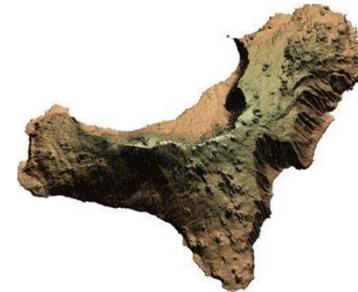


Renouveau pour les Energies Renouvelables (?/!)

REX de l'Île d'El Hierro
Los Canarias

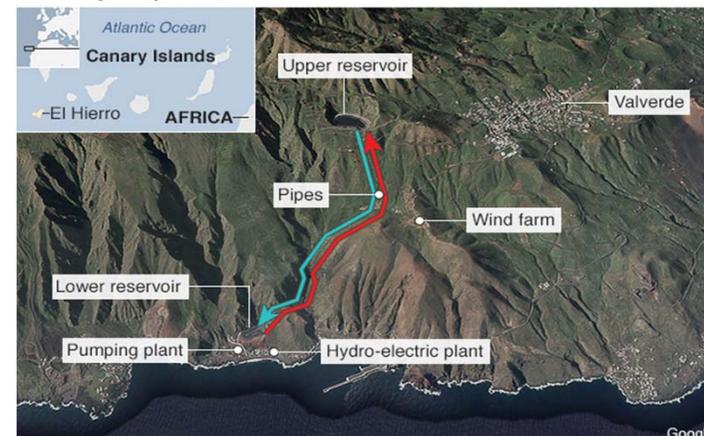


Objectifs du Projet initial

- El Hierro, île volcanique aux pentes abruptes et escarpées ; façonnée par le vent et aux versants balayés en permanence par celui-ci,
- $S = 278 \text{ km}^2$ et peuplée de 10.700 habitants



