

# L'intégration de l'hydrogène en Corse, un vecteur de flexibilité ? (Restitution des résultats projet ANR-HyLES)

*Sujet de thèse: Développement d'un outil de stratégies technico-économiques de pilotage des systèmes énergétiques pour le déploiement d'un écosystème hydrogène en milieu insulaire*

Novembre 2024

Maude Chin Choi, Samir Jemei, Christian Cristofari

# Sommaire de la présentation

- Introduction générale & Focus sur la Corse
- Déroulement des travaux de thèse
- Intégration à l'échelle de l'île : Méthodologie
- Intégration à l'échelle de l'île : Réseau électrique
- Intégration à l'échelle de l'île : Réseau hydrogène
- Résultats & Conclusion

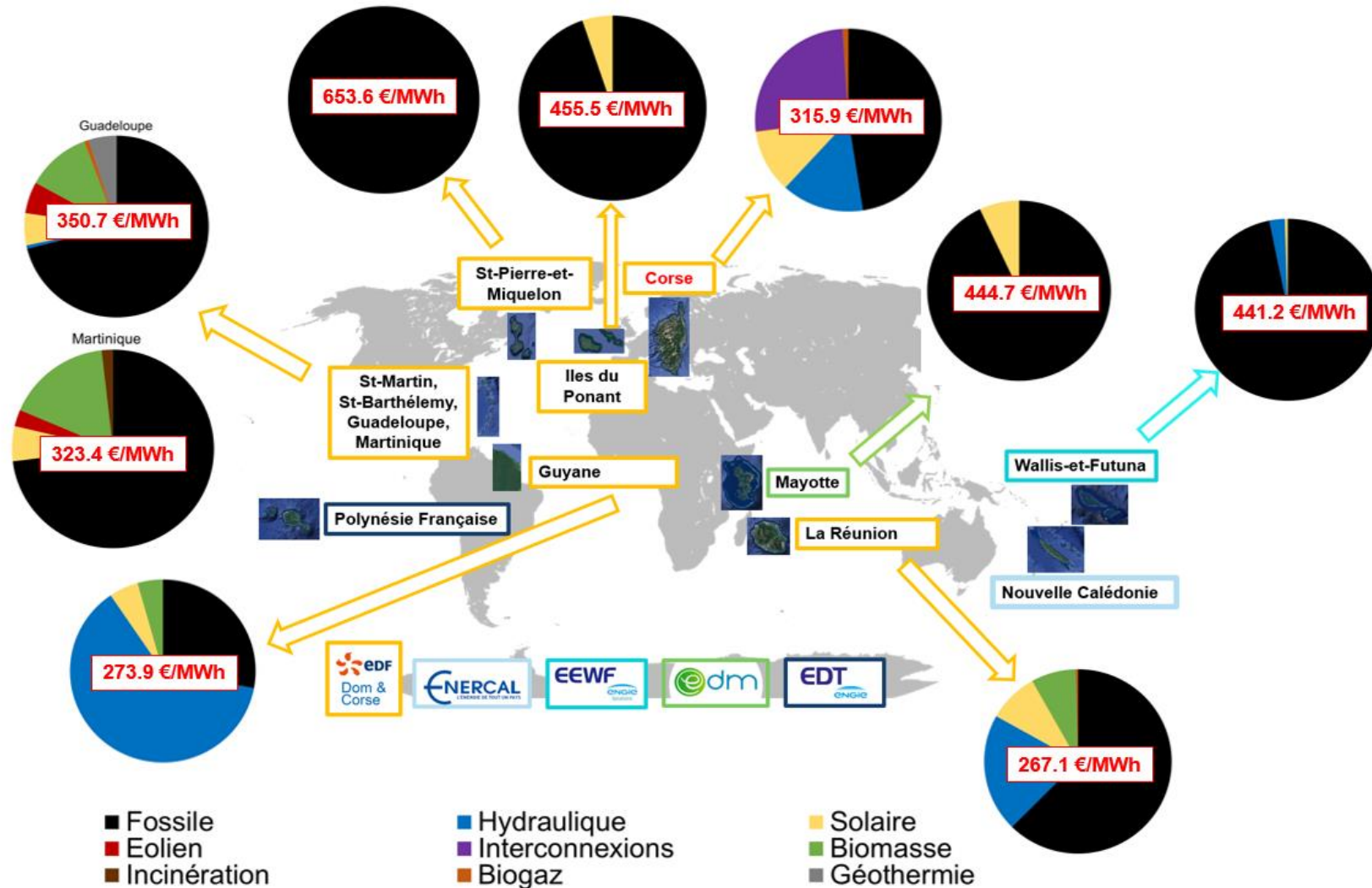
# Introduction générale.

