

Les hydroliennes ont-elles un avenir dans le marché concurrentiel de l'énergie

IESF

5 Octobre 2016

Qu'est-ce qu'une hydrolienne

Une hydrolienne est une [turbine hydraulique](#) (sous-marine ou à flots) qui utilise l'[énergie cinétique](#) des [courants marins](#) ou fluviaux, comme une [éolienne](#) utilise l'énergie cinétique du vent.



Les hydroliennes de 1^o génération sont essentiellement des éoliennes « marinisées »

L'équation fondamentale

La puissance hydro cinétique produite par une hélice est fonction du cube de la vitesse du courant du fluide moteur

$$P_{cin} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^3 \text{ en W}$$

ρ : masse vol du fluide

S : surface de capture (m^2)

V : vitesse du fluide (m/s)

la puissance théorique maximum récupérable s'établit à 59 % de la puissance hydrodynamique disponible (limite de Betz).

Il s'agit d'en tirer le meilleur parti

Les conditions économiques

- **Une demande solvable**
 - Une puissance électrique définie en fonction du besoin
 - Un cout du kWh acceptable en fonction des conditions locales
- **Une ressource hydraulique adéquate**
 - Vitesse du courant (de 1,5 à 4 m/s)
 - **Caractéristiques du site:**
 - *Géographie, bathymétrie, ...*
 - *Un « **Productible** » suffisant (quantité, prévisibilité, ...)*
 - *Accessibilité, logistique*
 - *Contraintes d'environnement*
- **Un équipement adapté**
 - Dimensionnement, Performances, Conditions et modalités d'installation
 - → couts d'investissement (CAPEX)
 - Conditions d'environnement et d'exploitation
 - → couts de fonctionnement (OPEX)

**Résultat: Le cout du kWh à produire...
une opération rentable pour le donneur d'ordre
...et pour le constructeur!**

Un exemple en Bretagne

11 unités Ø 8 m

✓ Puissance unitaire: 900 kW

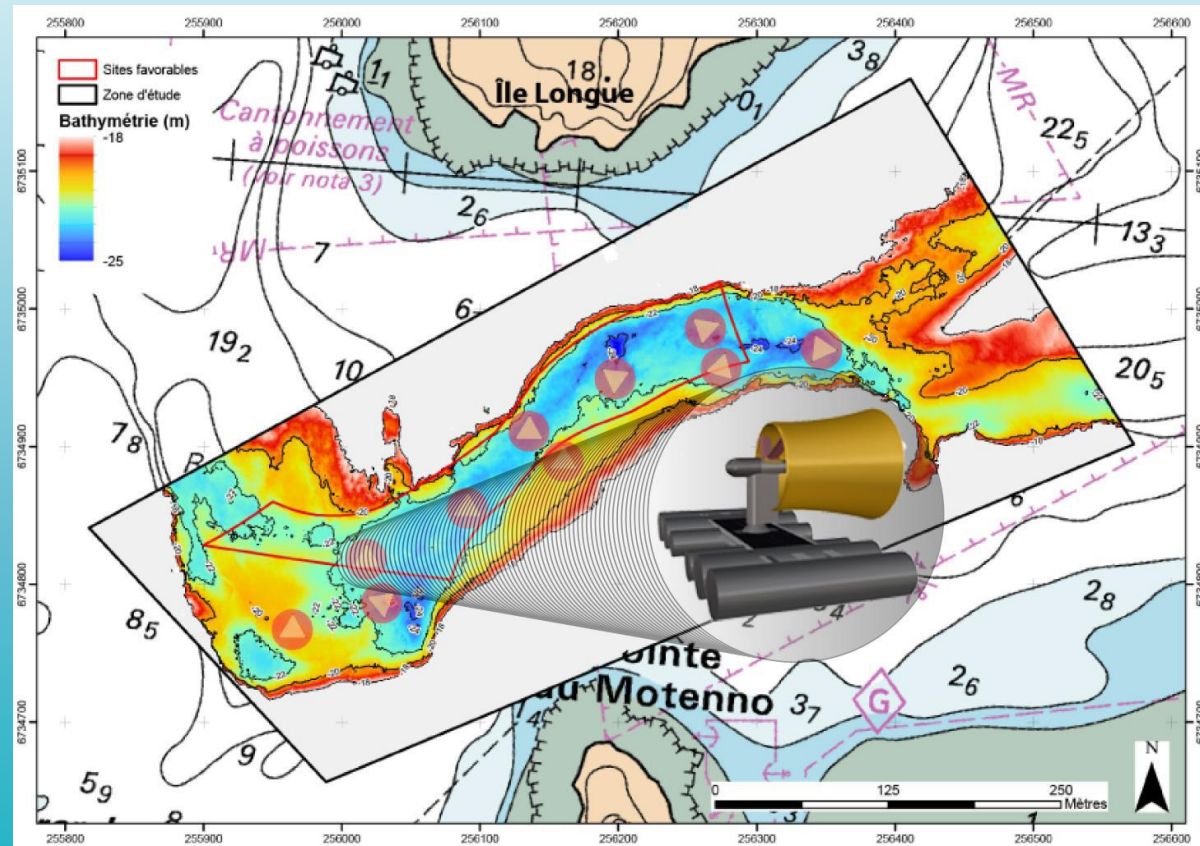
✓ Productible annuel 20,9 GWh

Investissement: 29 100 k€

80 % empruté sur 20 ans à 2,5%

Prix du MWh : 175 €

Rentabilité > 12% dès la 2^e année



11 unités de diamètre 8m Production totale: 20900 M1Wh/an

Actualisation		
Rentabilité exigée	Hypothèse	16,0%
Dividendes		
dividendes versés en % du résultat net	Hypothèse	20,00%
Investissements		
Montant de l'investissement	Hypothèse	29 100 000 €
Financement des investissements		
Ratio d'endettement	Hypothèse	80%
Prêt bancaire	Σ	23 280 000 €
Capital	Σ	5 820 000 €
Taux d'emprunt	Hypothèse	2,20%
Durée de l'emprunt (an)	Hypothèse	18
Chiffre d'affaires		
Production par hydroliennes (MWh/an)	Hypothèse	1 900
Nombre d'hydroliennes	Hypothèse	11
Tarif MWh à T ₁	Hypothèse	175 €
Indisponibilité à T ₁	A.20	7,0%
CA à T ₁	Σ	3 291 750 €

11 unités de diamètre 8m Production totale: 20900 M1Wh/an (suite)

Dépenses d'exploitation			
Maintenance (% de CA)	Hypothèse		12,5%
Overhead (% de CA)	Hypothèse		6,0%
Impôts et taxes (hors IS)	Hypothèse		3,5%
Amortissements			
Durée de l'Amortissements (an)	Hypothèse		18
Provisions			
Date de démentellmeent (année)	Hypothèse		22
Démentellement	Hypothèse		40 000 €
Produits financiers			
Taux d'intérêts	Hypothèse		0,0%
IS			
Taux IS	Hypothèse		33,0%
Capitaux propres			
Capital			5 820 000 €
Indexations			
Indexation tarifs	Hypothèse		1,5%
indexation coûts de construction	Hypothèse		2,0%
Inflation / charges d'exploit	Hypothèse		1,5%
Délais de règlement			
Clients	Hypothèse		90
Fournisseurs	Hypothèse		60

COMPTE DE RESULTAT (K€)

	Ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
C.A.	A.20	3 292	3 452	3 504	3 557	3 610	3 664	3 719	3 775	3 832	3 889	3 905	3 964	4 023	4 083	4 145	4 207	4 270	4 334	4 399	4 465	4 434	4 500	4 568	4 636
Recettes d'exploitation	I	3 292	3 452	3 504	3 557	3 610	3 664	3 719	3 775	3 832	3 889	3 905	3 964	4 023	4 083	4 145	4 207	4 270	4 334	4 399	4 465	4 434	4 500	4 568	4 636
Maintenance	A.30	(411)	(420)	(428)	(437)	(445)	(454)	(463)	(473)	(482)	(492)	(502)	(512)	(522)	(532)	(543)	(554)	(565)	(576)	(588)	(599)	(611)	(624)	(636)	(649)
Overhead	A.40	(198)	(201)	(205)	(210)	(214)	(218)	(222)	(227)	(231)	(236)	(241)	(246)	(250)	(255)	(261)	(266)	(271)	(277)	(282)	(288)	(293)	(299)	(305)	(311)
Impôts et taxes	A.10	(115)	(121)	(123)	(124)	(126)	(128)	(130)	(132)	(134)	(136)	(137)	(139)	(141)	(143)	(145)	(147)	(149)	(152)	(154)	(156)	(155)	(158)	(160)	(162)
Dépenses d'exploitation	I	(724)	(742)	(756)	(771)	(786)	(801)	(816)	(832)	(848)	(864)	(879)	(896)	(913)	(931)	(949)	(967)	(985)	(1 004)	(1 024)	(1 043)	(1 060)	(1 081)	(1 101)	(1 123)
Excédent Brut d'Exploitation (E.B.E.)	I	2 568	2 711	2 748	2 786	2 825	2 864	2 903	2 943	2 984	3 025	3 026	3 068	3 110	3 153	3 196	3 240	3 285	3 330	3 375	3 422	3 373	3 420	3 466	3 513
Dotation aux amortissements	B.10	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)	(1 617)
Provisions démantèlement	B.20	(2)	(4)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
Résultat d'exploitation	I	949	1 090	1 129	1 167	1 206	1 245	1 284	1 325	1 365	1 406	1 407	1 449	1 491	1 533	1 577	1 621	1 665	1 710	3 372	3 418	3 370	3 416	3 466	3 513
Produits financiers	A.10																								
Charges financières	C.10	(496)	(473)	(449)	(424)	(399)	(374)	(347)	(321)	(293)	(265)	(237)	(208)	(178)	(147)	(116)	(84)	(52)	(18)						
Résultat financier	I	(496)	(473)	(449)	(424)	(399)	(374)	(347)	(321)	(293)	(265)	(237)	(208)	(178)	(147)	(116)	(84)	(52)	(18)						
Résultat courant	I	453	617	681	743	807	871	937	1 004	1 072	1 141	1 170	1 241	1 313	1 386	1 461	1 536	1 613	1 692	3 372	3 418	3 370	3 416	3 466	3 513
Produits exceptionnels	A.10																								
Charges exceptionnelles	B.20																								
Impôts sur les sociétés	A.10	(149)	(204)	(225)	(245)	(266)	(288)	(309)	(331)	(354)	(376)	(386)	(410)	(433)	(457)	(482)	(507)	(532)	(558)	(1 113)	(1 128)	(1 112)	(1 127)	(1 144)	(1 159)
Résultat net	I	303	414	456	498	540	584	628	673	718	764	784	831	880	929	979	1 029	1 081	1 133	2 259	2 290	2 258	2 289	2 322	2 354

