



Déferlantes de découvertes et innovations sur la mer : les projets de POMU "Occitan'île" et "Capt-CO₂"

Jean-Pierre BERTHET ¹, Jean-Marc BEYNET ²

1. Jean-Pierre Berthet, 299 avenue du Brusca 83140 Six-Fours-les Plages, France.

berthetjean-pierre@wanadoo.fr

2. Beynet-Consult, 35 rue de Peyrouse, 30320 Marguerittes, France.

beynet.consult@gmail.com

Résumé :

Ces deux projets sont des démonstrateurs de conception de Plateformes Offshores Multi-Usages pour tester des dispositifs innovants en conditions réelles au large, par exemple: Ferme aquacole (AMTI); Autonomie énergétique grâce au soleil, au vent et à la houle; Production en eau potable et assainissement ; Stockage d'hydrogène; Compensation de l'ombre portée sur le fond; Liaisons entre modules flottants, etc. Le projet « Occitan'île » est destiné à l'éducation du public, en particulier les jeunes générations. Il a déjà été présenté lors des XVI^{ème} JNGCGC-2020, avec un exemple d'implantation dans le Golfe d'Aigues-Mortes. Le projet « Capt-CO₂ », implanté plus au large, est un laboratoire flottant dédié à l'étude de la pompe biologique gravitationnelle qui permet de capturer et de stocker le CO₂ anthropique en mer, pour lutter contre le réchauffement climatique. Cette plateforme habitée, énergétiquement autonome, est ancrée au-dessus d'un « puits avec fond marin », s'étageant en strates. Elle dispose de puits traversant et est aménagée pour recevoir une nurserie innovante qui permet l'élevage de micro-organismes photosynthétiques et aussi, les installations nécessaires pour la culture des microalgues et de certains animaux marins. Le fond marin est équipé pour rendre compte de la capture et du stockage du CO₂.

Mots clés : POMU, Plateforme Offshore Multi-Usages, Aquaculture, AMTI (Aquaculture Multi trophique Intégrée, DPM (Domaine Public Maritime), Transition écologique et énergétique, Pompe biologique gravitationnelle, Captation et stockage CO₂,

1. Rappels sur le projet de POMU « Occitan'île »

La définition et l'intérêt des Plateformes Offshores Multi-Usages (POMU) ont déjà été présentés dans plusieurs publications (LOCKHART *et al.*, 2015 ; RABAIN, 2019). Le projet de POMU « Occitan'île » a été décrit en détail dans deux ouvrages grand public (BEYNET, 2020 ; BEYNET, 2021) ainsi que dans une publication scientifique publiée à l'occasion des XVI^{ème} JNGCGC (BEYNET *et al.*, 2020).

Thème 4 – Ouvrages portuaires, offshore et de plaisance

Rappelons que ce projet de POMU « Occitan'île » consiste en la création d'une île artificielle flottante dans le Golfe d'Aigues-Mortes. Sa finalité est d'ouvrir une porte sur la Méditerranée pour la conquérir et la démocratiser, en favorisant la découverte, le partage et la diffusion des connaissances scientifiques et innovations liées à la mer. Il s'agit d'un projet social, éducatif et intergénérationnel, destiné à sensibiliser le public à tous les bienfaits que la mer peut apporter à condition de la comprendre, de la respecter et de la protéger, afin de l'exploiter intelligemment, raisonnablement et durablement, tout en préservant les ressources halieutiques et en favorisant la transition énergétique.

Cette POMU pourrait servir de démonstrateur pour tester certains dispositifs innovants en conditions réelles au large, par exemple: Ferme aquacole pédagogique en pleine mer (AMTI); Autonomie énergétique (énergies renouvelables et stockage d'hydrogène, lorsque la technique le permettra), Assainissement autonome; Production autonome en eau potable; Compensation de l'ombre portée sur les fonds; Liaisons entre modules flottants, etc. S'agissant d'une plateforme flottante, elle est réversible, et déplaçable sur d'autres sites après 30 années d'exploitation sur le DPM.