## Situation énergétique des ZNI françaises

- 10 Territoires (Collectivités, Corse, DOM)
- Production électricité majoritairement issue de sources fossiles
- Coût de production trois fois supérieur à la France continentale (compensation CSPE)

## Objectifs énergétiques futurs

- Autonomie énergétique : 2030 (ZNI) / 2050 (Corse)
- Production électrique renouvelable

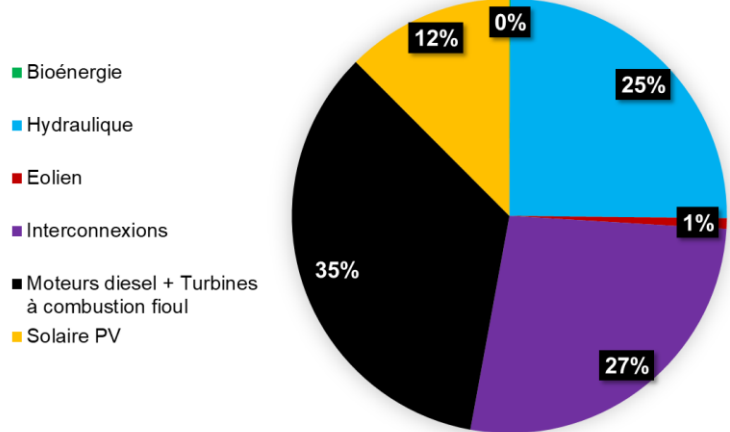


# Spécificité du secteur de l'électricité en Corse.

2023

Dépendance énergétique

Mix de production électrique (2023)



Part EnR = 38%

Quels leviers ?

Décarbonation de la production

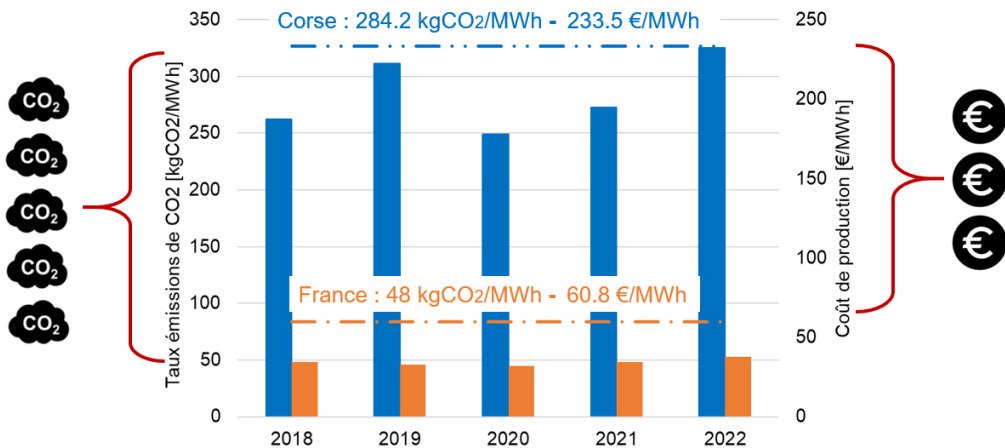
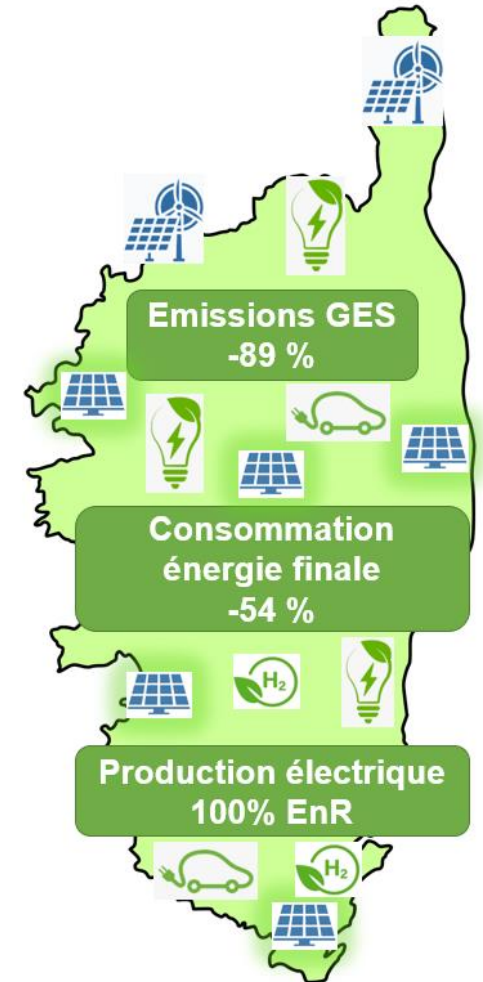
- Développement EnR
- Centrale bioliquide
- Ajout système de stockage

