



Journée parrainée par



*Journée technique et scientifique du CFMS,  
coorganisée avec la FNTP - 16 septembre 2021  
Amphi Auguste Brûlé, FNTP, 3 rue de Berri, Paris*

## **Ouvrages Portuaires**

# **Dispositifs de récupération de l'énergie des vagues**

Philippe Sergent - Cerema



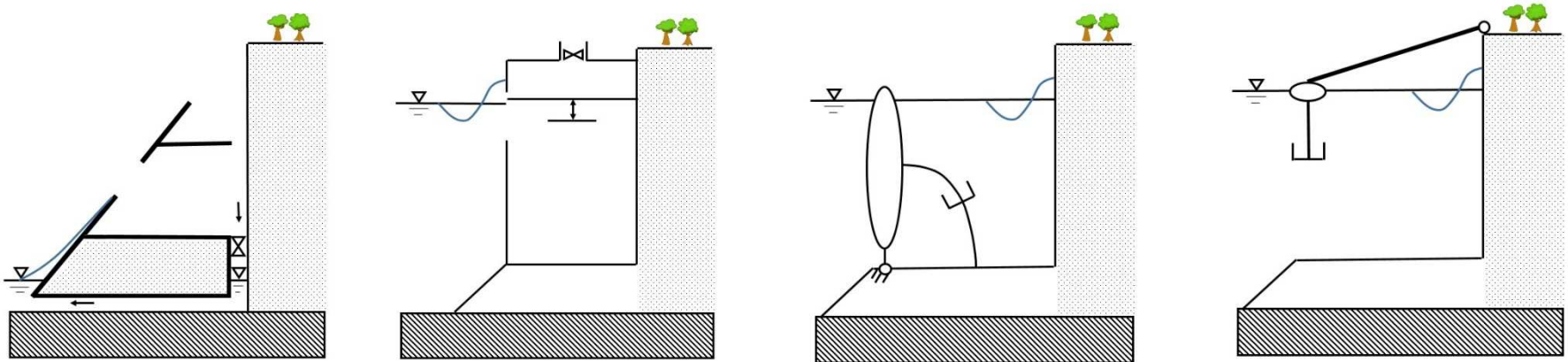
# Contenu

- Introduction
- Enjeux et intérêts des dispositifs
- Caractérisation du site
- Evaluation des solutions
- Analyse économique
- Conclusions

# Introduction

Que sont des systèmes houlomoteurs bord à quai ?

Les différents systèmes de récupération de l'énergie de la houle bord à quai



# Enjeux et intérêts des dispositifs

## Production électrique

Particularités techniques des systèmes houlomoteurs bord à quai

Les énergies en jeu

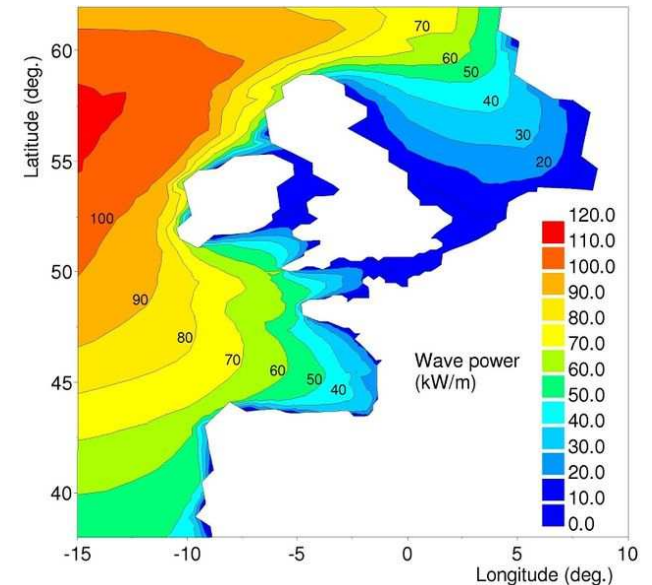
Consommation de l'énergie électrique

## Protection portuaire ou côtière

Fonction primaire

Adaptation au changement climatique

Opportunité



# Enjeux et intérêts des dispositifs

## Contribution à la transition énergétique

Contribution aux initiatives « Green port »

