LES NOTES DE L'OBSERVATOIRE
#16 MARS 2022

ÉNERGIE HYDROLIENNE
À L'AUBE DES FERMES PILOTES

©Sabella

Les enjeux technologiques que soulèvent les technologies hydroliennes sont en passe d'être surmontés, comme le démontrent les nombreux projets en cours de développement avancé, ou ayant déjà abouti avec succès.
La baisse des coûts est enclenchée mais nécessite visibilité et volumes. Les atouts sont nombreux, comme l'impact environnemental limité des machines, étant donnée notamment la faible emprise au sol, la prévisibilité de la production, ou encore l'absence d'impact paysager pour la plupart des technologies. De plus, la chaîne de valeur française qui se structure et crée déjà des emplois offre de belles perspectives de retombées locales.
Rappelons que le potentiel exploitable économiquement dans les 20 ou 30 prochaines années est de l'ordre de 50 à 100 GW au niveau mondial dont 4,5 GW en France, faisant de notre pays un des plus gros potentiels pour cette source d'énergie.
La France bénéficie d'investissements conséquents, d'infrastructures portuaires et de réseaux disponibles ainsi que de nombreux retours d'expérience dans ce domaine. Elle doit saisir l'opportunité d'en devenir l'un des leaders mondiaux. **Dans un contexte international très concurrentiel, notre pays doit désormais programmer l'attribution de volumes nécessaires avec des mécanismes de soutien adaptés.**

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Une hydrolienne est un dispositif, généralement une turbine, qui utilise l'énergie cinétique des courants marins et/ou fluviaux pour produire de l'électricité.

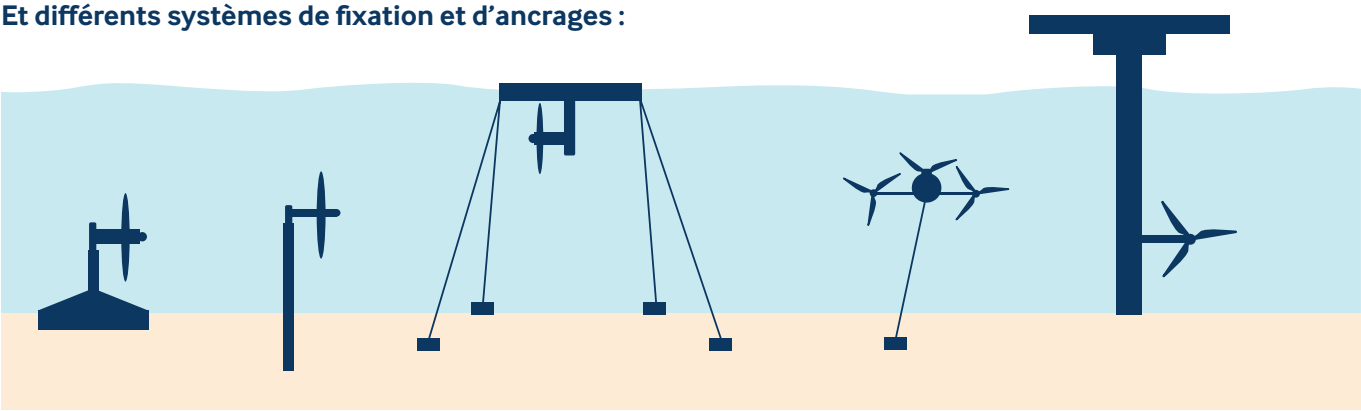
Elle est constituée de plusieurs éléments :

- Une turbine composée de pales qui recueillent l'énergie cinétique du courant et la transforme en énergie mécanique ;
- Une structure porteuse pour maintenir la turbine sous l'eau, proche de la surface ou au fond ;
- Une transmission mécanique (multiplicateur) et un générateur pour transformer l'énergie mécanique en énergie électrique.

Il existe plusieurs concepts :

- **Les hydroliennes à flux axial :** la rotation des pales est provoquée par un courant parallèle à l'axe de rotation.
- **Les hydroliennes à flux transverse :** l'axe de rotation du rotor est perpendiculaire au sens d'écoulement des courants.
- **Les hydroliennes à hydrofoils oscillants :** les mouvements d'une aile/hydrofoil sont repris par une génératrice linéaire ou un piston injectant un fluide haute pression vers une turbine pour produire de l'électricité.

Et différents systèmes de fixation et d'ancrages :



LE GISEMENT HYDROLIEN, UNE RESSOURCE LOCALISÉE

Les courants de marée sont généralement accélérés en fonction de la topographie du plateau continental, notamment autour des caps, dans les détroits entre les îles et dans les zones d'eau peu profondes.
Les vitesses de courants recherchées sont généralement supérieures à 2m/s dans des profondeurs de 30 à 50 m voire plus selon les technologies. Le gisement hydrolien est ainsi très localisé et non négligeable. Il totalise environ 100 GW dans les mers et les océans. S'y ajoute le potentiel des grands fleuves du monde dont la ressource est encore mal estimée.

LES ÉNERGIES OCÉANIQUES, UNE RESSOURCE PARTICIPANT À L'ATTEINTE DE LA NEUTRALITÉ CARBONE DE L'EUROPE D'ICI À 2050

L'hydrolien, technologie clé pour atteindre les objectifs européens et français

Le 19 novembre 2020[1], la Commission européenne expose sa stratégie pour exploiter le potentiel des énergies marines en vue d'un avenir neutre pour le climat à horizon 2050. L'objectif est de porter la capacité installée des énergies océaniques (hydrolien, houlomoteur) à 100 MW d'ici 2025, à 1 GW d'ici 2030 et à 40 GW d'ici 2050[2].

