



<http://myrte.univ-corse.fr/>



Stockage de l'énergie  
3-4 décembre 2013

# *L'Hydrogène, une solution pour le déploiement des énergies renouvelables – expérimentation MYRTE*

**Philippe Poggi**

Université de Corse, UMR CNRS SPE,  
20000 Ajaccio (France)



1



# LE CONTEXTE

Le développement des énergies renouvelables et des nouveaux usages de l'électricité imposent de moderniser le système électrique

**USAGES** : - *existants* : ampleur considérable (climatisation, chauffage électrique)  
- *nouveaux* en développement (véhicule électrique, pompe à chaleur, ....)

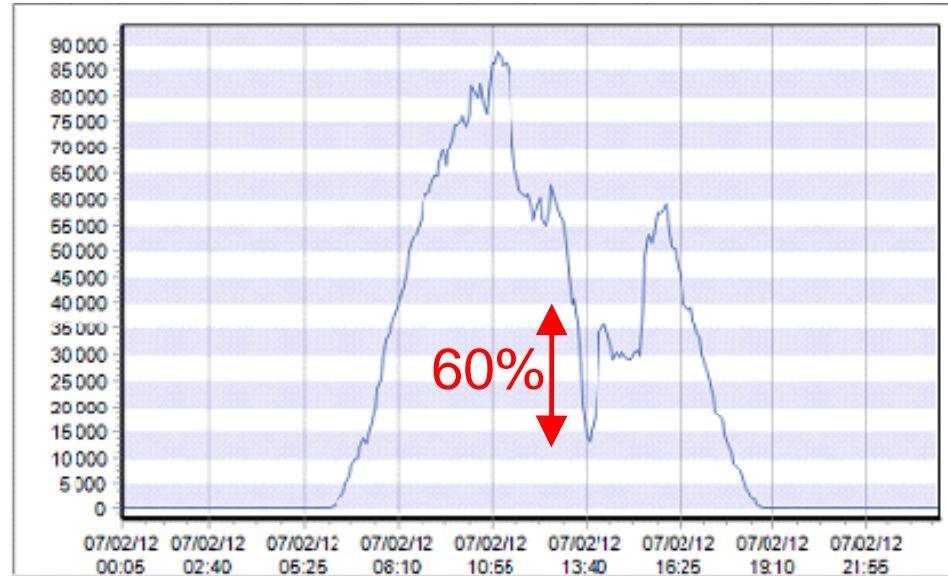
**Changements contraignent le pilotage des réseaux électriques car**

1. Consommation d'électricité connaît de **fortes variations** horo-saisonniers. Consommation d'énergie plus importante en hiver qu'en été et présence de pointes et de creux journaliers ;
2. **Intermittence** de leurs sources renouvelables /moyens de production d'électricité sont de plus en plus variables ;
3. le développement de la **production décentralisée**
  - multiplication des sites de production
  - injection de l'énergie sur des réseaux de distribution conçus pour l'acheminer et non la collecter.

**Contraintes** → revoir les règles « *traditionnelles* » d'exploitation des réseaux  
→ exige des adaptations d'observabilité et de conduite des réseaux

Limite d'intégration des EnR intermittentes (fatales) dans les ZNI : 30%

## Variation brutale

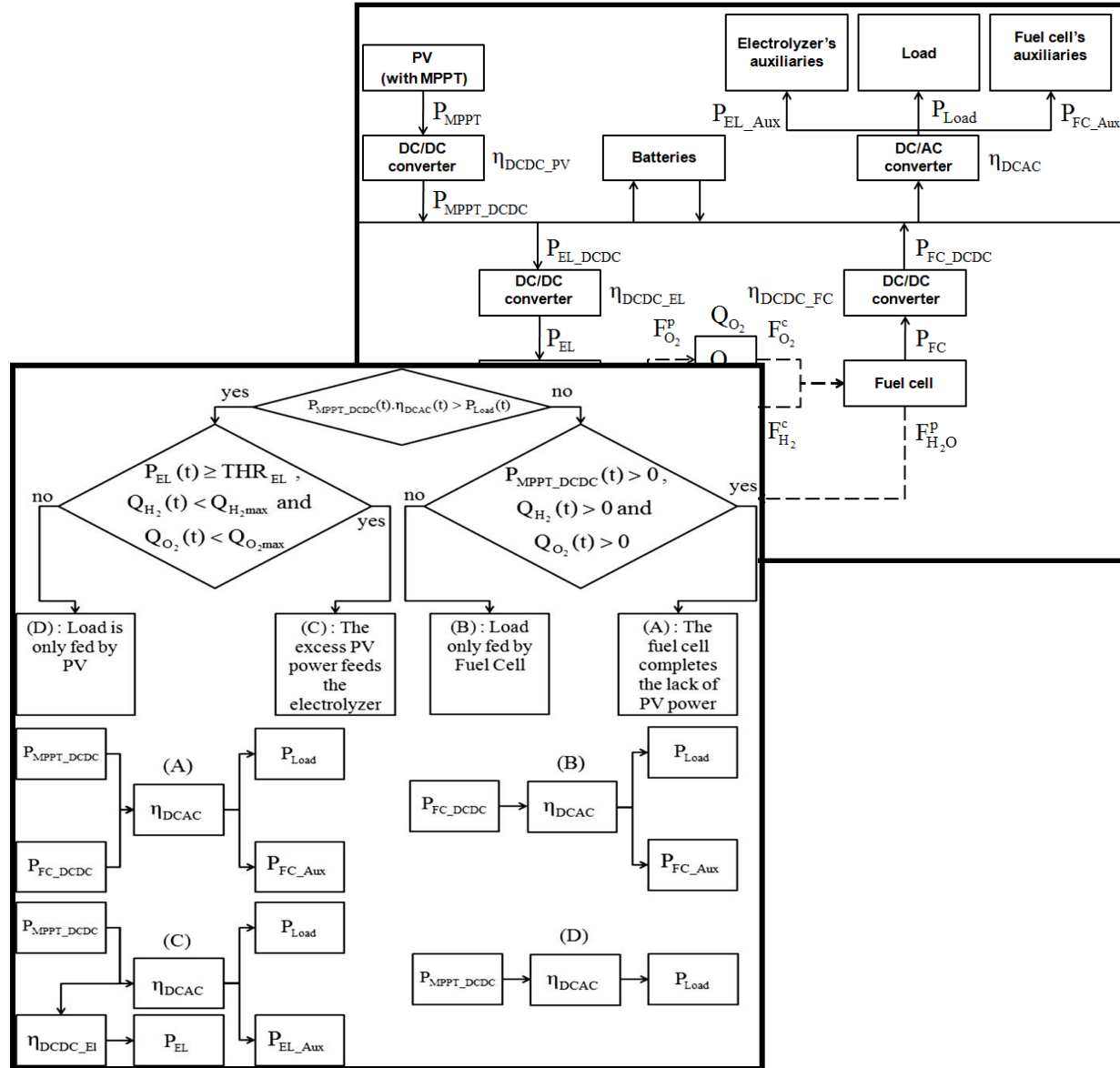
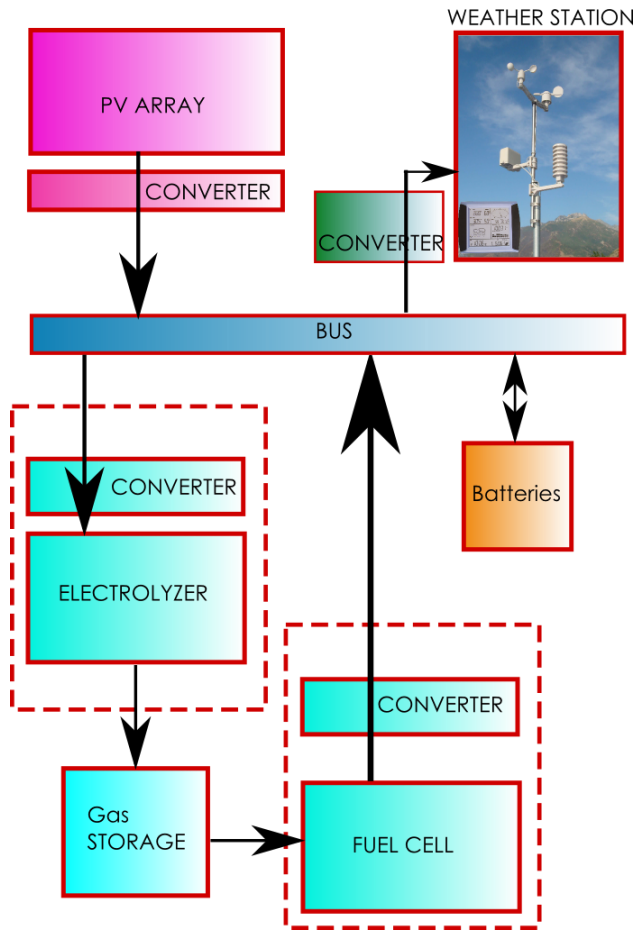


