



Introduction

Le projet MAESTRALE est arrivé à une phase avancée. Le but de ce bulletin est d'informer sur les étapes qui ont eu lieu au cours des derniers mois. En particulier, ce 3^{ème} numéro du bulletin MAESTRALE illustre les résultats des trois visites d'étude organisées par le projet en Italie et en Suède, avec un accent particulier sur les retours d'informations des partenaires du projet sur les avantages et les inconvénients des technologies d'Energie Bleue (EB) vues sur le terrain. La 2^{ème} partie de ce bulletin présente les résultats de l'analyse des 45 études de cas sélectionnées par les partenaires MAESTRALE, à partir desquelles il est possible de déduire certaines conditions préalables à la création des Blue Energy LABs. Enfin, nous présentons en détail les deux projets qui ont le plus suscité l'intérêt des partenaires lors des visites sur le terrain à Göteborg en juillet dernier: le projet d'éolienne flottante SeaTwirl et le projet de convertisseur d'énergie houlomotrice Seabased.

POINTS SAILLANTS DE LA 2^{ÈME} ET 3^{ÈME} VISITE SUR PLACE DU PROJET MAESTRALE

Du 5 au 7 juillet 2017, l'équipe de MAESTRALE s'est réunie à Göteborg et Kristineberg pour participer à la 2^{ème} et 3^{ème} visite sur place afin d'être mise à jour sur les technologies de l'Energie Bleue (EB) les plus avancées appliquées en Suède. En particulier, la matinée du 5 juillet a été consacrée à la visite de la société Minesto (Västra Frölunda - Göteborg), et à la présentation du prototype Deep Green pour l'exploitation des raz-de-marée et des courants marins. L'après-midi a été consacrée à la visite de la société Waves4Power (Västra Frölunda) et à la rencontre avec l'équipe pour comprendre la technologie basée sur les bouées. Le jour suivant a été consacré à la visite au Centre de sciences marines Sven Lovén (Kristineberg), le nouveau centre de recherche de l'Université de Göteborg, dont l'équipe a expliqué le nouveau projet de culture d'algues et de microorganismes pour la production de biogaz. Ensuite, a été faite visite sur le site de test du prototype SeaTwirl (Lysekil), un éolien flottant innovant avec des pales tournantes autour de l'axe vertical de la tour, au lieu de l'horizontale, et la visite au siège social de la société Seabased AB à Lysekil, une société leader mondial pour la conception, la production et l'installation de convertisseurs d'énergie houlomotrice.





LES TROIS VISITES D'ÉTUDES ET LE COMMENTAIRES DES PARTENAIRES DE MAESTRALE

Suite aux trois visites d'étude, chaque partenaire du projet MAESTRALE s'est engagé à donner un retour détaillé d'information, en soulignant les avantages et les inconvénients des solutions technologiques vues sur le terrain. Les résultats de cet exercice sont résumés dans le tableau suivant.