L'Europe investit massivement dans les projets de R&D et d'innovation au bénéfice des énergies marines renouvelables, avec 383 millions d'euros injectés dans le programme Horizon 2020 et près de 200 millions d'euros dans les programmes INTERREG depuis 2016. A cela s'ajoutent d'autres outils et fonds parmi lesquels le fonds européen maritime et pour la pêche, OceanERA-NET, NER300, InnovFin, etc.[3]

FILIÈRE LA PLUS MATURE DES ÉNERGIES OCÉANIQUES, L'ÉNERGIE HYDROLIENNE EST LA PREMIÈRE CONTRIBUTRICE AUX OBJECTIFS EUROPÉENS. LA FRANCE PEUT Y PRENDRE TOUTE SA PART AVEC UN PORTEFEUILLE DE 30 MW DE PROJETS EN DÉVELOPPEMENT AVANCÉ AU LARGE DES CÔTES FRANÇAISES.

©Seneeoh

TIGER, UN PROJET EUROPÉEN INÉDIT EN SOUTIEN À LA FILIÈRE HYDROLIENNE

Sabella, Normandie Hydroliennes, Hydroquest et SEENEOH sont partenaires du projet INTERREG France (Manche) Angleterre TIGER – Tidal Stream Industry Energiser – qui réunit de part et d'autre de la Manche les principaux acteurs de la filière industrielle de l'hydrolien. Soutenus par des académiques de premier plan, l'objectif du projet est de créer des partenariats transfrontaliers pour développer de nouvelles technologies, les tester et les déployer sur plusieurs sites afin de démontrer la rentabilité économique de l'énergie hydrolienne et renforcer sa contribution dans les mix énergétiques de la France et du Royaume-Uni.

1. COM(2020)741
2. Ces chiffres sont à mettre en perspective avec la puissance installée actuelle de 13,5 MW.
3. SET-Plan Ocean Energy - Implementation Plan - révision octobre 2021

LA BAISSE DES COÛTS DE LA FILIÈRE HYDROLIENNE, UNE TRAJECTOIRE AMORCÉE

©SIMEC Atlantis Energy

Combien coûte une hydrolienne ?

En 2020, le coût d'un démonstrateur hydrolien s'élève en moyenne à 12 M€ par MW installé. Une éolienne en mer flottante coûte 10 M€ par MW installé et une éolienne en mer posée coûte 7,3 M€[4] par MW installé (hors raccordement).

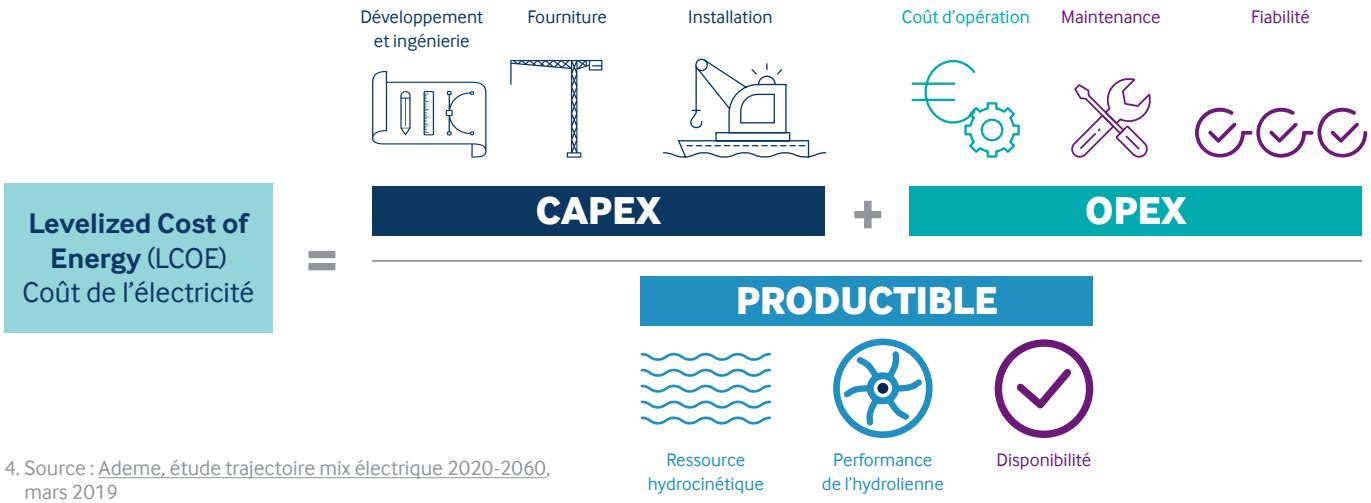
Ces écarts s'expliquent par trois décennies d'avance de l'éolien en mer par rapport à l'hydrolien. En effet, la base installée actuelle de l'hydrolien (30 MW en Europe) correspond au volume d'éolien en mer installé à la fin des années 1990[5].

Comme pour toutes les énergies renouvelables, les technologies hydroliennes connaissent une décroissance importante des coûts à mesure de leur progression :

- ➡ 50% des coûts machine entre le démonstrateur et la ferme pilote
- ➡ 30% des coûts machine entre la ferme pilote et la première ferme commerciale

Le coût de l'électricité ou *Levelized Cost of Energy* (LCOE) est composé de nombreux paramètres. En premier lieu, la ressource, c'est-à-dire la vitesse et la qualité du courant, influe en très grande partie sur le productible. L'ingénierie, la fabrication et l'installation des machines vont déterminer le coût des investissements nécessaires pour le déploiement du projet. Enfin, les opérations d'exploitation et de maintenance préventive ou curative vont permettre de déterminer un coût d'opération annuel pour l'installation. La baisse des coûts va se répercuter sur l'ensemble de ces leviers.

LA COMPARAISON AVEC LA BAISSE DES COÛTS OBSERVÉE DANS L'ÉOLIEN EN MER MET EN LUMIÈRE UNE TRAJECTOIRE COMPARABLE POUR L'HYDROLIEN, QUI S'APPUIERA SUR LES MÊMES LEVIERS DE RÉDUCTION DES COÛTS.