07 Fevrier 2012. 60% de perte de production PV en cours en moins de 15 minutes  
=> besoin de réserve rapide

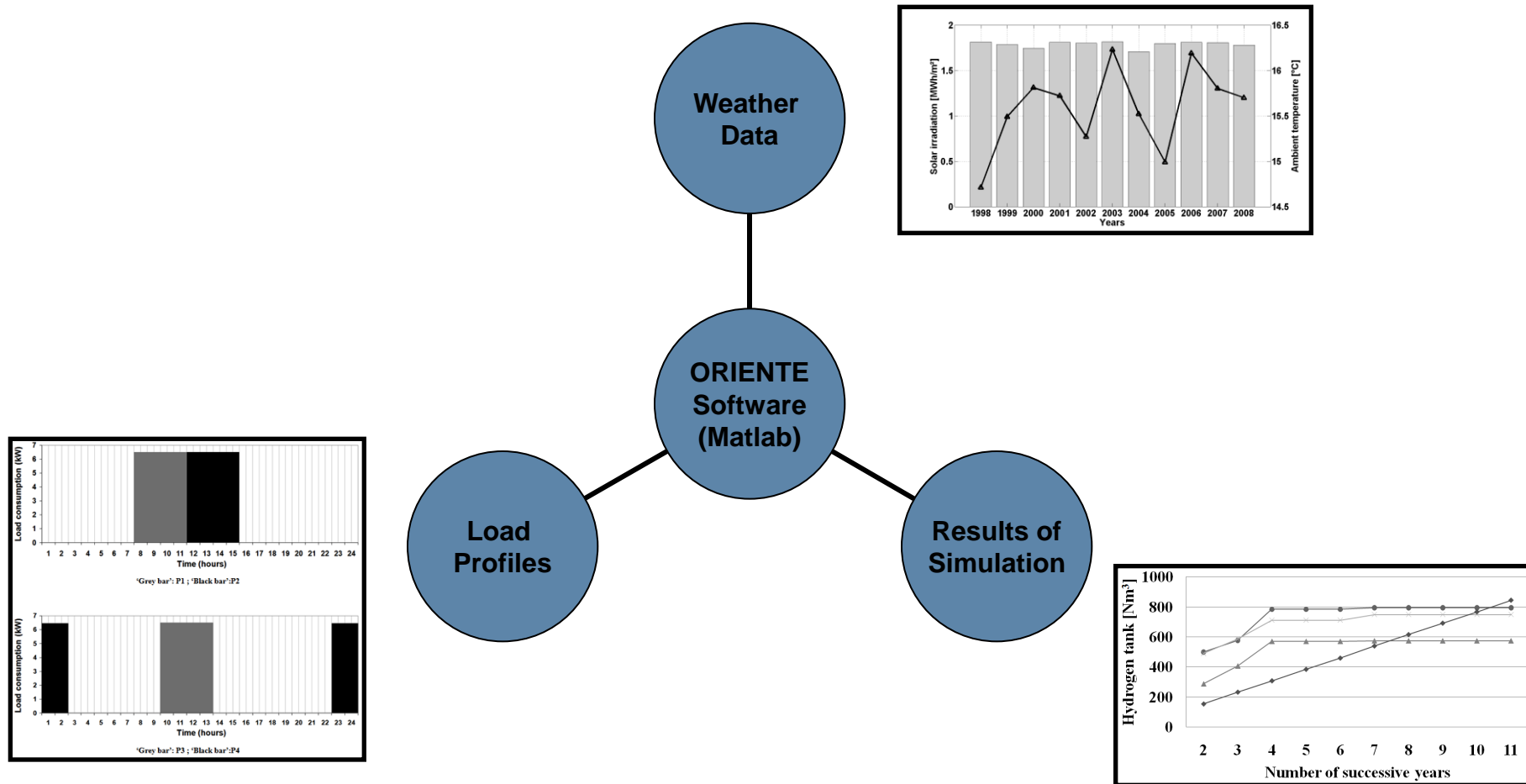
► *Développement des réseaux intelligents et du stockage de l'énergie : qualité de la puissance, sécurité du réseau électrique ...*

► **Développer une connaissance scientifique et technique de la gestion globale du système énergétique (gestion de l'aspect intermittent de la ressource solaire et dimensionnement optimal du système) et des éléments composants le système (i.e. électrolyseur) est nécessaire**

# SYSTEMES ENERGETIQUES MULTISOURCES



# SYSTEMES ENERGETIQUES MULTISOURCES



## ENJEUX

### Estimation de la ressource :

- ▶ **INDUSTRIELS** : Evaluation de la rentabilité des sites
- ▶ **SITES ISOLEES / MICRO-RESEAU** : Dimensionnement du stockage

### Prédiction de la ressource : anticipation court terme de la production d' énergie

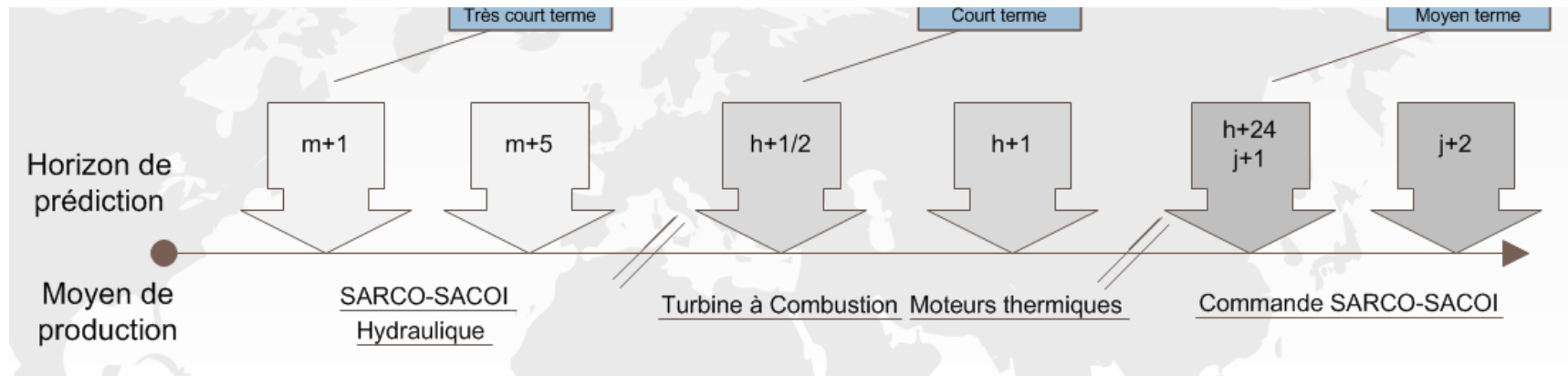
- ▶ **GESTIONNAIRE DE RESEAU** : Intégration des EnR– garantie de la stabilité
- ▶ **SITES ISOLEES / MICRO-RESEAU** : Gestion du stockage

