

**La place de l'énergie hydraulique dans le panel des énergies renouvelables**  
20-21 novembre 2012, Grenoble, ENSE<sup>3</sup>

**Panorama des nouvelles technologies de l'hydraulique en rivière et en mer**



Thierry Maltre LEGI-G-INP/ENSE3

**Partie 1**

**Mini et micro centrale de très basse chute en rivière**

- Le contexte
- Grande et mini hydraulique
- Les nouveaux concepts en très basse chute
- Quelques exemples

**1- Mini et micro centrales de très basse chute en rivière**

**Le contexte**

**Le contexte français**

- 30 000 sites d'anciens moulins 7 TWh /2.7 GW (cf. rapport Dambrine-2006)
- Suppression de certains sites équipés
- => 5 TWh de nouvelles mini centrales
- New UE Program RESTOR\*1 Hydro: 8 pays de l'UE FHE&FDMF: 7000 sites, 3 projets pilotes coop
- Programme UE-Suisse SEARCH\*2 LHT => 3-30m



Moulin et écluse sur la Mayenne

**Contraintes environnementales**

- Bonne intégration paysagère
- Assurer le transport sédimentaire
- Maintenir le patrimoine piscicole
  - => Débits réservés
  - => grilles et passes à poissons (anguilles)
  - => minimisation des rejets (huiles)
  - => Turbine Ichthyophiles...(Roche Ltd, Quebec)

\*1: Renewable Energy Sources Transforming Our Regions  
\*2: Small Efficient Axial Reliable Compact Hydro Low Head Turbine

**1- Mini et micro centrales de très basse chute en rivière**

**Grande et mini hydraulique**

**Grande hydraulique > 500 kW**

- Chute de 10 à + de 1000 m
- Importance des ouvrages de retenu, des canaux d'aménagé et de fuite
- Turbines compactes (en rapport)
  - => grande puissance
  - => vitesse de rotation élevée
  - => importance du rendement



26 turbines Francis



3 Gorges, P= 18.2 GW



24 Gr bulbes (Kaplan)

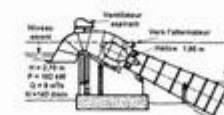


La Rance , P=240 MW

**Mini hydraulique < 500 kW**

Micro => 10kW à 500 kW - Pico => < 10 kW

- Chute de quelques mètres
- Forte variation du débit
- Génie civil rédhibitoire
- Il faut diminuer les vitesses périphériques (poissons)
- Une gestion automatisée nécessaire

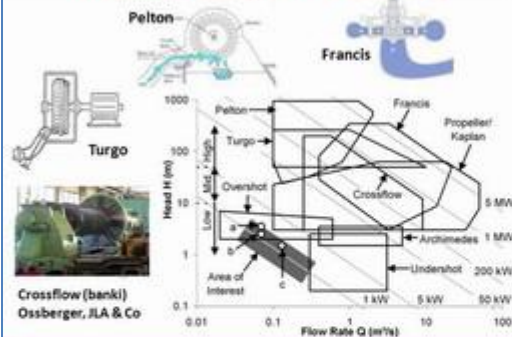


Centrale de la Fourmondière, Mayenne (1959)  
Bulbe, H=2,7m, Q=9m<sup>3</sup>/s, P=182 kW

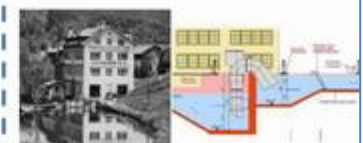
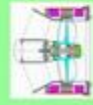
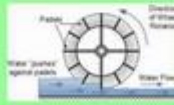
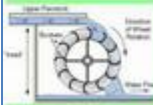


Réduire le génie civil, simplifier les turbines, faciliter la maintenance

**1- Mini et micro centrales de très basse chute en rivière**  
**Les nouveaux concepts en très basse chute**



**Roues Ichthyophiles**  
 sauf Overshot et Straflow



Gamme: 1,4 à 3,2 m, 10 à 26 m³/s.

Gamme: 1,5 à 3,5m 1 à 14 m³/s

**StraflowMatrix**

**ANDRITZ Hydro**

D = 1,320 mm  
 n = 250 rpm  
 H = 3.8 m  
 P<sub>th</sub> = 270 kW  
 5 unités dans 1 module  
 P<sub>tot</sub> = 1.35 MW

Ecluse du barrage de Chievo (Italie) CV

7/10

**Vinci/ISI-H3E**

Aqualienne (Breastshot) Rivière La Divonne (2\*80kW projet)

**HydroWatt**

Undershot wheel 35 kW

**HydroWatt**

Breastshot wheel 80 kW

**BEGA-Wasserkraft**

D=3,5m,9kW Steinhaus (All)

Thames river, 300kW 50% => Windsor Castle  
 Torr Mills 63 kW, H=3m, 2.68m³/s η = 80% Manchester

Vit: => 10m³/s, 10m, 500kW Plastique et fibre de verre => 15kW in UK

8/10

# Partie 2

## Les hydroliennes en rivière et en mer

- Le potentiel
- Quelques considérations de dimensionnement
- Les grosses hydroliennes de mer
- Quelques hydroliennes de rivière et d'estuaire
- La recherche au LEGI

9/16

## 2- Les hydroliennes en rivière et en mer

### Le potentiel

#### Marémoteur



France:  
Pinst 3,5 GW  
E=14 TWh



UK:  
Pinst 5,5 GW  
E=23 TWh

85% de la ressource européenne



Canada 50+ denses: Pinst 5.5 GW - E=22 TWh

IDEM UK

#### Rivières - estuaire

Alaska:



Bordeaux - Pont de pierre



Pinst 1,2 MW - E=4,8 GWh

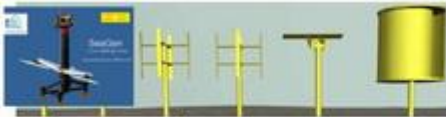
20% de l'éclairage public

10/16

## 2- Les hydroliennes en rivière et en mer

### Quelques considérations de dimensionnement

Effet d'échelle, Peter Fraenkel ICOE 2012



1 MW à 2,2 m/s	Axial flow (small pitch)	Axial flow (zero pitch)	Darrieus rotor (small pitch)	Darrieus rotor (zero pitch)	Rectangular (big ball (eg. Bolognay))	Savonius Rotor
Efficiency (%)	40-50%	30-40%	30-30%	35-40%	10-20%	10-20%
swept area for 1 MW at 2.2m/s (m <sup>2</sup> )	415	380	572	511	1228	1254
Area of rotor material (m <sup>2</sup> )	170	180	330	770	340	1000
Relative material intensity = COST	1	1.8	5	8	2	10

+ de pales pour les Darrieus  
du à un  $TSR = \lambda = \omega R / V_0$ , plus faible: 2 à 3 au lieu de 5 à 6

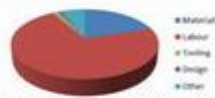
20% matériaux - 75% main d'oeuvre

=> Un impact réduit sur le prix total

Répartition du coût des pales  
Mc Ewen & Al. ICOE-2012



Eolienne en série



hydrolienne en série (1 MW)

Des pales plus petites (1/3)  
à puissance et trainée égales =>

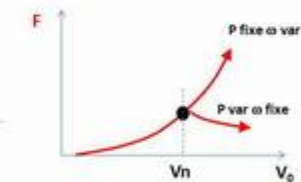
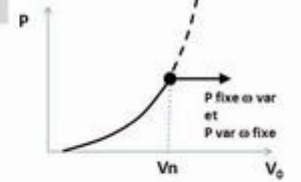
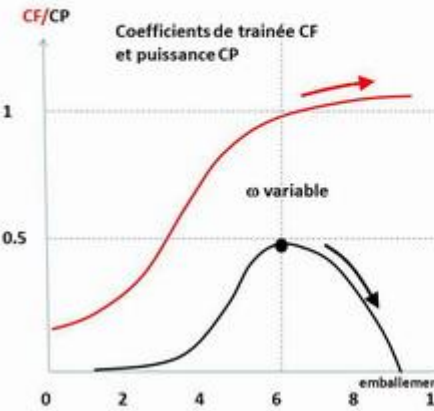
Des pales beaucoup plus résistantes  
Raidisseurs, carbone...  
Un coût de main d'oeuvre  
essentiellement

11/16

## 2- Les hydroliennes en rivière et en mer

### Quelques considérations de dimensionnement

Pas fixe  $\omega$  var



12/16

## 2- Les hydroliennes en rivière et en mer Les grosses hydroliennes de mer

13/27

**Astom(Fr)/Rolls-R. TGL (UK)**  
EMEC, 2010  
D=10m, 500 kW (1MW...)



**Astom/Clean Curr.(Can)**  
Baie de Fundy  
« Beluga 9 », D=13m, 1MW...



**Volth Hydro HyTide®(All)**  
Jindo (Corée) 2011  
D=5,3m, 110kW  
(EMEC D=16.m 1MW...)



**Scot Renewables (Scot-UK)**  
EMEC, 2011, 250 kW  
EMEC, 2MW ...



**EDF(Fr)/Open Hydro (UK)**  
Bréhat Paimpol, 2012  
« L'Arcouest », D=16m, 500 kW



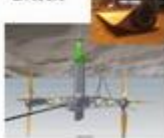
**Atlantisresourcescorp.(Aus)**  
EMEC, 2011  
« AR 1000 », D=18m, 1MW



**Andritz-Hydro(Aut)/Ham.(Nor)**  
EMEC, 2011  
"HS 1000", D=21m 1MW



**Hydra Tidal Energy(Nor)**  
"Morild II", D=23m, 1,5MW  
En cours



13/16

## 2- Les hydroliennes en rivière et en mer Quelques hydroliennes de rivière et d'estuaire

**Hydroquest (Fr)**  
Canal Drac, Pont de Claix, 2010  
D=0,5m, P=30kW (8 roues)



**Ocean Renewable Power Company (USA)**  
Cobscook Bay (Bay de Fundy), en cours  
"TidGen", D=2,4m, L=29m (6m/roue), P=180kW



**HydroHelix (FR)**  
Odet, Bénodet, 2008  
"Sabella", D=3m, P=10-40kW



**RER (Quebec)**  
Saint Laurent, Montréal, 2010  
"Trek I" D=2,9m, P=250kW



**Verdant(USA)**  
East River, New York, 2006  
D=5m, P=35kW (6 unités)



14/16

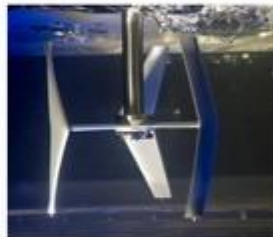
## 2- Les hydroliennes en rivière et en mer La recherche au LEGI



Expérimentation de maquettes en tunnel hydrodynamique



Tunnel hydrodynamique du LEGI



Maquette de turbine Achard



15/16

## REMERCIEMENTS

ALSTOM POWER HYDRO

ALSTOM

Farid Mazzouji

CREMHyG



Claude Rebattet

EDF



Marta Nogaj

HydroQuest



Jean-Francois Simon

ISI - H3E-Industries



Jean-Michel Olivetto

MJ2 Technologies



Marc Leclerc

16/16