## Filière industrielle locale innovante

Démonstrateur bord à quai, exploitation du dispositif

Recettes à estimer

## Démarrage d'une expérience en France

Exemples de réalisation à l'international

Pays	Localisation	Mise en fonction	Puissance Max	Classe	Machine	Toujours en opération
PT	Açores – Pico	1992	400 kW	OWC	OWC	Non
UK	Islay - Limpet	2000	500 kW	OWC	Wavegen	Non
DK	Hanstholm	2009	600 kW	PA	Wavestar	Oui
ES	Mutriku	2011	300 kW	OWC	Wavegen	Oui
BR	Pecem	2012	50 kW	PA	Univ. Rio	Oui
UK	Gibraltar	2016	100 kW	PA	EWP	Oui

# Caractérisation du site

## Analyse de 22 sites Manche et Atlantique

Estimation de l'énergie théoriquement récupérable

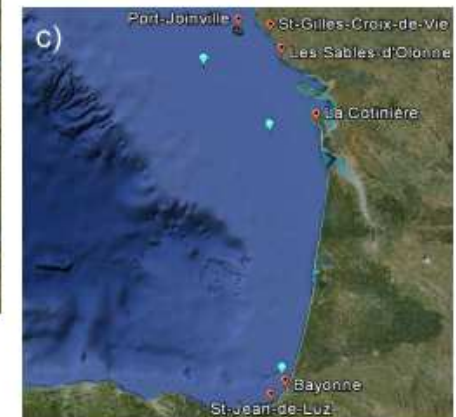
Éléments caractéristiques des sites : réflexion /  
Orientation / Profondeur / Nature des fonds /  
Marnage / Longueur / Evénements extrêmes /  
Contraintes environnementales et socio-économiques

## Caractérisation des 9 sites les plus pertinents

Bayonne, Saint-Jean de Luz, Le Conquet, Molène

Cherbourg, Flamanville et Antifer

Esquibien et Saint-Guénoles



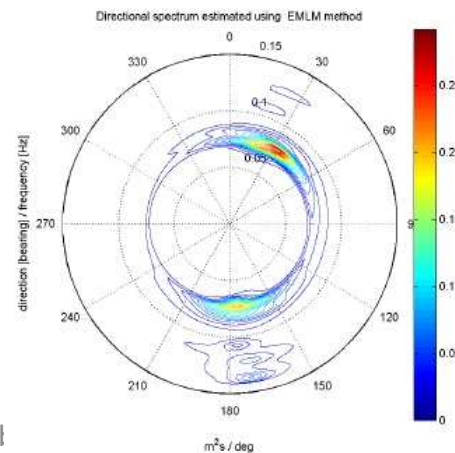
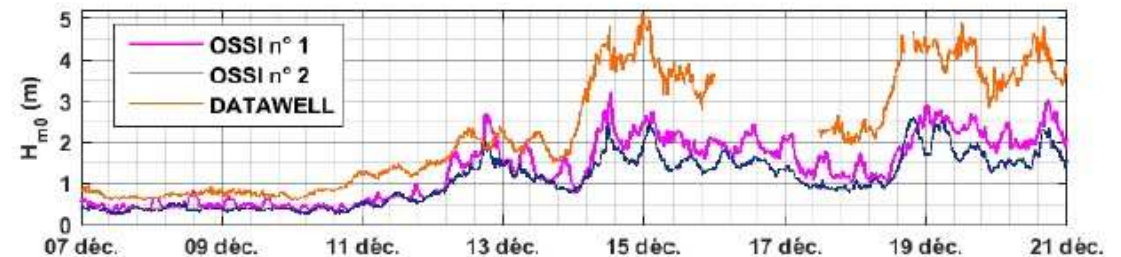
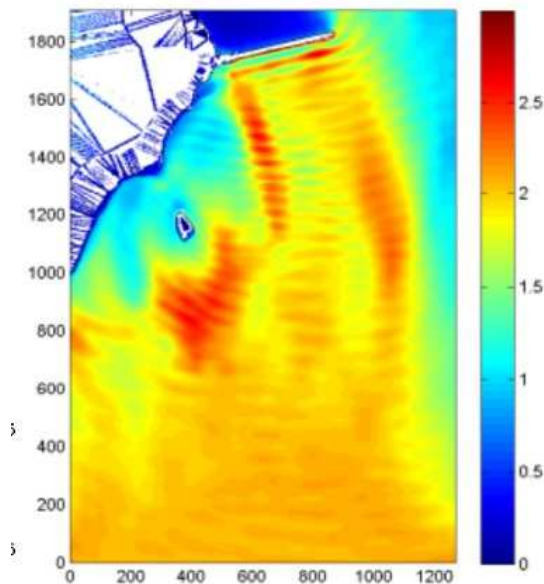