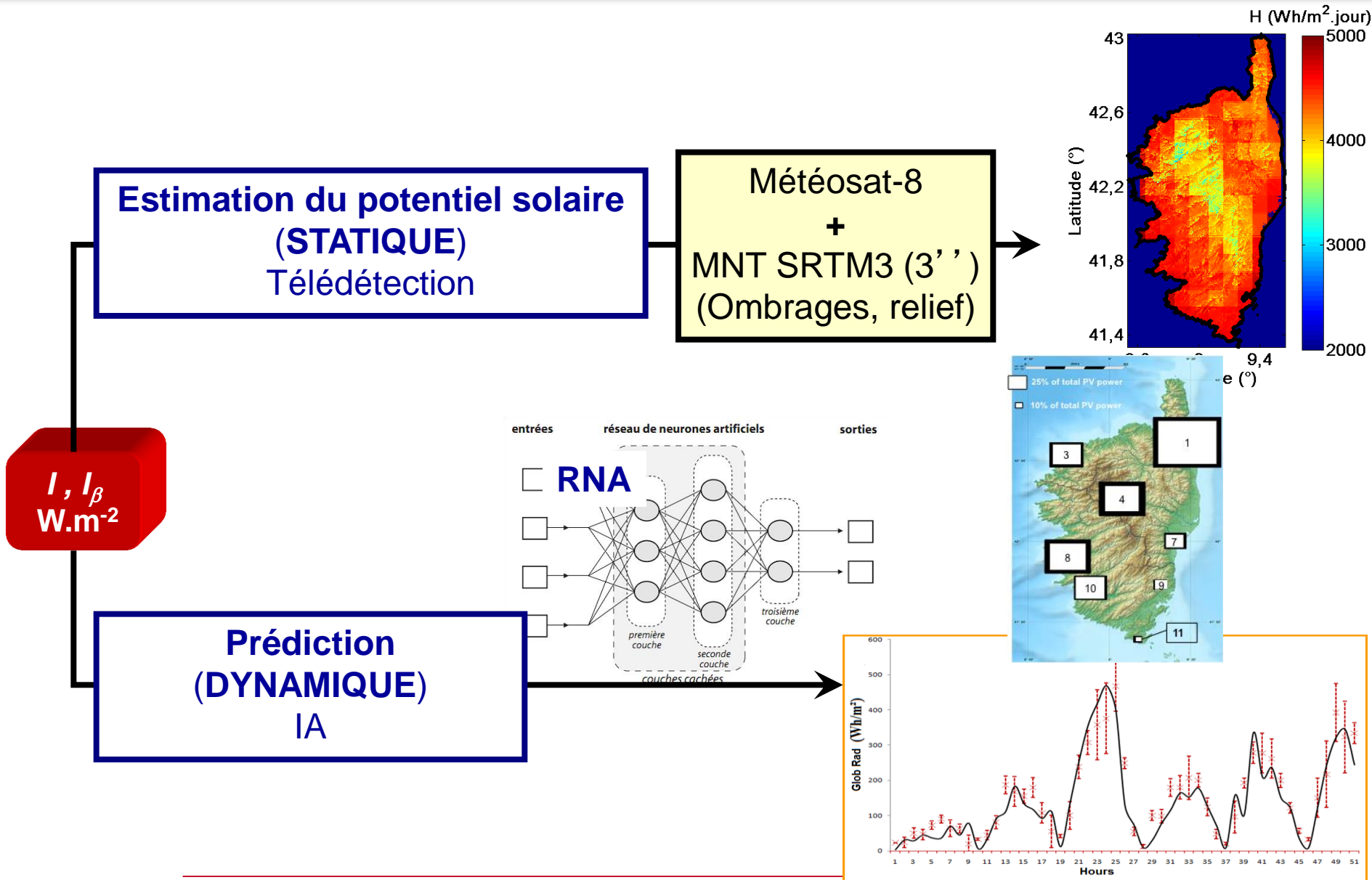
## ENJEUX

Du point de vue du gestionnaire de réseau (EDF), les besoins en termes de prédiction de la ressource solaire et des ressources intermittentes en général sont très variés. On peut les distinguer suivant l'horizon envisagé :

- la ressource qui sera disponible les jours suivants ( $j+1$ ,  $j+2$  et  $j+3$ ),
- le lendemain par pas horaire ( $h+24$ ), dans 1 heure ( $h+1$ ),
- et dans 5 min ( $m+5$ ).

*le moyen terme, le court terme et le très court terme.*





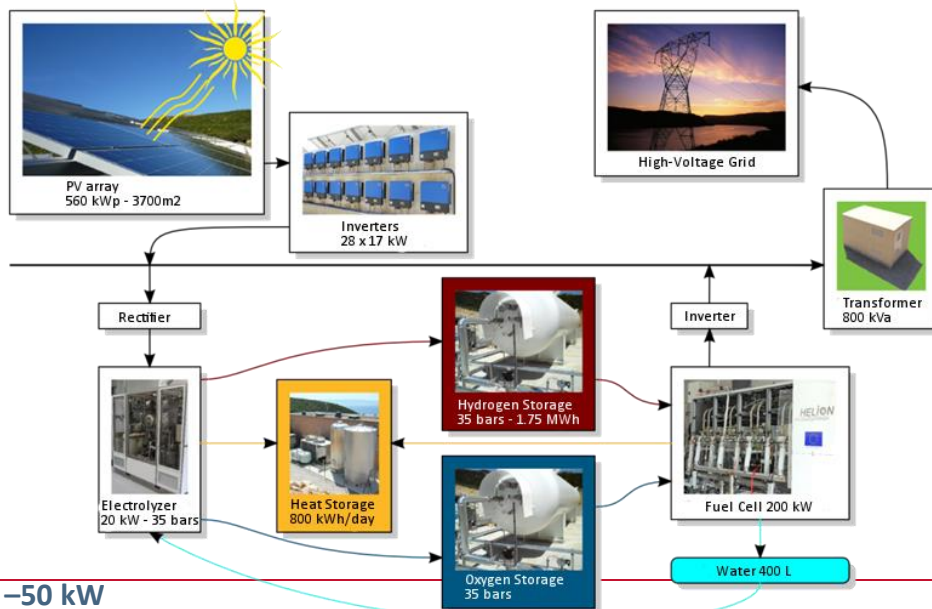


- **Développement des outils et amélioration des résultats**
  1. Prédictions **2D** (cartographie)
  2. Prédictions sous forme d' **intervalle de confiance**
  3. Alternative de type **modèle non-linéaire** (multifractal) à la prédiction du **rayonnement solaire**
  