Wind-hydro power, Gorona del Viento



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**

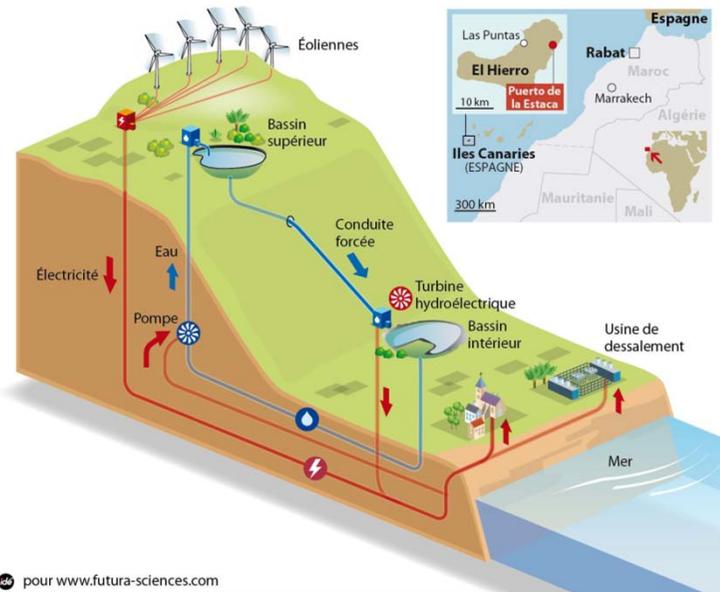
Système Electrique de El Hierro 

Demande annuelle: 43,6 GWh, Puissance de Pointe (demande) : 7,5 MW



Constitution de ce Projet Energétique

Cinq éoliennes et une centrale hydro-éolienne



pour www.futura-sciences.com



Hydro 21 Grenoble 2015

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**

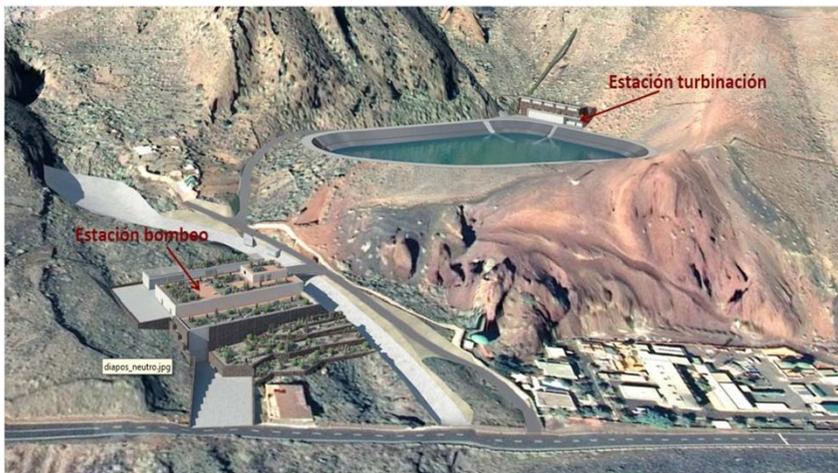
Principes du système Energétique



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



Les machines électrohydrauliques

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

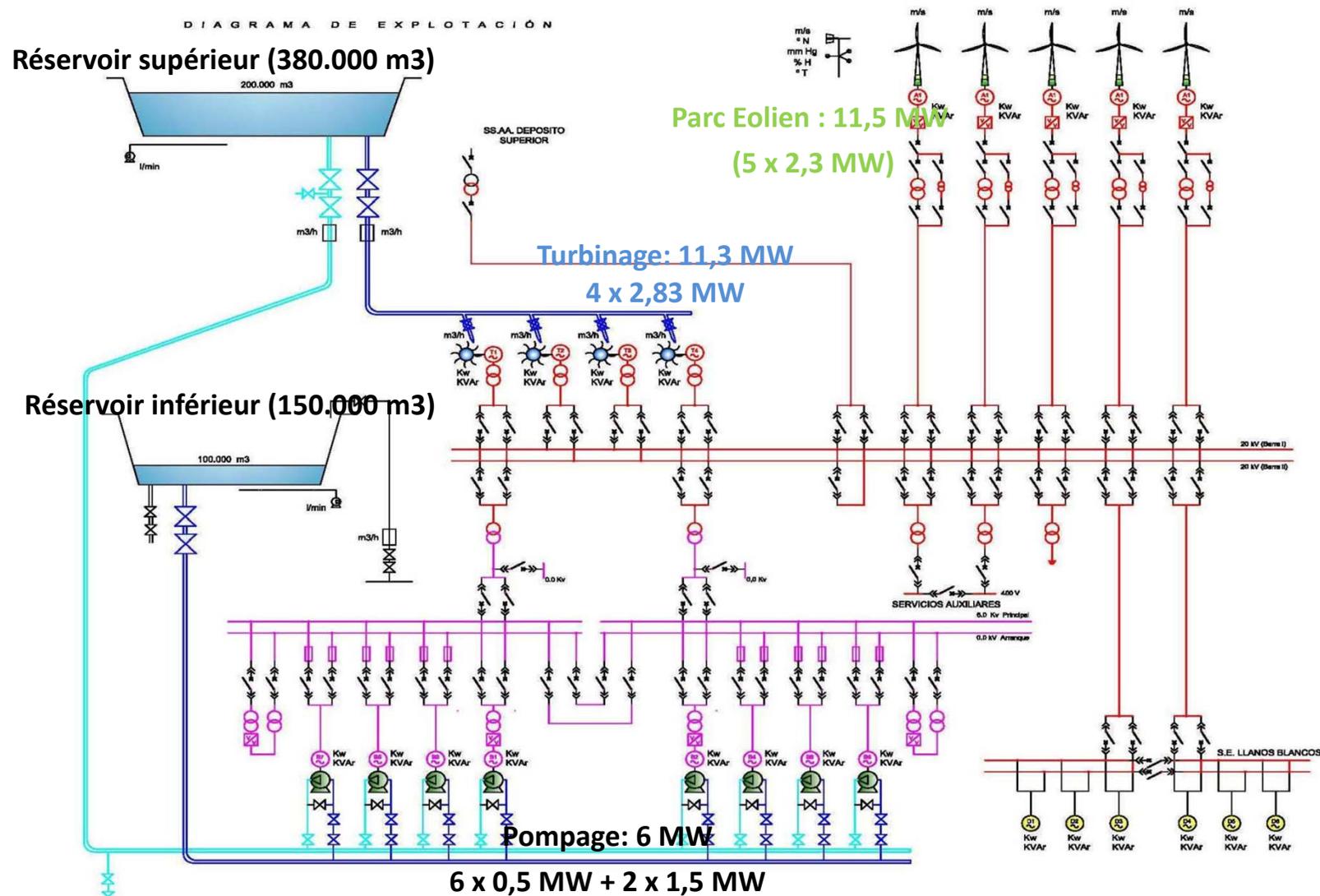
- Chute nette : 680 m
- Débit maximal : 0,7 m³/ s
- Puissance 2 x 1,5 MW + 6 x 0,5 MW
 - Fabricant : Flowserve