# Caractérisation du site

## Incertitudes

Campagne de mesures à Esquibien

- 15 kW/m (mesures)
- 28 kW/m (modèles)



# Caractérisation du site

## Points d'attention

Reconnaissance géotechnique

Variantes pour les flotteurs

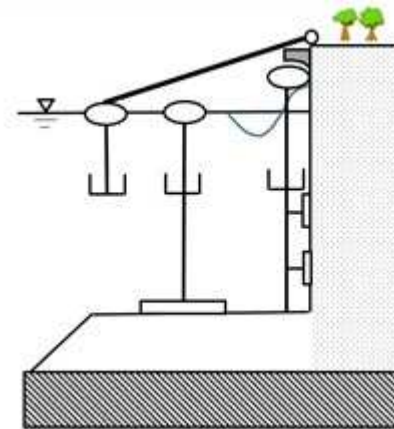
Réglementation

Impact environnemental

Raccordement électrique

Stockage électrique

Autoconsommation





# Evaluation des solutions

## Rendement net

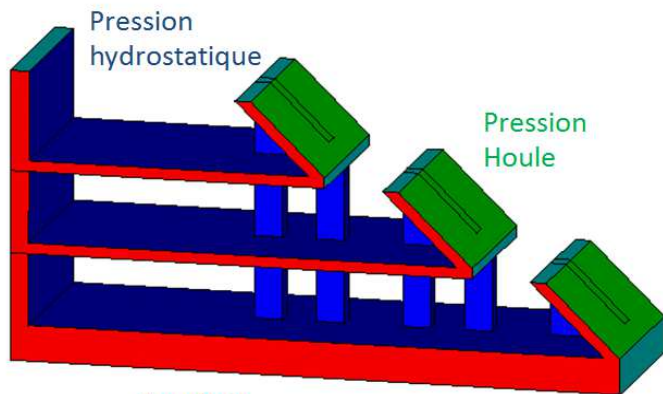
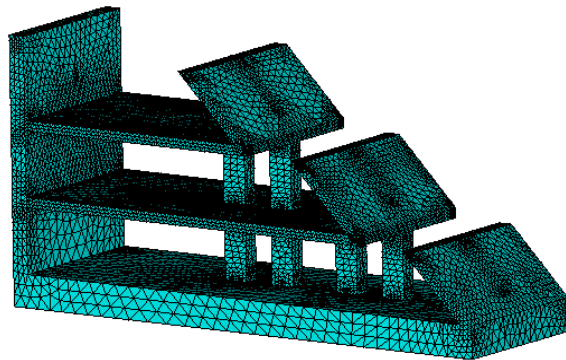
		Système à franchissements (SSG)	Colonne d'eau oscillante (OWC)	Volet oscillant	Flotteur pilonnant
Rendement (%)	Saint-Jean-de-Luz	15	20	94	43
	Esquibien	x	x	62	54

## Rendement global

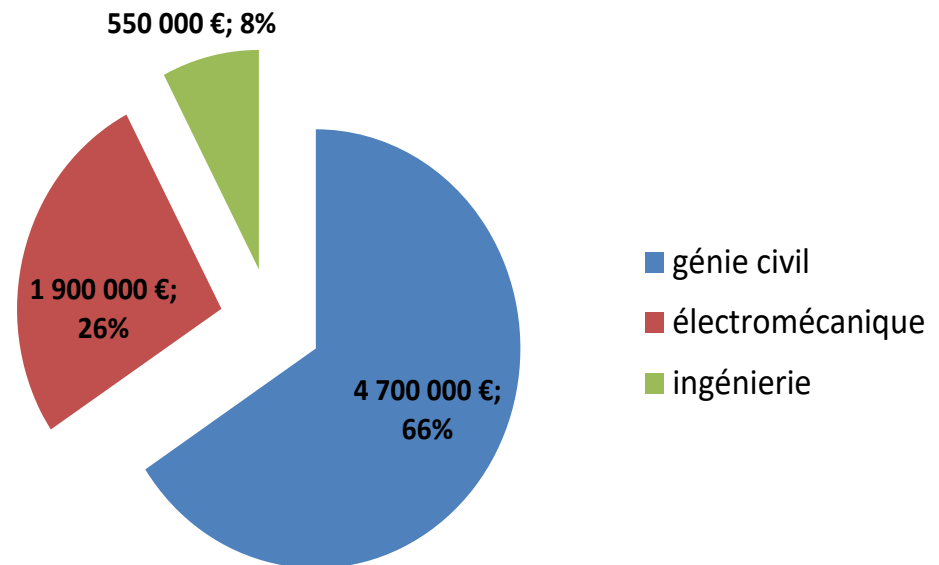
		Système à franchissements (SSG)	Colonne d'eau oscillante (OWC)	Volet oscillant	Flotteur pilonnant
Rendement (%)	Saint-Jean-de-Luz	8,5	6 – 6,5	17 – 24	11 – 15
	Esquibien	x	x	11 – 16	13 – 19