- Utilisation des prédictions pour le **pilotage dynamique** des plateformes mettant en œuvre une hybridation entre des unités de stockage des moyens de production d'énergie renouvelable intermittent
  1. **MYRTE**
  2. **PAGLIA ORBA**

# LA PLATEFORME MYRTE – Chiffres clés



- **Photovoltaic Array:** 560 kWc, 2240 PV modules (3700m<sup>2</sup>) – 28 inverters SMA 17kW
- **Electrolyzer:** 50 kW (PEM) – 10 Nm<sup>3</sup>/h
- **Fuel Cell:** 100 kW (PEM)
- **Gas Storage:** H<sub>2</sub> (1400 Nm<sup>3</sup>) & O<sub>2</sub> (700 Nm<sup>3</sup>) – 35 bars
- **Heat Storage System:** 400 kWh (water + PCM)



PEM Fuel Cell 100 kW

Electrolyser PEM 10 Nm<sup>3</sup>/h – 50 kW

# ARCHITECTURE DE MYRTE



**Centrale PV**

**Bâtiment  
d'expérimentation**

**Zone de stockage des gaz**

## ZONE DE STOCKAGE DES GAZ (O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>)

**ENERGIE STOCKEE = 1,75 MWh**



**2 réservoirs d'Hydrogène (1400 Nm<sup>3</sup>, 35 bars) and 1 réservoir d'Oxygène (700 Nm<sup>3</sup>, 35 bars)**

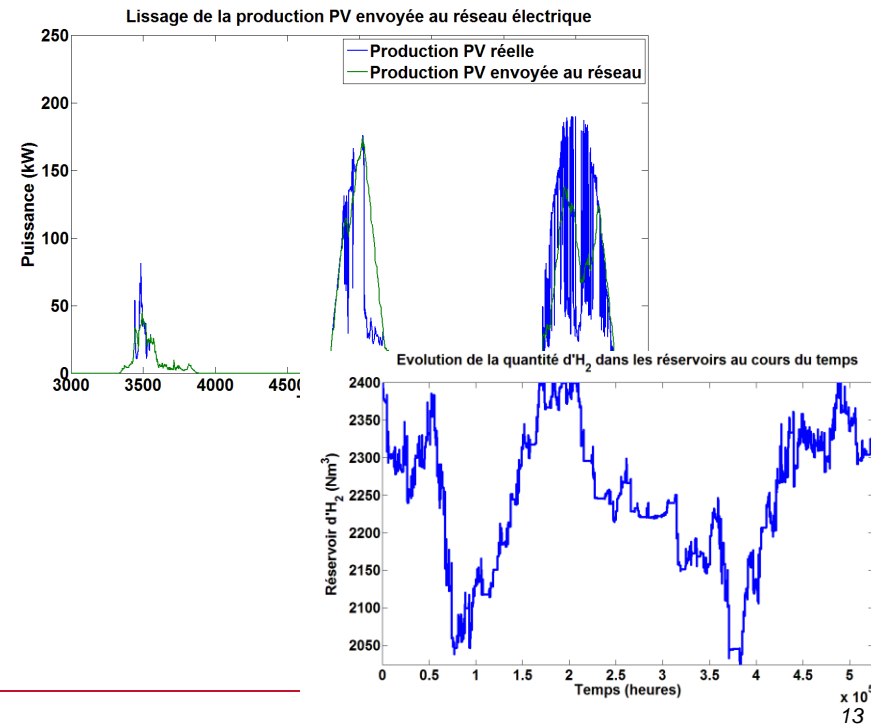
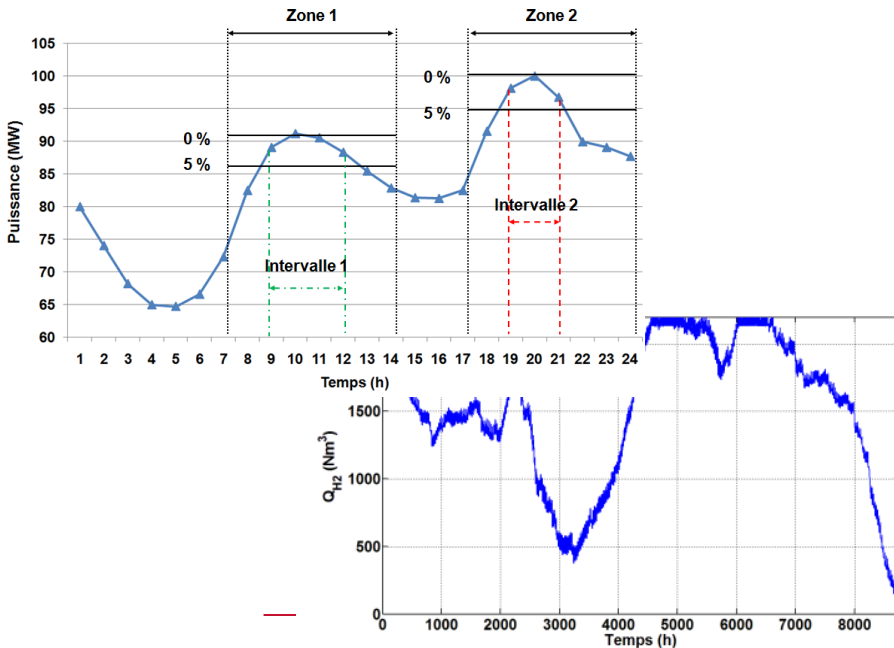
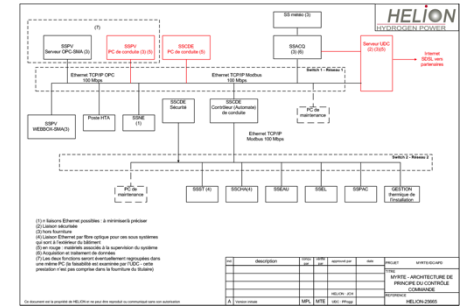
**TEMPS DE FONCTIONNEMENT PILE ≈ 17 hours**

# Plateforme MYRTE : travaux scientifiques

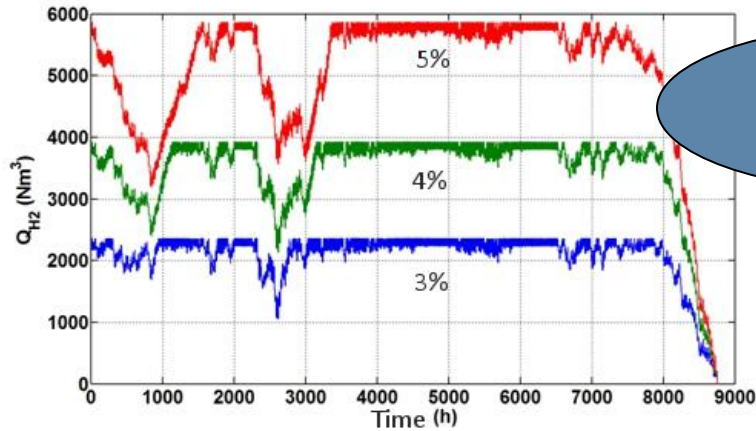
**Dimensionnement : un code de calcul/logiciel « ORIENTE » a été développé : base du dimensionnement du système base of the system sizing of the system, plusieurs modes de fonctionnement...**

