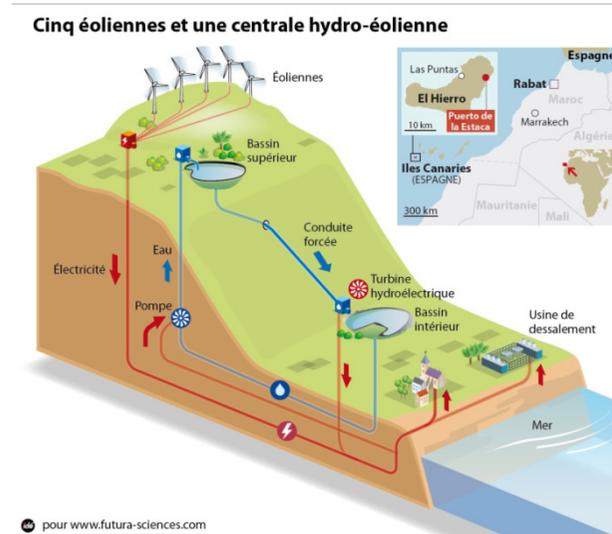


3 ans d'exploitation sur l'île d'El Hierro - Los Canarias



- Description de l'aménagement énergétique
 - Fossiles – Éoliennes – Hydraulique
 - => Ressources diverses
 - Réservoirs et Conduites
 - Turbines et Pompes
- Bilan de l'exploitation par GdV.
- Bilan Economique => Investisseurs ?
- Reconsidération des choix de conception initiaux
- En Europe Projets proches sur d'autres territoires insulaires



Objectifs du Projet initial

- El Hierro, île volcanique aux pentes abruptes et escarpées ; façonnée par le vent et aux versants balayés en permanence par celui-ci,
- S = 278 km² et peuplée de 10.700 habitants



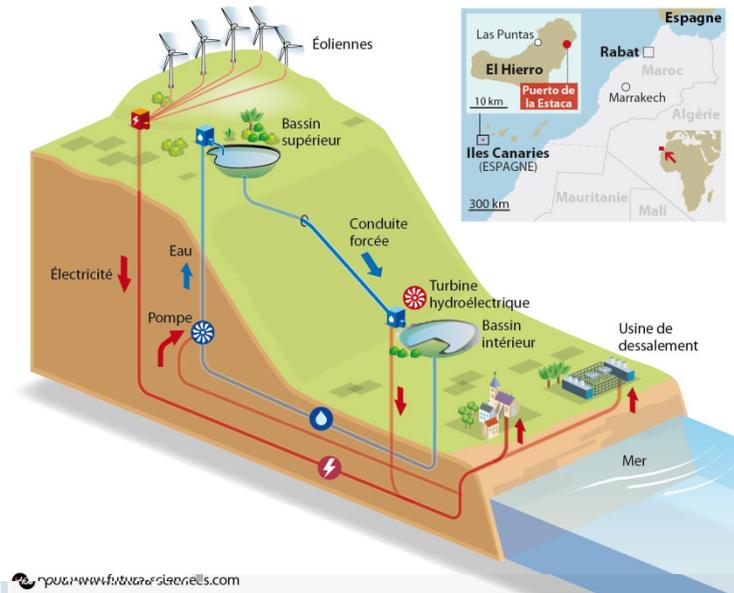
Como objetivo “aspiracional”, se busca que la isla de El Hierro sea la primera en el mundo de autoabastecerse de energía eléctrica por medio de fuentes de energía **totalmente renovables**

Système Electrique de El Hierro ◇

Demande annuelle: 47 GWh,

Puissance de Pointe (demande) : 7,5 MW

Cinq éoliennes et une centrale hydro-éolienne



Objectifs initiaux

- “Autonomies” vis-à-vis de l’énergie électrique et l’eau potable
- Production d’électricité majoritairement renouvelable, avec une pénétration significative de l’éolien
- Réduction des émissions de CO²
- Possibilités de disposer de ressources d’eau en altitude (Agriculture de l’île et SDIS local)
- Réduction des coûts de l’électricité issu du diesel et réduction de la dépendance externe

Puissances installées

- 5 éoliennes de **P inst = 11,5 MW**
- 4 Pelton en turbinage de **P inst = 11,3 MW**
- 8 pompes de **P inst = 6 MW**





La fonction STEP : circuits « hydro »

- Réservoir supérieur

- Superficie : 56 600 m²
- Côtes :
 - 715 m msn et 698 msn

Contraintes de l'UNESCO (*4 les coûts)



- Longueur des CFs : 3,5 kms et Dia # 1 m
- Réservoir inférieur
 - Superficie : 23 400 m²
 - Côtes :
 - 57 m msn et 43 msn

PELTON's à jets horizontaux de $\Omega = 1000$ tr/mn

- Chute nette : 630 m
- Débit maximal : 2 m³/s
- Puissance 4 x 2,83 MW
 - Fabricant : Andritz Hydro

Alternateurs :

- 4 * 3.300 kVA
 - Fabricant : Alconza



Pompes multi étages à double volutes

- Chute nette : 680 m
- Débit maximal : 0,7 m³/s
- Puissance 2 x 1,5 MW + 6 x 0,5 MW
 - Fabricant : Flowserve



Moteurs électriques : 2 x 1600 kW + 6 x 600 kW

Variateurs de fréquence : ABB

Financement du Projet (en Capital)

Le projet a eu un **cout global de 82 M€**, géré par une Société de Projet :

Gorona del Viento El Hierro S.A., dont l'actionariat était constitué de :

- **Cabildo de El Hierro (60 %)**
- **Endesa (30 %)**
- **Instituto Tecnológico de Canarias (Gobierno de Canarias) (10 %)**

Progression des budgets :

En 2007, première estimation pour les études 90,000 € ;

En 2008, on établit le montant à 4.4 millions € ;

En 2009, estimation portée à 14.6 million € ;

En 2010/11, on aboutit à un montant de 45 millions €.

2014 : finalisation du projet à 82 millions €

L'aspect innovant du projet a drainé de nombreuses subventions en particulier **une aide publique de 35 M€**, au travers de l'IDAE.