# Analyse économique

## Systemes à franchissements

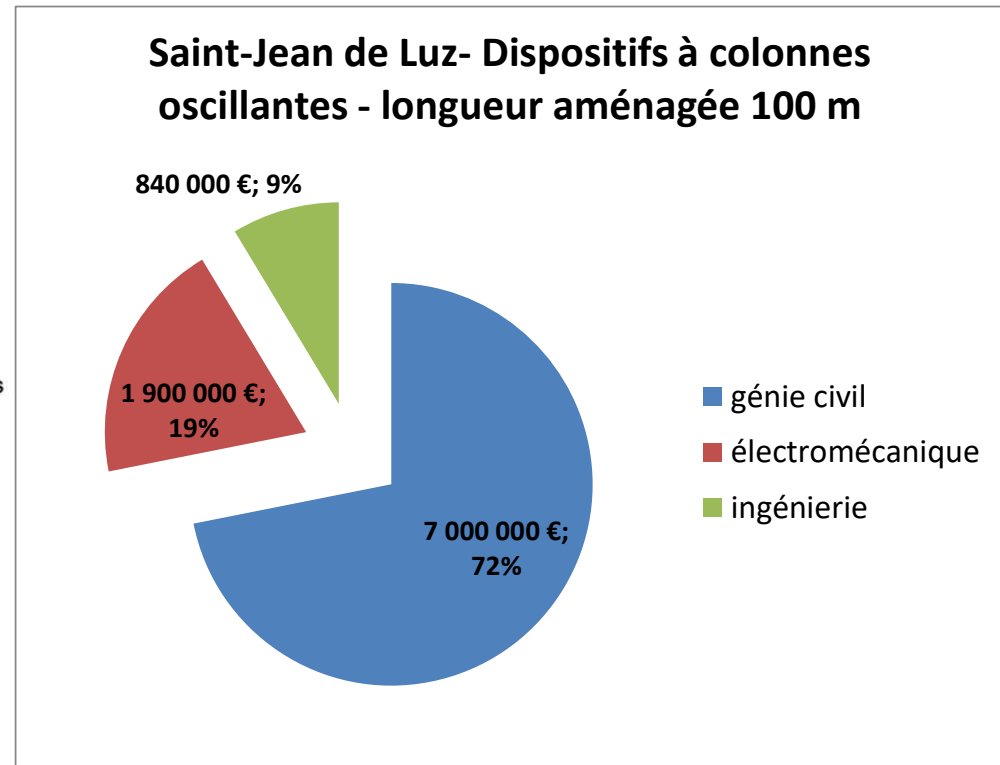
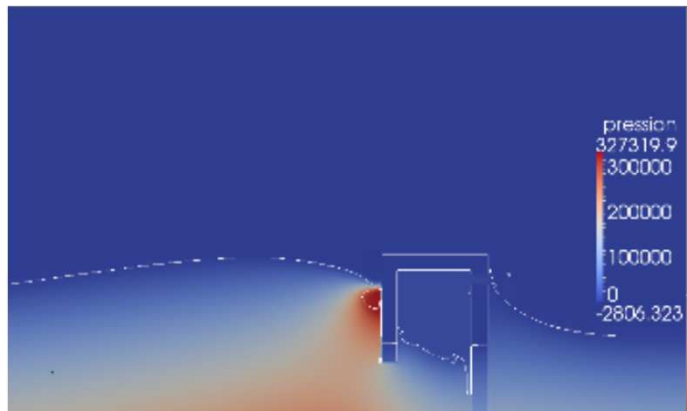
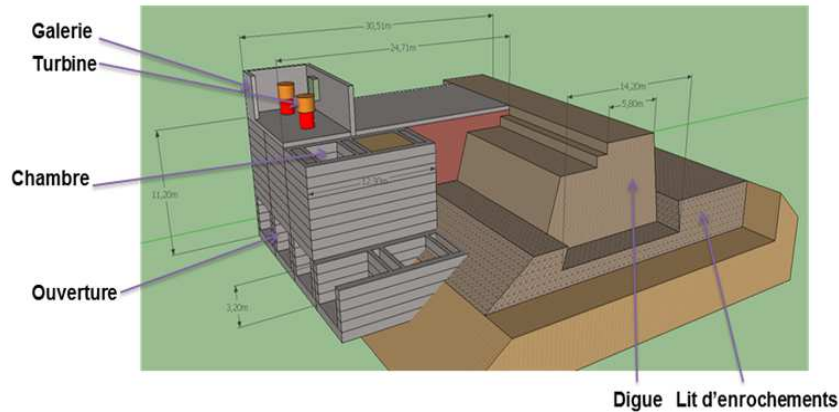