Depuis sa présentation en 2020, pour renforcer son autonomie énergétique, le projet a été complété par l'adjonction d'un dispositif houlomoteur mettant en œuvre 10 flotteurs oscillants fixés bord à quai (5 unités sur chaque bord), que le public pourrait découvrir en fonctionnement pendant les visites. Lors des tempêtes hivernales, il n'y aura pas de visiteurs sur la POMU et les dispositifs houlomoteurs pourront être mis en mode survie, en les relevant hors d'eau, figure 1.

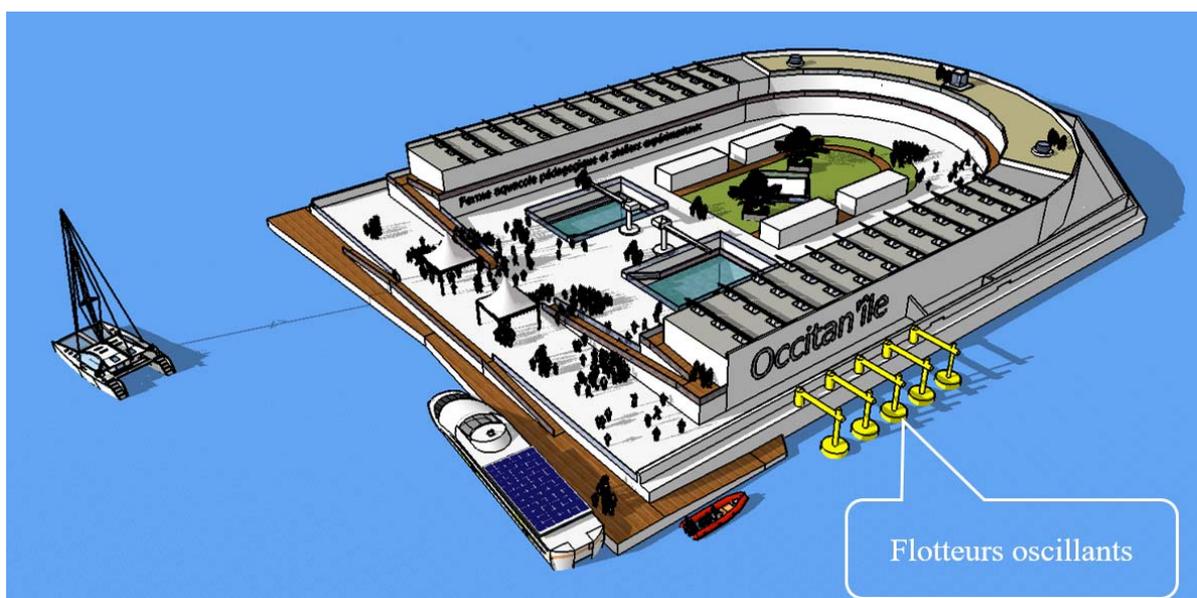


Figure 1. Adjonction de 2x5 houlomoteurs bord à quai sur la POMU Occitan'île.

Dans son guide *Systèmes houlomoteurs bords à quai*, le CEREMA indique un ordre de grandeur de la production électrique à attendre : « Un dispositif installé sur un linéaire de 100 m, avec une bonne exposition à la houle, peut potentiellement produire une énergie annuelle de 2 GWh environ, correspondant à une recette annuelle de 300 k€ environ » (CEREMA, 2020). En mettant en œuvre ce type de dispositif sur un linéaire de 25 m sur chaque bord, (2 x 5 flotteurs de 3 m de diamètre, espacés de 5 m d'axe à axe), il est raisonnable de considérer que la production d'énergie électrique sera de l'ordre de 0,8 à 1 GWh.