Les dépenses se ventilent de la façon suivante :

- Turbinage (avec réservoirs) : 44 M€ dont turbines/usine seules 12 M€, 16 M€ les bassins, 13 M€ les CF's
- Pompage : 8 M€ (3+2) & usine 3
- Éoliennes : 16 M€
- Surplus de dessalement d'eau de mer : qqs centaines k

7,5 € du Watt



- Eoliennes

- Infrastructures locales réduites



- Hydro : Traversée d'un site Archéologique



Site des usines





		Total Generation MWh	Diesel Generation MWh	Renewable (Wind+Hydro) Generation MWh	% of El Hierro Electricity Generation	% of El Hierro Total Energy Demand
2015	June/July	4,449	2,149	2,300	51.7	11.9
	Aug	4,140	2,157	1,983	47.9	11.0
	Sep	3,934	3,151	783	19.9	4.6
	Oct	3,730	3,225	505	13.5	3.1
	Nov	3,399	2,469	930	27.4	6.3
	Dec	3,782	3,081	701	18.5	4.3
2016	Jan	3,820	2,971	849	22.2	5.1
	Feb	3,475	1,615	1,860	53.5	12.3
	Mar	3,915	2,343	1,572	40.2	9.2
	Apr	3,682	2,330	1,352	36.7	8.4
	May	3,789	2,827	962	25.4	5.8
	June	3,892	1,793	2,099	53.9	12.4
	July	4,071	1,386	2,685	66.0	15.2
	Aug	4,378	2,038	2,340	53.4	12.3
	Sep	4,005	1,739	2,266	56.6	13.0
	Oct	3,878	3,111	767	19.8	4.5
	Nov	3,619	2,559	1,060	29.3	6.7
	Dec	3,970	2,894	1,076	27.1	6.2
2017	Jan	3,837	2,691	1,146	29.9	6.9
	Feb	3,409	1,891	1,518	44.5	10.2
	Mar	3,879	1,648	2,231	57.5	13.2
	Apr	3,786	2,745	1,041	27.5	6.3
	May	3,809	2,254	1,555	40.8	9.4
	June	3,782	1,467	2,315	61.2	14.1
	July	4,130	896	3,234	78.3	18.0
	Aug	4,434	1,872	2,562	57.8	13.3
	Sep	3,901	1,465	2,436	62.4	14.4
	Oct	3,986	2,947	1,039	26.1	6.0
	Nov	3,446	2,594	852	24.7	5.7
	Dec	3,624	2,262	1,362	37.6	8.6
2018	Jan	3,601	1,236	2,365	65.7	15.1
	Feb	3,228	1,392	1,836	56.9	13.1
	Mar	3,461	1,762	1,700	49.1	11.3
	Apr	3,365	1,003	2,362	70.2	16.1
	May	3,625	1,501	2,124	58.6	13.5
	June	3,837	1,368	2,469	64.3	14.8
	July	4,089	190	3,899	95.4	21.9
	Aug	4,275	1,254	3,021	70.7	16.3
	Sep	4,063	1,760	2,303	56.7	13.0
	TOTAL	149,490	80,012	69,478	46.5	10.7

• **Bilan d'exploitation**
(Données issues de REE)

- Au pas de 10 mns en P elec
- Juillet 2018 : 95,4 % d'ENR

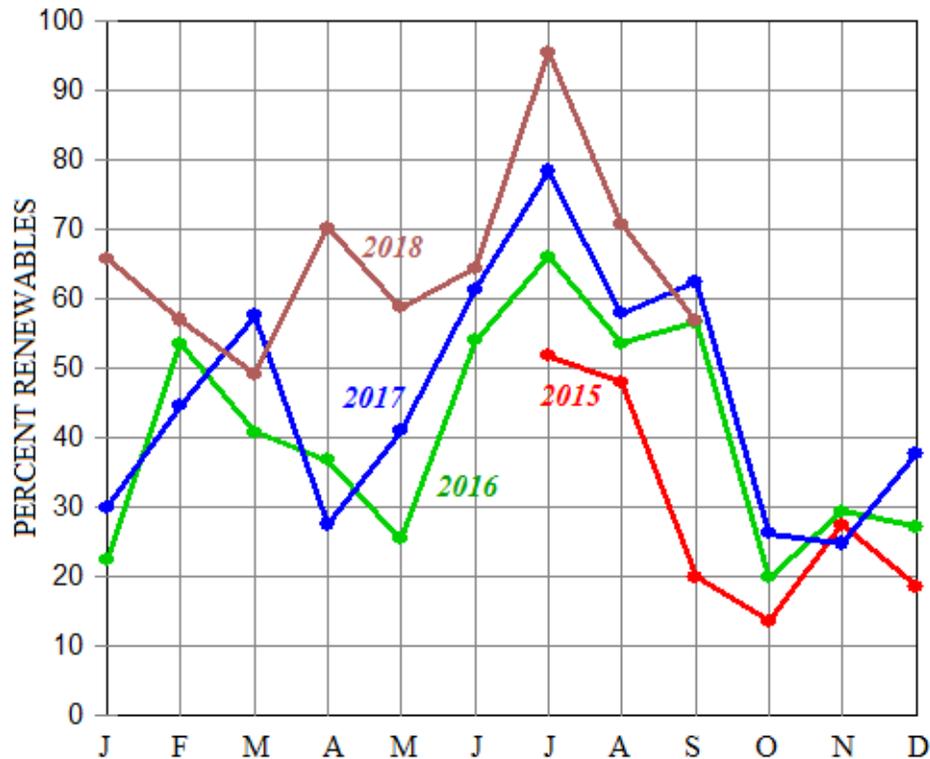
Durant le 3ieme trimestre de 2018 l'éolien de P = 11,5 MW a fourni 71 % de l'énergie consommée sur l'ile

Dimensionnement du parc actuel ?



Exploitation actuelle du Système

- Données issues de REE : ressources "Eoliennes "