Notes

Charges / C.A	I	22%	21%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	24%	24%	24%	24%
E.B.E. / C.A	I	78%	79%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	76%	76%	76%	76%

CASH FLOWS (K€)

	Ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
Autofinancement	I	1 922	2 034	2 075	2 117	2 159	2 203	2 247	2 291	2 337	2 383	2 403	2 451	2 499	2 548	2 598	2 649	2 701	2 753	2 262	2 294	2 261	2 292	2 322	2 354
Actifs circulants	I	(823)	(40)	(13)	(13)	(13)	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)	(4)	(15)	(15)	(15)	(15)	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)	8	(17)	(17)	(17)
Passifs circulants	I	283	(1)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(1)	4	2	4	4
Var. du BFR	I	(540)	(41)	(16)	(16)	(17)	(17)	(17)	(17)	(18)	(18)	(8)	(18)	(19)	(19)	(19)	(20)	(20)	(20)	(17)	(12)	10	(12)	(13)	(13)
Cash Flow d'exploitation	I	1 382	1 993	2 059	2 100	2 143	2 186	2 230	2 274	2 319	2 365	2 395	2 432	2 480	2 529	2 579	2 629	2 680	2 733	2 246	2 281	2 272	2 280	2 310	2 341
Investissements matériels																									
Total investissements																									
Remboursement emprunt (capital)	C.10	(1 068)	(1 092)	(1 116)	(1 140)	(1 165)	(1 191)	(1 217)	(1 244)	(1 271)	(1 299)	(1 328)	(1 357)	(1 387)	(1 417)	(1 449)	(1 480)	(1 513)	(1 546)						
Total financement	I	(1 068)	(1 092)	(1 116)	(1 140)	(1 165)	(1 191)	(1 217)	(1 244)	(1 271)	(1 299)	(1 328)	(1 357)	(1 387)	(1 417)	(1 449)	(1 480)	(1 513)	(1 546)						
Disponibilités	I	314	901	943	960	977	995	1 012	1 030	1 048	1 066	1 067	1 075	1 093	1 112	1 130	1 149	1 168	1 186	2 246	2 281	2 272	2 280	2 310	2 341
Disponibilités cumulées	I	314	1 215	2 158	3 118	4 095	5 090	6 103	7 133	8 181	9 248	10 315	11 390	12 483	13 595	14 725	15 874	17 041	18 228	20 473	22 754	25 026	27 306	29 615	31 957
Disponibilités actualisées	I	271	670	604	530	465	408	358	314	276	242	209	181	159	139	122	107	94	82	134	117	101	87	76	66

Ou sont les clients potentiellement intéressés?

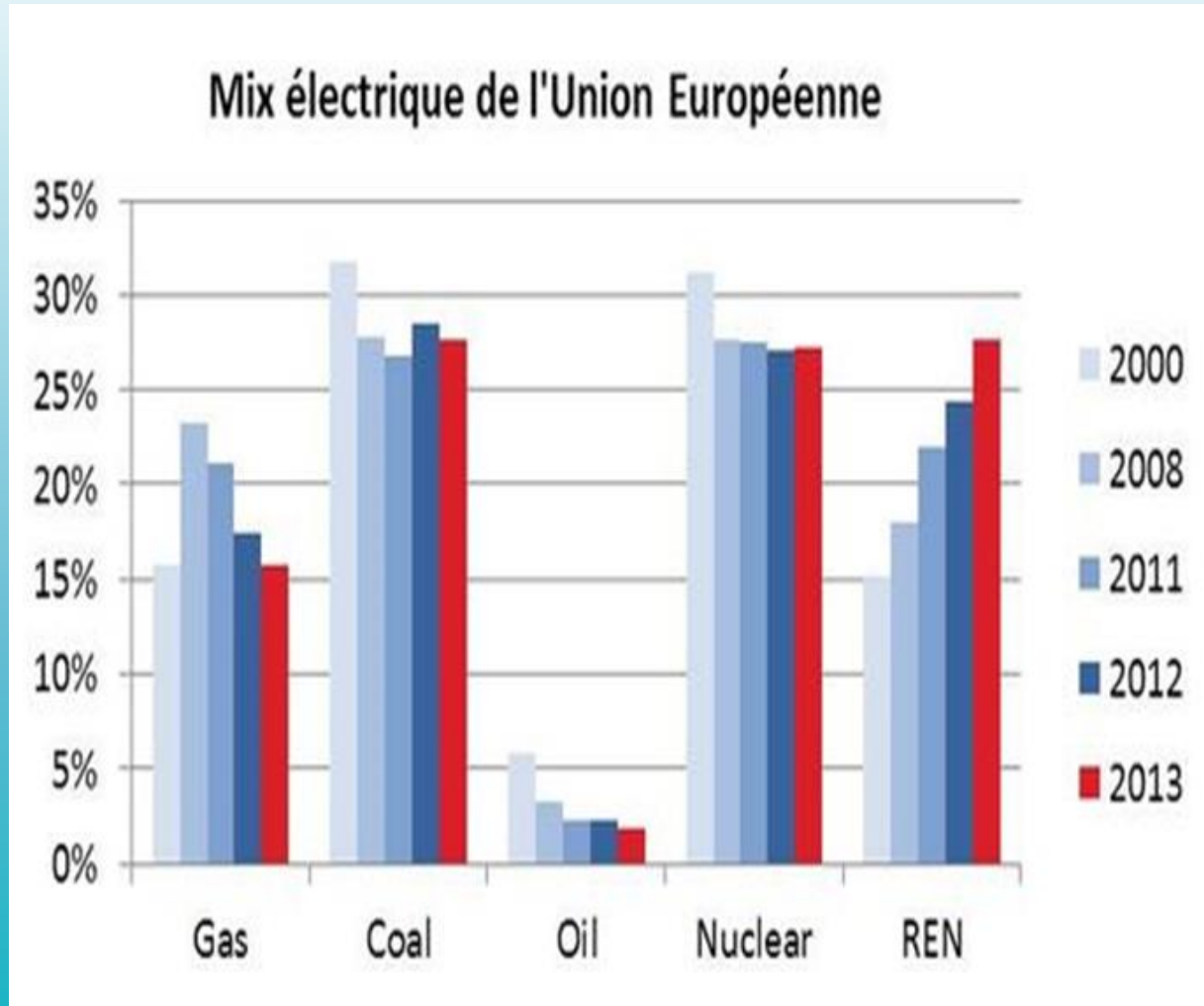
- **Les clients reliés un réseau existant et où l'offre répond à la demande (cas de l'Europe)**
- **Les clients reliés à un réseau mais où l'offre ne répond pas à la demande du à l'insuffisance de production d'électricité ou du réseau (Afrique)**
- **les clients non reliés à un réseau–Zone Non Interconnectée-(ZNI)**

Ou sont les clients potentiellement intéressés?

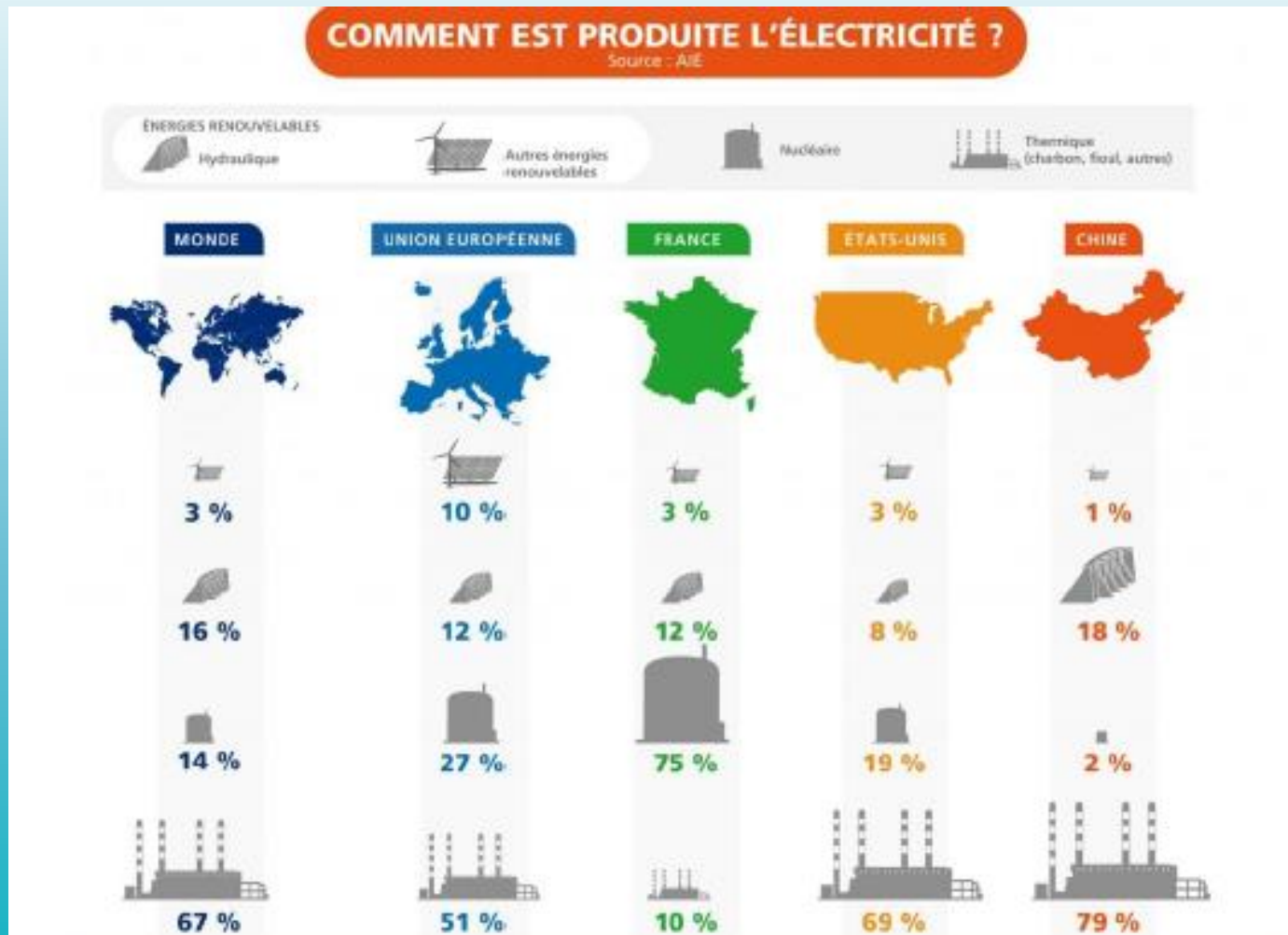
Dans ces différents cas:

- **Par régions de consommation:**
- **Quelle demande de MWh?**
- **Quelles puissances instantanées? Quelles pointes?**
- **Quelle répartition dans le temps (Jour/nuit, saisons, ...)**
- **Quels couts acceptables du kWh?**
 - **Les prix de marché :**
 - **de 60 à 100€/MWh**
 - **Les incitations pour aider à la transition énergétique:**
 - **De 173€ (France) à 450€ (Canada)**
 - **Les ZNI (compétition groupe Diesel)**
 - **De 300 à 750 €**

Le MIX énergétique européen



Le MIX énergétique mondial



Les Prix de marché

ÉLECTRICITÉ EN FRANCE : LES DIFFÉRENTES SOURCES D'ÉNERGIE



QUELLE DIFFÉRENCE DE COÛTS ?

Coûts complets de production

NUCLÉAIRE



Source : Cour des comptes

ÉNERGIES RENOUVELABLES

Source : CRE et Cour des comptes



Malgré leurs coûts de construction colossaux, les barrages, une fois en place, présentent très peu de frais de fonctionnement et de maintenance.

À l'heure actuelle, l'éolien sur terre est l'énergie renouvelable (hors hydraulique) la plus proche de la compétitivité. Des travaux d'innovation et de développement industriel sont en cours pour rendre les autres énergies renouvelables également compétitives.

THERMIQUE

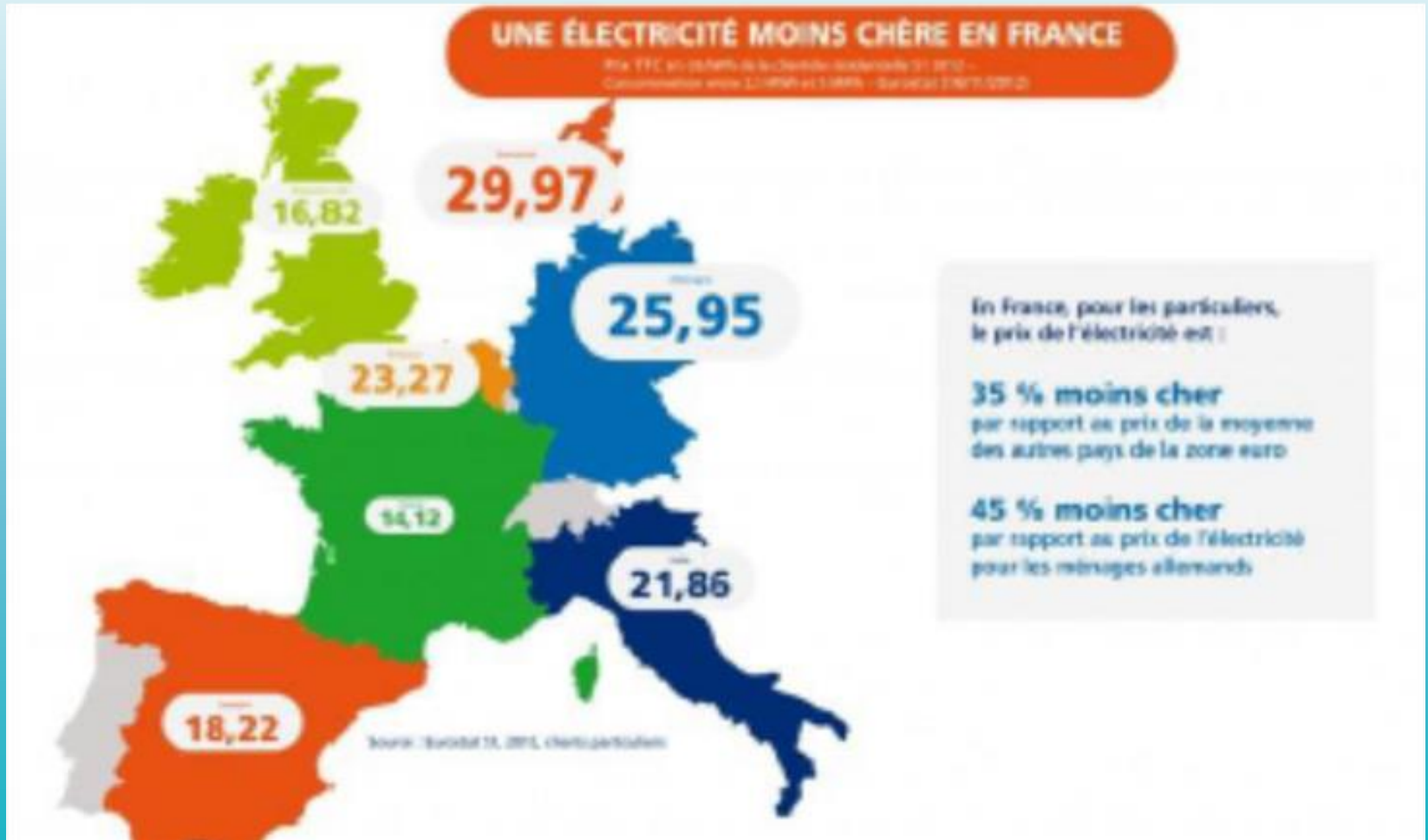
Charbon

Gaz



70-100 €/MWh
pour les nouveaux projets
(charbon supercritique, cycle combiné gaz)

Les Prix de marché



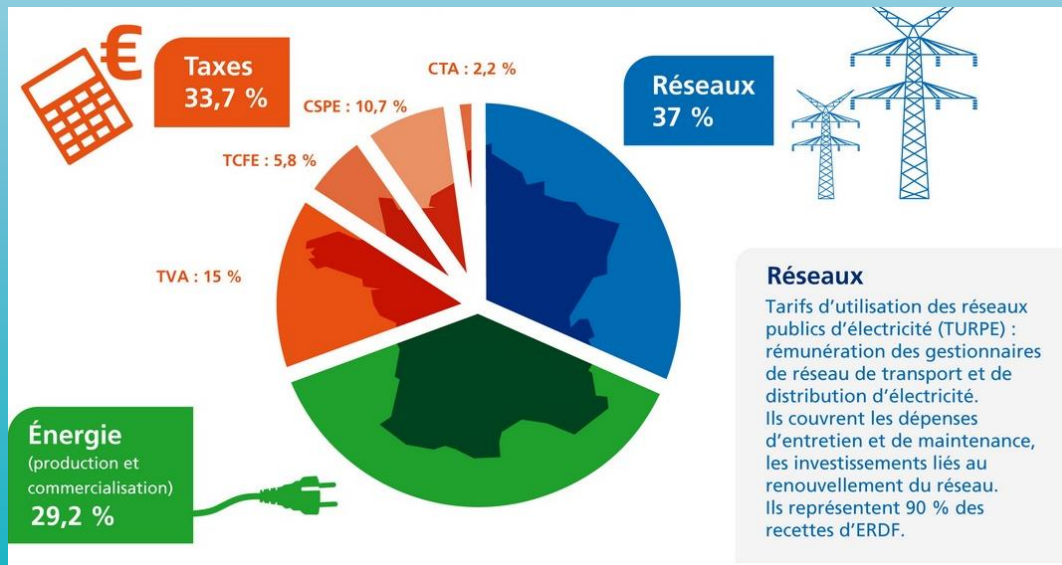
Prix de rachat des énergies renouvelables

CF décret du 14 décembre 2009/22 janvier 2016

- Nucléaire: 50 € /MWh
 - prévue augmentation : maintenance, sécurité, démantèlement
 - revendu 60 € à ses concurrents distributeurs.
- Hydraulique: 15 à 20 € /MWh hydraulique–60 €
- Éolien terrestre: 82 € /MWh
- Éolien en mer: + de 220 € /MWh
- Photovoltaïque: de 229 à 370 /MWh
- Hydroliennes: **170 € /MWh**

la facture moyenne d'un foyer français (compteur 6 KVA)