2. Présentation du nouveau projet de POMU « Capt-CO₂ »

Si la décision de le mettre en œuvre est prise, le projet de POMU « Capt-CO₂ » devrait être implanté plus au large, dans une plus grande profondeur d'eau. Il s'agit d'un laboratoire flottant dédié à l'étude de la pompe biologique gravitationnelle qui permet de capturer et de stocker le CO₂ anthropique en mer, pour lutter contre le réchauffement climatique, figures 2 et 3.

Une telle pompe biologique a déjà été présentée dans plusieurs publications scientifiques antérieures (BOPP *et al.*, 2002 ; LEVY *et al.*, 2007 ; HERZBERG, 2019 ; LEVY, 2022).

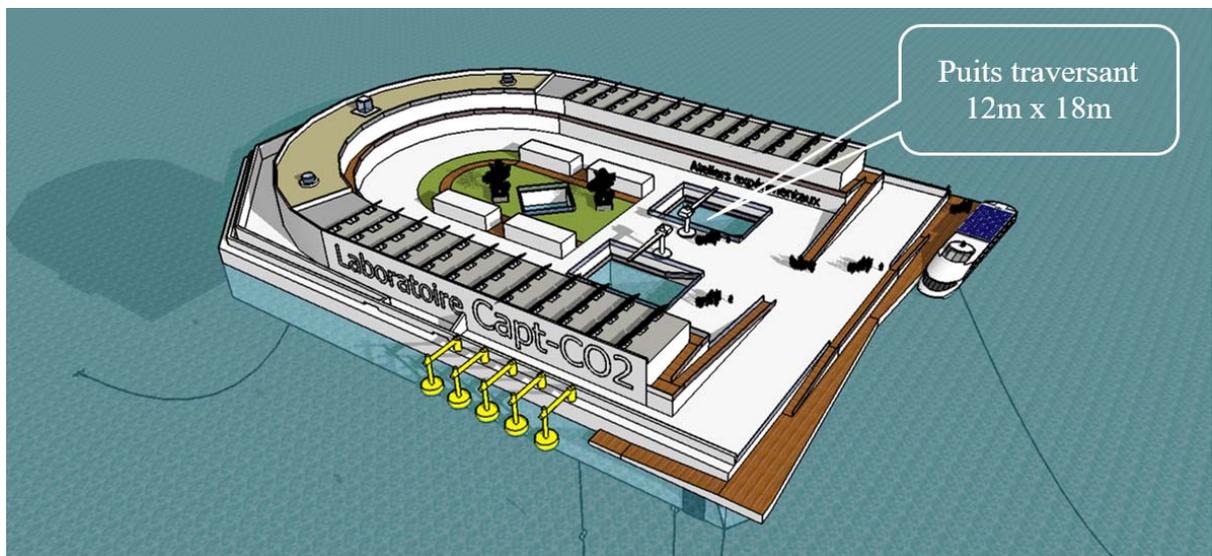


Figure 2. POMU Laboratoire Capt-CO₂, vue aérienne oblique.