4. Source : Ademe, étude trajectoire mix électrique 2020-2060, mars 2019
5. Étude stratégique de la filière hydrolien, CVA pour l'ADEME, 2018.

Le coût de l'électricité produite

Aujourd'hui en phase de démonstration, le coût de l'hydrolien s'élève à environ 300€/MWh, soit un niveau de coût comparable au solaire photovoltaïque en 2010[6] pour seulement 30,2 MW de capacité hydrolienne installée. En passant en phase commerciale, ce coût sera ramené à environ 100€/MWh[7]. Des projections sur le site du Raz-Blanchard, un gisement exceptionnel, permettent de réduire drastiquement ce coût encore plus rapidement, selon les éléments recueillis auprès de plusieurs acteurs industriels :

Le Raz-Blanchard un gisement exceptionnel accessible à faible coût

D'ici à 2030, le LCOE atteindra environ 80 €/MWh selon la trajectoire de développement suivante :

2022, la concrétisation des fermes pilotes :
- ➡ LCOE de 200 à 300 €/MWh
- ➡ Installations de 10 à 20 MW
- ➡ Puissances unitaires de 0,5 à 3 MW
- ➡ Projets en développement : 30 MW

2025, le lancement des premiers appels d'offres pour des fermes pré-commerciales :
- ➡ LCOE de 120 à 150 €/MWh
- ➡ Installations de 100 MW
- ➡ Puissances unitaires de 0,5 à 5 MW
- ➡ Projets attribués: 250 à 500 MW

2030, le lancement des appels d'offres commerciaux :
- ➡ LCOE < 80 /MWh
- ➡ Installations de 500 MW
- ➡ Puissances unitaires jusqu'à 5 MW
- ➡ Projets attribués : >1 GW

Les facteurs de réduction des coûts

Les économies d'échelles et les effets de volume

Les économies d'échelle font référence à la taille des sites et la taille des turbines. Les effets de volume sont liés à l'augmentation de la taille des projets.

- ➡ **Les turbines multi-mégawatt** sont en développement avancé et pourront atteindre jusqu'à 5 MW de puissance.
- ➡ **L'augmentation de la taille des sites et des projets** permet d'industrialiser et standardiser des composants communs, de mutualiser des coûts machines.

Ces phénomènes intuitifs et observables dans toutes les industries se produiront dans les mêmes conditions pour l'hydrolien.

Les effets d'apprentissage

L'expérience acquise a un impact considérable sur le LCOE. Ces effets d'apprentissage sont observables à toutes les phases du développement : ingénierie, fabrication, installation, opération. Ils sont nombreux et parmi eux peuvent être cités :

- ➡ La connaissance des conditions environnementales des sites, par exemple la bonne appréhension du paramètre de turbulence ou des états de mer extrêmes, permet d'améliorer la conception et le dimensionnement des machines.
- ➡ L'expérience des opérations en mer, pose, récupération, opérations, permet d'intégrer des améliorations dès la conception.
- ➡ Capitaliser sur les investissements réalisés pour l'éolien en mer en termes d'infrastructures, notamment portuaires
- ➡ La démonstration en milieu réel fournit de très nombreux apprentissages

Les innovations technologiques

Quelques exemples :

- ➡ **Hub de raccordement sous-marin :** à partir d'un certain nombre de machines raccordées, la mutualisation réduit drastiquement les coûts d'infrastructure.
- ➡ **Fondations :** le développement de fondations forées spécifiques vont permettre une baisse conséquente de leurs coûts.
- ➡ Pour certaines technologies, **la flottabilité des composants** pour s'affranchir de navire de grosse capacité et d'élargir les fenêtres d'intervention en mer.

6. Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA), Renewable Power Generation Costs in 2019, 2019
7. ORE Catapult, Tidal Stream and Wave Cost Reduction report, 2018

Le coût du capital

La perception du risque par les investisseurs pesant très lourd dans le coût du financement des projets, l'étape des fermes pilotes pour l'hydrolien est déterminante pour accumuler les heures de production et ainsi diminuer les niveaux d'incertitudes sur le productible et le bon fonctionnement des machines. Avec 1,4 millions d'heures d'opération au compteur de la filière, la diminution du taux de défaillance empirique et la probabilité de défaillance ont été réduites dans des proportions comparables à l'industrie éolienne au même stade de développement[8].

CES BAISSES DE COÛTS SONT DONC POSSIBLES ET NÉCESSITENT QUE LE GOUVERNEMENT FRANÇAIS DONNE DE LA VISIBILITÉ ET DES VOLUMES À LA FILIÈRE AU TRAVERS DE LA PROCHAINE PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DE L'ÉNERGIE.

© Hydroquest

Un appel d'offres hydrolien pré-commercial déjà lancé au Royaume-Uni

Le 24 novembre 2021, le BEIS[9] britannique annonce le lancement de l'Auction Round 4, ou appel d'offres énergies renouvelables incluant un volume de capacité réservé à l'hydrolien pour un montant de £20M par an, considérant que 34 MW de projets pourraient ainsi être financés à hauteur d'un prix administratif maximum (strike price) de £211/MWh soit 250€/MWh.

La Nouvelle-Ecosse, une destination attractive pour les projets hydroliens

Au Canada, le gouvernement de la Nouvelle-Ecosse a mis en place dès 2015 un programme de tarif d'achat garantis pour les démonstrateurs et fermes pilotes d'hydrolienne compris entre CAD 385 et CAD 530 MWh (soit entre 272€ et 374€/MWh) selon la puissance unitaire et la production attendue.