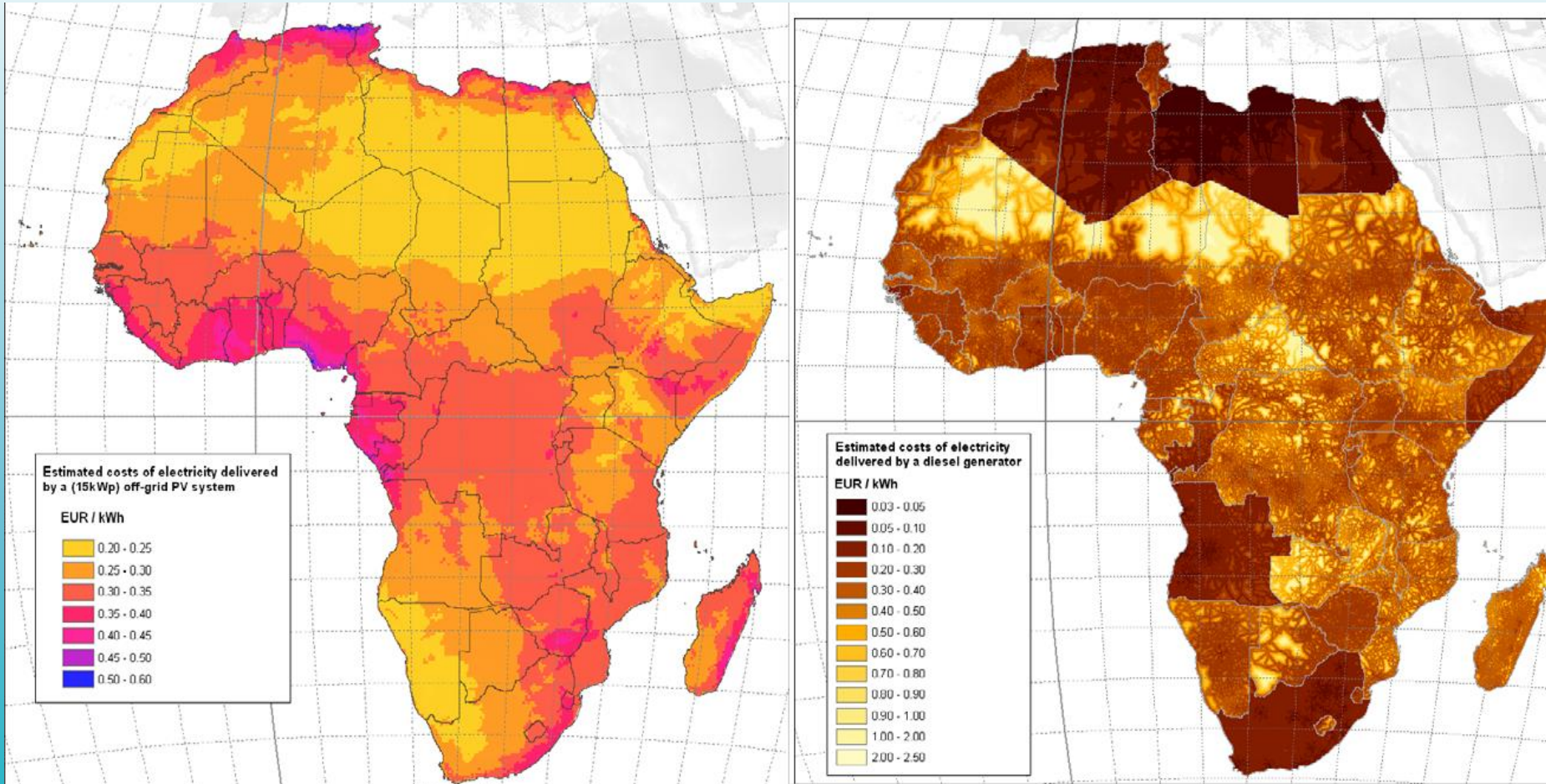
- 800 € par an pour une consommation moyenne de 5300 kWh
 - dans le prix de 0,15 € le kilowatts heure est compris la CSPE
 - Contribution au Service Public de L'Electricité (financement des énergies renouvelables , des ZNI et des précarités)
 - soit environ 10 % de la facture.
 - Le coût total du CSPE de 7 milliards d'euros pour 2016.



Les ZNI: l'exemple de l'Afrique



Les ZNI: l'exemple de l'Afrique



Les ressources en fonction des besoins

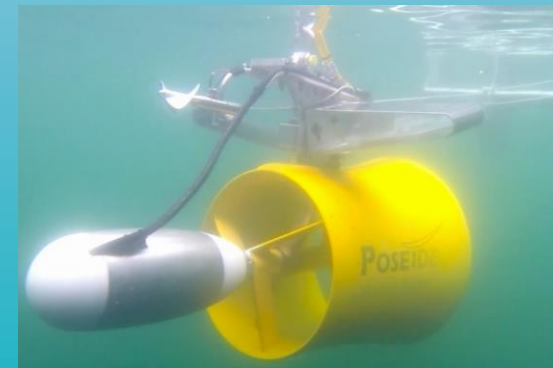
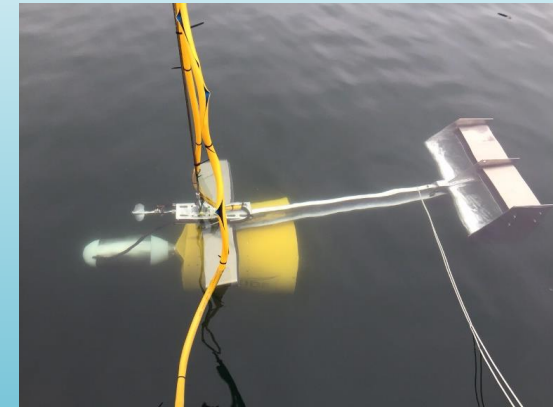
Les courants de marées

- **Complètement prévisibles du fait de leur origine astronomique:**
 - *Horaires des Flots et jusants*
 - *Coefficients et marnage*
 - *On peut en déduire les vitesses de courants à chaque instants*
- **Un équipement marinisé et « réversible »:**
 - **le courant s'inverse et sa direction n'est pas constante**
- **Le « Productible » se calcule en intégrant les productions instantanées permises par l'équipement en fonction des vitesses**
- **Reste la question des turbulences (Pb non modélisable)**
 - *Dégradations des performances: → +30%*
 - *Fatigue du matériel: augmentation des couts de maintenance: → + 50%*
- **Il faut donc les mesurer pour obtenir une prévision fiable...**
 - *Inventons donc un outil de mesures...*

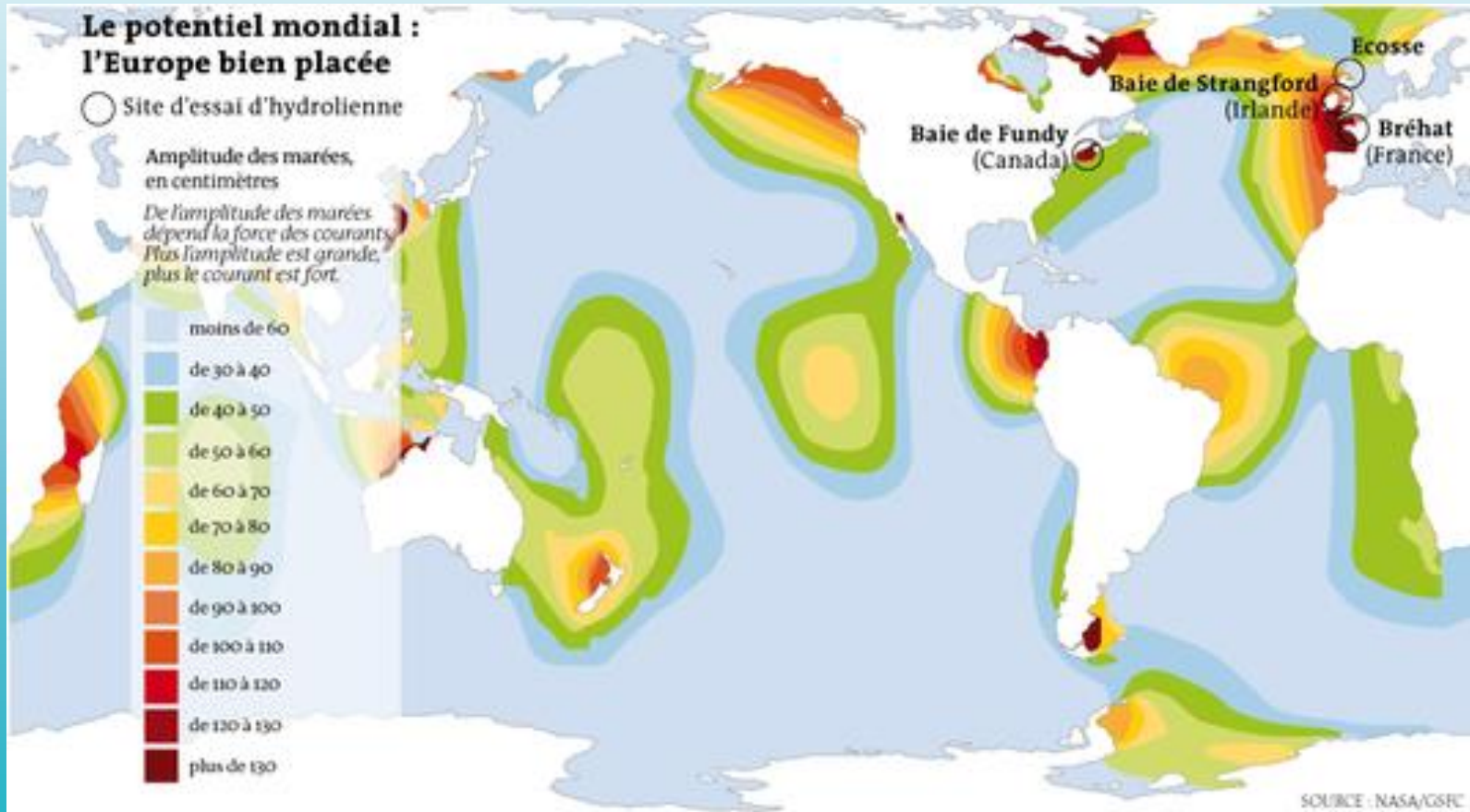
Système de mesure du potentiel hydrolien de sites