**Contrôle-commande: 3 cas sont étudiés**

- ◆ **Ecrêtage de la pointe**
- ◆ **Lissage de la production Photovoltaïque**
- ◆ **Prévision du rayonnement solaire et de la production photovoltaïque**
- ◆ **Liaison avec le dispatching EDF**

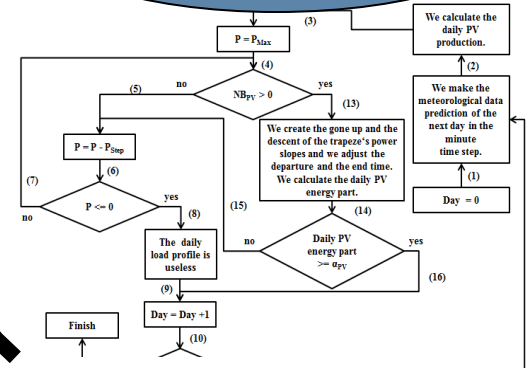


# SIMULATION UTILISANT ORIENTE®

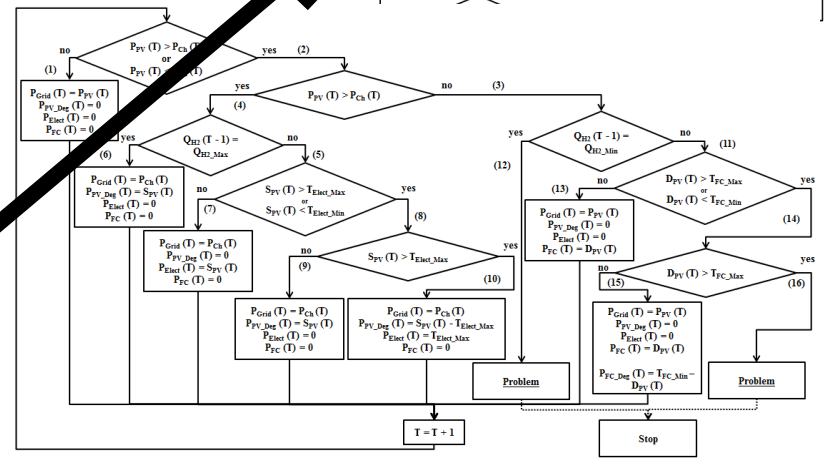
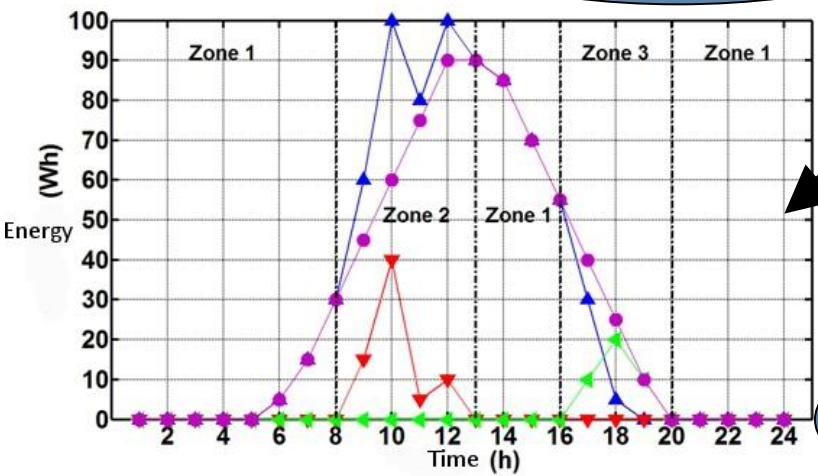


**Ecrêtage**

**Algorithmes**

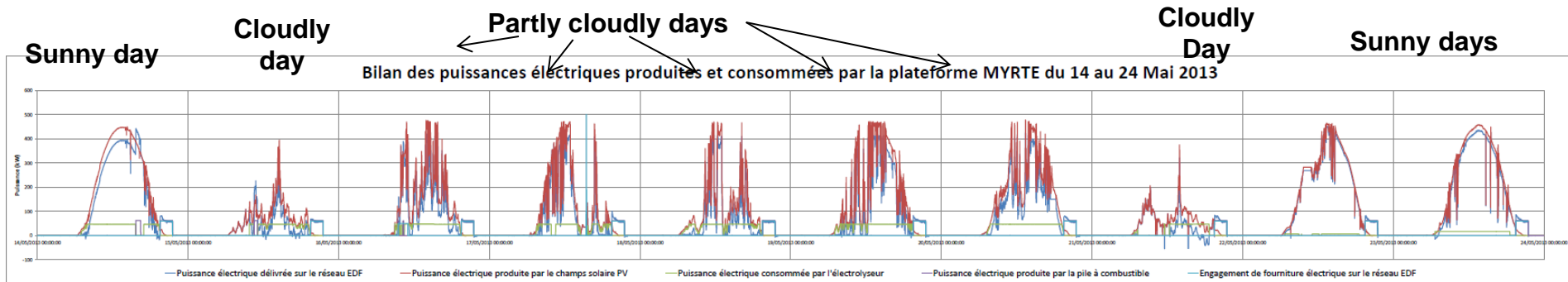


**Lissage**



**Utilisation des outils de prédiction de l'énergie solaire**

# Exemple du mode de fonctionnement automatique pour répondre aux besoins d'EDF

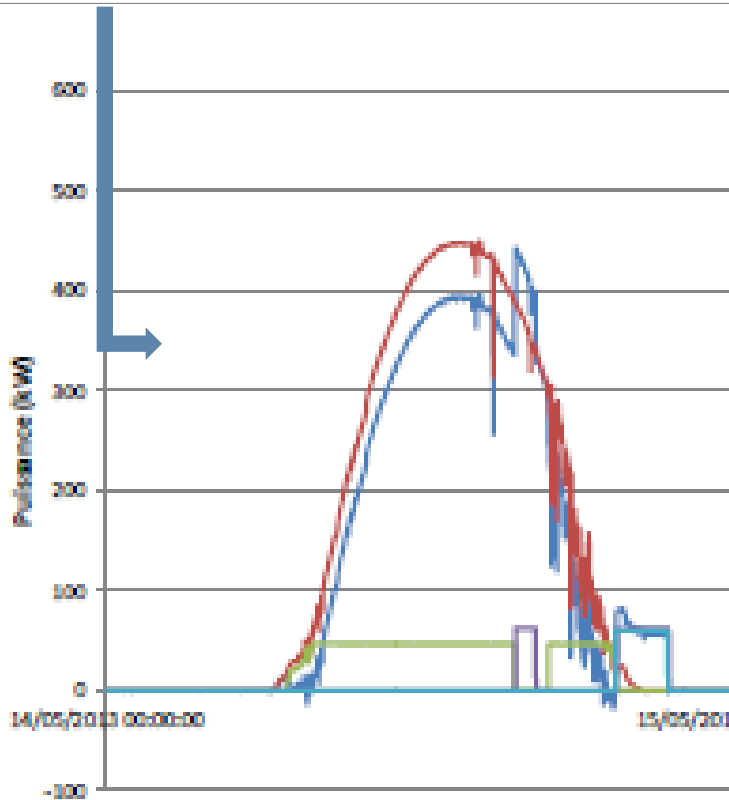


## ► Journées d'écrêtage

- ◆ Energie stockée dans la journée
- ◆ Puissance délivrée le soir pour contribuer à l'écrêtage de puissance sur réseau, selon la consigne du gestionnaire de réseau électrique EDF