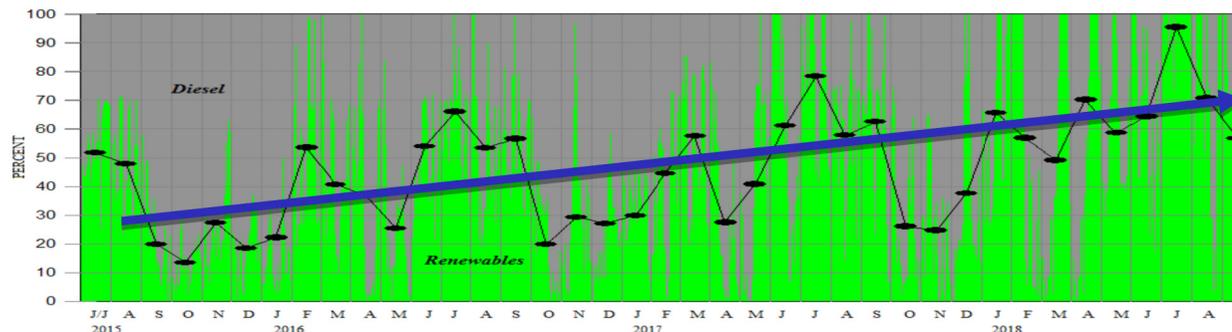


Profil annuel => duplicable

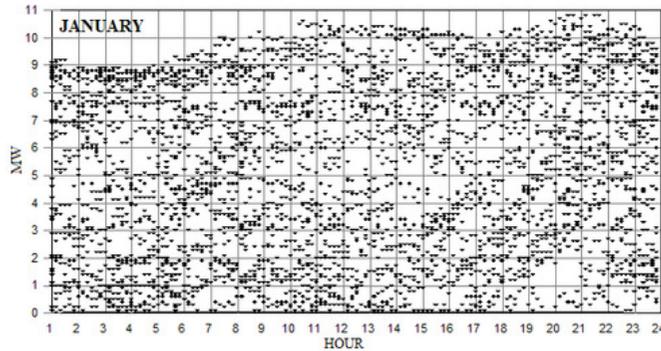
Evolution du productible éolien durant 3 années (moyenné sur 1 mois)

- pics en Juillet (réitéré)
- vents => alizés
- écart 2015/2018 => **+ 15 %**

-The infrastructure as currently conceived is not capable of supplying El Hierro with 100% renewable energy.



- Caractéristiques de la ressource "Eolienne "



Sur 3 mois on observe une variabilité importante .

Ici échantillonnage au pas de 10 mns , vitesse du vent à l'aérodrome local.

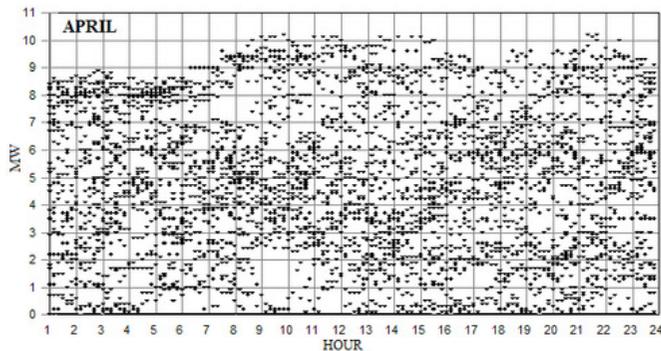
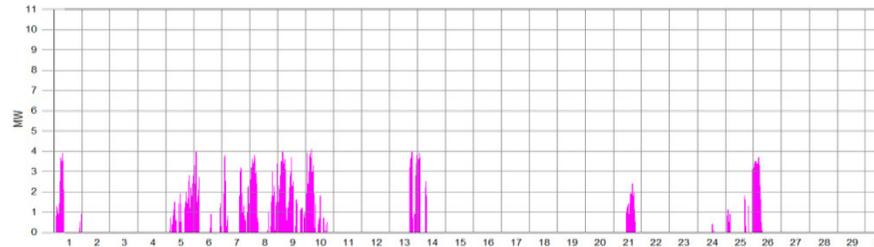


Figure ci dessous : *Les surplus en puissance vis à vis de la consommation (sur 1 mois)*



Peu d'énergie disponible !

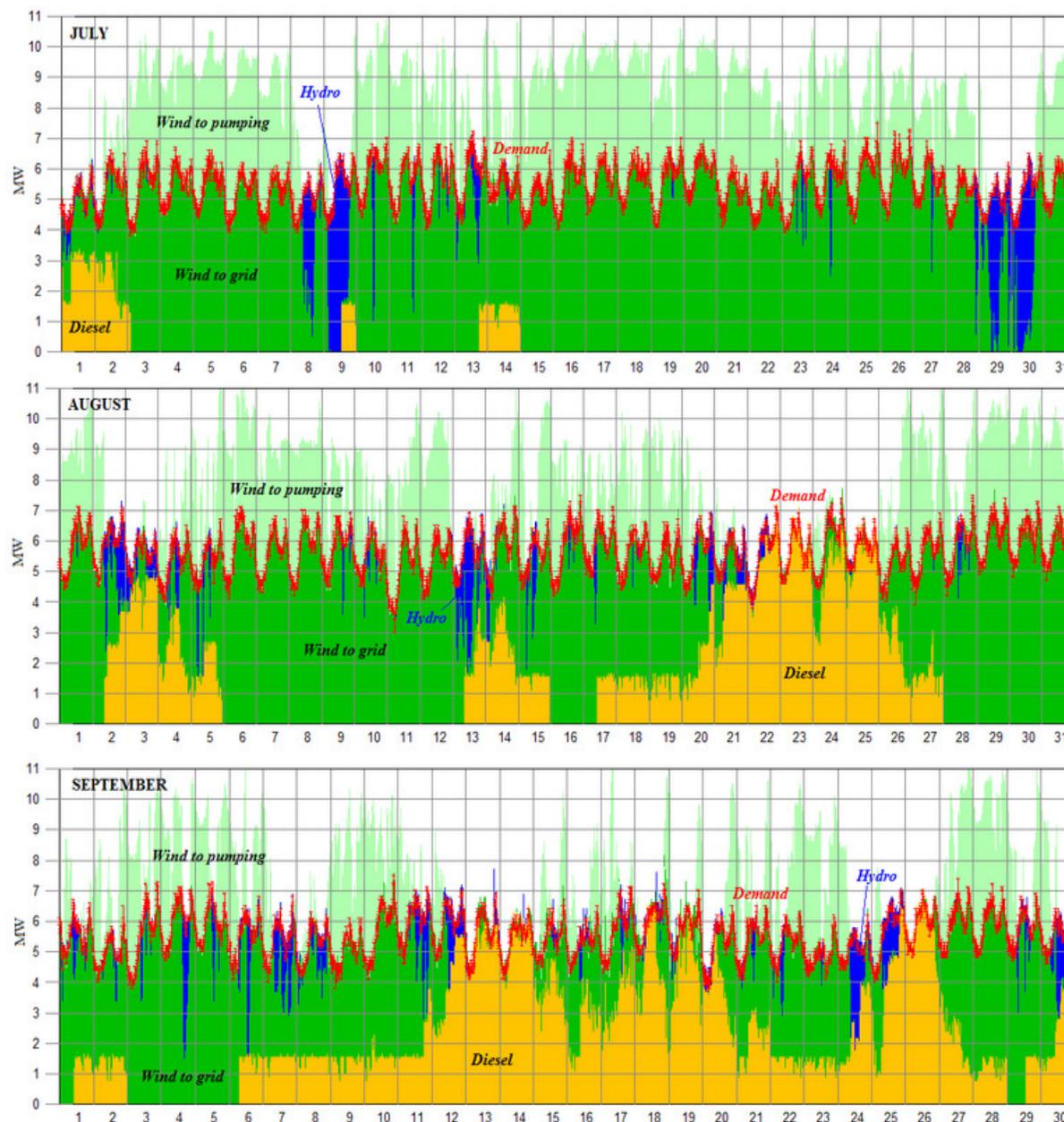
Donc STEP inadaptée, car pas d'excès si éolien seul