Thème 4 – Ouvrages portuaires, offshore et de plaisance

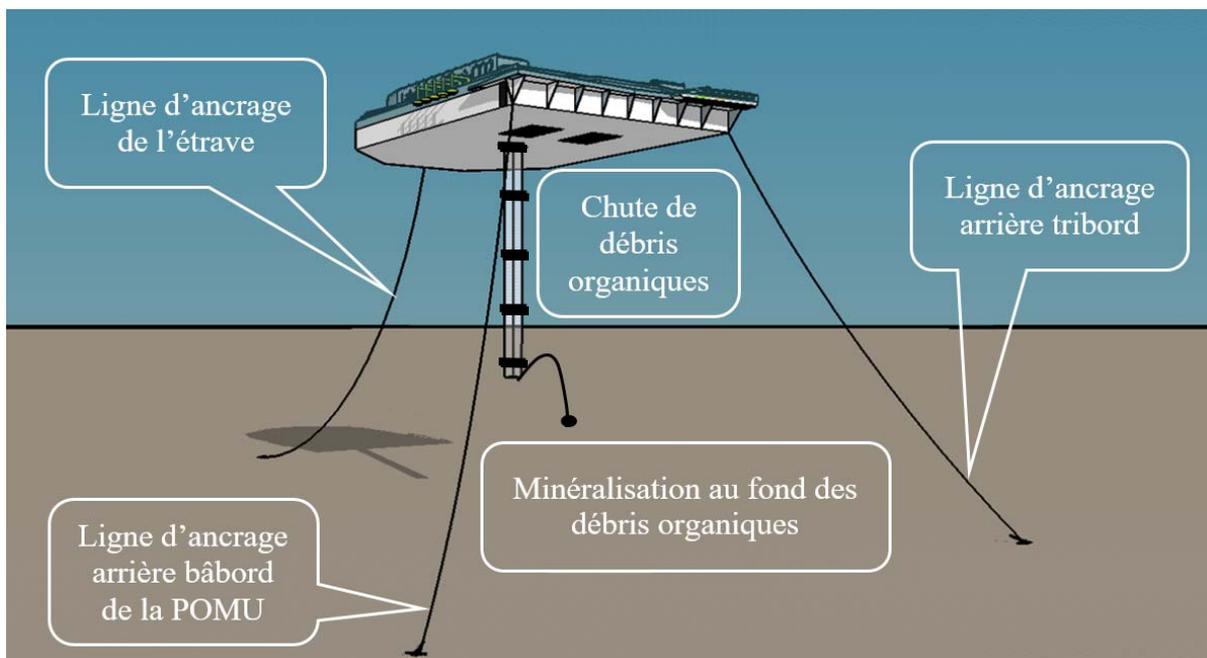


Figure 3. POMU Laboratoire Capt-CO₂, vue sous-marine.

Son implantation dans le Golfe d'Aigues-Mortes devra faire l'objet d'une large concertation avec tous les acteurs concernés : Services de l'Etat, Collectivités locales, usagers de la mer (Comité régionale des pêches et élevages marins), Ifremer, scientifiques...

Idéalement, cette POMU devrait être ancrée dans la bande côtière à forte turbidité, fertilisée par les apports particuliers du Rhône, estimés à 8 millions de tonnes par an. La profondeur d'eau du site retenu devrait être de l'ordre d'une quarantaine de mètres, avec des caractéristiques du fond sablo-vasards propices à la minéralisation, jusqu'à la roche socle, figure 4.

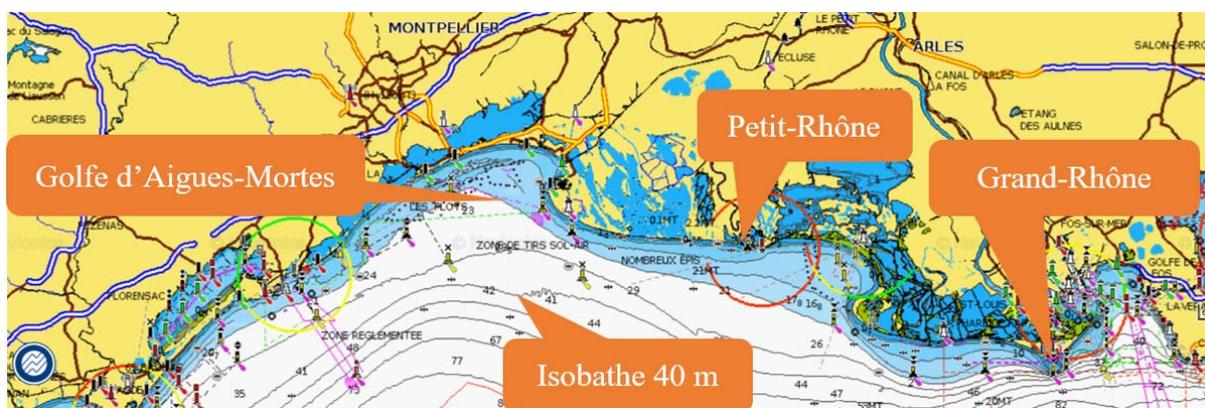


Figure 4. Localisation de l'isobathe de profondeur 40 m dans le Golfe d'Aigues-Mortes, à l'ouest du delta du Rhône (extrait de carte marine Navionics, ne pas utiliser pour la navigation).