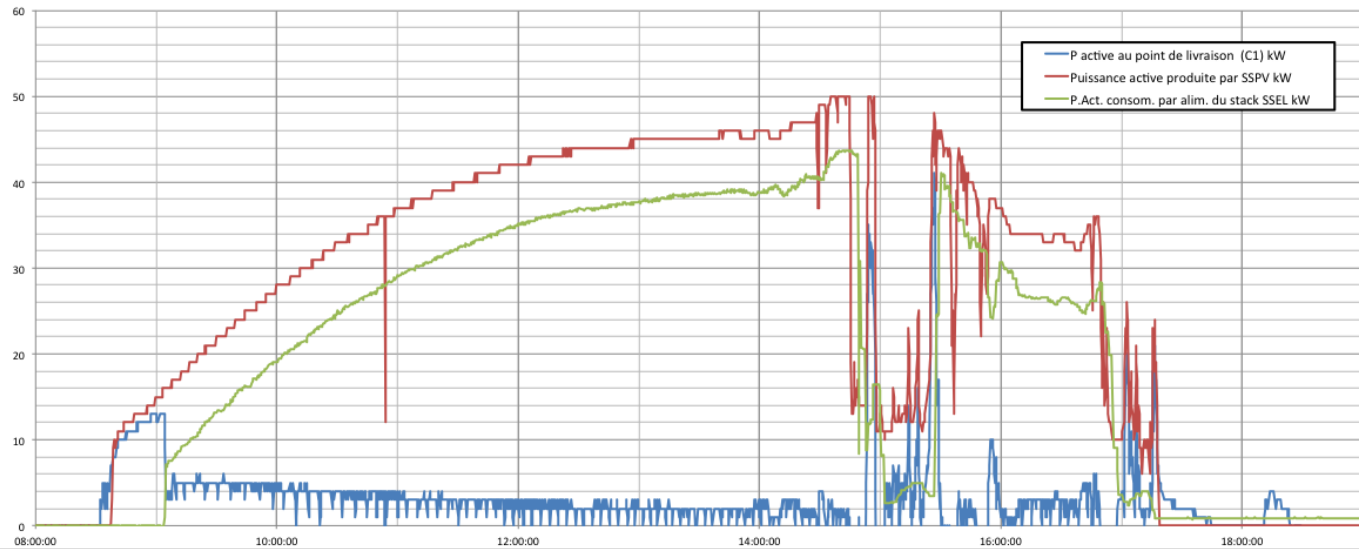
## ► Fonctionnement en mode automatique 24/7

- ◆ Vers une qualification de la capacité à garantir une énergie fournie
- ◆ Vers une qualification de la capacité de moduler le profil de charge 24 h à l'avance

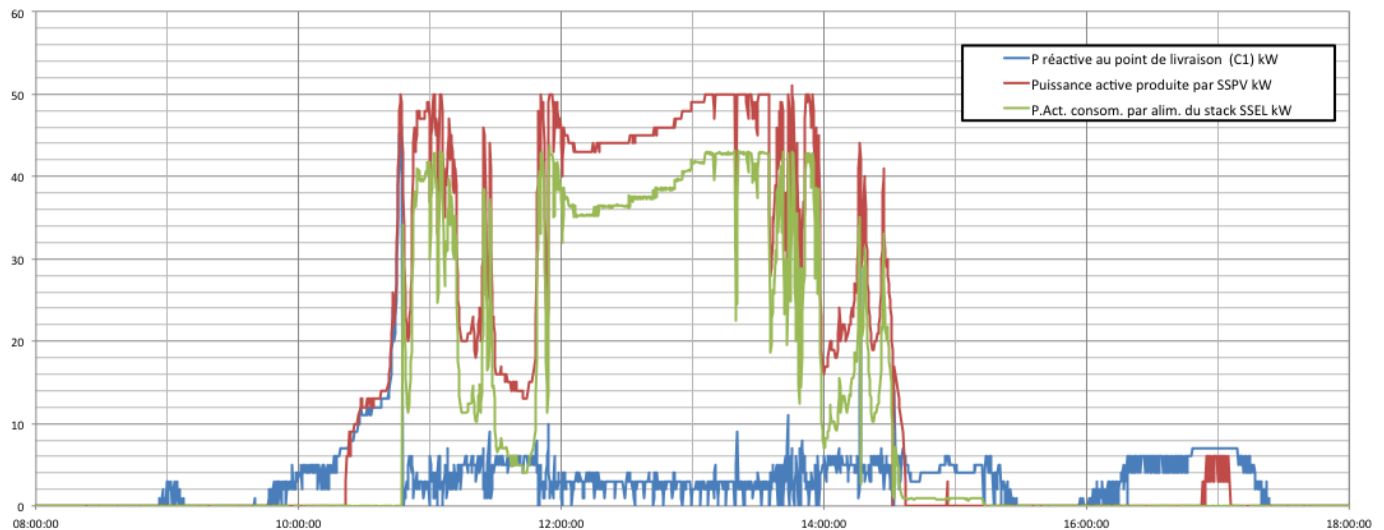


# Exemple du mode de fonctionnement automatique puissance champ PV et Electrolyseur identique

Puissance (kW)



Puissance (kW)

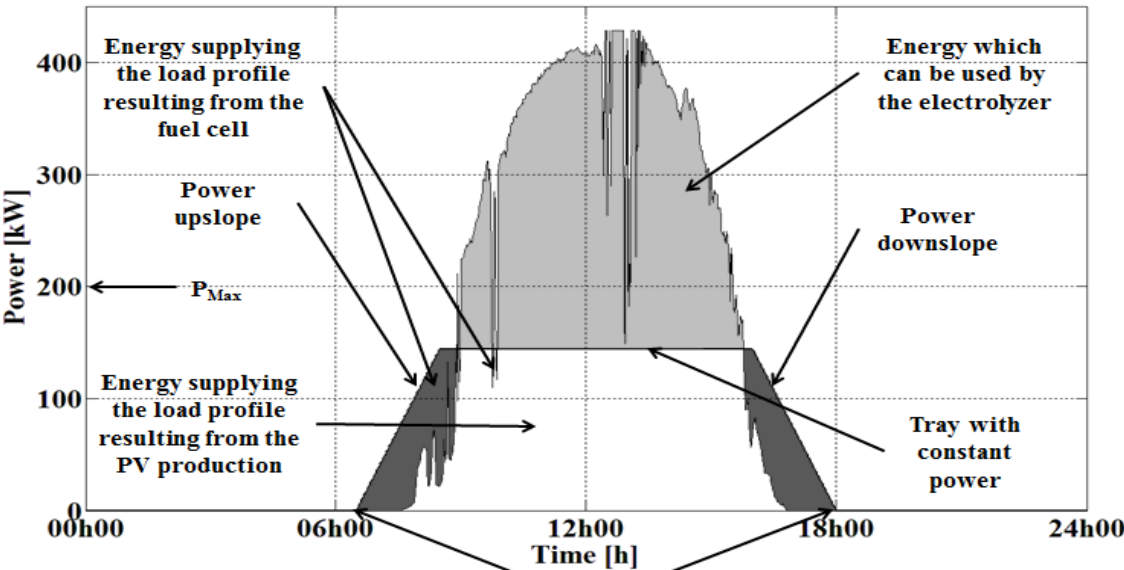
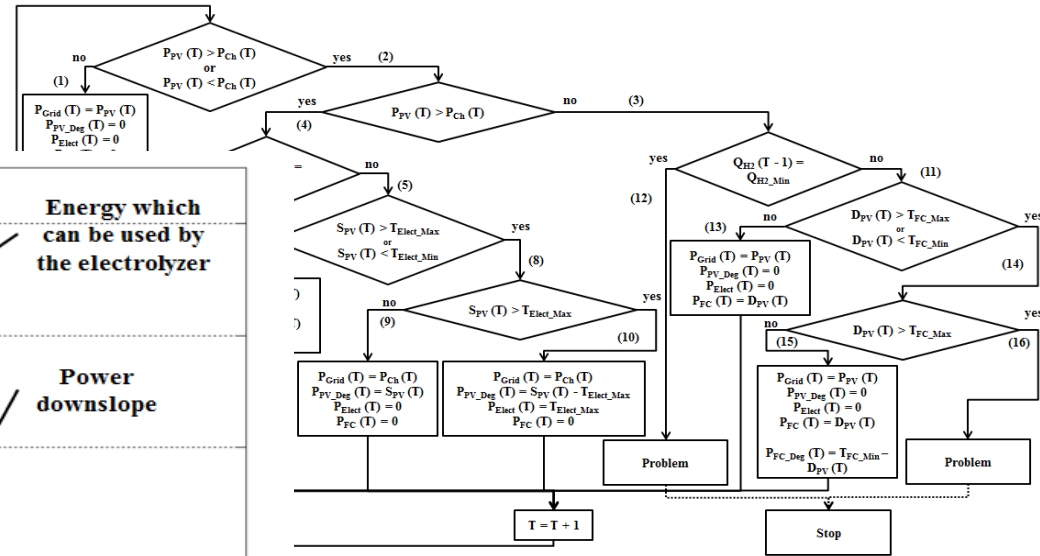