Données du 3 ième trimestre 2018

Turbinage en bleu

Consommation

Meilleur
trimestre
depuis
l'origine



Stabilité du réseau Séparé

D'où vient le + 15 % de productible ? *Usage de Pelton en CS : peut être !*

- Éolien avec Réglage primaire = limitation

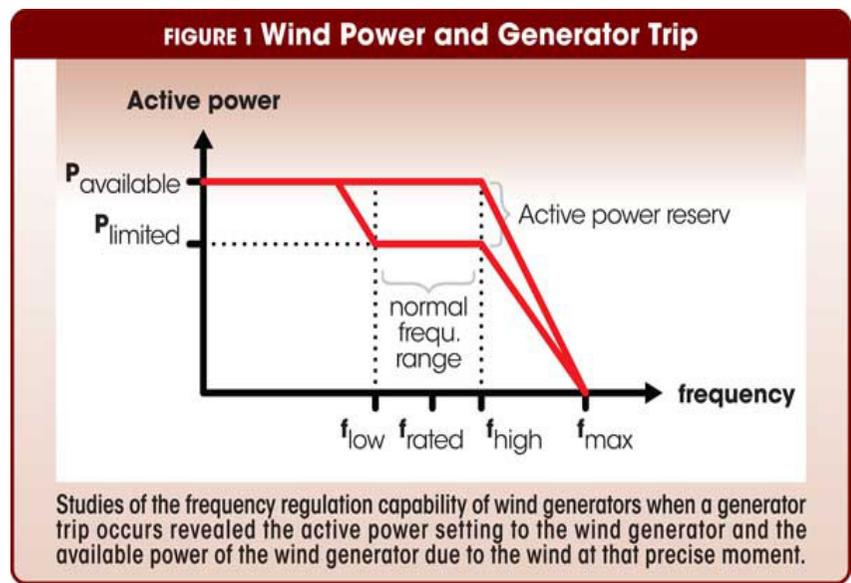


FIGURE 15 : INERTIA AND SYSTEM FREQUENCY STABILITY

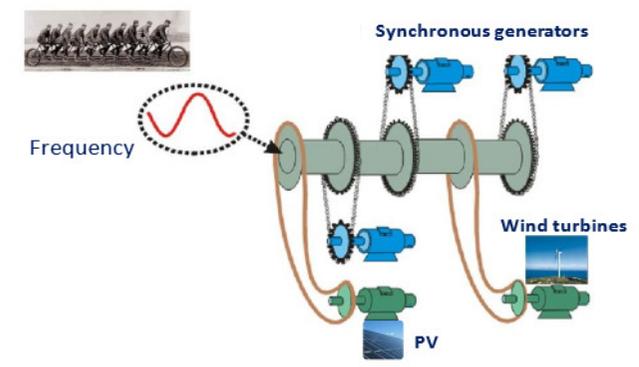
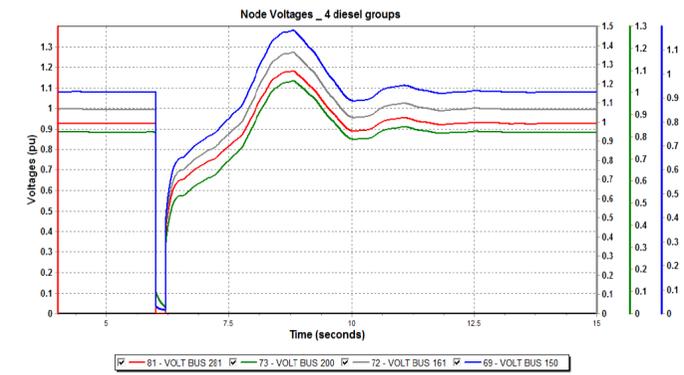


Figure 8. Bus voltages and machine speeds for a 4-Diesel unit scheme following a wind generator three-phase fault. (a) Node voltages in p.u.; (b) Machine speeds in p.u.



Los acuíferos de El Hierro producen el 60% del consumo de agua de la Isla, mientras que el 40% restante proviene de las desaladoras, según los datos que ha hecho públicos el consejero de Aguas, Juan Pedro Sánchez, en el marco del Balance Hidráulico de 2017.