Diminution des consommations

- Electrification des usages
- Actions de maîtrise demande (MDE)

2050

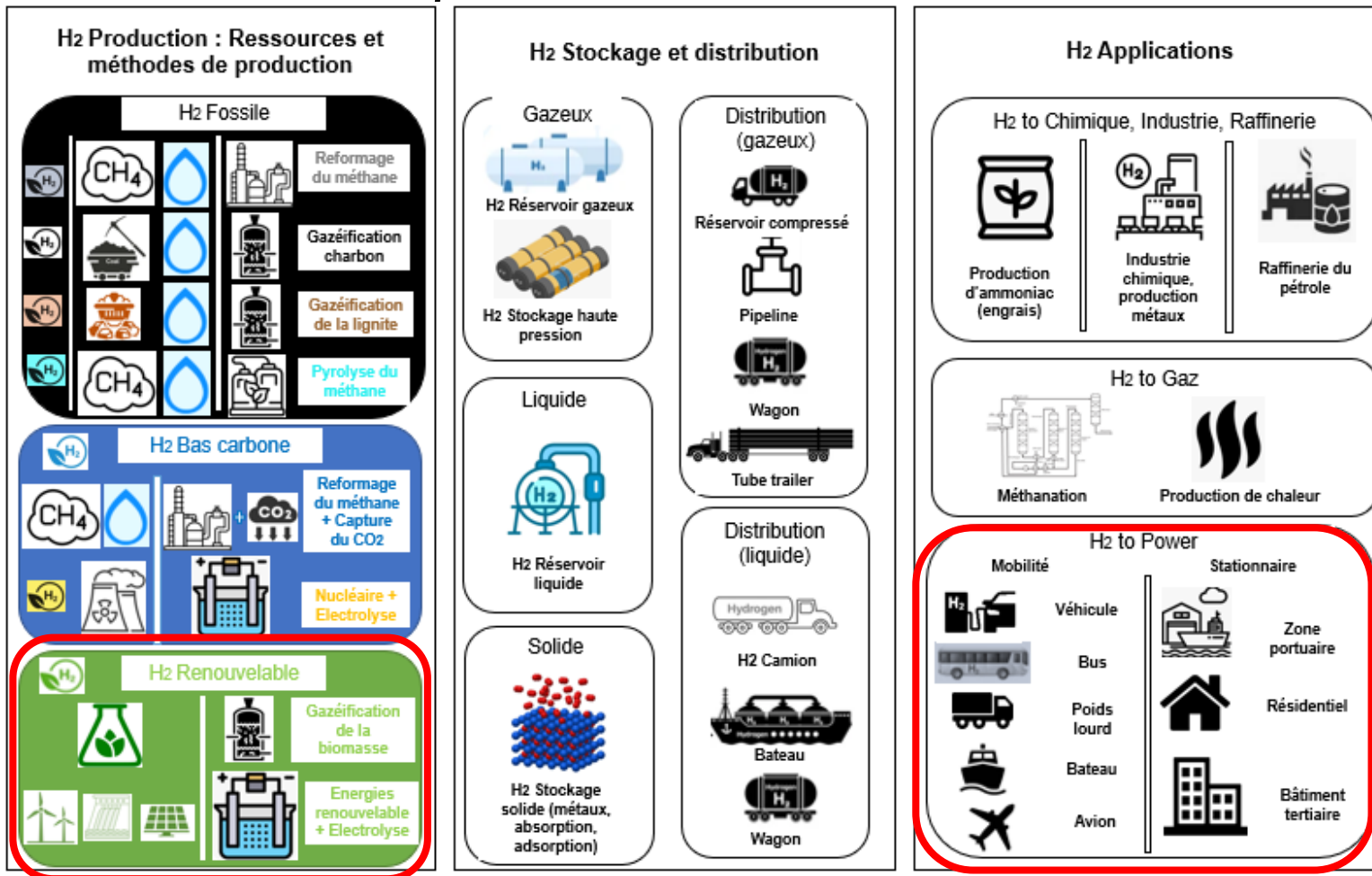
Autonomie énergétique



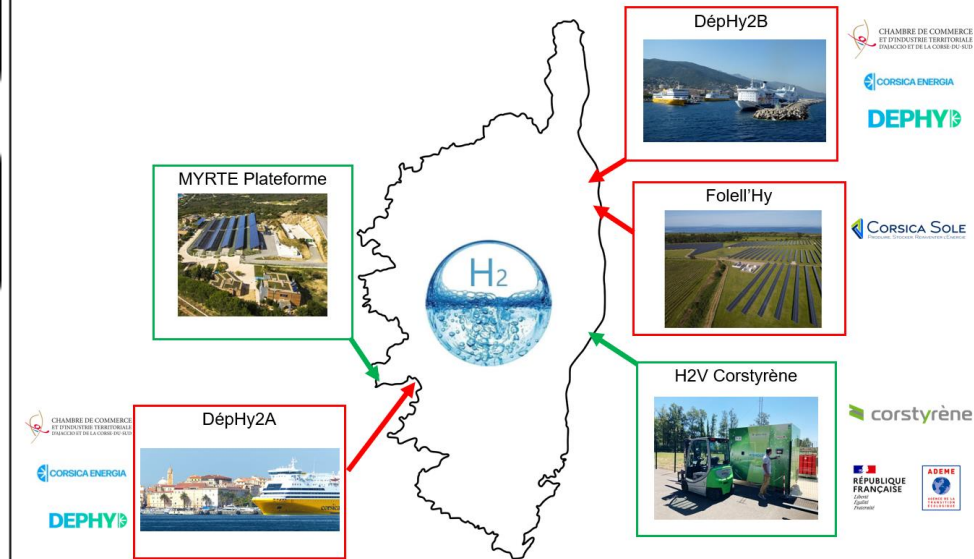


# Intérêt du vecteur hydrogène en ZNI.

*De sa production à son utilisation.*




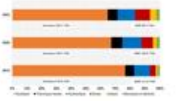











## L'hydrogène en Corse.


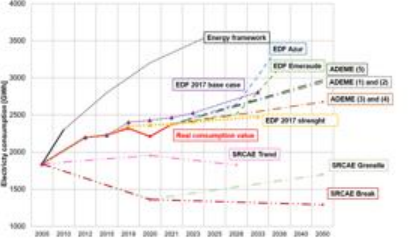
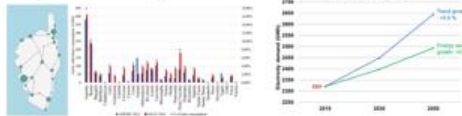
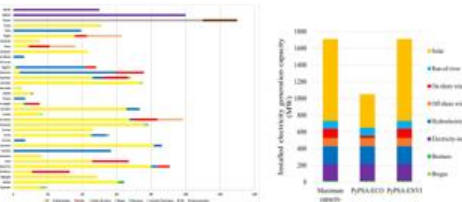