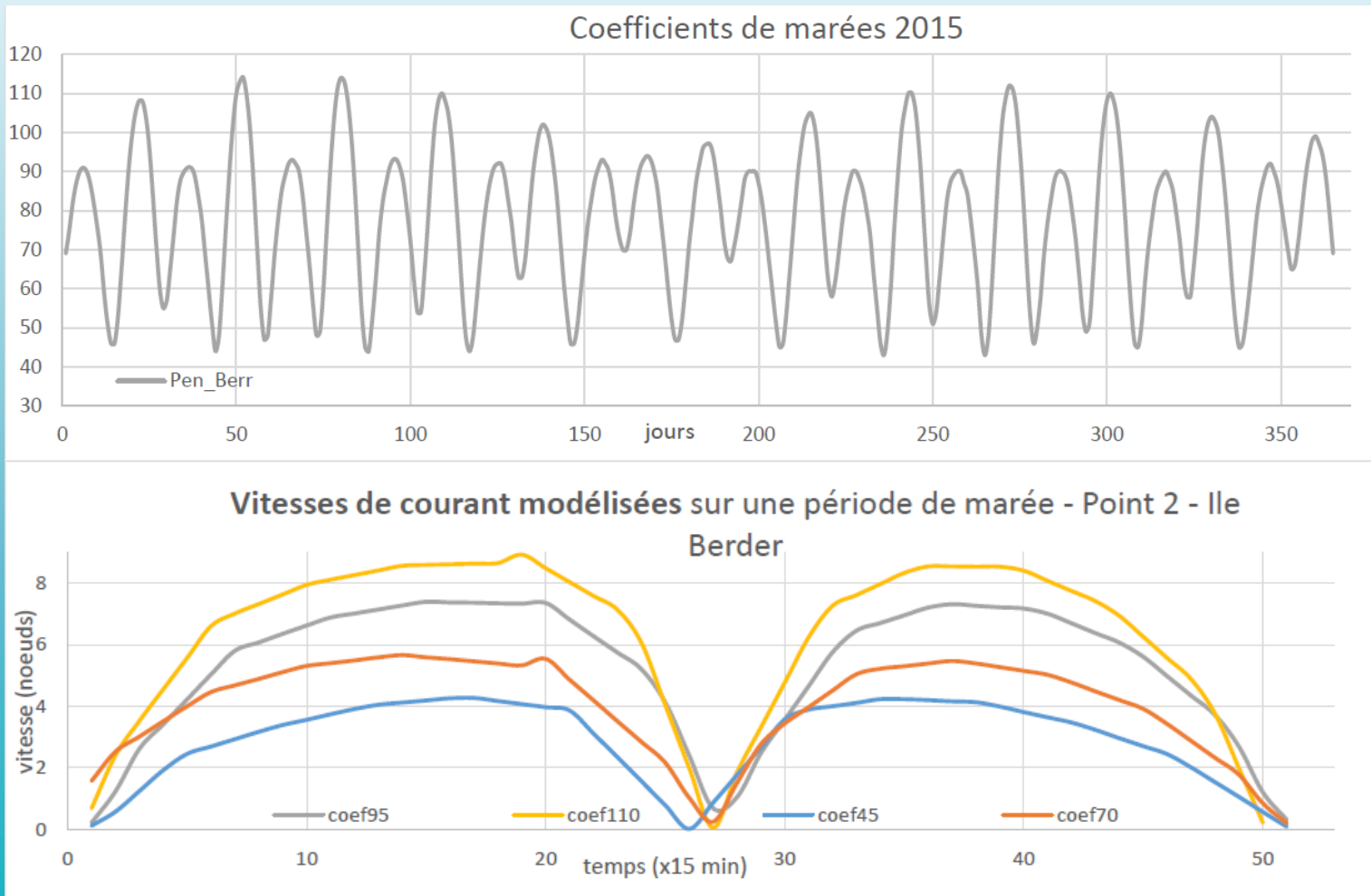
POSEIDE
POSITIVE ENERGY



Les courants de marées



Les courants de marées



Les courants des fleuves et des rivières

- **La connaissance statistique des débits et des régimes saisonniers**
 - Pour en déduire les vitesses de courant
 - Il faut au moins 1,5 m/s
 - La prévision du productible est relativement aléatoire (cf: les éoliennes)
- **Le profile en travers et la profondeur**
 - conditionnent le dimensionnement
 - donc la puissance installée possible
- **Le problème des embâcles**
 - Les crues
 - Les glaces
- **Les accès , la logistique, la navigation...**

Les courants des fleuves et des rivières



North America

- 1 Yukon
- 2 Mackenzie
- 3 Nelson
- 4 Mississippi
- 5 St. Lawrence

South America

- 6 Amazon
- 7 Paraná

Europe

- 25 Danube

Africa and West Asia

- 8 Niger
- 9 Lake Chad Basin
- 10 Congo
- 11 Nile
- 12 Zambezi
- 26 Orange
- 24 Euphrates and Tigris

Asia and Australia

- 13 Volga
- 14 Ob
- 15 Yenisey
- 16 Lena
- 17 Kolyma
- 18 Amur
- 19 Ganges and Brahmaputra
- 20 Yangtze
- 21 Murray Darling
- 22 Huang He
- 23 Indus

Source: United Nations Environment Programme (UNEP); World Conservation Monitoring Centre (WCMC); World Resources Institute (WRI); American Association for the Advancement of Science (AAAS); *Atlas of Population and Environment*, 2001.

Exemple concret de Luozi au Congo



Figure 1. Location of ADCP measurements on Lower Congo River, July 2008.

Table 1. Summary of discharge measurements, Lower Congo River, July 2008

Location	Date	Dis-charge (m ³ /s)	Width (m)	Area (m ²)	Depth (m)		Velocity (m/s)		Aspect Ratio
					Mean	Maximum	Mean	Maximum	
1	07/07/08	36,700	1,460	110,000	75.3	118.	0.33	4.60	19.4
2	07/05/08	33,900	1,010	34,200	33.9	78.2	0.99	2.97	29.8
3	07/04/08	35,800	2,190	25,700	11.7	24.2	1.39	3.19	187
4	07/09/08	36,500	540	23,800	44.1	79.2	1.53	2.87	12.3
5	07/09/08	36,800	388	17,100	44.1	78.5	2.15	3.29	8.8
6	07/09/08	34,400	384	16,600	43.2	78.1	2.07	3.31	8.9
7	07/11/08	34,200	429	26,700	62.3	102.	1.28	5.89	6.9
8	07/13/08	32,700	1,020	58,500	57.4	92.9	0.56	3.41	17.8
9	07/13/08	30,600	1,070	52,800	49.3	87.1	0.58	3.04	21.7

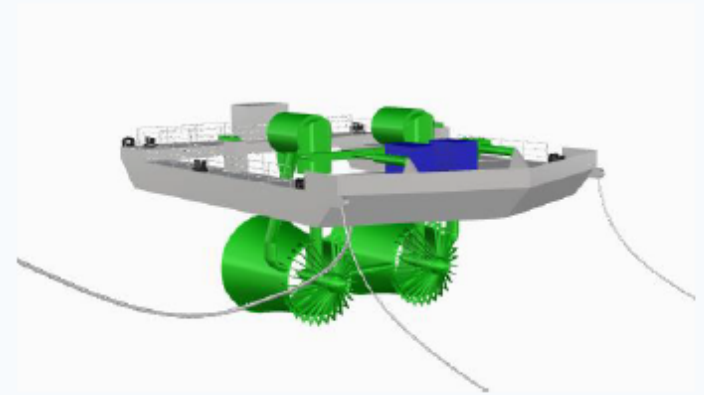
Exemple concret de Luozi au Congo

Exemple n°4 : Station de production fluvial connectée a Luozi

- Besoins domestiques de \pm 5500 habitants (Base: Maroc 2012)
- Station de pompage industrielle
- Industries locales
- ...

- ✓ 2 unites \varnothing 6m
- ✓ Courant moyen : 4,3 nds (2,15m/s)
- ✓ Puissance moyenne: 2x115 kW
- ✓ Productible annuel : 2000 MWh

- ✓ *Investissement : 2600 k€*
- ✓ *Prix du MWh : 180 €*
- ✓ *Rentabilité : 16%*



Le marché fluvial

L'équipement des fleuves et estuaires là où les courants s'y prêtent et où l'économie le justifie

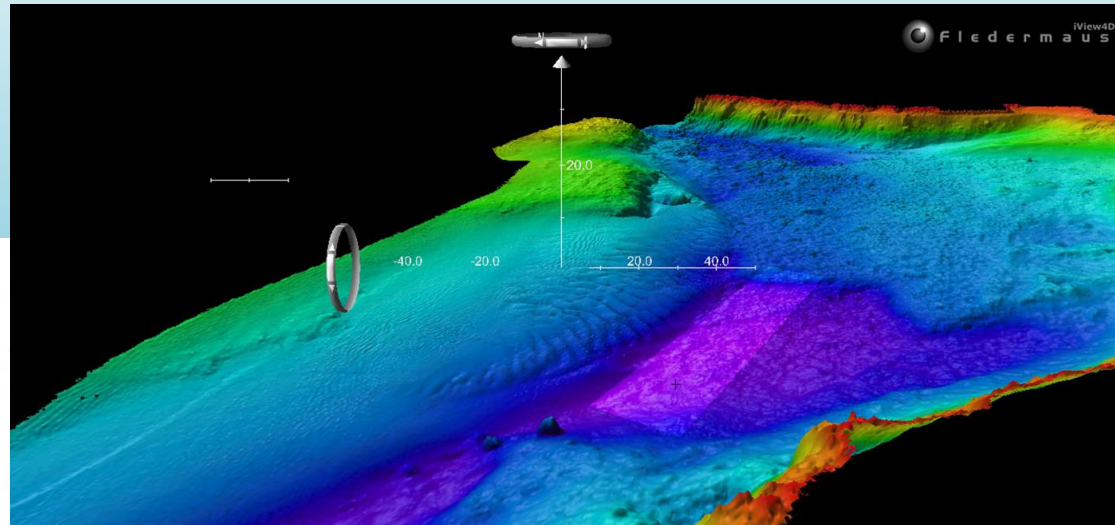
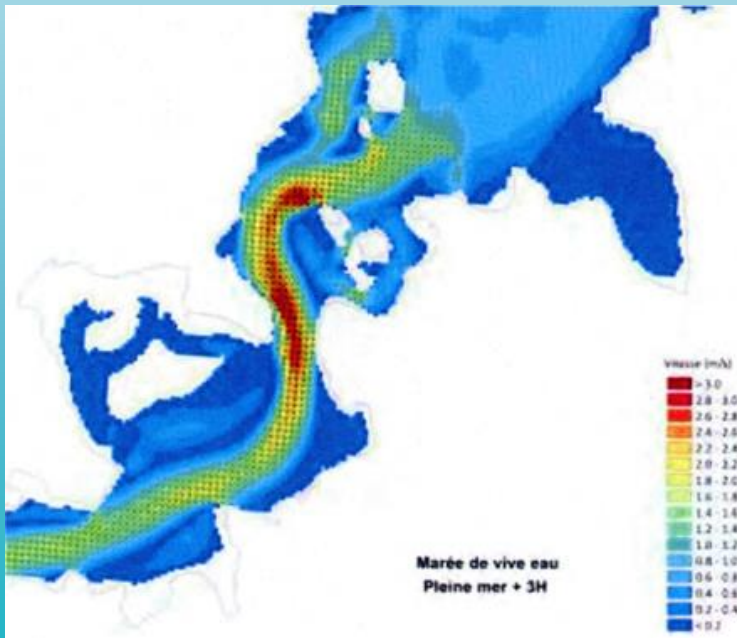
- Par exemple: la Garonne, le Rhône, le Saint-Laurent, le Mekong, le Congo...
- des potentiels hydrocinétiques qui peuvent être considérables..
- dans des zones à fort potentiel économique
- ou les enjeux écologiques sont importants...