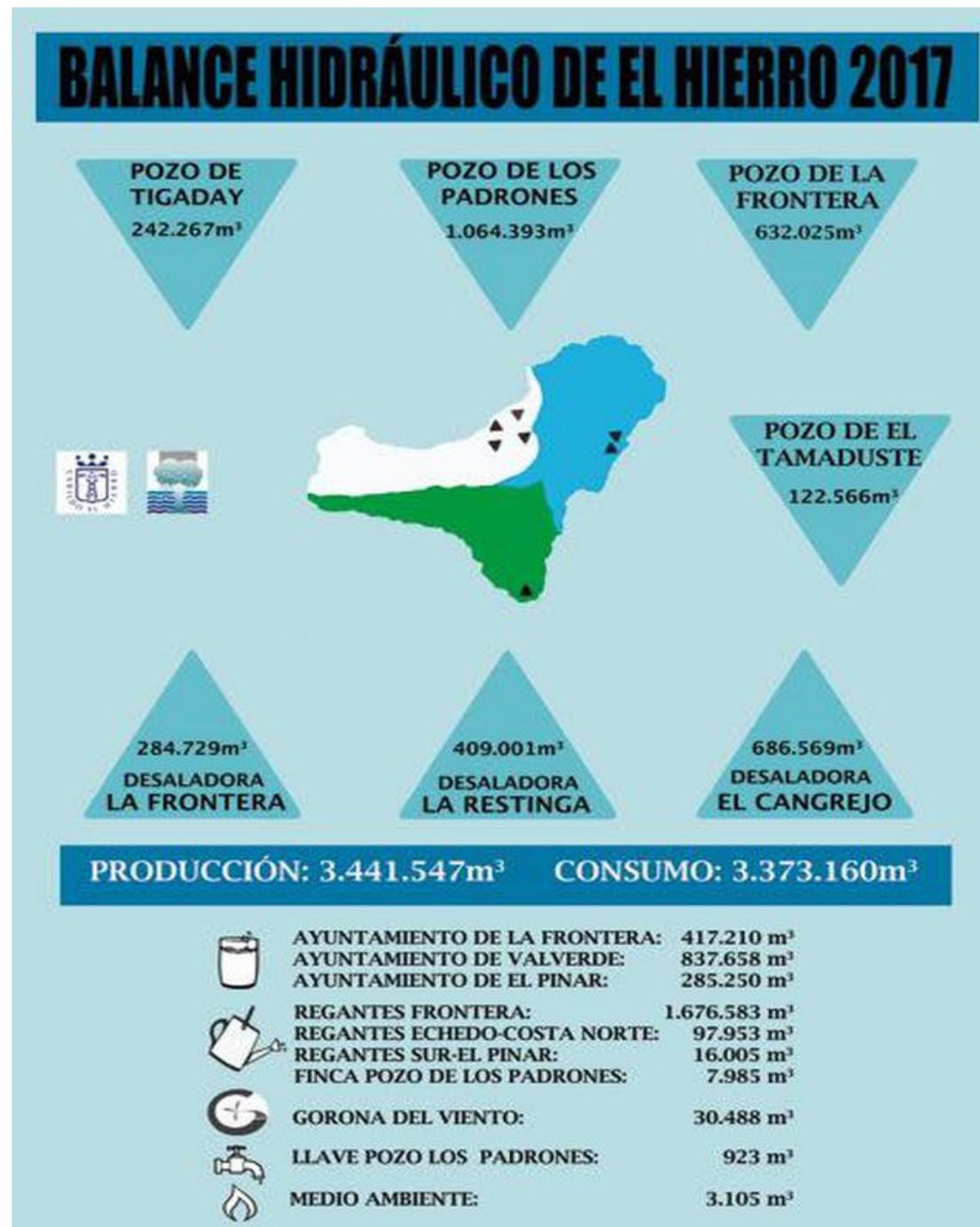
Aquíferos : 60 % du volume
Dessalement : 40 %

dont 30 500 m³ consommé par GDV => évaporation sur les 2 bassins.

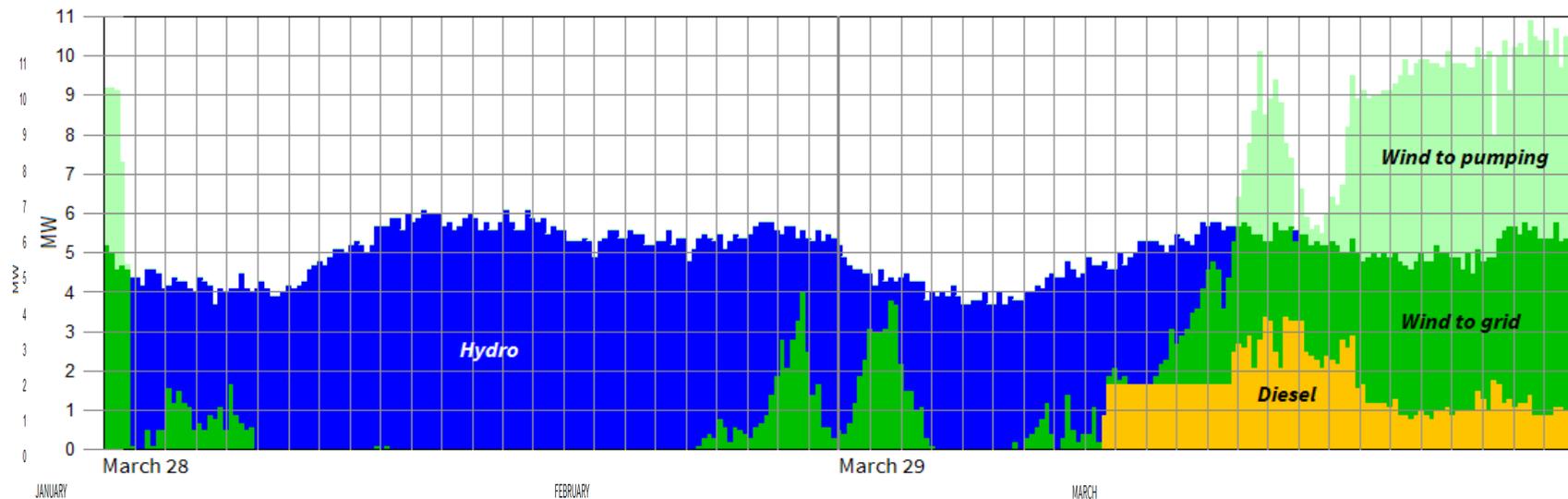
Baisse drastique des niveaux par l'exploitant .