8. Coles D et al. 2021. A review of the UK and British Channel Islands practical tidal stream energy resource.
9. Department for Business, Energy & Industrial Strategy

UNE FILIÈRE À FAIBLE IMPACT ET À EXTERNALITÉS POSITIVES

Une énergie prédictible en soutien au réseau électrique

Les énergies renouvelables électriques sont variables par nature, ce qui signifie qu'elles produisent de l'électricité à une puissance variable en fonction de la ressource disponible au cours de la journée. Par conséquent le gestionnaire de réseau qui doit en permanence assurer l'équilibre offre-demande ou balancing doit à la fois anticiper et gérer en temps réel.

L'énergie hydrolienne, issue des courants de marées, présente l'avantage d'être prédictible et stable. Ainsi la production d'électricité est prévue et connue des années à l'avance ce qui représente des économies considérables.

Des travaux récents[10] démontrent que l'énergie hydrolienne permet de lisser la courbe production des autres sources de production renouvelables, en particulier dans les zones non interconnectées et ainsi économiser des volumes de capacité installée (renouvelables ou non) mobilisés dans les périodes de pics de consommation. Par ailleurs, sa proximité des côtes fait bénéficier l'hydrolien de faibles coûts de raccordement.

D'autres études au Royaume-Uni[11] ont montré que la présence de l'énergie hydrolienne dans le mix énergétique permet de diminuer significativement les émissions de CO2 par un moindre recours aux énergies fossiles qui composent encore massivement la capacité de base (baseload).

Une énergie invisible à faible impact environnemental

La littérature de référence du secteur[12,] démontre **l'absence ou le très faible impact environnemental** des hydroliennes en ce qui concerne les essais réalisés jusqu'ici :

- ➡ Aucune collision avec un mammifère ou un oiseau marin n'a été observée ;
- ➡ Le bruit généré par les hydroliennes n'est pas susceptible d'altérer significativement le comportement ou causer des dommages aux mammifères marins ou aux poissons ;
- ➡ Les données disponibles suggèrent que les impacts des champs électromagnétiques émis par les câbles export sont limités, et que les animaux marins vivant à proximité des parcs ne sont pas susceptibles d'être affectés par ces champs ;
- ➡ Les hydroliennes et leurs fondations peuvent constituer un habitat benthique qui va attirer poissons et autres animaux, créant ainsi des récifs artificiels et des espaces refuges ;
- ➡ Il n'a pas été démontré que les hydroliennes puissent affecter les systèmes océanographiques, en modifiant la circulation de l'eau, la hauteur des vagues, la vitesse des courants, le transport sédimentaire et la qualité de l'eau.

Les suivis environnementaux des déploiements commerciaux permettront de confirmer ces premiers résultats et d'orienter les efforts de recherche vers les risques éventuels avérés.

© Hydroquest

10. Trondheim, 2020, Renewable Energy in Isolated Electricity Systems. ooperation with SEV, Aalborg University and the University of the Faroe Islands (thèse en cours)
11. Coles, D.; Angeloudis, A,Goss, Z., Miles, J. Tidal Stream vs. Wind Energy: The Value of Cyclic Power When Combined with Short-Term Storage in Hybrid Systems. Energies 2021,
12. Copping, A.E. and Hemery, L.G., editors. *2020. OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World.* Report for Ocean Energy Systems (OES)

LES CHIFFRES CLÉS DE L'HYDROLIEN EN FRANCE

(chiffres 2020)

77 entreprises sont positionnées sur la filière

148 ETP

3,8 M€ de chiffre d'affaires réalisés

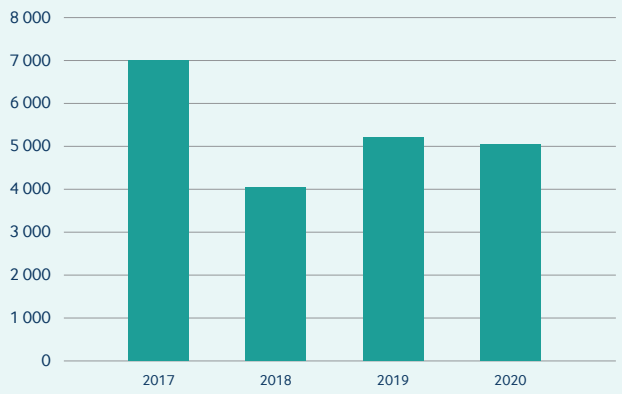
5,1 M€ investis
(21 M€ investis sur la période 2017-2020)

©SIMEC Atlantis Energy

Les enquêtes de l'Observatoire des énergies de la mer ont montré que **l'emploi** dans la filière représente environ 150 ETP depuis 2019. Près d'1/4 de ces emplois concernent des activités de recherche (contre 5% pour les énergies renouvelables en mer en général). Les développeurs-exploitants représentent 2% des emplois (contre 12% pour l'ensemble des énergies renouvelables en mer). 73% des emplois de la filière sont des ETP issus des prestataires et fournisseurs de la chaîne de valeur.
Le **chiffre d'affaire** a connu une baisse entre 2017 et 2020, passant de 10 M€ à près de 4 M€. Les **investissements** se sont stabilisés autour de 5 M€ depuis 2019.
Cette répartition est caractéristique d'une filière qui attend son déploiement à grande échelle pour passer au stade industriel.
Ce sont majoritairement des entreprises issues de l'économie maritime qui développent l'hydrolien aujourd'hui (64% déclarent ce domaine comme secteur d'origine, 24% provenant de la construction navale et 18% des énergies renouvelables en mer). La majorité des entreprises restantes intervenant dans le cadre d'une diversification de leur activité initiale dans le domaine de l'environnement et des énergies renouvelables terrestres (26%).

Révélateur d'une technologie au stade pré-commercial, les domaines d'activité des entreprises se concentrent sur des missions de développement de projets et de technologies.
La filière est composée à 66% de TPE-PME mais les ETI et grandes entreprises ne sont pas en reste, représentant respectivement 24% et 10% des entreprises de la filière.