Ce gigantesque aquarium-laboratoire doit permettre d'observer et de mesurer, dans une colonne d'eau de l'ordre de 30 m sous le flotteur de 120m x 80m, la répartition de la biomasse par couches, la bioturbation de la matière vivante combinée à la gravité, et le mécanisme de biodégradation de la matière morte.

Pour atteindre cet objectif, la POMU est aménagée pour permettre l'installation, en containers séparés, de nurseries innovantes permettant la culture en continu du phytoplancton et du zooplancton, afin de pouvoir déverser sous le flotteur une quantité programmée de biomasse.

En fonction des résultats *in situ* de ces nurseries, il pourrait être envisagé le développement de mini laboratoires de production, autonomes et automatiques, installées sur les futures fermes éoliennes, posées ou flottantes. La présence de ces équipements, producteurs de biomasse de début de la chaîne alimentaire, en complément de la photosynthèse, avec les abris artificiels associés, serait de nature à rassurer les pêcheurs sur l'avenir de leur métier. Ce Dispositif Concentrateur de Poissons (DCP), développé depuis longtemps en Océan Indien, a été observé récemment sous les POMUs positionnées en face de Groix, en mer du Nord et dans la Baltique.

Le flotteur de la POMU est traversé par deux puits de 12 m x 18 m permettant un élevage de poissons à croissance rapide et rejetant des fèces importantes, avec des lâchés programmés de quelques individus pour observer leur intégration dans un milieu sauvage. En son centre, un puits traversant est prolongé sous le flotteur, par un empilage vers le fond de 4 anneaux métalliques d'environ 4m de diamètre et de 4m de hauteur, matérialisant chacun une couche d'étude. Entre chaque anneau, un anneau-disque de 8m de diamètre environ et de l'ordre de 1m de haut, permet l'installation d'un appareillage d'observation, de mesure et de contrôle du milieu sous-marin. Ces équipements, disposés sur toute la périphérie de chaque disque, permettent :

- l'éclairage, prenant en compte l'ombre portée du flotteur et la turbidité mesurée du site en diffusant une puissance, avec une longueur d'onde par couche, équivalentes ou supérieures au rayonnement solaire. Cette lumière expérimentale, produite à partir de la réserve énergétique autonome de la POMU, peut fonctionner en mode continu ou respecter les périodes nocturnes ;
- la visualisation de l'organisation tridimensionnelle de la biomasse, à l'aide de hublots périphériques et de caméras de haute définition. En particulier, permettre d'observer une nouvelle répartition des espèces, après avoir subi des perturbations programmées : apport de biomasse, variation thermique, bruits divers, injection de bulles, création de courants... ;
- l'écoute acoustique du vivant par des transducteurs innovants, afin de pouvoir créer un lien en émettant des sons partagés avec le monde du silence ;
- une mesure fine, en continu, de tous les paramètres physico-chimiques du milieu par couche. En particulier, la quantification de la masse de la matière organique vivante

Thème 4 – Ouvrages portuaires, offshore et de plaisance

distribuée dans tout l'écosystème et la quantification de la matière organique morte au cours de sa descente vers le fond.