Hydro 21 Grenoble 2018



Comportement particulier en Mars 2018



Période de test

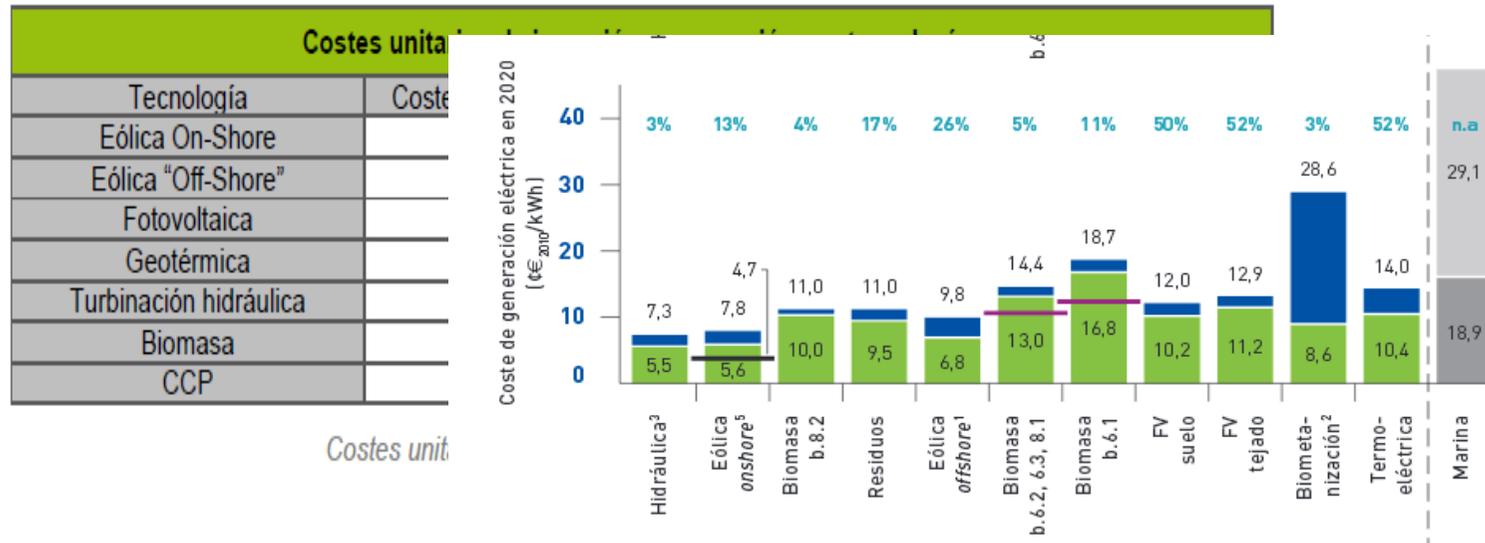
(pour Bruxelles !)

- Diesels à l'arrêt et à minuit fin de pompage
- DT de tout l'éolien à 1 h, relais turbinage seul Hydro = Conso 24 h avec relestage d'une éolienne à différents moments
- Contrôle total par l'hydro seul durant 36 havec des perturbations
- Relestage d'un diesel hors R1P puis 1 puis 2 éoliennes
- Répartition Eolien sur Conso et pompage en fin du 2 ieme jour, pompage et turbinage en //
- Essai complet sur ce réseau insulaire => contractuel , mais surtout

Certificat de Capacité pour les «subsidés» de Bruxelles .

Quid de tous ces coûts ?

En Espagne et aux Canaries



? Au 4^{ie} tr de 2015, le diesel était :

2 fois plus cher que le turbinage

4 fois plus que l'éolien .

Production	EnR	Total des couts	Thermique	Hydro-éole
24 GWh -> 55 % de la conso totale		14,9 M€	7,8 M€	7,1 M€
11 GWh -> 25 % de la conso totale		17,8 M€	10,8 M€	7 M€

? Mais cela n'explique pas le quasi abandon de l'usage de la mini-STEP ?

Transformation médiatique

pour les (in)crédules

- Annonces « Journalistiques »
 - Depuis 2015 El Pais, August 20,2015 relayé par la presse française depuis sans faiblir.
 - Résultat (moyenne) après 3 ans : **46,5 % d'EnR**
 - Et en moyenne 15 à 20 jours d'hydro/an avec un test obligatoire de 48 h pour le certificat de capacité .
 - Besoin maxi : 3 jours sans vent, mais remettre 250 000 m³ d'eau douce à la mer ?
 - The infrastructure as currently conceived **is not capable** of supplying El Hierro with 100% renewable energy.
 - Alors, quelles options ?

Optimisation des EnRs

Oui mais pas avec des «dés pipés»

- *Por fin, ayer, **31 de julio de 2018**, Gorona del Viento, que es la sociedad propietaria de la Central Hidroeléctrica de El Hierro, anunció que ha conseguido cancelar sus préstamos, por valor de 25,6 millones de euros, "a tan sólo 3 años desde que comenzara la explotación comercial del sistema energético".*
- “La cancelación anticipada de deuda gracias a los dividendos obtenidos en los años anteriores nos va a permitir destinar los próximos beneficios
- En Gaulois : **Annulation de la dette de 25,6 M€ avec 12 ans d’anticipation .**
- Par l’opération du Saint Esprit => non, mais comment le trouver ? Un peu de chance ...suffit
- Tarif de rachat garanti durant la durée d’emprunt (15 ans) à **400 €/MWh**
- Coût énergie via les Diesels, entre **120 et 160 €/MWh** , donc 3 fois plus cher, si on pompe et on turbine => on en perd 30 % et puis il y a l’évaporation à payer en eau douce Intérêt d’utiliser la STEP ?

AVEC en plus des excès d’énergie « micrals »

- Rappels de quelques prix d’achat d’éoliens en Europe
 - Wind Offshore Allemand : 85 €/MWh
 - Wind offshore Gaule : 160 + 60 €/MWh
 - Marché Spot continental 55 à 70 €/MWh et l’ARENH à 42 €/MWh



Optimisation des EnR (suite)