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

Variateurs de fréquence : ABB

Schéma électrique des Productions



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'actionnariat était constitué de :

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

L'aspect innovateur 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
- Eoliennes : 16 M€
- Surplus de dessalement d'eau de mer :

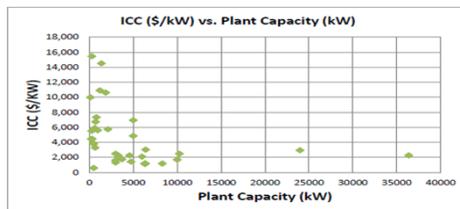


Figure 2. Trend of ICC vs. head and vs. plant capacity for existing NPD and conduit sites.
Note: Data collected from FERC license documents

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 €**

Répartition de cet investissement pour une puissance garantie de 11 MW environ ,

7,5 € du Watt

- ❖ **Eolien : 1,45 €/W**
- ❖ **STEP, Turbinage : 3,8 € / W** (global : Le Rondeau 4 €/W)
- ❖ **STEP, Pompage : 0,7 €/W**
- ❖ **Ingénierie et intérêts divers : 1 €/W**
- ❖ **Complément de dessalement :...?** (Cout EPR Fla3 = 7 €/W)



Chantiers et Réalisations (Difficultés)

- Eoliennes
 - Infrastructures locales réduites
- Hydro : Traversée d'un site Archéologique
 - 13 M€ au lieu de 7