# Déroulement des travaux de thèse.

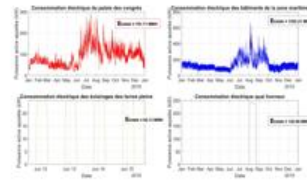
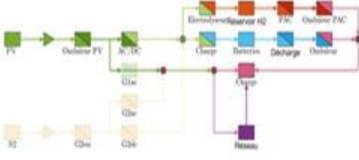
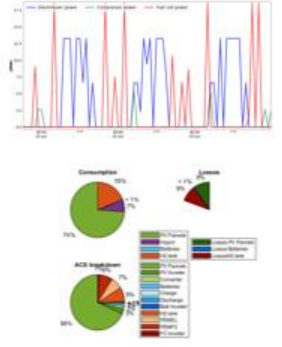
## Etat de l'art

- Contexte énergétique
  - Mondial  
  - National  
  - Zone insulaire  
- Systemes énergétiques futures 
- Energies renouvelables 
- Vecteurs énergétiques 
  - Le vecteur hydrogène
- Production, Stockage et Distribution 
- Applications 
- Place en Europe et en France 
- Hydrogène en ZNI 

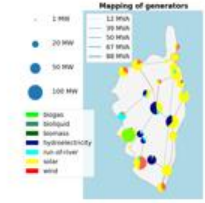

## Corse 2005-2050

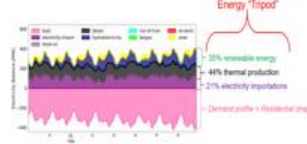
- Contexte énergétique local 
- Projections énergétiques locales 
- Elaboration scénarios prospectifs
  - Scénarios de consommations 
  - Scénarios de production 

## Optimisation d'un écosystème territorial hydrogène

- Modélisation du cas d'études 
- Dimensionnement technico-économique 
- Stratégies de gestion d'énergie 

## Modélisation et optimisation réseau énergétique (électricité/hydrogène) de l'île

- Modélisation du réseau électrique 
- Réseau énergétique (électricité + hydrogène) 

Energy 'tipod' 

20% renewable energy  
44% thermal production  
21% electricity importations  
13% demand profile + Renewable share

# Du réseau électrique au réseau énergétique.

## Modélisation réseau électrique (existant)

**(1)** Collecte des données entrées [source: open data EDF SEI]:

- Infrastructures électriques (postes source, lignes)
- Générateurs électriques
- Consommations électriques

**(2)** Modélisation réseau électrique haute tension simplifié (90 kV) + Validation

**(3)** Scénarios à long terme:

- Potentiels renouvelables
- Mise en service nouvelle centrale Ricanto
- Evolution de la consommation

## Addition réseau hydrogène

**(1)** Sélection des applications potentielles (mobilité et stationnaire)

**(2)** Construction des demandes en hydrogène (utilisation directe / conversion en électricité)

**(3)** Sélection des équipements des chaînes hydrogènes (pression de stockage de l'hydrogène)

## Réseau énergétique (couplage des 2 vecteurs : Electricité + Hydrogène)

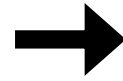
**(1)** Couplage des chaînes hydrogène au réseau électrique