Évolution des investissements réalisés pour l'hydrolien (en k€)



LES PREMIÈRES USINES DE LA FILIÈRE SONT LÀ

La chaîne de valeur française de l'hydrolien s'illustre en premier lieu par deux industriels développant des turbines de grande puissance (HydroQuest et Sabella), dont les concepts sont éprouvés, permettant d'entrevoir leur commercialisation prochaine. La chaîne de sous-traitance industrielle pour la construction des hydroliennes se met en place et celle-ci a une très forte teneur nationale. HydroQuest s'appuie sur l'usine de son partenaire industriel et financier CMN à Cherbourg pour produire ses machines et avoir majoritairement recours à des sous-traitants français (80% du coût de son prototype a été localisé en France). De même, Sabella disposera en 2022 d'un atelier relais sur le polder EMR du port de Brest pour produire ses premières hydroliennes avant de construire sa propre usine de fabrication. Aussi, Simec Atlantis (turbinier de la co-entreprise Normandie Hydroliennes) a d'ores-et-déjà réalisé un référencement de sa chaîne de sous-traitance potentielle pour maximiser les retombées nationales et a conclu qu'une grande majorité des compétences nécessaires à son activité existait en France et que l'entreprise pourrait y implanter des infrastructures en cas de volumes suffisants à produire.
Des entreprises industrielles et grands fournisseurs français comme CDK Technologies, Efinor, ENAG, FMGC, Chantier Bretagne Sud, Schneider Electric et d'autres interviennent déjà dans le secteur.

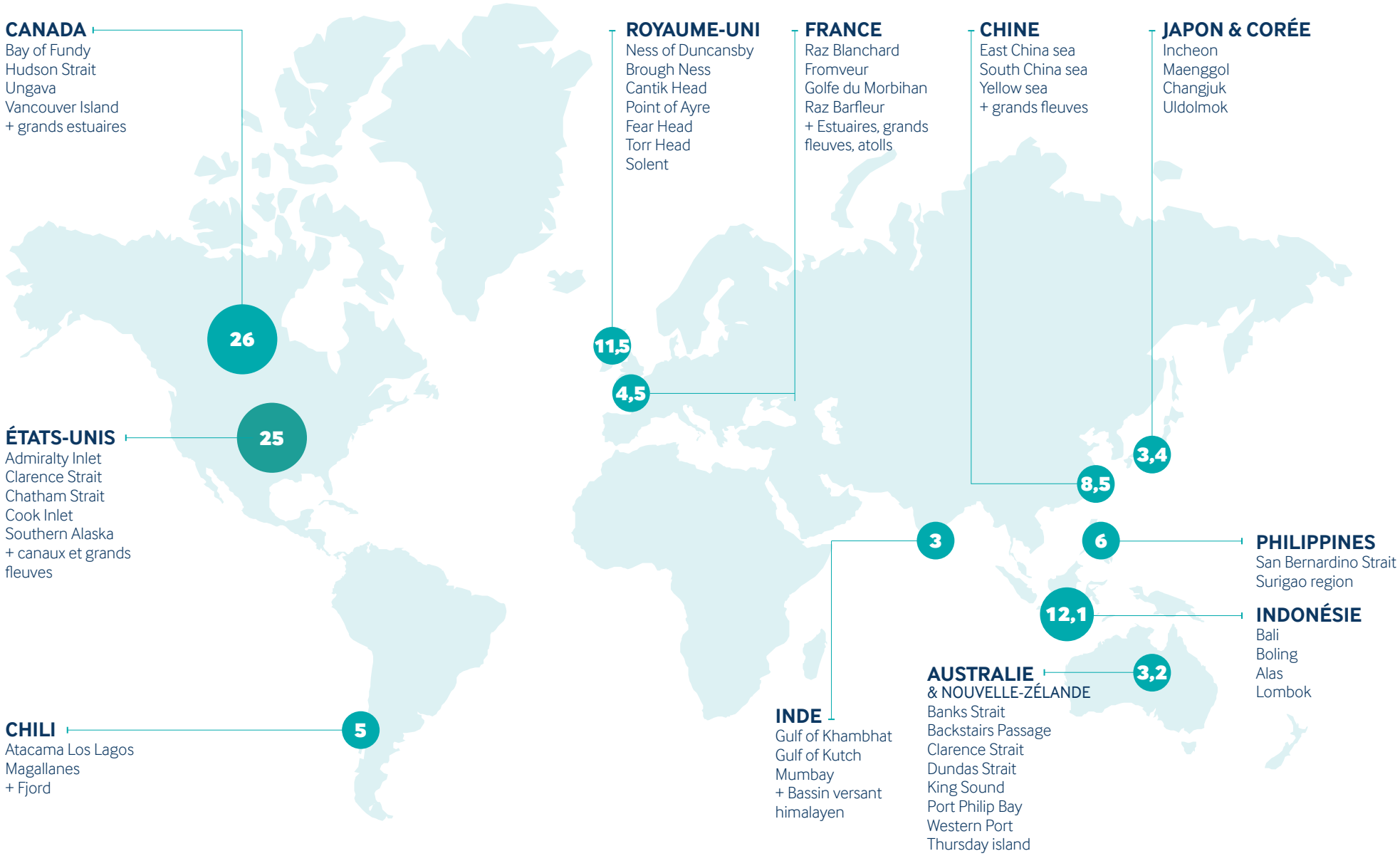
LA PRODUCTION D'1 GW D'HYDROLIEN GÉNÉRERA
1 500 EMPLOIS DIRECTS
SELON HYDROQUEST.