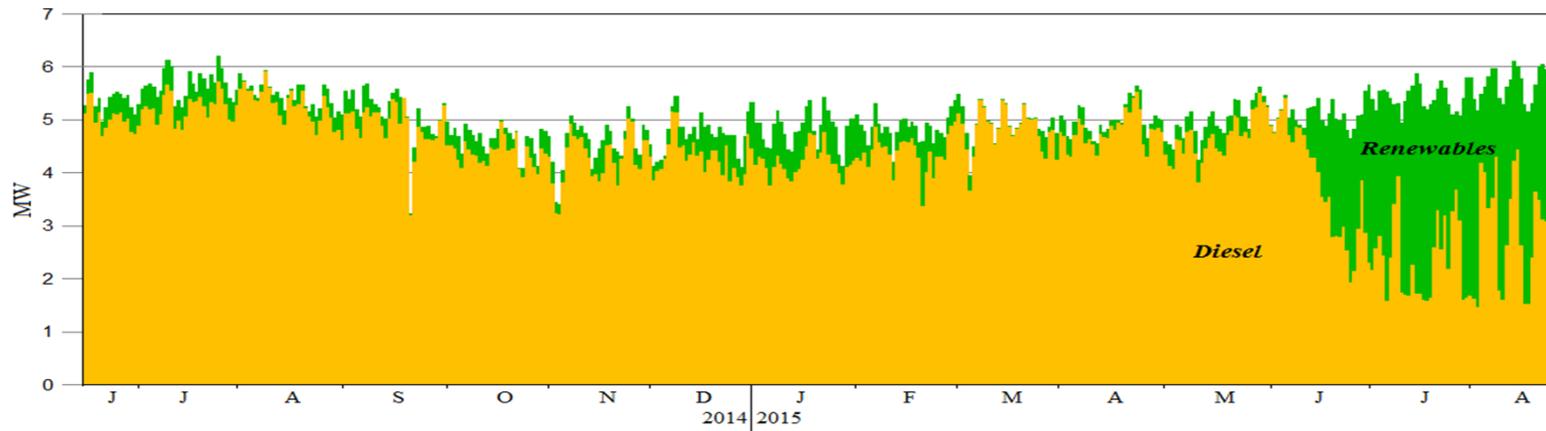
Hydro 21 Grenoble 2015



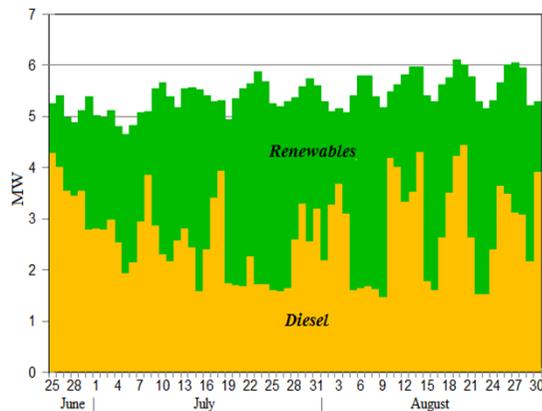
Site des usines



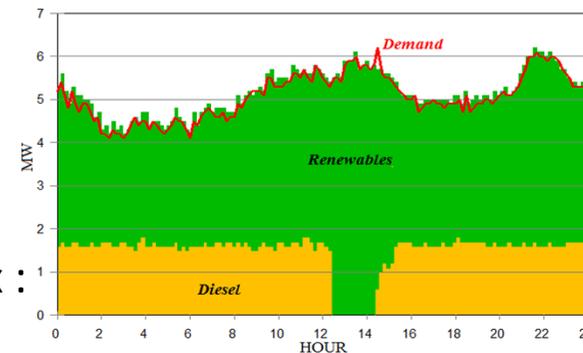
- Données issues de REE



Moyenne journalière issue de Gorona de Viento generation, July 27, 2014 to August 30, 2015



Le jour
miraculeux :
9 Août



- Annonces « Journalistiques »

[El País, August 20, 2015:](#)

For **four** hours from 12 noon on Sunday August 9, the Gorona del Viento wind-hydro power station generated all the electricity for the tiny island of 10,000 inhabitants using clean energy – the culmination of a project that began 30 years ago.

[Energy Live News, August 24, 2015:](#)

“This is a relevant fact for locals, Europe and the planet. We **prove** that it is possible to achieve 100% of green energy in an isolated region by boosting renewables and ditching fossil fuels.”

[Olive Press News, August 15, 2015:](#)

El Hierro, one of the Canary Islands, has turned off its diesel engines. The island is set **to be run entirely** on wind power from this week.

- En Gaule, plus blanc que blanc.....

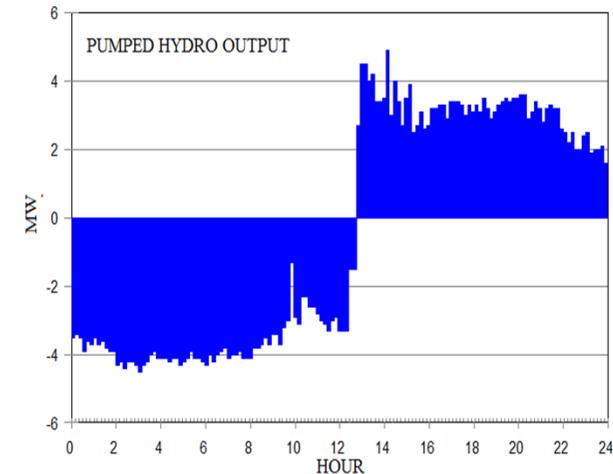
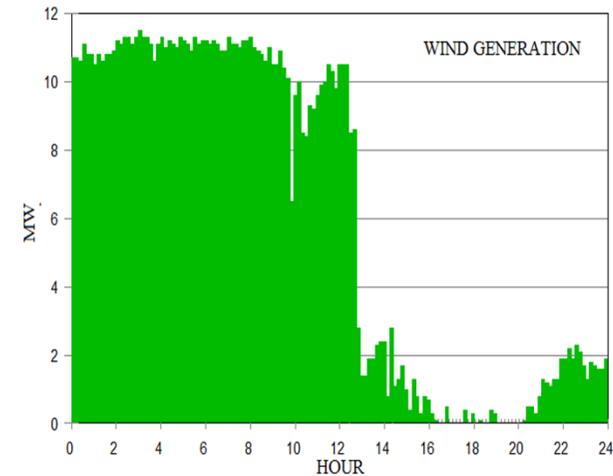
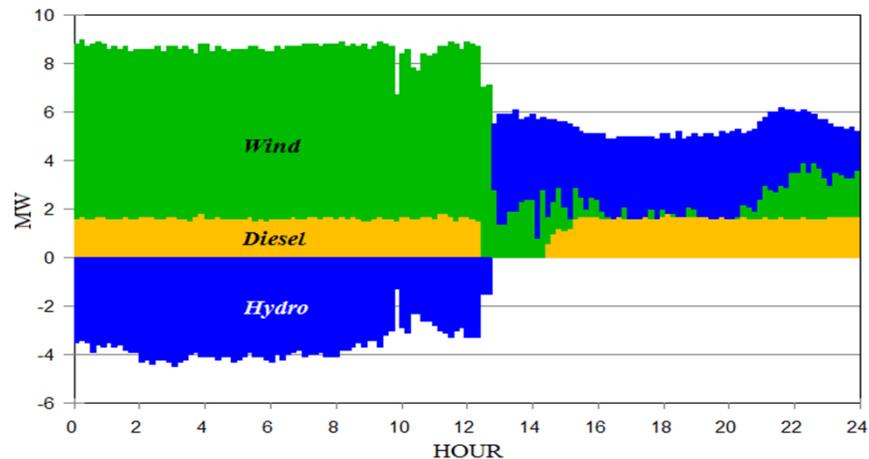
- France Inter, Arte, Médiapart etc ...Ile enfin, 100 % EnR