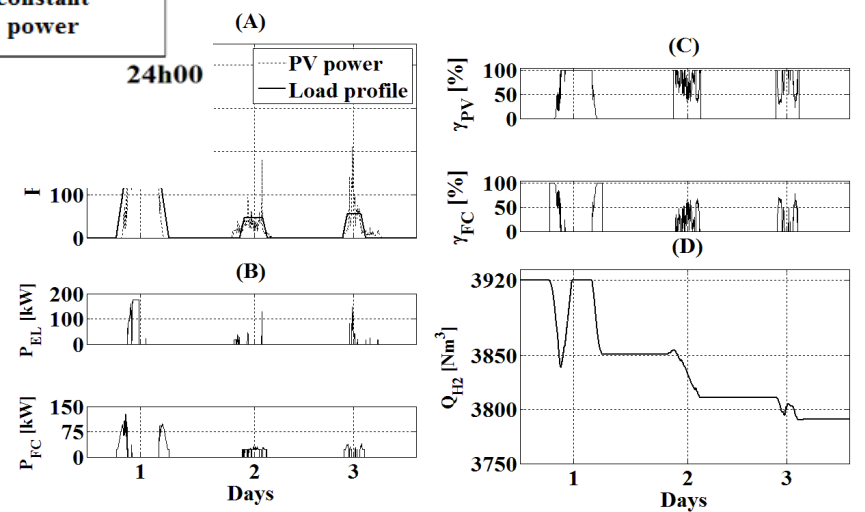
# Plateforme MYRTE : travaux scientifiques

## Algorithme de Pilotage

### Ecretage "CRE 2"



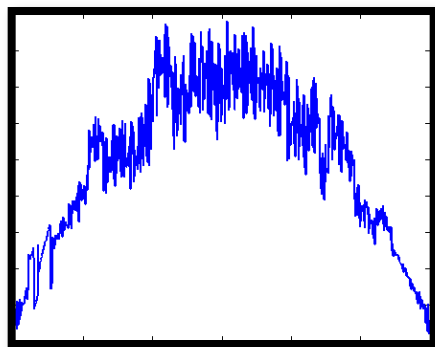
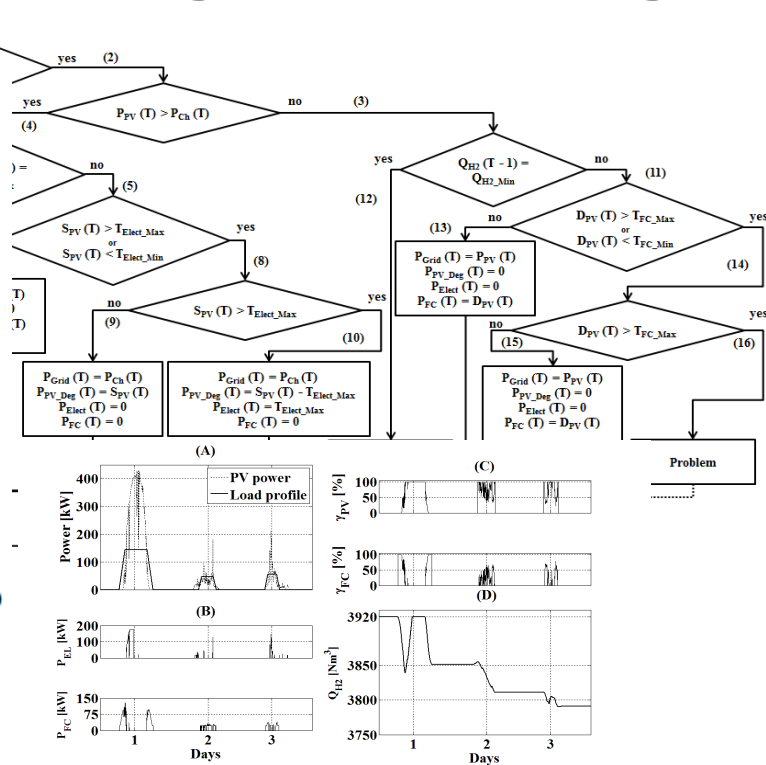
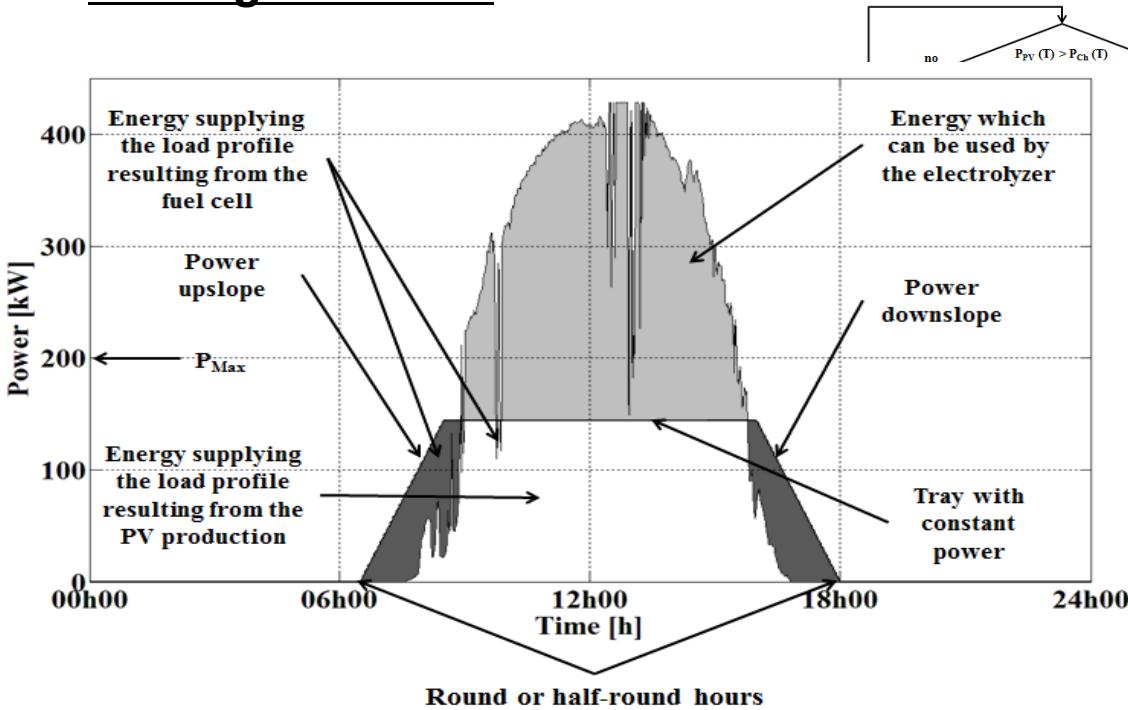
Round or half-round hours