ÉNERGIE HYDROLIENNE
LA FRANCE DOIT PASSER À LA VITESSE SUPÉRIEURE

La prochaine Programmation Pluriannuelle de l'Energie est l'opportunité d'inscrire entre 0,5 et 1 GW à horizon 2030, avec un objectif global de 4 GW en 2050. D'ores et déjà, dans ses scénarios de mix de production à l'horizon 2050, RTE prévoit jusqu'à 3 GW installés en énergies océaniques dont l'hydrolien marin. Ces projets permettront à la filière de se structurer de manière industrielle, devenir compétitive et créer des emplois dans les territoires. L'hydrolien contribuera ainsi au mix énergétique français, à l'atteinte de nos objectifs climat, et à notre souveraineté énergétique.

13. 2020. Black&Veatch. Lessons Learnts from MeyGen Phase 1A. Final Summary Report.

LE POTENTIEL MONDIAL DE L'ÉNERGIE HYDROLIENNE OCÉANIQUE EST ESTIMÉ À PLUS DE 100 GW



LA CAPACITÉ INSTALLÉE ACTUELLE EST DE 30,2 MW ET DE NOMBREUX PROJETS SONT À L'ÉTUDE OU EN COURS DE DÉPLOIEMENT

FRANCE

Sabella
- ✔ ϟ Îles de Ouessant, 2019 – 2022. 1x1MW D10-1000
- 📅 🔍 Golfe du Morbihan – Morbihan Hydro Energies, 2022, 2x250kW

HydroQuest / CMN
- ✔ ϟ Site d'essais Paimpol Bréhat, 2019 à 2021, 1x1MW OceanQuest
- 📅 ✔ Raz Blanchard, 2023,7x2,5MW (ferme pilote FLoWatt 17,5 MW)

SIMEC Atlantis Energy
Normandie Hydroliennes
- 📅 ✔ Raz Blanchard, 2023. 4x3MW (12MW de ferme pilote)

Hydrokinetic Generation Power (HPG)
- ✔ ϟ Site d'essais SEENEOH Bordeaux, 2022

GUINARD Énergies Nouvelles
- ✔ Moulin de Pen Castel-Arzon, Morbihan, 2018 ; 1x3,5kW (P66).
- ✔ Guyane, Station Nouragues, Saut Pararé, 2018 ; 1x3,5kW (P66).

ITALIE

ADAG et SeaPower Scrl
- ✔ ϟ Détroit de Messine, 2000. 1x30kW
- ✔ ϟ Venise, 2011. 1x100kW l'Ocean's Kite GEM
- 📅 ✔ Détroit de Messine, 2022. 300 kW

DANEMARK

Minesto
- ✔ ϟ Iles Féroé, 2020. 1x100 kW DG100.

HOLLANDE

SeaQurrent
- ✔ Mer des Wadden 2018 & 2019. 1x15kW (1:10) fixé à une barge
- 📅 ϟ Passe de Borndiep près de l'ile de Frisian (Ameland) 2022. 1x500kW Tidalkite (1 :1)

ALLEMAGNE

AquaLibre – Strom-Boje
- ✔ Fleuve Donau 2011, 1x50kW
- ✔ Rhin à Sankt Goar, 2020.1x70kW Strom-Boje 3.2

ÉCOSSE

SIMEC Atlantis Energy
- ✔ ϟ Site pilote MeyGen, Pentland Firth, 2020. 4x1,5 MW (Atlantis Ressources AR1500 et Andritz Hydro Hammerfest AH1000 MK1)
- 📅 Ile de Stroma, MeyGen Limited, concession de 398 MW.

Orbital Marine Power
- ✔ ϟ Iles Orcade Site d'essais EMEC 2019. 2x1MW (SR2000)
- ✔ ϟ Iles Orcade Site d'essais EMEC 2021. 2x1MW (O2)
- 📅 Iles Orcade Site d'essais EMEC 2023. 2x2MW

Nova Innovation
- ✔ ϟ Bluemull Sound- Iles des Shetland, 2020 4x100kW
- 📅 Extension de 2MW
- 📅 « Òran na Mara » (Sound of Islay). 3 MW

Sustainable Marine Energy et Schottel Hydro
- ✔ ϟ Connel, Écosse,2018, Sustainable Marine Energy et Schottel Hydro PLAT-I 4,63 (280kW) 4x70 kW

Magallanes Renovables
- ✔ ϟ Iles Orcade Site d'essais EMEC 2019. 1x1,5MW ATIR

Jupiter Hydro
- ✔ ϟ Iles Orcades, site d'essais EMEC, 2011 & 2014. 1x1MW

PAYS DE GALLES

Nova Innovation
- ✔ ϟ Ile de Enli (Bardsey Sound),2021 100kW + stockage électrochimique (Tesla)

Minesto
- 📅 ✔ Holyhead Deep, 2022. Zone de démonstration de West Anglesey / Morlais
- ✔ **Orbital Marine Power,** Morlais Menter Môn project
- ✔ **Sabella & Nova Innovation,** Morlais Menter Môn project
- ✔ **Inyanga Maritime Ltd,** Morlais Menter Môn project
- ✔ **Instream,** Menter Môn project
- ✔ **Verdant Isles Ltd,** Menter Môn project
- ✔ **Sustainable Marine Energy Ltd,** Menter Môn project
- ✔ **Aquantis,** Menter Môn project
- ✔ **Magallanes,** Menter Môn project
- ✔ **Big Moon Power,** Menter Môn project

CANADA

Nova Innovation
- 📅 2022, Petit Passage, en Nouvelle-Écosse Nova Innovation 0,1 MW

Sustainable Marine Energy et Schottel Hydro
- ✔ Grand Passage au Canada, 2018, PLAT-I 4,63 (280kW) 4x70kW
- ✔ Cou de Digby, Nouvelle-Ecosse, 2019, PLAT-I6,40 (420kW) 6x70kW. 2022,
- 📅 2022 (9 MW).
- 📅 ✔ Pempa'q In-stream, Site d'essais FORCE, 2022 3 x PLAT-I 6.40 (1,26 MW)