- Dires d’un responsable politique de l’île en Juin 2015 relatés par la presse spécialisée:

El pasado 27 de junio, el **Cabildo de El Hierro** inauguró el proyecto de **Gorona del Viento** con el que **la isla canaria se autoabastecerá de energía 100% renovable**. Según ha podido saber El Periódico de la Energía, se trata de una central que a día de hoy, y presumiblemente siempre, es **humo**, un **bluf**, una **pantomima**. **Ni la isla se autoabastece y menos con energía 100% renovable.**



Comportement réel ce 9 Août 2015



Période faste en terme de vent : en + dimanche

- Pmax éolien limitée à 8,7 MWe
- Diesel au minimum technique
- Essai de l'hydro seule sur le réseau insulaire => contractuel
 - Pompage sur le vent le matin
 - Arrêt délibéré de 4 éoliennes
 - Arrêt du diesel
 - 1 h 30 de Pelton seules puis restart 1 diesel

Quid de tous ces coûts ? Aux Canaries

Costes unitarios de inversión y generación por tecnologías		
Tecnología	Coste unitario de inversión [M€/MW]	Coste unitario de generación [c€/kWh]
Eólica On-Shore	1,23	4,6
Eólica "Off-Shore"	1,23	4,6
Fotovoltaica	2,8	15
Geotérmica	4	8,8
Turbinación hidráulica	1,07	10
Biomasa	4,5	12
CCP	4,8	27,9

Costes unitarios de inversión y generación por tecnologías.

Le coût du nouveau système électrique d'El Hierro serait de :

? Sans CSPE, bien sûr ?

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€

? Le diesel est seulement 2 fois plus cher que le turbinage et 4 fois plus que l'éolien .

El Hierro. Costes de generación		
Tecnología	Coste [c€/kWh]	Energía Generada [TWh]
Eólica On-Shore	4,6	0,036
Turbinación hidráulica	10	0,012
TOTAL EERR		0,048
Convencional	20,6	0,023
TOTAL SISTEMA		0,071