Saint-Jean de Luz - Dispositif à franchissement - longueur 60 m



# Analyse économique

## Colonne d'eau oscillante

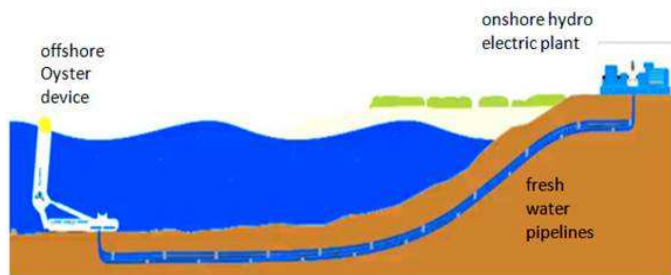


# Analyse économique

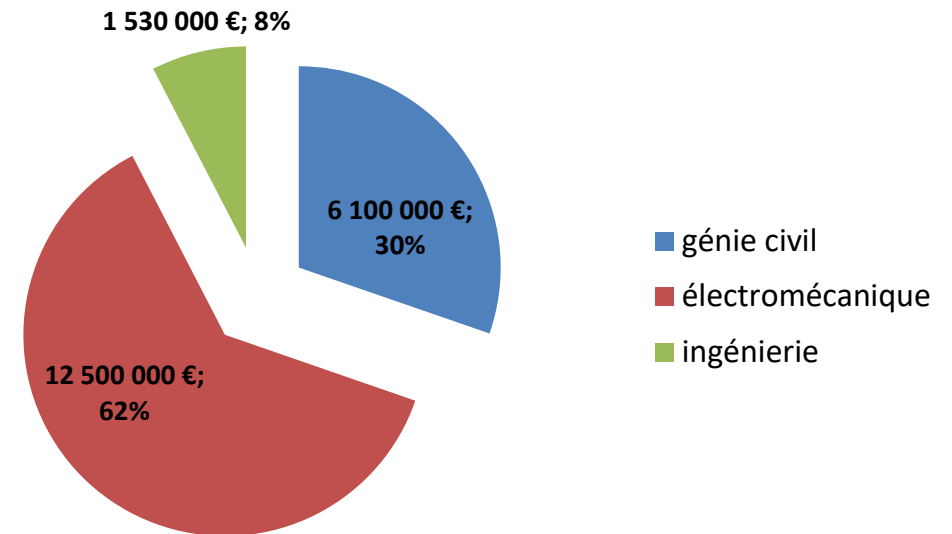
## Volets oscillants



offshore Oyster 1 device



### Saint-Jean de Luz- Volets oscillants- longueur aménagée 250 m

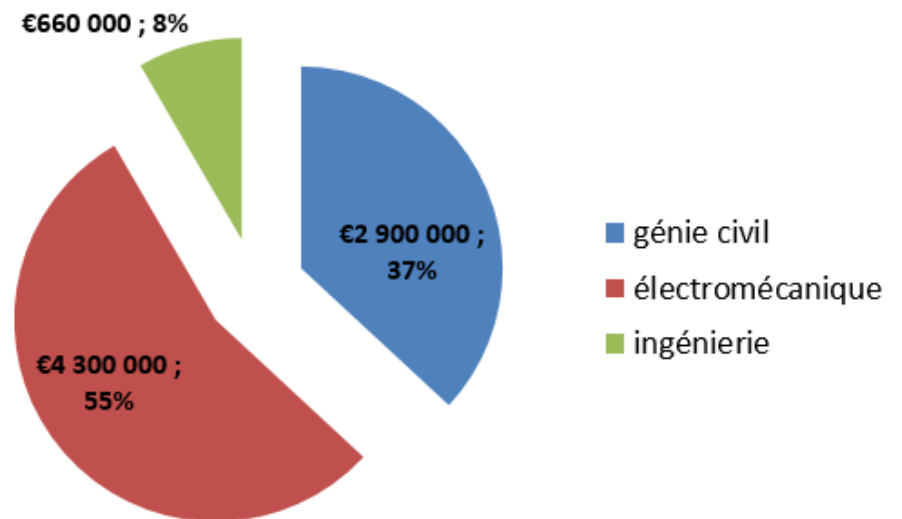


# Analyse économique

## Flotteurs pilonnants



Saint-Jean de Luz- Dispositifs à flotteurs pilonnants - longueur aménagée 250 m





# Analyse économique

## Coûts

	Systèmes à franchissements	Colonnes d'eau oscillantes	Volets oscillants	Flotteurs pilonnants
Génie civil	66%	72%	30%	37%
Electro mécanique	26%	19%	62%	55%
Ingénierie	8%	8%	8%	8%
Coût au ml	<b>119 100 €</b>	<b>100 000 €</b>	<b>80 000 €</b>	<b>35 000 €</b>

# Analyse économique

## Coûts

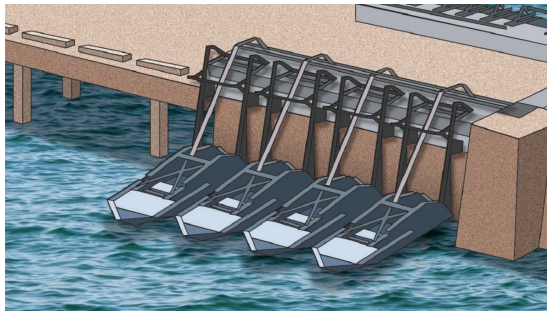
Système houlomoteur	Levelised Cost of Energy (euro/kWh); $r = 10\%$	Levelised Cost of Energy (euro/kWh); $r = 7.5\%$
Franchissement	1.77 – 1.25	1.52 – 1.05