Jupiter Hydro
- 📅 ✔ Baie de Fundy, site d'essais FORCE, 2022 1x1MW
- 📅 ✔ Baie de Fundy, site d'essais FORCE, 2024 1x2MW

NewEast Energy
- 📅 ✔ ϟ Passage Minas site d'essais FORCE (Hub sous-marin), 2023. 2x50kW (Phase1), puis 3x250kW (Phase2)

BIG MOON
- 📅 ✔ ϟ Passage Minas site d'essais FORCE (Hub sous-marin), 2022. 1x100kW (Phase1), puis 1x1MW (Phase2) , 3x1MW(Phase3)

Yourbrook Energy Systems
- 📅 ✔ ϟ Kamdis, 2022, 1x500kW + STEP marine (avec BC HYDRO).

NewEast Energy
- ✔ Fleuve Manitoba, 2015. 1x25 kW

ÉTATS-UNIS

Verdant Power
- ✔ ϟ 2020, New York (Ile Roosvelt), Verdant Power 3x35 kW Gen5 (TriFrame™).

Ocean Renewable Power Company *(ORPC)*
- 📅 ✔ ϟ Western Passage (Eastport, Maine), 2023, 15x500kW TidGen®.

Ocean Renewable Power Company *(ORPC)*
- ✔ ϟ Rivière Kvichak à Lgiugig, Alaska, 2019. 1x25kW RivGen®

JAPON

SIMEC Atlantis Energy
- ✔ ϟ Détroit de Naru, 2020 : 1x500kW AR500,

CHINE

LHD New Energy Corporation
- ✔ ϟ Site d'essais LHD, île de Xiushan, 2016. 400 kW, 600 kW, 400kW + 300kW Blue Shark Power (300 kW).
- 📅 ▶ Site d'essais LHD, île de Xiushan, 2022. 4,1 MW

COREE DU SUD

- ✔ ϟ Site d'essais KIOST à Uldolmok (détroit de Myeongnyang) 2009. 3 démonstrateurs + 1x500 kW Hyundai Heavy Industries (2011) + 150 kW)
- 📅 ✔ Uldolmok, site d'essais KIOST, K-TEC et EMEC, 1 emplacement 0,5 MW
- 📅 ✔ Détroit de Jang-Juk, site d'essais KIOST, K-TEC et EMEC, 4 emplacements 1MW

PHILIPPINES

Sabella
- 🔍 Détroit de San Bernardino, 2018.

INDONESIE

- 🔍 Flores Timur Regency, 2021.

Tidal Bridge
- 📅 Tidal Power Plant Larantuka

AUSTRALIE

Tenax Energy
- 🔍 Clarence Tidal Energy Project en Australie, 2015.

GIBRALTAR

Blue Shark Power
- 🔍 Détroit de Gibraltar, 2017.

MADAGASCAR

GUINARD Energies Nouvelles
- ✔ ϟ Ambatolaona, 2018 ; 1x3,5kW.

TOGO

GUINARD Energies Nouvelles
- ✔ ϟ Ambatolaona, 2018 ; 1x3,5kW (P66).

REPUBLIQUE DU CONGO

Hydro-Gen
- ✔ ϟ Fleuve Congo à Loubassa,2021. 1x10kW

📅 Planifié ✔ Autorisé
🔍 Étude de site ϟ Raccordé

FOCUS SUR NORMANDIE HYDROLIENNES

Normandie Hydrolienne, c'est l'alliance inédite d'un acteur territorial de premier plan, l'agence économique de la Normandie – AD Normandie – avec le turbinier britannique le plus avancé sur le marché, SIMEC Atlantis Energy, et EFINOR, une entreprise spécialisée dans la métallurgie et la conception basée à Cherbourg.
Cette union fait la force du projet NEPTHYD, une ferme pilote hydrolienne de 12 MW au Raz-Blanchard composée de 4 turbines de nouvelle génération (AR3000) de 3 MW de puissance unitaire soit des pales de 24 m de long.
Avec un projet pilote installé au nord de l'Écosse à Pentland Firth depuis 2018, le parc MeyGen, SIMEC Atlantis Energy a déjà très largement avancé sur plusieurs fronts : la réduction des coûts, avec un LCOE déjà inférieur à la moyenne de 300€/MWh. SAE est d'ores-et-déjà installé dans une courbe de réduction des coûts calquée sur celle de l'éolien offshore flottant. Les retours d'expériences de MeyGen, partagés dans un rapport rendu public[13], ont permis de passer de la version AR1500 à AR3000 en intégrant des innovations technologiques relatives au pitch des pales de l'hydrolienne, ainsi que de très nombreux apprentissages sur les opérations en mer.

« Nous plaçons la réduction du risque offshore au cœur du design de l'hydrolienne : tout ce qui peut être fait à terre doit l'être. À défaut, ce qui doit être fait en mer doit l'être rapidement et de la manière la plus fiable possible. »
Drew Braxland, Directeur technique de Simec Atlantis Energy.

La stratégie d'industrialisation du consortium repose sur une localisation de la chaîne d'approvisionnement au plus près de la zone de déploiement. A ce jour, Normandie Hydrolienne est à mi-chemin de son processus de pré-qualification pour ce premier projet de 12 MW, et prévoit une mobilisation à 75% des entreprises françaises et une usine d'assemblage basée à Cherbourg.