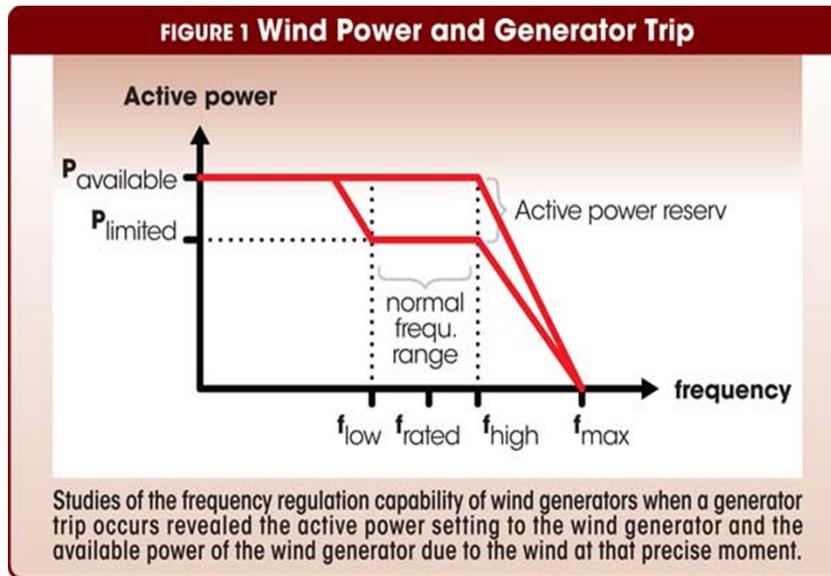
Costes de generación por tecnologías en El Hierro.

Par conséquent, plus est réduite la production des ENR, plus s'améliorent les entrées générées par la centrale au fioul et c'est un **problème très sérieux** (González et Lorenzo, 2014).



Stabilité du réseau Séparé

- Eolien avec Réglage primaire = limitation



- Comportement sur CC éolienne



FIGURE 15 : INERTIA AND SYSTEM FREQUENCY STABILITY

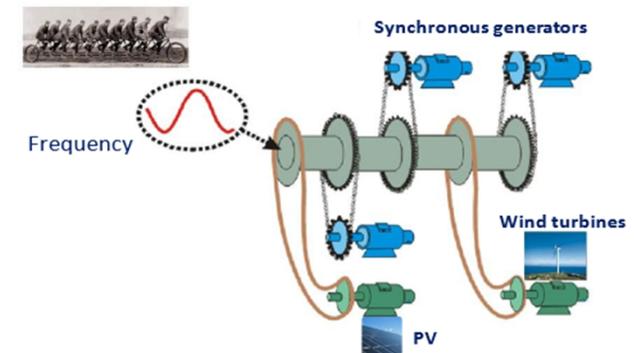
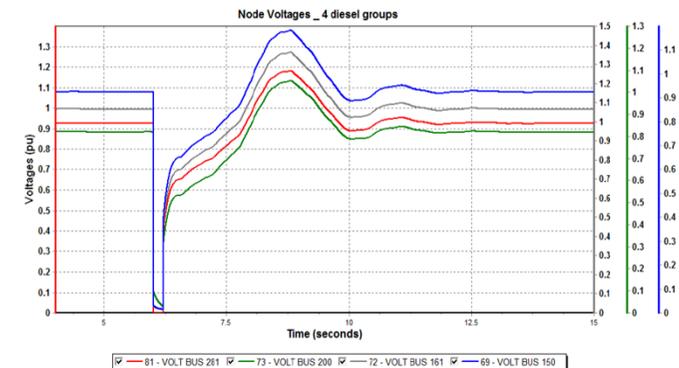
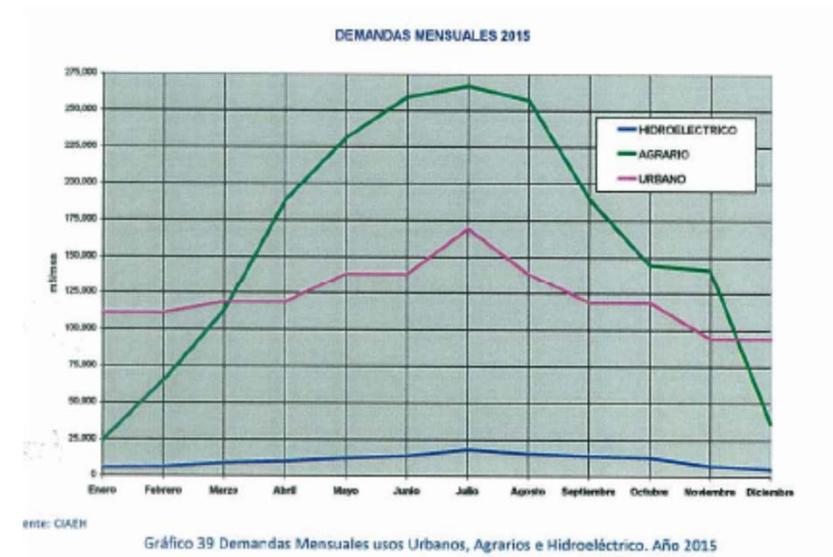