Le volume dédié à cet aquarium-laboratoire, de l'ordre de 400 000 m³ d'eau de mer, doit être aménagé pour abriter l'écosystème étudié et sa biodiversité. En périphérie du flotteur, des lignes pendantes profondes, lestées de très nombreuses petites moules et huîtres, font un rideau filtrant protecteur, mais aussi captent du CO₂ pour la croissance de leurs coquilles. Au centre, sur toute la hauteur à l'extérieur des anneaux, entre les disques, des alvéoles périphériques de taille variable, de l'ordre de 1m de profondeur sont plantées d'algues comme dans un tombant sous-marin. Entre les lignes pendantes périphériques et le puits central, des biohuts suspendues aux bonnes hauteurs offrent des abris aux juvéniles et aux espèces chassées par leurs prédateurs. Le disque tout en bas est équipé d'une demi-sphère transparente permettant une vision panoramique de l'ensemble de toute la biomasse dans la dernière couche du fond marin.

L'interface mer/terre du fond doit être aménagée (algues, herbiers, vers, coquillages, graviers calibrés,...) avec différents profils (cuvettes, dômes, micro alvéoles...) pour permettre un bon accueil, avec répartition homogène sur toute la surface, de la biomasse morte.

Des capteurs innovants, posés en surface ou enfouis, reliés par câbles au fond du puits central, permettent d'analyser chimiquement le mécanisme de dégradation de la matière organique et l'élimination des restes sous forme de molécules minérales, dont le CO₂. Puis, par un nouveau système d'imagerie par rayon X sur des échantillons, comprendre comment et dans quelles conditions, le carbone est capturé, puis stocké, à l'intérieur des micropores du sol sous-marin.

A partir des résultats de ce mécanisme complexe, des expérimentations pourraient être entreprises pour accélérer le processus par apport de matière organique morte, addition d'oxyde de fer et pour alcaliniser le milieu, par la mise en place de minerais d'olivine.

3. Volet réglementaire

Jusqu'en 2019, il existait un vide juridique pour la mise en œuvre de POMU des côtes françaises. Dans son rapport « La Finance Bleue » le Ministère de la Mer signale que les plateformes offshore multi-usages (POMU) sont des prolongements au large des ports et offrent enfin un potentiel à moyen terme (2030-2050) à anticiper, sur la base d'un rapport récent du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (PERRISSIN-FABERT, 2021). Le rapport du CGEDD a commencé à esquisser un cadre réglementaire pour la mise en œuvre de POMU au large de nos côtes métropolitaines et outremer, mais sans aborder pour l'instant les questions de sûreté, de fiscalité ainsi que volet social, trois sujets qui devraient être abordés de façon interministérielle selon le CGEDD.

4. Conclusion

Ces deux projets de POMUs, « Occitan'île » d'une part et « Capt-CO₂ » sont des démonstrateurs qui pourraient être ancrés dans la baie d'Aigues-Mortes, lorsque le contexte réglementaire le permettra, si des financements publics-privés peuvent être réunis et si la volonté politique est exprimée, pour les implanter au large à 4 ou 5 NM environ.

Leur vocation est avant tout pédagogique pour sensibiliser les jeunes générations au respect de la mer et à son exploitation raisonnable et durable. Ces deux plateformes pourraient devenir une vitrine rayonnante, européenne et même mondiale, au large de l'Occitanie, dans le prolongement du campus de l'Université de Montpellier et en complémentarité avec MUSE (Montpellier, Université d'Excellence).

En effet, en présentant au public débarqué sur la POMU « Occitan'île » des recherches et innovations sur tous les bienfaits que la mer peut apporter, avec ses ressources halieutiques correctement gérées, mais aussi les aliments et médicaments en provenance de l'immense potentiel des algues, ce projet serait en parfaite complémentarité et en bonne cohérence avec les fondements mêmes de MUSE dont la vocation est de « protéger, nourrir et soigner ». Cette île artificielle flottante serait une sorte de première « *déferlante de découvertes scientifiques sur la mer* ». Ce slogan renforcerait son identité en rappelant la forme du Golfe d'Aigues-Mortes, qui vu du ciel, donne l'image d'une vague venant de l'ouest, se formant vers Frontignan et Palavas, s'amplifiant vers Carnon et La Grande-Motte, puis déferlant à partir du Grau-du-Roi, avant de se transformer en écume à Port-Camargue.