**(2)** Optimisation : dimensionnement, placement et dispatch de puissance

**(3)** Optimisation : dimensionnement, placement et dispatch de puissance

# Réseau électriques: infrastructure générale.

Complexité du réseau de distribution +  
Manque de données en libre accès



**Modélisation réseau de transmission haute tension (HTB) / une seule tension 90kV**

## Lignes électriques

### Aériennes

- 42 Lignes
- Longueur : 733.3 km

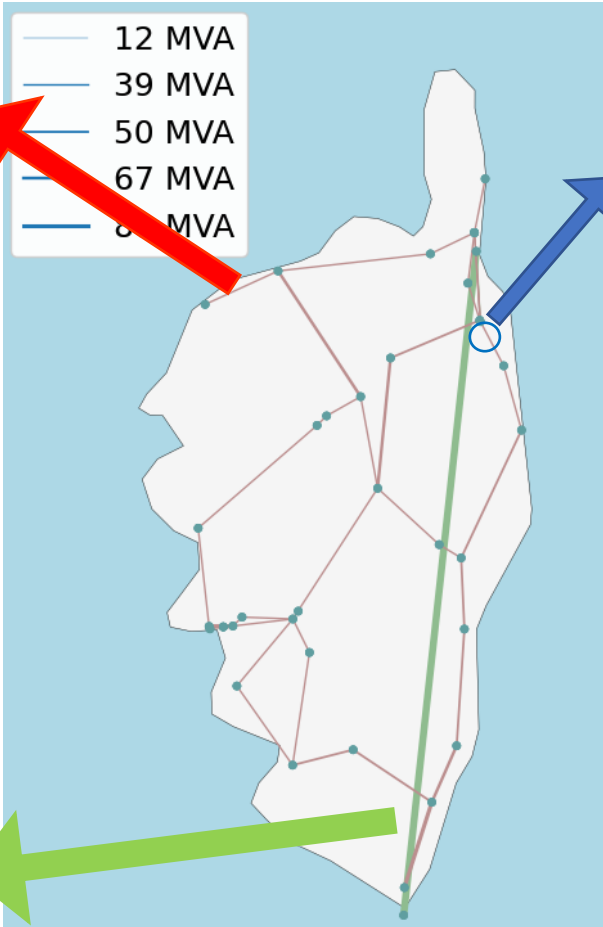
### Souterraines

- 4 Lignes
- Longueur : 39.8 km

Capacité admissible (MVA) : 39 / 50 / 67 / 88

Longueur : calcul à partir des coordonnées géographiques

**150 kV liaison haute tension (SACOI et SARCO)**



**Postes sources de transformation HTB: x 33 (90 kV)**

Postes de distribution : X 28

- Tous les composants: Charges électriques, générateurs, stockages

Postes d'injection uniquement : X 5

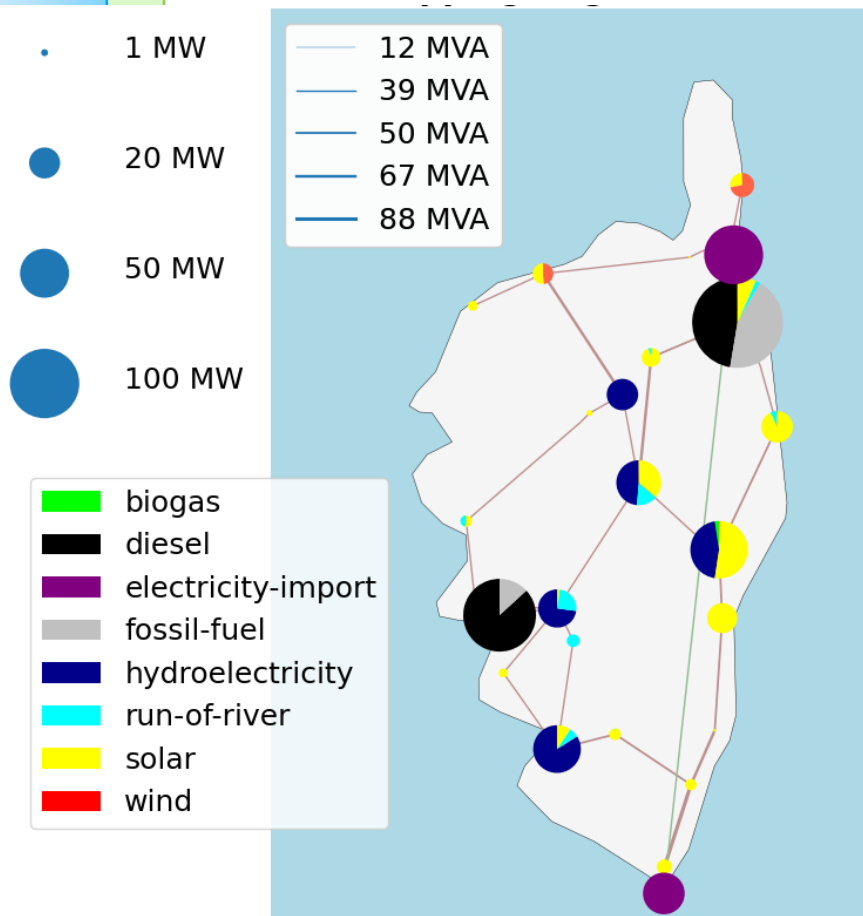
- Générateurs grande capacité (barrages, centrales thermiques)