FOCUS SUR HYDROQUEST

L'année 2021 a été marquée par la fin de la campagne d'essais OceanQuest, hydrolienne de 1 MW après 2 ans d'immersion en conditions réelles sans avarie sur le site d'essais de Paimpol-Bréhat concédé à EDF. C'est un pas important pour ces entreprises qui ont entamé leur collaboration en 2015 et qui se sont renforcées en 2021 avec l'arrivée de l'énergéticien Qair, pour le développement de la ferme pilote FLOWATT au Raz-Blanchard (17,5 MW). Cette installation dont la mise en service est prévue pour 2025 produira en moyenne 41 GWh/an pendant 20 ans.

La construction d'OceanQuest a mobilisé 50 ETP dans l'usine cherbourgeoise de CMN. Mise à l'eau en avril 2019 à Paimpol, l'hydrolienne a été remontée et acheminée à Cherbourg en octobre 2021. Les conclusions des expertises techniques et des études environnementales montrent que la corrosion et l'encrassement biologique ont été limités et qu'un effet récif a été créé au niveau des fondations. Les études acoustiques ne démontrent pas d'impact significatif pour la faune et les mammifères marins.

« La turbine est parfaitement fonctionnelle après 2 ans d'immersion, et notamment ses génératrices et son convertisseur. La prochaine version de l'hydrolienne sera plus performante, avec une plus grande surface balayée par les rotors et 2,5 MW de puissance unitaire. Elle sera aussi plus légère donc moins chère à construire et à installer. »
Thomas Jaquier, Président de Hydroquest.

L'entreprise compte sur des premiers marchés au large du Cotentin pour se positionner à l'international, dont le potentiel cumulé est de 100 GW. *« Cherbourg est un emplacement de fabrication idéal pour le marché européen, et le Royaume-Uni. Les infrastructures portuaires sont déjà dimensionnées et une adaptation des ateliers de CMN suffira pour automatiser la production et gagner en compétitivité ».*

Cette activité sera à l'origine de retombées significatives pour le territoire puisque l'industriel peut s'appuyer sur une chaîne de sous-traitance essentiellement française et majoritairement régionale.

©Hydroquest

FOCUS SUR SABELLA

Sabella recèle une solide expérience industrielle, un vrai portefeuille de projets, et de fortes ambitions. La société mène en France deux projets pilotes d'hydroliennes : l'un au large de l'île d'Ouessant, et l'autre au droit de l'île Longue dans le Golfe du Morbihan. Ces projets emblématiques ayant la Bretagne pour base sont deux catalyseurs de la double stratégie mise en place par Sabella pour maximiser l'équation performance - réduction des coûts d'opération.

Améliorer la performance et faire fondre les coûts d'exploitation

En amont, il s'agit pour Sabella de stabiliser l'intégration des dernières briques technologiques innovantes qui vont permettre de faire décroître fortement les coûts d'opérations et de maintenance. En janvier 2021, l'entrée de GE Renewable Energy au capital de la société se traduit par un apport majeur en termes d'innovations issues de la technologie Océade (Alstom). Sabella a ainsi les bonnes cartes en main pour fusionner le meilleur des deux technologies, tout en intégrant son retour d'expérience particulièrement riche en matière de déploiements en mer.

« Le projet du Golfe du Morbihan verra le déploiement de deux hydroliennes intégrant chacune des innovations différentes permettant de comparer efficacement les dispositifs et valider le concept final. »
Fanch Le Bris, Directeur Général de Sabella.

Préparer l'avenir de l'hydrogène vert et élargir les horizons

À l'aval, du côté des usages de l'énergie produite, bien que la priorité reste la validation du modèle économique de l'injection de l'électricité produite sur le réseau, Sabella s'inscrit dans la trajectoire mondiale de développement de l'hydrogène, dans une perspective d'élargissement des débouchés marchés : environ 30% des sites propices visés par Sabella pourraient être développés dans des conditions technico-économiques plus favorables à la production d'hydrogène qu'au raccordement au réseau.
« À Ouessant, une première application sera mise en place avec l'installation d'un électrolyseur à terre pour convertir l'électricité acheminée en hydrogène, avant la mise en place d'unités de production d'hydrogène sous-marines ou flottantes. »

FOCUS SUR SEENEOH, LES ESSAIS EN CONDITIONS RÉELLES

Les sites d'essais, comme SEENEOH à Bordeaux, sont essentiels au développement technologique et à la levée de verrous non technologiques, car ils offrent l'accès aux infrastructures, à des processus d'autorisations simplifiés et une logistique préétablie, autant de charges qui ne pèsent plus exclusivement sur les développeurs concentrés sur le test de leurs machines.
Les essais en conditions réelles constituent une étape fondamentale du développement des énergies marines renouvelables, en permettant de tirer des conclusions significatives sur le comportement des dispositifs dans des conditions réelles.

Les site d'essais en mer sont le berceau du « premier vol » des prototypes ou des démonstrateurs de solutions technologiques innovantes, parfois de rupture. Ces sites permettent de diminuer de près de 50% le montantdes investissements dentre la phase d'essais et la phase commerciale. »
Vincent Laroque, Président de SEENEOH.

La France dispose aujourd'hui de deux sites d'essais hydrolien. SEENEOH à Bordeaux, site de test à échelle intermédiaire dans la Garonne tidale, au cœur de la ville, et le site de Paimpol-Bréhat, dans les côtes d'Armor, concédé à EDF, aux côtés duquel SEENEOH et les partenaires territoriaux s'organisent pour pérenniser les investissements consentis par EDF pour le test d'hydroliennes.
Les technologies Hydroquest (FR), Design Pro Renewables/GKinetic (IRL) se sont testés sur les sites. HPG (NL) est attendu en 2022.

©Seneeoh

Note réalisée par l'Observatoire des énergies de la mer du Cluster Maritime Français
en partenariat avec Hydroquest, Sabella, Normandie hydroliennes et Seeneoh

Rédaction sous la coordination de :
Étienne Pourcher, Christophe Clergeau, Marc Lafosse
www.merenergies.fr
Conception : www.forget-menot.com