec l'aimable autorisation de l'École Centrale de Nantes (SEM-REV) et des développeurs des concepts Winflo et S3.

Pour en savoir plus : <http://www.semrev.fr/>
<http://www.ec-nantes.fr/>
<http://meretmarine.com>