L'autre POMU « Capt-CO₂ » viendrait compléter le projet éducatif en contribuant à diminuer les émissions de CO₂ dans l'atmosphère, pour limiter le réchauffement climatique et l'élévation du niveau marin dans les décennies à venir.

Mais la réalisation et l'ancrage de ces deux POMUs au large dans le Golfe d'Aigues-Mortes ne seront possibles que grâce à la volonté tenace des élus, la réglementation bienveillante de l'administration, le soutien sans faille des scientifiques, la coopération active des gens de mer, la mise en place d'un partenariat public-privé pour les financements, l'appui technique des entrepreneurs et l'enthousiasme du public, en particulier la jeunesse.

Ces deux projets de POMUs représentent une belle opportunité à saisir au large de l'Occitanie, pour devenir un exemple pour d'autres littoraux et contribuer ainsi au rayonnement de cette belle région et même de la France, en Europe et dans le monde.

Remerciements

Les auteurs remercient la société Navionics pour son autorisation à publier des extraits de ses cartes marines pour illustrer ses textes. Autorisation accordée à J.M. Beynet par M. Paolo Cignoni, Strategic Data Acquisition and Licensing Director.

Thème 4 – Ouvrages portuaires, offshore et de plaisance

5. Bibliographie

- BEYNET J.M. (2021). *La vie des îles autour du monde - Naissance, histoire, présent, futur probable...*, Ouvrage, Nombre7 Editions, Nîmes, 320 pages, ISBN 978-2-38153-459-6
- BEYNET J.M., BERTHET J.P. (2020). *Occitan'île : Projet de création d'une île artificielle de type POMU dédiée à la protection de la ressource halieutique, à la transition énergétique et à la découverte scientifique sur la mer dans le Golfe d'Aigues-Mortes*, XVI^{èmes} Journées Génie-Côtier Génie-Civil 2020, Editions PARALIA, DOI 10.5150:jngcgc.2020.045
- BEYNET J.M. (2020). *Habiter ou abandonner le littoral d'ici 2100 - Prospective et propositions pour l'Occitanie*, Ouvrage, Nombre7 Editions, Nîmes, 240 pages, ISBN 978-2-38153-171-7)
- BOPP L., LEGENDRE L., MONFRAY P. (2002). *La pompe à carbone va-t-elle se gripper*, La Recherche, 355, 48-50.
- CEREMA (2020). *Systèmes houlomoteurs bords à quai, guide de conception en phase avant-projet*, Collection : Connaissances, ISBN : 978-2-37180-427-2
- CGEDD (2019). *Installations en mer. Une économie bleue durable ?* Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, Rapport CGEDD n°012661-1, IGAM n°2019-133.
- HERZBERG N. (2019). *Les bons comptes du carbone des océans*, article publié le 30 avril 2019, dans Le Monde, Sciences Climat.
- LEVY M., BOPP L. (2007). *Turbulences dans l'océan*, La Recherche, N°414, décembre 2007.
- LEVY M. (2022). *L'Océan, pompe à carbone*, article paru dans la revue en ligne « Mer et Marine, le 9/02/2022, <https://www.meretmarine.com/fr/science-et-environnement/l-ocean-pompe-a-carbone>
- LOCKHART T., BUDOC R.-L. (2015). *Des plateformes offshore multi-usages, comme moyen de développer l'économie circulaire – Présentation du concept et illustration par un cas d'application en Guyane Française*. Economie circulaire et écosystèmes portuaires, pp 381-392. Collection Les Océanides.
- PERRISSIN-FABERT B., DOYENNETTE L. (2021). *La Finance Bleue*, Rapport de mission pour la Ministre de la Mer Madame Annick GIRARDIN, avril 2021.
- RABAIN A. (2019). *Plateformes offshore multi-usages : Fondamentaux des POMU et potentiels de marché - Cas pratique Guyane : Caractérisation des enjeux clés*. Les Assises Port du Futur, Lille, 25 septembre 2019, 15 p.