Figure 8. Bus voltages and machine speeds for a 4-Diesel unit scheme following a wind generator three-phase fault. (a) Node voltages in p.u.; (b) Machine speeds in p.u.



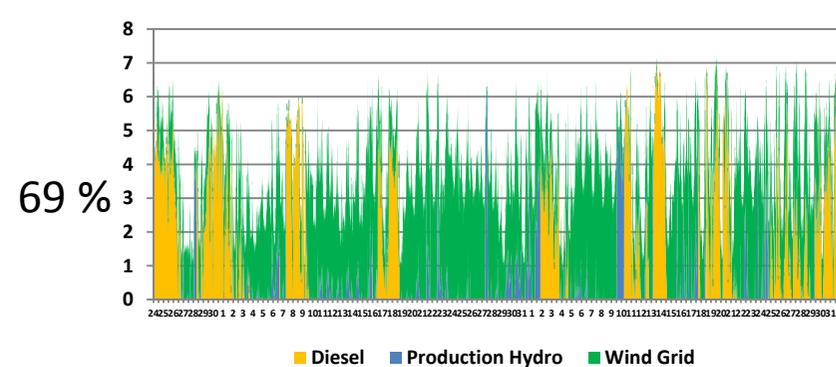
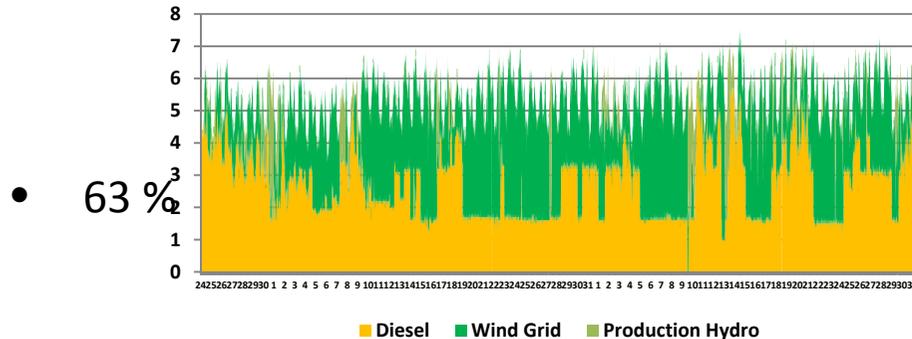
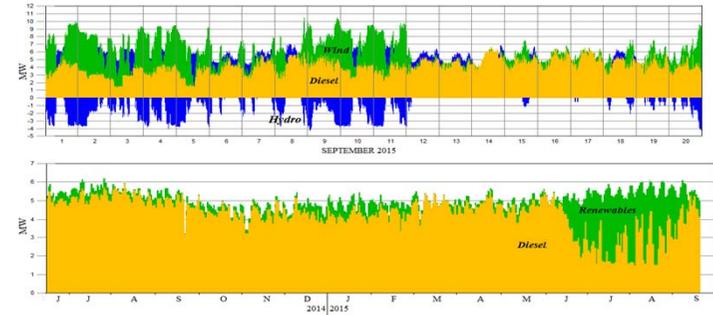
Dimensionnement du Projet

- Volume des réservoirs
 - Supérieur : tenir 3 jours sans vent, → mais 2,5 fois + volume que l'inférieur => perte d'une eau dessalée très chère ?
- Besoin en eau / l'année.
- Ratio Eolien /Turbinage
 - 1 pour 1 => erreur ,
choix **possible de 3 pour 1**
- Ratio P turb /P pompe
 - Acceptable 1 pour 0,6