REWEC 3 – Énergie des Vagues (Port de Civitavecchia – Rome, Italie)	
Avantages	Inconvénients
▪ Investissements supplémentaires réduits (UNISI, GOLEA, IRENA)	▪ Impact visuel élevé (UNISI, MIEMA, INFORMEST)
▪ Intégration dans une structure existante (IRENA, UNISI)	▪ Bruit de la turbine (UNISI, IRENA, CEEI, AUTH, UAlg, MIEMA)
▪ Solution technique avec un élevé potentiel de répliquabilité (IRENA)	▪ Difficultés/coûts très élevés de mise en œuvre dans les brise-lames existants (CEEI, OC-UCY)
▪ Connexion au réseau à coûts limités (CEEI)	▪ Risque d'impact négatif sur les zones portuaires d'intérêt touristique (CEEI)
▪ Bonne solution mais uniquement sur les nouvelles infrastructures portuaires, si prévu lors de la phase de conception (AUTH, MIEMA)	
▪ Amplitude des vagues requise limitée (IRENA)	
▪ Maintenance plus facile et sans frais (OC-UCY)	
SeaTwirl – Éolienne en mer (Lysekil – Suède)	
Avantages	Inconvénients
▪ Système technologique simple (UNISI, INFORMEST)	▪ Nombreux aspects doivent être encore testés (UNISI)
▪ Installation dans des endroits plus profonds (IRENA, CEEI, OC-UCY)	▪ Câblage/interférence avec industries et environnement marin (IRENA)
▪ Coûts d'installation réduits (IRENA, UAlg, MIEMA, INFORMEST)	▪ Pas de données sur la production d'électricité (INFORMEST)
▪ Facilité d'installation/maintenance (UAlg, MIEMA, GOLEA, INFORMEST)	▪ L'appareil est encore en phase de démonstration et les impacts environnementaux doivent encore être vérifiés (UAlg)
▪ N'affecte pas le fond marin et produit moins de bruit sous-marin (MIEMA)	
▪ Réduction des charges induites par la turbine (CEEI)	
▪ Dispositif flottant et amarré au fond marin (GOLEA, OC-UCY)	
▪ Faible vitesse du vent de départ quelle que soit la direction du vent (GOLEA, INFORMEST)	
▪ Bonne solution pour le Sud de l'Adriatique/îles éloignées (IRENA)	
▪ La turbine à axe vertical s'adapte bien à la mer Adriatique (IRENA)	
Seabased - Énergie des Vagues (Lysekil - Suède)	
Avantages	Inconvénients
▪ Système technologique simple (UNISI, CEEI)	▪ Fatigue de certains éléments de l'appareil (CEEI)
▪ Facilité d'installation et de maintenance (UNISI, OC-UCY)	▪ Limitations pour la zone de positionnement de plusieurs appareils (AUTH, INFORMEST)
▪ Toutes les opérations peuvent être effectuées à terre (UNISI)	▪ Coûts d'installation et/ou de maintenance (MIEMA, OC-UCY)
▪ Faible coût du système (CEEI, UAlg)	▪ Pas de données sur la capacité effective de production d'électricité (INFORMEST)
▪ Le système peut fonctionner dans les eaux basses (UNISI, GOLEA)	
▪ Le système peut fonctionner avec des vagues de 1 à 3 mètres (CEEI, MIEMA, GOLEA)	
▪ Le système peut être placé plus près du rivage (IRENA, MIEMA)	
▪ Transférabilité dans la zone méditerranéenne - vagues basses à haute fréquence (UNISI, IRENA, GOLEA)	
▪ Faible impact visuel (AUTH, OC-UCY)	
▪ Sécurité de la navigation maritime (AUTH)	
▪ Excellente utilisation par MW installé (UAlg)	
▪ Impact minimal sur l'environnement (MIEMA, OC-UCY)	



Minesto Deep Green - Courants de marée et océaniques (Västra Frölunda – Suède)	
Avantages	Inconvénients
▪ Faible impact visuel (UNISI, AUTH, INFORMEST, OC-UCY)	▪ Impact négatif sur la vie marine (IRENA, CEEI, AUTH, MIEMA, OC-UCY)
▪ Transférabilité dans la zone méditerranéenne et les îles éloignées (UNISI, IRENA, MIEMA, GOLEA)	▪ Durabilité du système (IRENA)
▪ Adaptabilité à nombreux scénarios de localisation (IRENA)	▪ Fatigue de certains éléments de l'appareil, CEEI)
▪ Le dispositif fonctionne avec des flux de marée plus faibles (UAlg, MIEMA, GOLEA, OC-UCY)	▪ Besoin de profondeur de mer d'au moins 90 m. (MIEMA, GOLEA)
▪ Simplicité du dispositif et facilité d'installation (INFORMEST)	▪ Pas de données sur la productivité (MIEMA, INFORMEST)
▪ Engagement des acteurs locaux pour la gestion/ maintenance (UNISI)	
▪ Possibilité d'être installé en présence de trafic maritime (UNISI)	
Wave4Power - Énergie des Vagues (Västra Frölunda - Suède)	
Avantages	Inconvénients
▪ Faible impact visuel (IRENA, OC-UCY)	▪ Dispositif et système d'amarrage à revoir pour l'adaptabilité en Méditerranée (UNISI)
▪ Dispositif fabriqué par un réseau de sociétés bien établies (UNISI)	▪ Puissance de production limitée (IRENA, CEEI)
▪ Technologie de qualité supérieure (UNISI)	▪ Problèmes financiers pour la connexion au réseau (IRENA)
▪ Composants/dispositif déjà testé (UNISI CEEI)	▪ Procédures d'installation et coûts (MIEMA)
▪ Durabilité du système (IRENA, AUTH, GOLEA)	▪ Pas de données sur la productivité (INFORMEST)
▪ Maintenance facile à coûts limités (AUTH, GOLEA)	▪ Besoin de vastes zones de mer libres du trafic maritime (INFORMEST)
▪ Possibilité de créer un système complet connecté au réseau (UAlg)	
▪ Engagement des acteurs locaux dans la gestion/maintenance (MIEMA)	
▪ Possibilité d'intégration avec des fermes piscicoles offshore et des usines de dessalement (MIEMA)	
▪ Toutes les connexions sont placées dans un environnement sec (MIEMA)	
▪ La technologie permet l'optimisation pour des basses hauteurs de vagues pour certaines régions méditerranéennes (GOLEA)	
▪ La maintenance doit être effectuée au large, augmentant les coûts (OC-UCY)	