Les courants des Estuaires (Fjords, Ria,...)

Une combinaison des deux typologies précédentes

L'exemple de la Ria d'Etel



CARACTERISTIQUES DU SITE :

- Courants: **8 nœuds max**
- Bathymétrie : **10 m aux plus basses mers** (coefficient 120)
- Puissance hydrolienne moyenne : **250 kW**
- Puissance maximale : **500 kW**
- Productible : **325 MWh/an**

(soit la consommation électrique annuelle d'environ 200 personnes)

La Ria d'Etel



L'interpellation initiale...

- A l'origine du projet : Paul Guinard, industriel, hydraulicien... et marin
- 2007 - Avec quelques amis, François Avellan (EPFL), Patrick Jouglard (Cerberus-Guinard), il s'intéresse aux premières expériences d'hydroliennes
- Cependant, le rapport poids/puissance des équipements en phase d'essai ou d'industrialisation les interpelle:
 - Leurs **dimensions/poids apparaissent surdimensionnées au regard des puissances attendues**
 - L'expérience industrielle montre en effet que **le coût de telles machines est largement proportionnel à leur poids en acier**
 - Dans les comptes d'exploitation prévisibles, en prenant en compte les amortissements nécessaires et les frais financiers corrélatifs, cela devrait très probablement conduire **à un prix de revient du KWh trop élevé pour être durablement compétitif** dans le mix énergétique à venir.
- **Des systèmes plus performants sont à imaginer...**

EXEMPLES DE TECHNOLOGIES DE TURBINES ÉMERGENTES

Hydroliennes déjà testées

HAMMERFEST HS1000 | 1MW



E

ATLANTIS RESOURCE AK1000 | 1MW



D

SABELLA D3 | 10 kW



D

ORPC TIDGEN | 150 kW



F

TIDAL GENERATION (TGL) | 0,5 MW



E
C

OPEN HYDRO | 0,5 MW



A
D

NATURAL CURRENT SEA DRAGON | 150 kW



F

VERDANT GEN 4 | 30 kW



D
C

VOITH | 1 MW



D

SEAGEN | 1,2MW



E

HYDROQUEST RIVER 2.80- 80kW



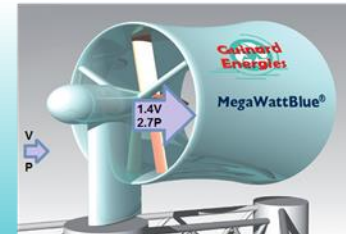
F

CLEAN CURRENT "RACE ROCKS" | 65 kW



A
D

- A - Hélice carénée
- B - Tuyère accélératrice
- C - Orientée dans le sens du courant
- D - Hélice fixe
- E - Hélice à pas variable
- F - Hélice Darrieus (axe vertical)



B
C

Le Choix de Guinard Energies

$$P_{cin} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^3 \text{ en W}$$

- Nos concurrents privilégient le diamètre
 - qui intervient au **carré**
- Nous choisirons donc la Vitesse
 - qui intervient au **cube**

Il nous faut accélérer le courant

Notre vision

➤ **Priorité au Prix de revient du MWh, donc :**

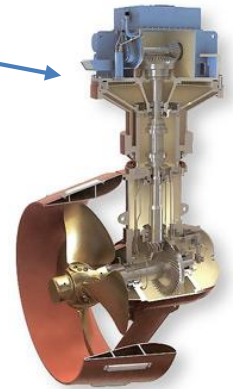
- Le **cout** d'un équipement industriel étant très largement **fonction de son poids**
- il faut donc une machine dont le **rapport KWh/Kg soit très inférieur à celui des équipements existants**
- pour cela, rechercher le **meilleur rendement énergétique** raisonnable,
- pour **une fiabilité et une productivité optimales**.

➤ **Minimiser les risques et les coûts (Capex et Opex) :**

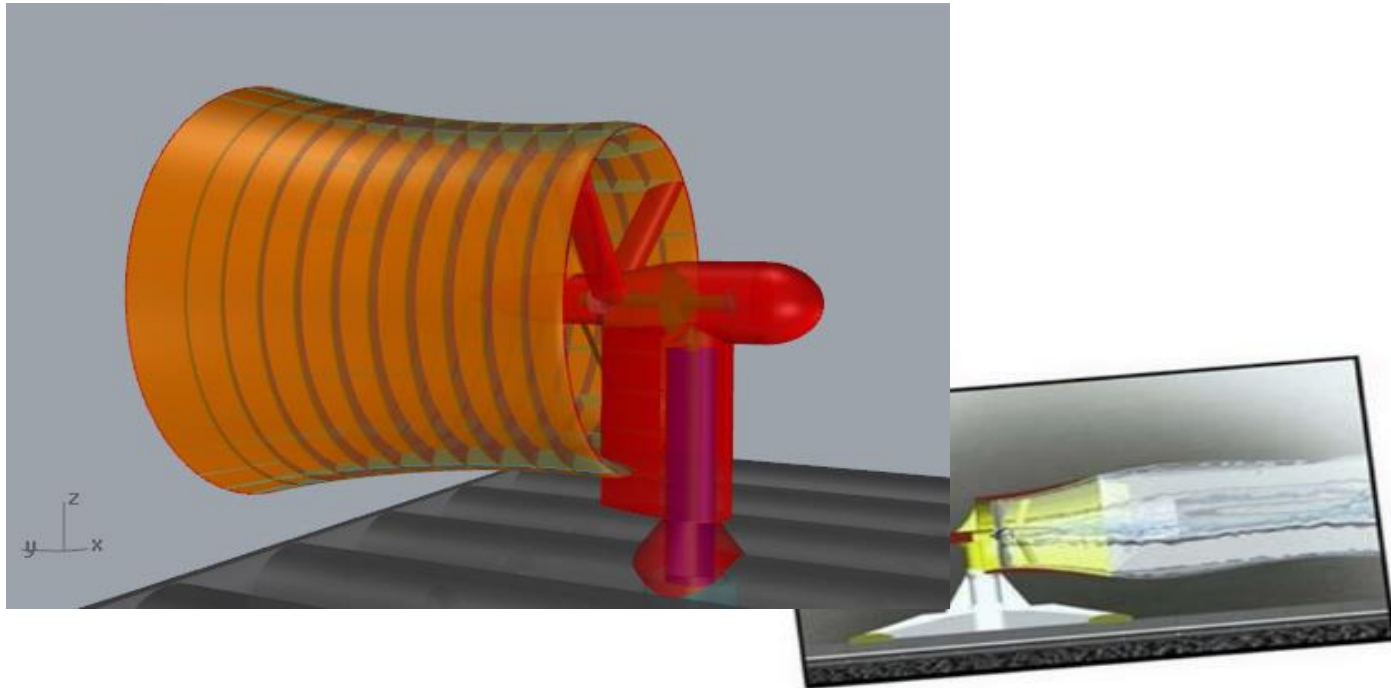
- En employant au maximum des **technologies déjà maîtrisées** dans des conditions voisines (constructions électriques, mécaniques et navales, Off shore, travaux maritimes...)

➤ **Faire valider les hypothèses par les meilleurs experts :**

- Laboratoires scientifiques
 - Ecole polytechnique fédérale de Lausanne)
 - Ifremer
- Bureaux d'études (Doris Engineering, Ship-ST
- Centre d'essais (Bassin d'essais des carènes – DGA-TH)
- Constructeurs et sous-traitants spécialisés
- Installateurs
- ENSTA-Bretagne

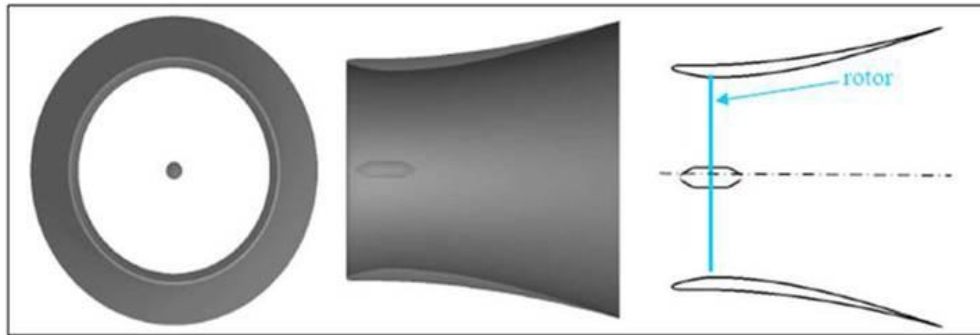


la technologie MegaWattBlue

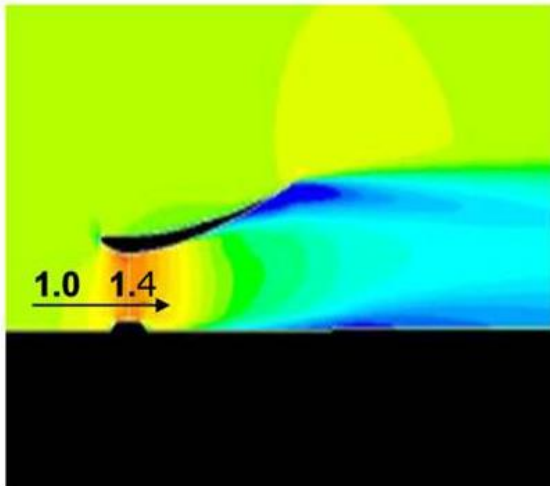


Principe de la tuyère

Une tuyère spécialement conçue multiplie l'énergie captée



La tuyère accélère le courant par la dépression créée par son profil aéronautique d'un facteur de l'ordre de 40% au droit de l'hélice dont le dessin est lui-même optimisé