Optimisation des EnR

- Couverture EnR/Diesel
 - **51.4 %** de la demande fut couverte par le diesel cet été
 - En théorie la production Eolienne aurait pu couvrir 55,2 % mais écart entre production et productible => pbs dispo de machines ? (ratio 11.5/7.6= 1.51)
- Rejouer le scenario pour maximiser l'EnR, en tirant le max de l'éolien

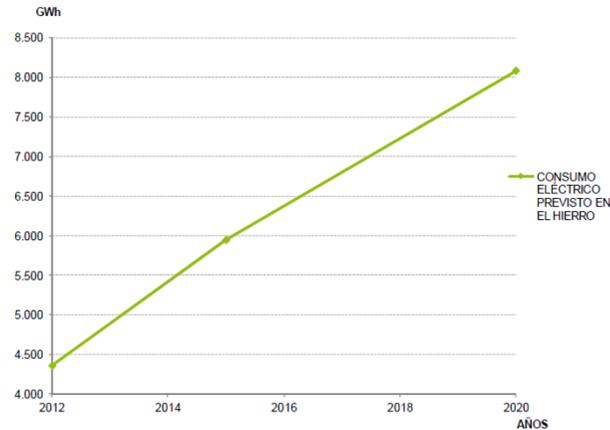


- Ratio Eolien/Turbinage
 - 1 pour 1 => erreur fondamentale à la conception

Plutôt 3/1 à El Hierro

Optimisation des EnR (suite)

- Besoins en électricité pour le Dessalement



Consumos energéticos previstos en desalación, El Hierro.

Passage de 12 % à 20 % de la production électrique

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 le **Renouveau**

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

Vision de nos proches voisins...

Contatti



Polo di Innovazione ENERMHY – Energie Rinnovabili e Mini Hydro

c/o Consorzio Univer

P.zza Risorgimento 12, 13100 Vercelli

tel . 0161.215.517

fax 0161.501.852

www.enermhypiemonte.it

enermhy@consorziouniver.it



MUCHAS GRACIAS



Merci pour votre attention

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

Orientation imaginable

- Propositions d'actions au niveau de la région berceau de l'hydraulique .

Un siècle après

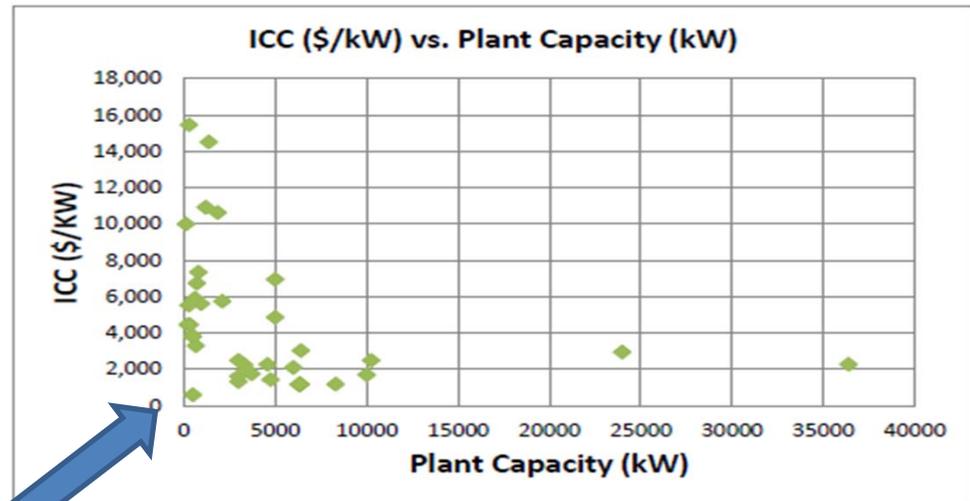


Figure 2. Trend of ICC vs. head and vs. plant capacity for existing NPD and conduit sites.

Note: Data collected from FERC license documents

- Créer la « Logan » de l'hydraulique, plus particulièrement pour les 1,5 milliard d'hommes qui n'ont pas d'électricité et/ou d'eau. (Cf Borloo)

Projet NREL de 2011

Coyaique, Chile

- Large regional distribution system
- 3x 660 kW wind turbines
- 4.6 MW of mixed hydro
- 16.9 MW of diesel



- Manually operated through local control center
- Turbines turned off during low load or high wind periods