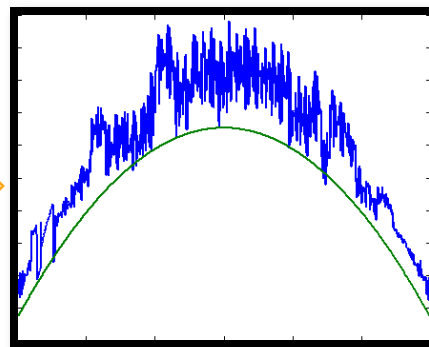
# Plateforme MYRTE : travaux scientifiques

## Algorithme de Pilotage

### Ecetage "CRE 2"

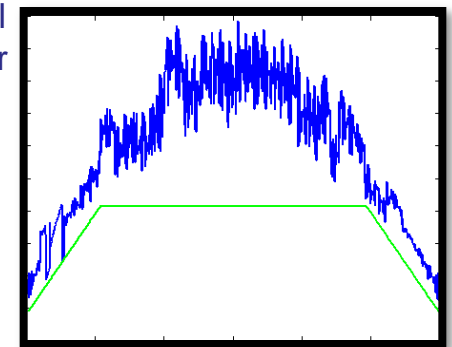


Lissage



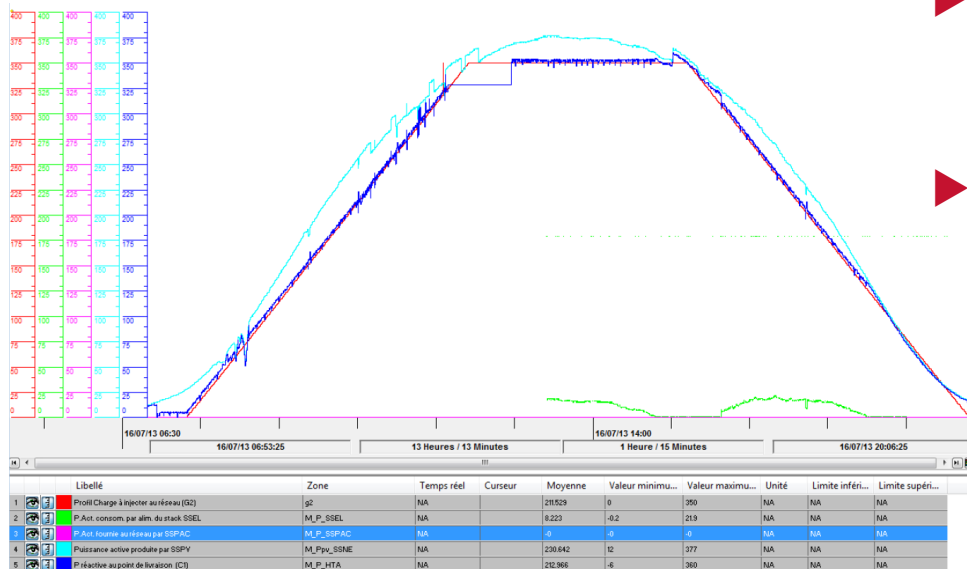
Prédiction du profil de production lissée

Profil trapézoïdal recommandé par la CRE



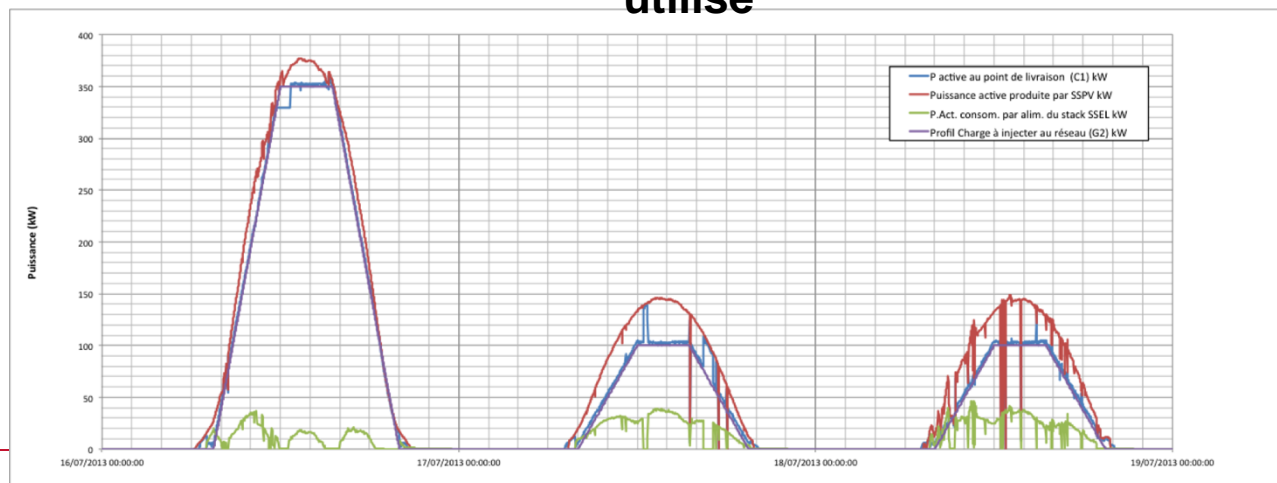
Transmission du profil de charge au gestionnaire de réseau à J-1

# Exemple du mode de fonctionnement automatique pour répondre aux besoins Lissage /CRE



Trapeze type « CRE » réalisé le 16 Juillet 2013

- ▶ Le jour J, on définit le profil de puissance que doit assurer le système le lendemain
- ▶ A J+1, le système fonctionne, utilisant la puissance du champ PV, l'électrolyseur et la pile à combustible
  - ◆ Si il n'y a pas assez de puissance délivrée par le champ PV, la pile à combustible est utilisée
  - ◆ Si il y a trop de puissance délivrée par le champ PV, l'électrolyseur est utilisé



- Integration des méthodes de prédiction de la puissance PV
- Valider les modèles utilisés dans l'outil de simulation et de pilotage et analyser la sensibilité des paramètres
- Gestion et optimisation de l'ensemble des systèmes
- Etude économique
- Analyse de fiabilité, maintenance et conditions de fonctionnement
- Déploiement de systèmes complémentaires

**Greenergy Box® : FC (70 kW) & Electrolyzer (13 Nm<sup>3</sup>/h)**