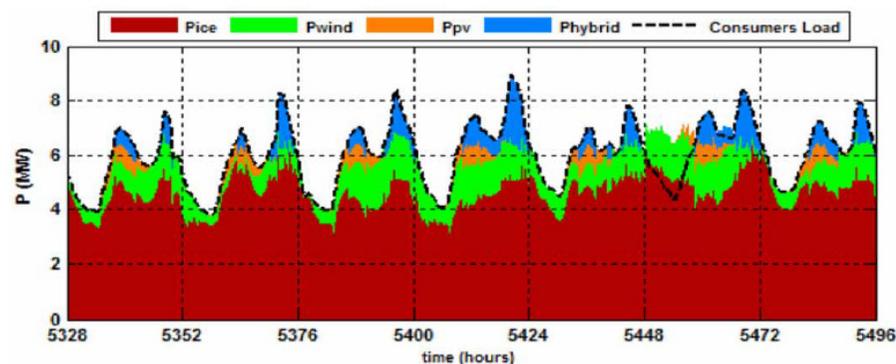
STEP

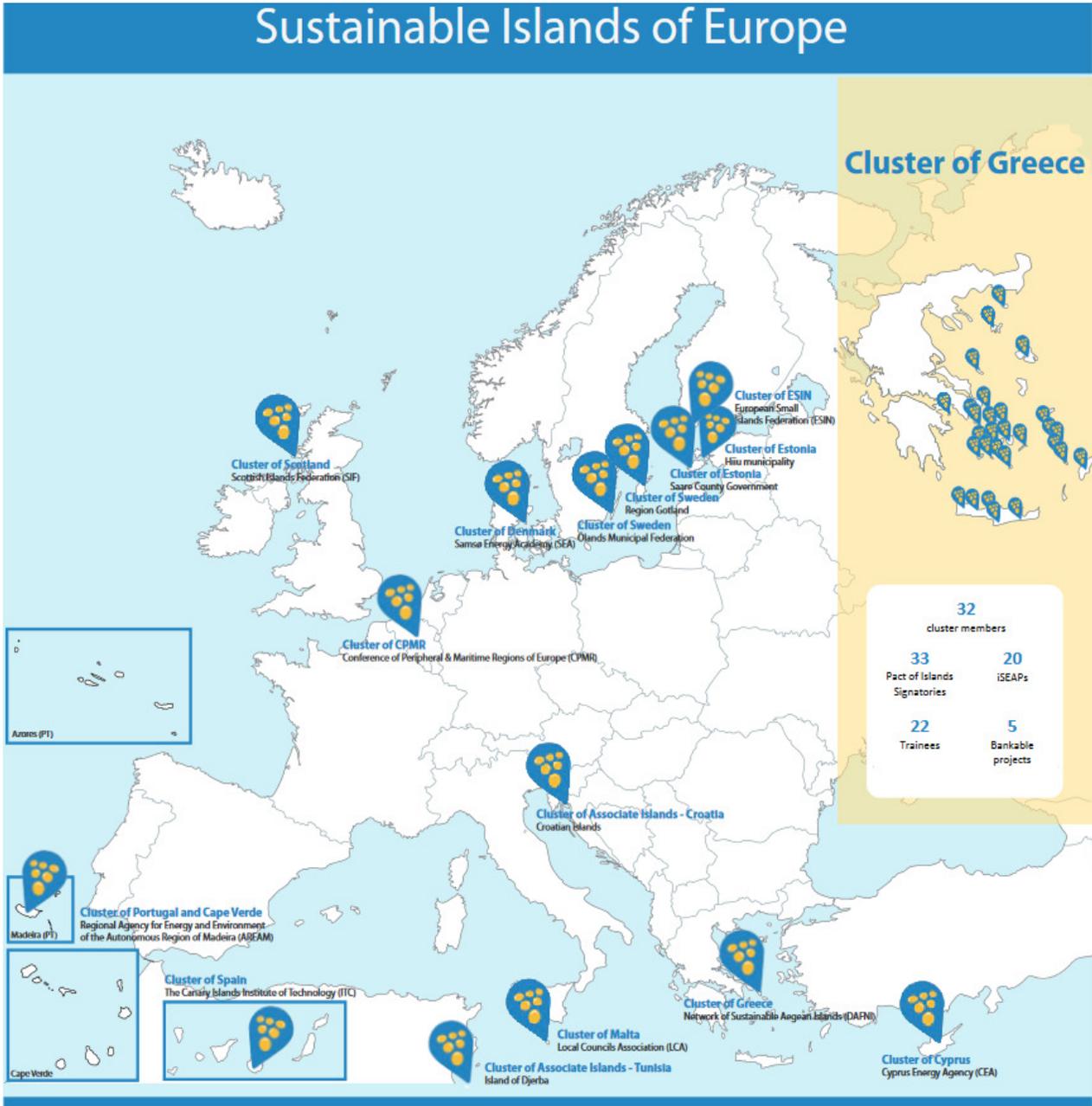
- STEP sans apports hydriques locaux ? => les précipitations locales doivent couvrir l'évaporation annuelle .
- Les 2 CFs => les justifier durant l'exploitation, et quid d'un court-circuit hydraulique ? *Besoin de lissage des à-coups !*
- La chute, se concentrer sur des hautes chutes => Peltons .
- Les pompes doivent absorber les variations de couple du wind sans décrocher, car ici diesel obligatoire en //; Modularité pompes.?
- Pompes à vitesse variable, combien ?
- Ratio Eolien/Turbinage
 - 1 pour 1 => erreur fondamentale à la conception

Disposer d'un simulateur à la conception

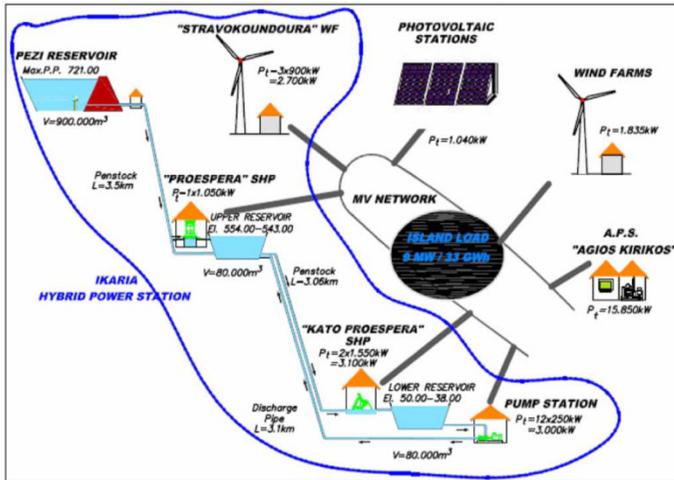
• ENR

- **Wind**, bien analyser la ressource du site considéré
- Dimensionnement sur une moyenne, horaire ou journalière ?
- Donc => Choix d'une Pinst et de l'excès souhaitable , **El Hierro + 1 ou 2 éoliennes**
- Solar , idem wind pour la ressource et dimensionnement
- Complementarité, attention risques.

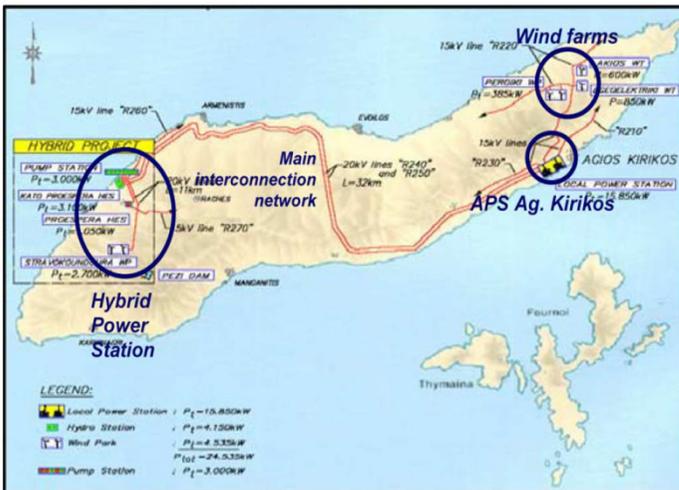




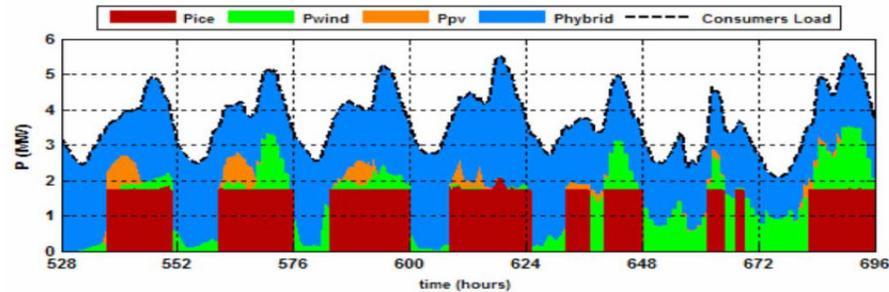
A Wind-Hydro-Pumped Storage Station Leading to High RES Penetration in the Autonomous Island System of Ikaria – Greece -