À partir du tableau ci-dessus, nous pouvons tirer des conclusions intéressantes. En particulier, au regard des avantages et/ou inconvénients offerts par ces technologies, les partenaires de MAESTRALE soulignent certains aspects tels que l'entité des coûts d'installation/connexion au réseau, la facilité ou la rigidité de la maintenance, l'impact éventuel sur le milieu marin, la possibilité de fonctionner dans des eaux peu profondes, la possibilité de fonctionner même avec de faibles niveaux d'ondes et/ou les courants moins favorables, à savoir les conditions typiques de la mer Méditerranée, et ainsi de suite. Ce dernier aspect est le plus intéressant, étant lié à la transférabilité de ces technologies aux eaux de la mer Méditerranée.

REWEC3: il s'agit d'une des technologies les plus prometteuses pour la génération d'EB car elle est applicable dans d'autres régions du bassin méditerranéen, où la hauteur des vagues est faible mais avec une fréquence élevée. Cependant, l'installation de ce type de dispositif peut être appliquée aux nouvelles infrastructures portuaires, mais seulement si planifiée pendant la phase de conception du brise-lames.

SeaTwirl: grâce à la simplicité de la technologie, aux coûts d'installation limités, au faible impact sur l'environnement et à la basse vitesse du vent de départ, ce dispositif pourrait être transféré dans le sud de l'Adriatique et au large des côtes des îles éloignées (principalement les îles de l'archipel croate), où la vitesse est généralement faible et constante, mais peut être parfois très élevée.



Seabased: les dispositifs peuvent être facilement installés en groupe près de la côte et à basse profondeur de mer et avec un fond de mer plat. La possibilité de personnaliser la taille et la puissance du dispositif en fonction des potentiels d'énergie des vagues le rend facilement applicable en Méditerranée.

Waves4Power: l'une des technologies les plus prometteuses pour la génération d'EB dans les environnements océaniques. La transférabilité dans le bassin méditerranéen doit être encore étudiée, mais elle semble applicable au moins dans certaines régions du sud de l'Adriatique.

Minesto Deep Green: le dispositif peut produire de l'électricité dans les mers avec des courants marins plus lents (1,2 m/s), comme la Méditerranée, mais la transférabilité dans ce bassin doit être encore étudiée.