Modélisation numérique de la vitesse du fluide dans la tuyère

La puissance extraite est de ce fait multipliée par un facteur de 2 à 2,5

$$1,4^3 = 2,7$$

Quelques données concurrentielles (publiques)

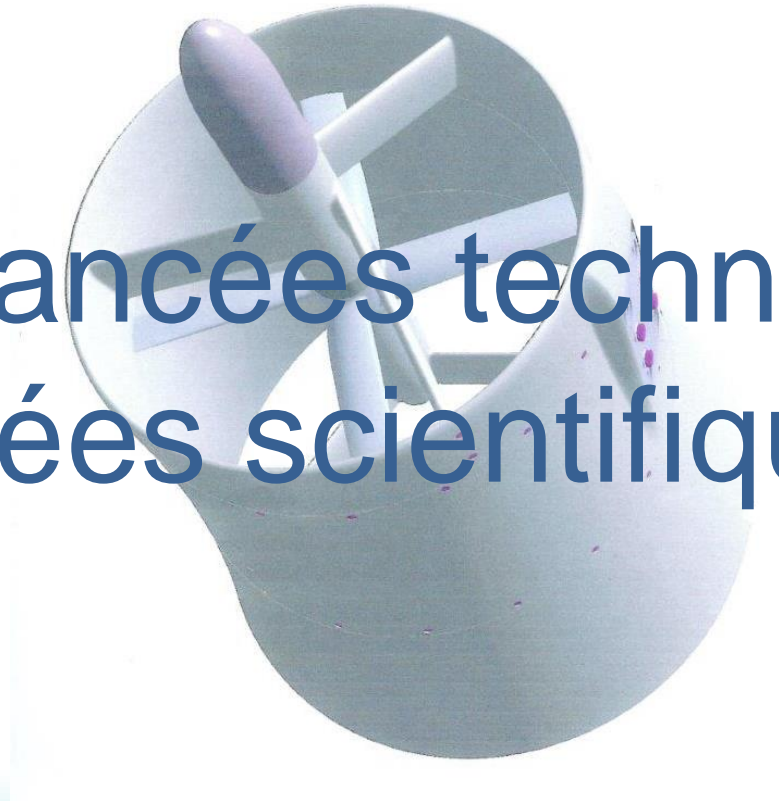
Hydrolienne	Puissance nominale	Diametre d'hélice	Surface balayée	Puissance/ m ²
	kW	m	m ²	kW/m ²
Saipem	200	7,3	42	4,8
Open Hydro	432	12,5	123	3,5
Sabella	430	10	78	5,5
Schottel	60	4	12,5	4,8
ref. EDF	1220	18	254	4,8
MegaWattBlue	490	8	50	9,8

Comparaisons basées sur des données fournies par :
SAIPEM—OPEN HYDRO—SABELLA—SCHOTTEL et EDF
 et ramenées à des vitesses de courant de 3 m/ secondes (6Nds)

Les avantages compétitifs de MegaWattBlue

- Accélération du flux →
 - Doublement de la puissance hydraulique captée
- Dimension réduite →
 - Installation simplifiée
 - Coûts de fonctionnement réduits
- Libre orientation de l'hydrolienne →
 - Hydrolienne toujours orientée dans le sens du courant
 - Retournement naturel à la renverse du courant
- Des gisements de courant supplémentaires →
 - Demande moins de profondeur
 - Permet d'exploiter de nouvelles ressources de courant
 - Réduction des distances à la côte

Des avancées technologiques validées scientifiquement



La contribution des meilleurs experts

Global engineering:  **ship-ST**
naval architects & marine engineers



Control command
Connection to the coast



Biofouling Study

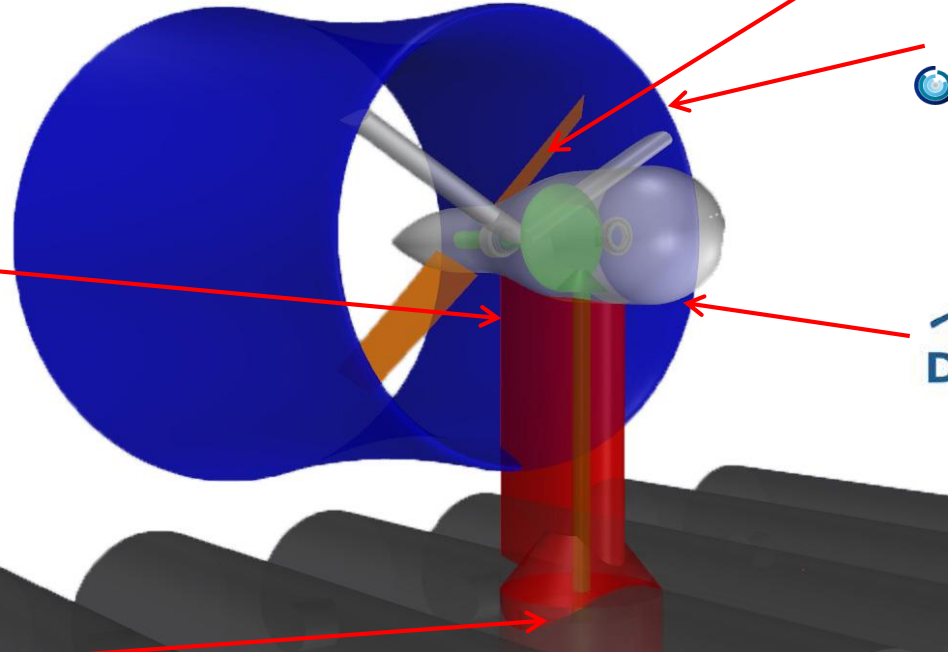


Doris Engineering:

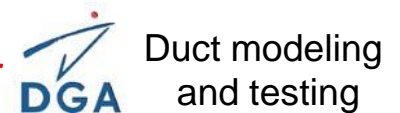
Pivot: allowing self-positioning
with the current and asymmetric
design of duct and impeller



PM Generators



building study
stress studies



Marine works
Drilling and fixing



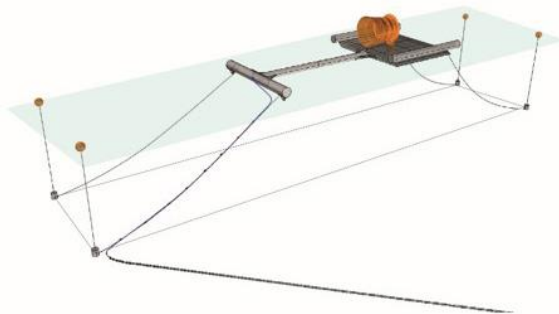
Concept validation
Impeller study

**DGA-TH: Direction Générale de l'Armement
Techniques Hydrodynamiques*

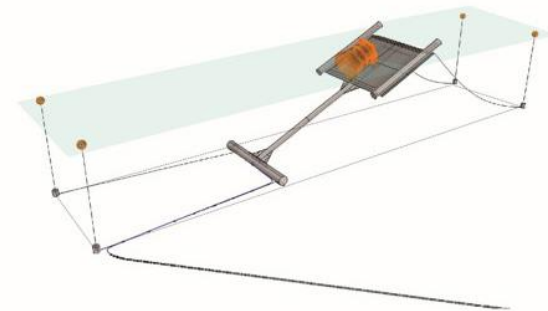
L'installation

La base « chameau »

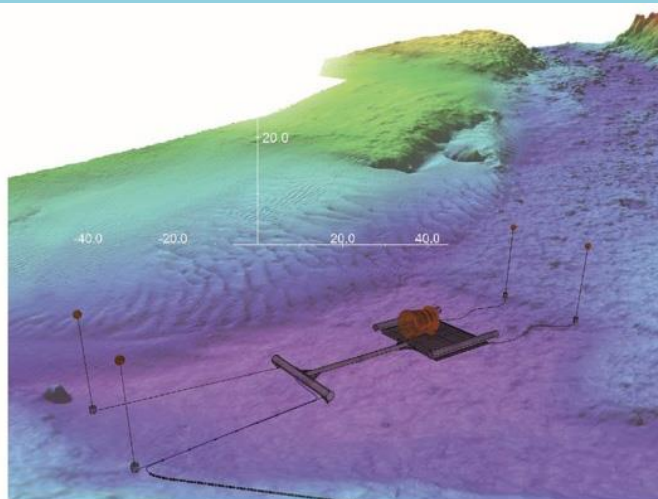
phase 1 :
La base est amenée à flot au dessus de ses ancrages, puis amarée. Le câble électrique d'export est connecté. Les tests de communication avec la terre et de fonctionnement sont menés.



phase 2 :
A l'échelle de basse mer, immersion en deux temps commence, commandée depuis la terre. Le flotteur déporté est ballasté. Le courant de flot et un remorqueur maintiennent le cap de l'ensemble.



phase 3 :
Le flotteur principal est ballasté. La base se pose au fond en tension sur ses lignes arrière. L'hydrolienne est prête pour sa phase de test in-situ.



Conclusion...

- En France (2015) :
 - consommation 480 millions de mégawattheure
 - production 75 % nucléaire–11 % hydrauliques- 6 % thermiques–les 8 % énergies renouvelables restant : éolien, photovoltaïque , biomasse (Hydroliennes=0)
- L'objectif du gouvernement est de faire monter les renouvelables à hauteur de 25 % d'ici 2025(?) Au détriment du nucléaire.
- Mais compte tenu de la production discontinue des énergies renouvelables, la capacité de production hors renouvelables devra pouvoir faire face à la demande instantanée.

Conclusion...

- Il semble donc que:
 - d'une part le prix du mégawattheure va sensiblement augmenter
 - mais que d'autre part le coût du mégawattheure devra très sensiblement diminuer.
- Le coût de l'éolien terrestre devient compétitif, le coût du photovoltaïque diminue considérablement compte tenu des progrès scientifiques et de l'effet de masse.
- Le coût de l'hydrolien paraît encore élevé, du fait du coût de l'investissement et donc de l'amortissement.
 - comme pour l'hydraulique classique, une fois l'équipement amortis (15 ans) le coût diminue fortement.
 - Reste l'incertitude dans le temps des coûts de maintenance (manque de recul).