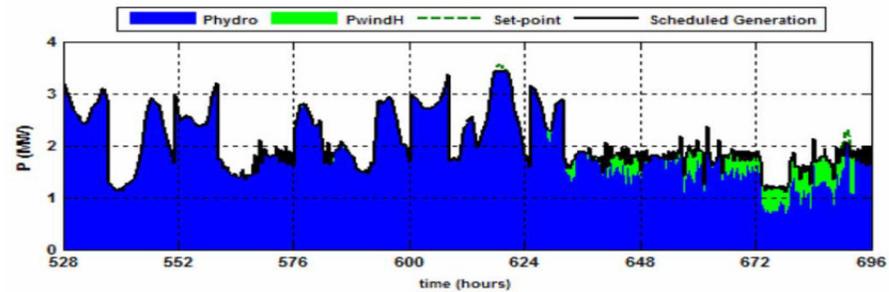
(a)



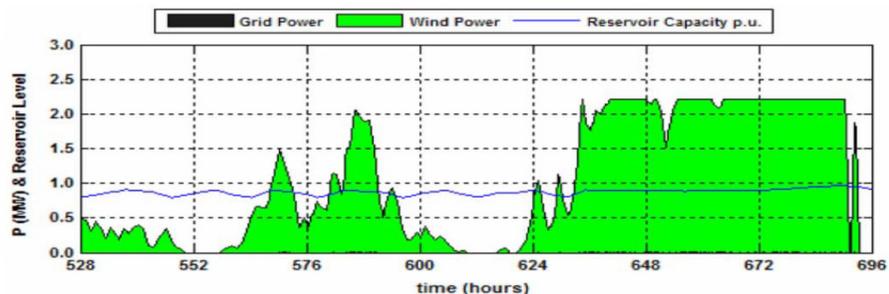
(b)



(a)



(b)



(c)

A Hydro-Pumped Storage Station System of Calheta III – Madeira - Portugal



Calheta Hydroelectric System Calheta III - New reversible system



Calheta Hydroelectric System Calheta III - New reversible system

Expected Results - Electricity

- **29 GWh** (about 30% of annual average hydropower production), of which 18 GWh will result from direct water exploration and the remaining 11 GWh will be the result from pumped water flow, using wind energy resources.
- Integration of more **25 MW** of wind power, with an estimated annual production of about **60 GWh** (equivalent to about 7% of the total production in 2010 in Madeira Island).

Medium RES Penetration

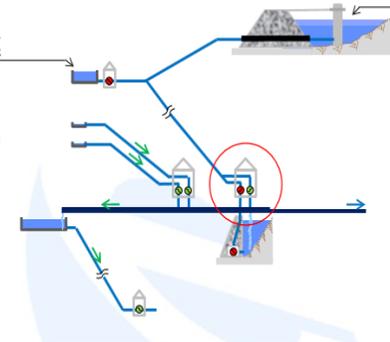


Calheta Hydroelectric System Calheta III - New reversible system

Main Components

3 - Calheta III Hydroelectric Power Plant and Calheta Pumping Station

- 2 generators with 15 MW of power each (2x15 MW)
- 3 pumps for Calheta Pumping Station, each one with 4,9 MW



to allocate EUR 45 million from the production from hydro and wind power in the capacity of the electricity supply.

Optimisation des EnR (suite & fin)



- **Besoins en électricité pour le Dessalement**

los datos reales de las EDAM
de La Restinga y El Cangrejo

4,62 kWh/m³

- **Risque : Le serpent qui se mord la queue ?**

Conclusion de cette expérience:

L'hydraulique et aussi la mini-hydro doivent ouvrir leur éventail de réflexions d'Ingénierie en couplant tous les usages de l'eau et en y intégrant les contraintes des autres EnR (Eole et PV...) là est toujours le **Renouveau**espéré.

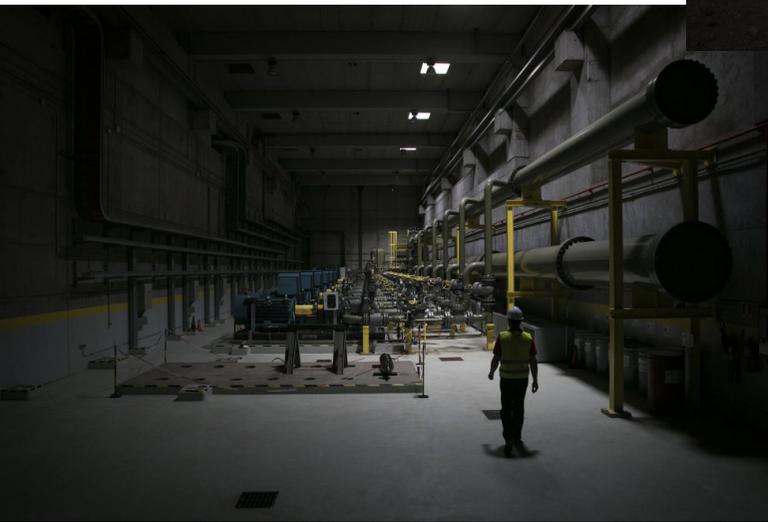
Car nous **devons offrir plus** qu'une opportunité de produire cette hydro-électricité, il faut y intégrer toutes les valeurs ajoutées possibles compte tenu de ses caractéristiques intrinsèques .

MUCHAS GRACIAS



Merci pour votre attention

et merci aussi de la transparence des informations issues de nos voisins Espagnols de REE.



Hydro 21 Grenoble 2018

JJ HEROU