L'ANALYSE DES ETUDES DE CAS: PRINCIPALES CONCLUSIONS

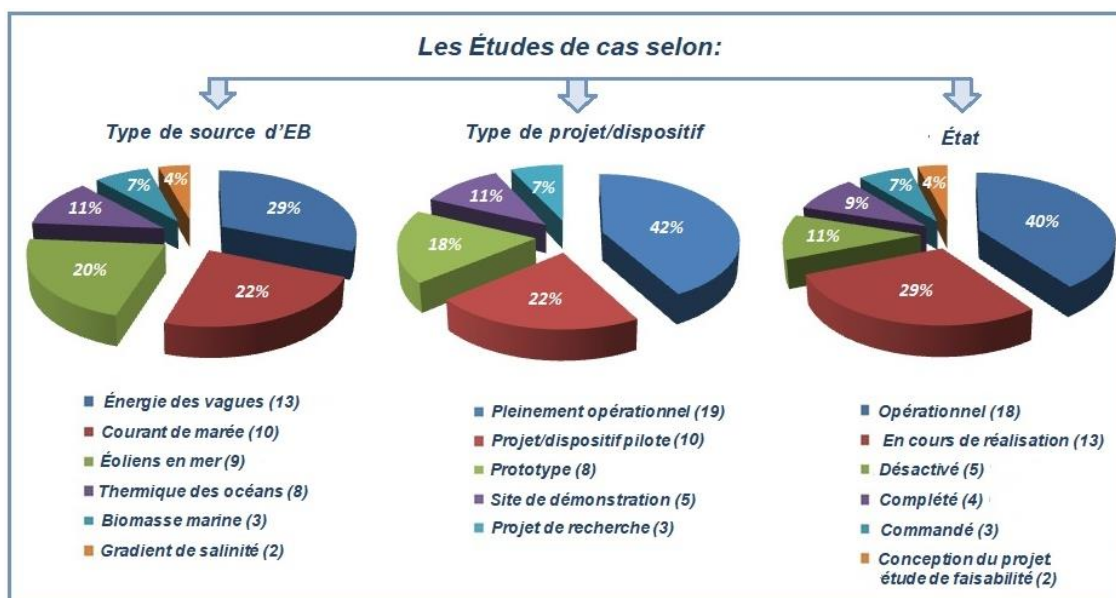
L'analyse des 45 études de cas sélectionnées par les partenaires du projet MAESTRALE fait ressortir des données très intéressantes, notamment en vue de la création des *Blue Energy Labs (BEL)* et de la transférabilité dans la zone méditerranéenne des technologies choisies. En particulier, si l'on considère le type de source d'EB, la plupart des 45 études de cas sont constituées de projets/dispositifs pour exploiter les courants de marée, les vagues, les vents marins et les thermiques océaniques. Cependant, leur utilisation ou leur ultérieure diffusion dans les eaux méditerranéennes, à l'exception de certains cas isolés, reste à vérifier.

- Vagues: 13 installations ont été choisies, principalement situées en Espagne (3), en Italie (3), au Royaume-Uni et au Portugal (2 chacun). La puissance nominale moyenne des centrales sélectionnées est de environs 213 KW, à l'exclusion du grand projet (désactivé) PELAMIS sur la côte nord du Portugal (40 dispositifs d'une capacité unitaire de 750 kW). Parmi les installations opérationnelles (de nombreuses installations sont désactivées ou en cours de réalisation), la capacité nominale la plus élevée est celle de la centrale de Mutriku située dans le golfe de Gascogne au Pays Basque espagnol (296 kW).
- Courant de marée: 10 installations ont été sélectionnées, dont 6 situées au large des côtes du Royaume-Uni (principalement en Écosse) et 2 en Italie (mais avec une puissance nominale très faible). La capacité de production moyenne nominale montre des différences marquées selon les installations individuelles considérées (par exemple, 150 kW du dispositif R115 WEC situé à Castiglione - Archipel toscan/Italie, 320 MW de capacité installée du projet Swansea Bay Tidal Lagoon en cours de réalisation - Royaume-Uni);
- Éolien en mer: sur 9 installations, 6 sont situées au large des côtes européennes de l'océan Atlantique et de la Mer du Nord (4 au Royaume-Uni et 2 au Portugal), à savoir dans les meilleurs endroits pour l'exploitation de ce type de source. La puissance nominale va des 2 MW du projet portugais DEMOGRAB3, en cours de réalisation, aux 630 MW du parc éolien de London Array (175 éoliennes situées à 20 km au large de la côte du Kent dans l'estuaire de la Tamise - Royaume-Uni);



- Thermique des océans: 8 installations situées principalement dans les pays de l'Adriatique orientale - Slovénie, Croatie et Monténégro -, avec une capacité nominale moyenne de 3,47 MW, mais avec des différences marquées selon les installations individuelles (par exemple, les 15 kW du Centrale de Duindorp (La Haye) et les 19 MW de l'usine de Thassalia - Marseille).