Ceci étant, les politiques de pérennisation du parc nucléaire et de stimulation des économies d'énergies laisse penser que
le potentiel de marché n'est pas en France

Conclusion

Par contre ,

- **le marché d'exportation vers les pays à bonnes ressources fluviales et notamment les ZNI offre des débouchés potentiels importants**
 - **car les coûts de l'énergie sont particulièrement élevés, 200 à 600 €/MWh.**
 - **dans de nombreux lieux , il n'y a pas d'énergie et la demande est importante, le plus souvent pour de faibles puissances de quelques kilowatts.**

Notre concept s'adapte particulièrement à cette demande.

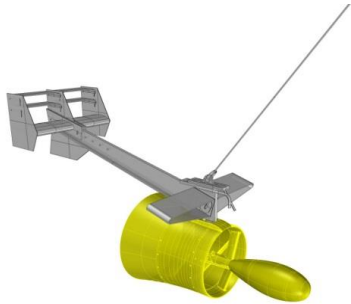


Innovation technologique

Hydroliennes marines

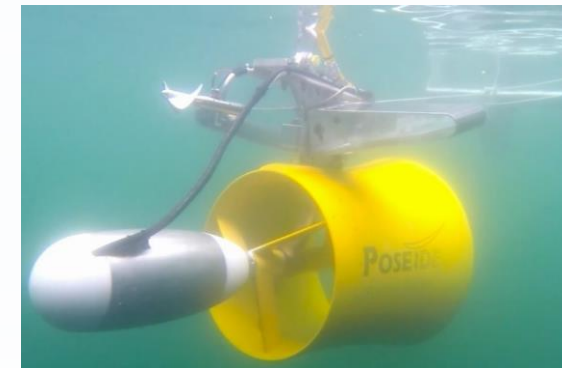
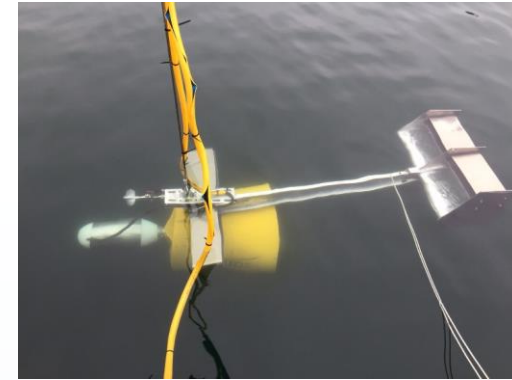
<http://www.guinard-energies.bzh>

Systeme de mesure du potentiel hydrolien de sites



POSEIDE

POSITIVE ENERGY



Guinard Energies – Présentation
POSEIDE

POSEIDE: Positive Energy Investigation Device



- Système de mesure autonome permettant de connaître en conditions réelles **le courant et le potentiel** hydrocinétique d'un site



- Facilité de déploiement partout dans le monde
- Simplicité de mise en œuvre

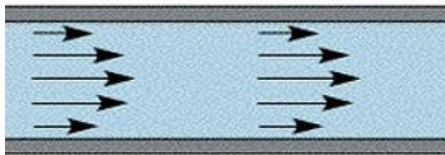


POURQUOI?

Parce que la mesure du courant ne suffit pas

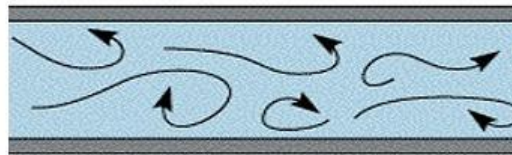
- Constat d'un décalage entre les résultats en bassin et ceux in-situ des premiers prototypes
- Effets de la turbulence sur la production encore mal quantifiés
- **Nécessité de mesurer la puissance réellement extractible d'un site dû à ses spécificités**

Laminar



Puissance extractible
théorique connu via essais
en bassin

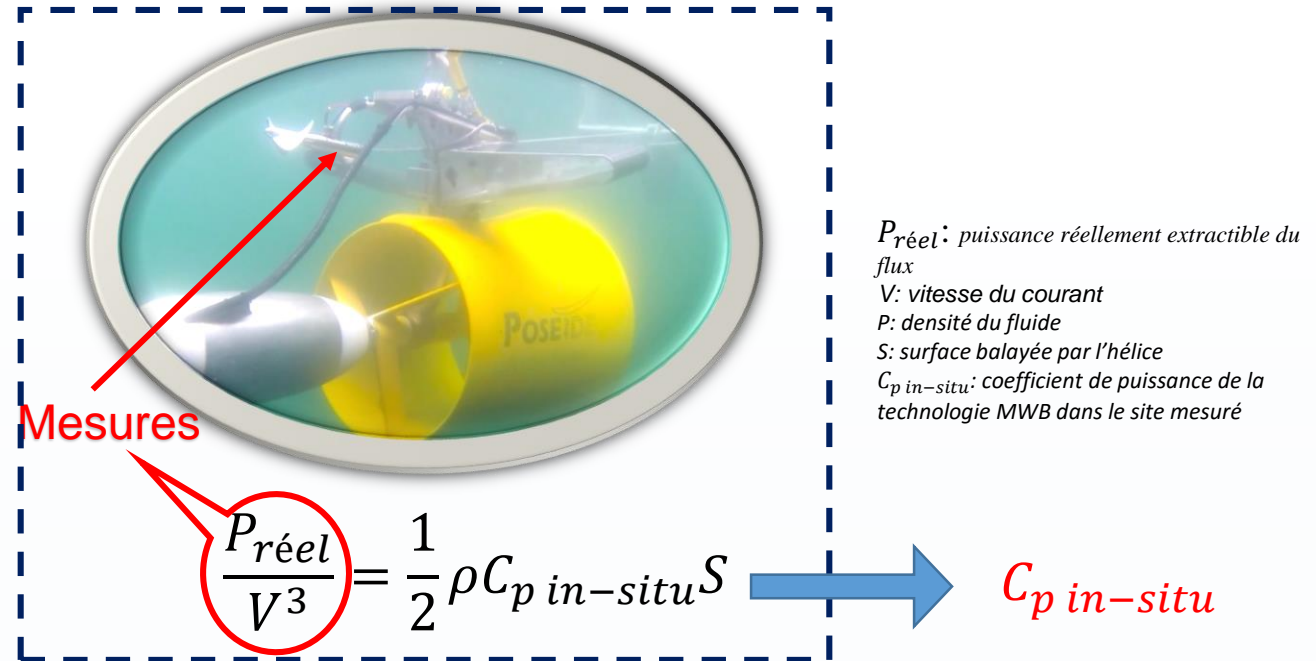
Turbulent



Puissance extractible?
=> Mesures avec
POSEIDE
Guinard Energies Présentation
POSEIDE



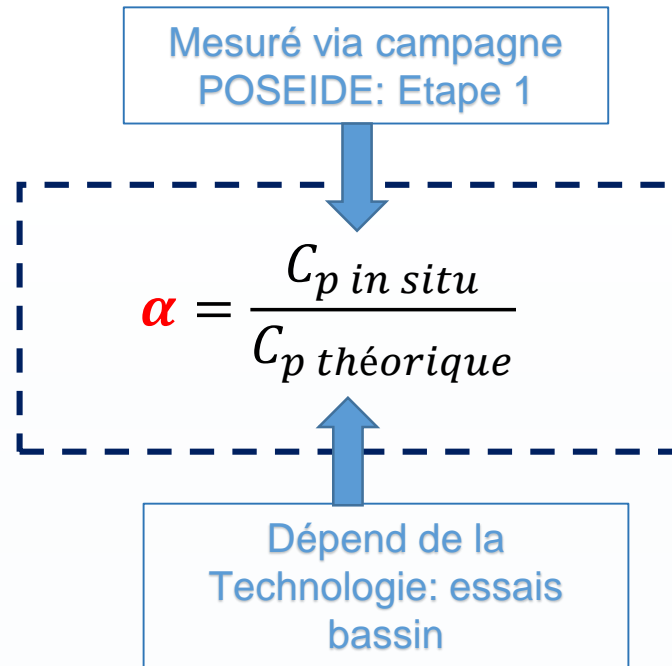
Comment calcule-t-on la puissance extractible?



Etape 1: Campagne de mesures

Guinard Energies – Présentation
POSEIDE

Comment calcule-t-on la puissance extractible?



Etape 2: Calcul du coefficient de
perte α

Guinard Energies – Présentation
POSEIDE

Comment calcule-t-on la puissance extractible



C_p théorique d'une technologie ($C_{MWB}=0,80$)

4
m

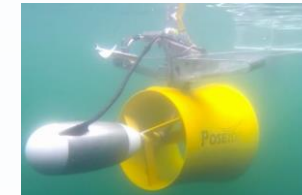
6
m

8
m

S: fonction du diamètre de l'hélice

$$P_{extractible} = \frac{1}{2} \rho \alpha C_p \text{ théorique } S V^3$$

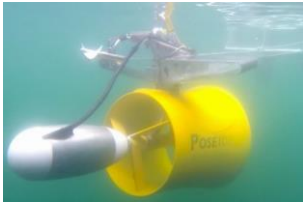
α calculé à partir des mesures de puissance



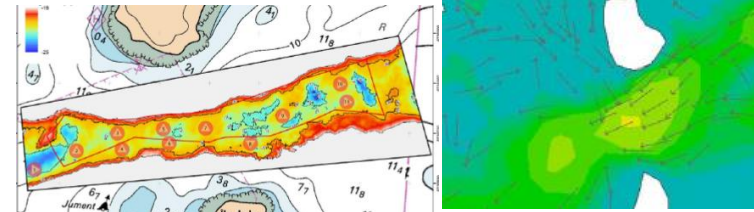
Etape 3 : calcul de la puissance extractible

Guinard Energies – Présentation
POSEIDE

Déterminations du site et de son productible



- Détermination de C_p in-situ et $P_{\text{extractible}}$
- Mesures en plusieurs points



- Alimentation de modèles numériques environnementaux
- Etude de la variabilité (coefficient marée, débit)

- ✓ Détermination des meilleurs sites d'implantation
- ✓ Calcul du productible annuel

Mesures in situ: mer, estuaires, fleuves



- Système hydro-stabilisé de mesure du potentiel hydrolienne d'un site
- Transportable partout dans le monde
- Facilité de mise en œuvre à partir d'une embarcation locale

Opérationnel et disponible dès à présent

Guinard Energies – Présentation
POSEIDE



GUINARD
ENERGIES