Colonne oscillante	2.17 – 1.73	1.87 – 1.5
Volets oscillants	0.47 – 0.4	0.41 – 0.35
Système à flotteurs	0.37 – 0.27	0.32 – 0.23

Source d'énergie	Levelised CoE – Min
Biomasse	0.053 €
Géothermique	0.037 €
Hydroélectricité	0,016 €
Solaire – photovoltaïque	0,046 €
Solaire – thermique	0,157 €
Eolienne – Inshore	0,021 €
Eolienne – Offshore	0,083 €
Energie houlomotrice ( $r = 7.5\%$ )	0,2 – 1,5 €

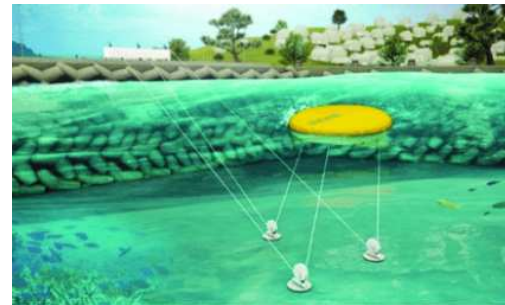
... mais des prix affichés par EWP (0,04 €) et Sinn Power (0,02 €)

# Technologies

EWP – Marseille



Ingine – La Réunion



Sinn Power – Grèce



Dikwe - Esquibien



# Conclusions

Une filière émergente avec des technologies en démonstration

Des maîtres d'ouvrage et des opérateurs intéressés

Opportunité avec l'adaptation des digues vieillissantes et le besoin d'électrification des ports

... **mais**

Absence de tarif d'achat

Ressource mal connue



**Systèmes houlomoteurs bords à quai**  
Guide de conception en phase avant-projet



collection | Connaissances