Considérant le type de projet/dispositif, parmi les 45 études de cas choisies par les Partenaires MAESTRALE, le 42% sont des installations pleinement opérationnelles principalement dans l'énergie thermique des océans (hôtels privés et bâtiments publics en Slovénie et en Croatie) et énergie marémotrice (principalement au Royaume-Uni et l'Ecosse en particulier). Les projets/dispositifs pilotes couvrent 22% des études de cas et se concentrent principalement dans les sous-secteurs des vagues, des marées et du vent offshore, en particulier en Italie et au Portugal. Enfin, concernant le statut des projets / usines, une part de 40% est liée à des installations opérationnelles qui exploitent l'énergie thermique, houlomotrice et marémotrice (principalement en Italie et au Royaume-Uni).



LE PROJET SEATWIRL A LYSEKIL (SUEDE):

UNE DESCRIPTION DU PROJET

SeaTwirl S1 est le premier prototype d'une éolienne flottante amarrée. SeaTwirl AB a déployé les éoliennes flottantes de 30kW au large de la municipalité de Lysekil en juillet 2015. Le dispositif S1 a été connecté au réseau et testé conformément au plan depuis son déploiement. La technologie SeaTwirl utilise une éolienne à axe vertical avec une tour reliée à la structure sous-marine, constituée d'un élément flottant et d'une quille. Dès que l'énergie du vent provoque la rotation de la turbine, la structure



Éolienne Sea Twirl S1

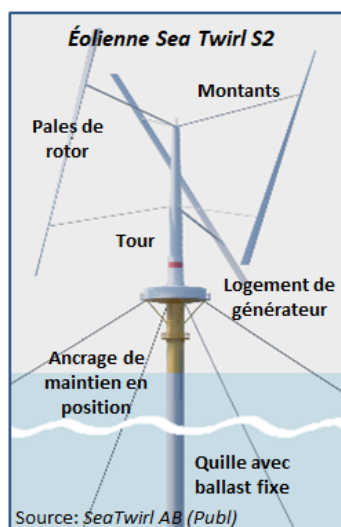
Source: Sea Twirl AB (publ)

maintient sa stabilité en utilisant la quille et le contre-moment de rotation, similaire à la fonction d'une quille sur un voilier. Les turbines *SeaTwirl* peuvent être installées dans des zones actuellement hors de portée des éoliennes offshore conventionnelles (limitées à une profondeur d'environ 50 mètres). En d'autres termes, les turbines *SeaTwirl* peuvent être ancrées à plus de 50 mètres de profondeur (contrairement aux autres éoliennes en mer actuellement sur le marché). Cela signifie que *SeaTwirl* peut être situé là où les vents sont plus forts et plus fiables. Grâce à la structure flottante sous-

marine de l'éolienne, les roulements à l'intérieur du boîtier du générateur n'ont pas besoin de supporter le poids de la turbine. Les éoliennes de *SeaTwirl* ont un centre de gravité plus bas et une conception plus stable que les éoliennes à axe horizontal, car le générateur et toutes les pièces nécessitant une maintenance peuvent être placés sous la turbine et au-dessus de l'eau.

SeaTwirl S1 a une hauteur de 13 mètres du niveau de la mer, (en dessous du niveau de la mer: 18 mètres), un diamètre de turbine de 10 mètres, et une puissance nominale de 30 kW. Plusieurs *SeaTwirl*

S1 peuvent être placés pour augmenter la production. Les éoliennes *SeaTwirl* sont facilement accessibles, ce qui réduit les coûts de maintenance. Le système innovant de la société permet de réduire les coûts de production, de réduire les coûts de cycle de vie et de réduire les coûts totaux. Ceci est particulièrement important pour les structures en mer. En plus, la technologie de *SeaTwirl AB* contourne l'étude approfondie (et coûteuse) des fonds marins.