# Réseau électrique : production d'électricité.

**2018**

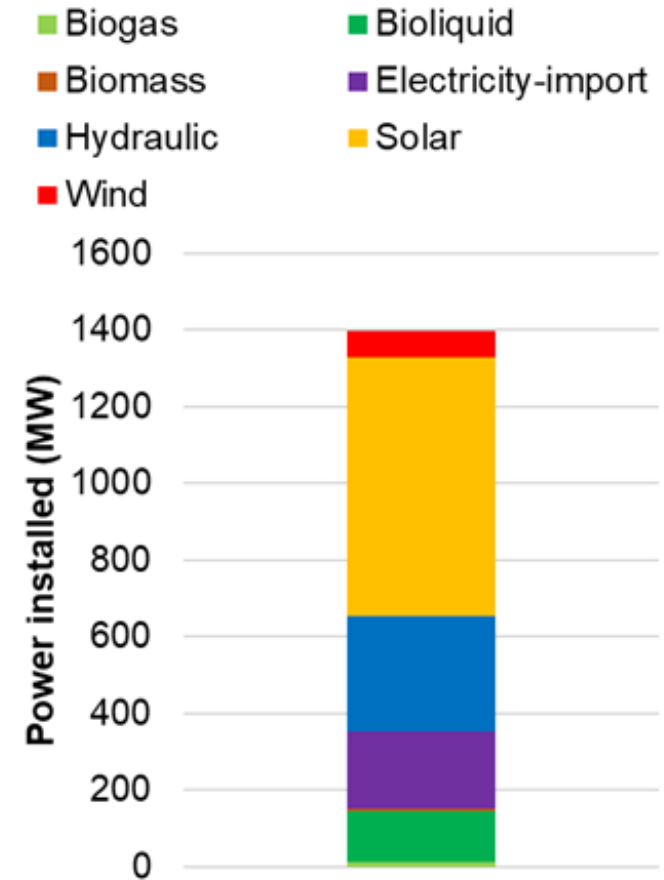
Capacité nominale totale: 942 MW



- Arrêt centrale Vazzio (TAC + moteurs thermiques)
- Additions de potentiels renouvelables aux postes sources
- Mise en service de la centrale du Ricanto
- Augmentation capacité SACOI 3

**2050**

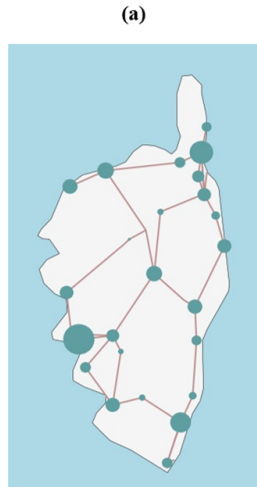
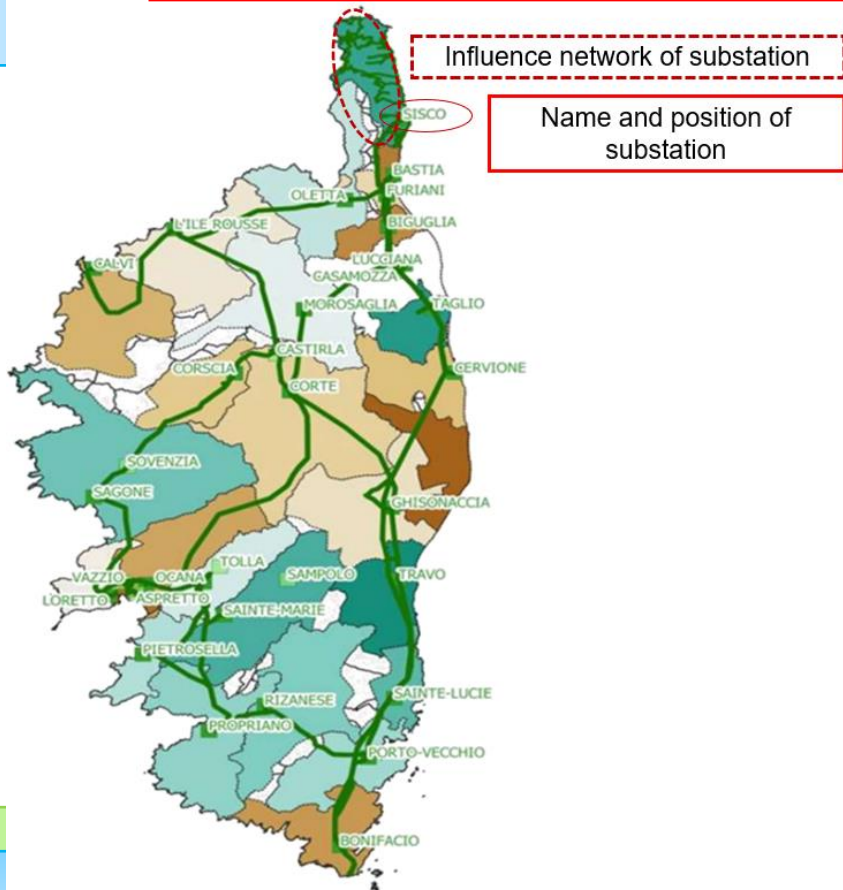
Capacité nominale maximale: MW