Source: SeaTwirl AB (Publ)

La technologie de *SeaTwirl* est principalement destinée aux parcs éoliens commerciaux offshore, mais il existe d'autres zones d'utilisation intéressantes, à savoir: les îles et les régions éloignées où l'approvisionnement en électricité est incertain et la demande d'électricité produite localement augmente; les pisciculteurs hors réseau qui ont besoin d'électricité à plus petite échelle pour fournir de l'électricité aux mangeoires et aux pompes. La société est en train de développer le dispositif *SeaTwirl*

S2, dont l'achèvement est prévu pour 2020). *SeaTwirl S2* a une hauteur de 55 mètres du niveau de la mer (en dessous du niveau de la mer: 70 mètres), un diamètre de turbine de 50 mètres et une hauteur des pales du rotor d'environ 40 mètres.

La profondeur de fonctionnement optimale pour *SeaTwirl S2* est de 90-120 mètres, mais elle peut être située à des vitesses de vent plus profondes et extrêmes (50 m/s avec une vitesse de vent de coupure de 25m/s). La puissance nominale est de 1 MW par unité, bien que plusieurs moteurs *SeaTwirl S2* puissent être utilisés dans un parc éolien étendu. *SeaTwirl AB* envisage de vendre la première unité commerciale à une société leader dans le secteur de l'énergie, puis de mettre en place un parc éolien flottant en 2025.



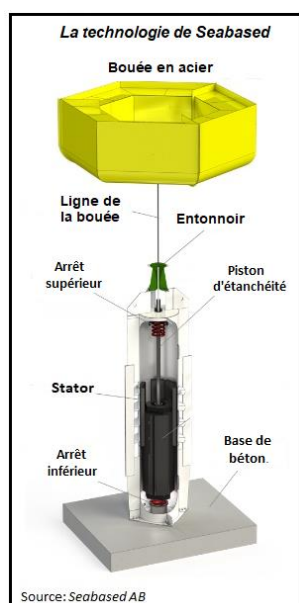
Les étapes de l'activité de SeaTwirl AB

2009: l'inventeur et fondateur de SeaTwirl Daniel Ehrnberg teste avec succès le premier prototype
2012: SeaTwirl AB est fondée et augmente son investissement initial
2015: SeaTwirl S1 est mis en service avec succès en mer au large de Lysekil, en Suède
2016: SeaTwirl augmente son capital et commence à négocier sur le Nasdaq First North sous le symbole STW
2020: Un dispositif SeaTwirl S2 (1 MW) à pleine échelle est mis en service
2025: Le premier parc éolien SeaTwirl est mis en service
2030: SeaTwirl est un acteur de premier plan sur le marché de l'énergie éolienne flottante

LE PROJET SEABASED A LYSEKIL (SUEDE): UNE DESCRIPTION DU PROJET



La société Seabased Industry AB, également située à Lysekil, est l'une des sociétés leader dans le développement de solutions dans le secteur de l'énergie houlomotrice. Elle conçoit, construit et installe des parcs complets connectés au réseau. Ces parcs produisent de l'électricité en utilisant des convertisseurs d'énergie houlomotrice (Wave Energy Converters - WECs), qui consistent en des bouées reliées à des générateurs linéaires placés sur le fond marin. Les bouées se déplacent avec les vagues, et ce mouvement génère de la puissance. Un convertisseur sous-marin rend l'électricité adaptée à l'utilisation du réseau et les câbles maritimes la livrent au réseau.

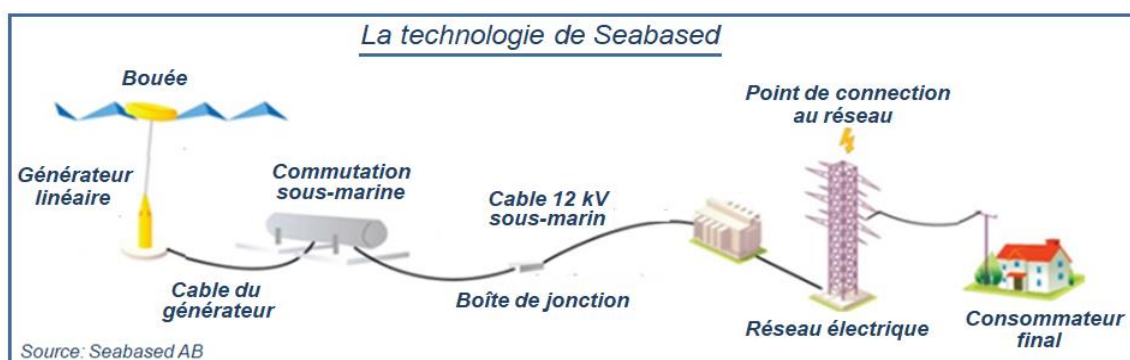


Le générateur linéaire, le WEC Seabased S2.7, est très efficace pour extraire l'énergie des vagues de 1-3 mètres de hauteur. Il est construit avec des matériaux bien testés et est mécaniquement simple (avec peu de pièces mobiles), ce qui se traduit par peu de pièces qui peuvent se casser. Les générateurs sont ancrés au fond marin à l'aide d'une plaque de base en béton. Le déploiement des WECs sur le fond marin les protège des conditions extrêmes qui peuvent se produire à la surface de la mer et contribue à minimiser l'entretien requis.

Les plaques de base sont conçues et dimensionnées en fonction des charges de vagues et des conditions du fond marin. Les préparations sous-marines sous forme de dynamitage ou d'excavations ne sont pas nécessaires. Du point de vue des opérations de maintenance, les convertisseurs individuels WEC S2.7 peuvent être déconnectés et remplacés sans affecter la fonction des autres parties du parc d'énergie houlomotrice, ce qui simplifie les réparations et la maintenance en cours. En raison du système évolutif, les parcs à vagues peuvent être étendus en plusieurs phases, afin de répondre à l'exigence de la



possibilité d'investissement des clients. Puisque la solution de Seabased est modulaire, les unités de puissance peuvent être placées comme des unités simples ou en groupes, en tenant compte de la puissance installée, des conditions du fond marin et d'autres facteurs. Les générateurs sont déployés dans des formations alignées contre la direction des vagues dominantes et espacées d'environ 20 m. La distance entre les formations est d'environ 50 m. La superficie totale devrait être de 1 km² pour 1.000 unités.



PROCHAINES ETAPES

Les différentes technologies appliquées aux dispositifs de l'EB et/ou étudiées/développées par les organismes scientifiques visités lors des visites sur le terrain ont été incluses dans le catalogue MAESTRALE des meilleures pratiques et études de cas, parmi les technologies d'EB les plus prometteuses. En outre, la transférabilité de ces technologies dans la région méditerranéenne sera l'objet d'une étude approfondie et sera particulièrement envisagée parmi les solutions possibles pour mettre en œuvre des projets pilotes au cours des laboratoires régionaux Blue Energy. Restez à l'écoute!

NOS ACTIVITES DE COMMUNICATION

Afin de diffuser le développement du projet et une compréhension plus complète de l'Énergie Bleue sur différents aspects: le potentiel réel, la réglementation existante, la disponibilité de technologies innovantes, ont été créés une page Facebook et un compte Twitter. Nous allons partager toutes les mises à jour importantes du projet, des articles et des recherches sur l'Énergie Bleue et les pratiques qui ont été mises en œuvre avec succès dans ce domaine.

En plus, nous aspirons à créer une communauté virtuelle où les scientifiques, les décideurs, les entrepreneurs et les citoyens peuvent contribuer avec leurs connaissances et leurs idées en ce qui concerne les actions et les investissements rapides et efficaces pour l'Énergie Bleue.



Nous sommes en ligne!



<https://maestrale.interreg-med.eu>



@maestrale.project



@MAESTRALE_MED.



maestrale@unisi.it

Project partners



UNIVERSITÀ
DI SIENA 1240



CEEI
VALÈNCIA



ARISTOTLE UNIVERSITY OF
THESSALONIKI



GORSKA LOKALNA
ENERGETSKA AGENCIJA
NOVA GORICA



University
of Cyprus



UALg
UNIVERSIDADE DO ALGARVE



REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA



clùster
marittimo adriatico