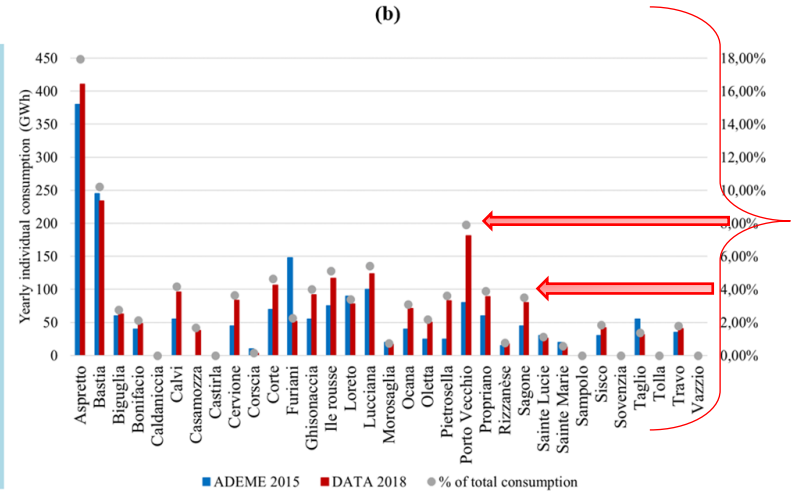
# Réseau électrique : consommation d'électricité.

**360 communes => 28 postes sources**

- Approche Bottom-up  
-Agrégation des communes



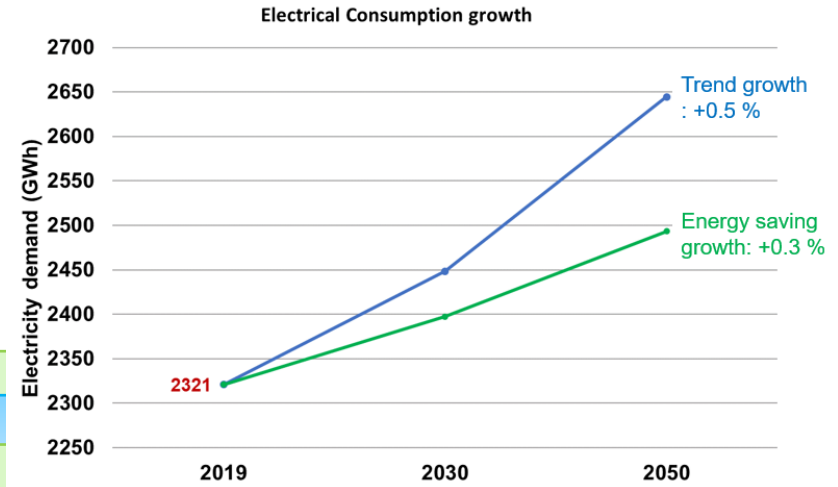
**2018**



**Poids du poste / Conso totale**

**2050**

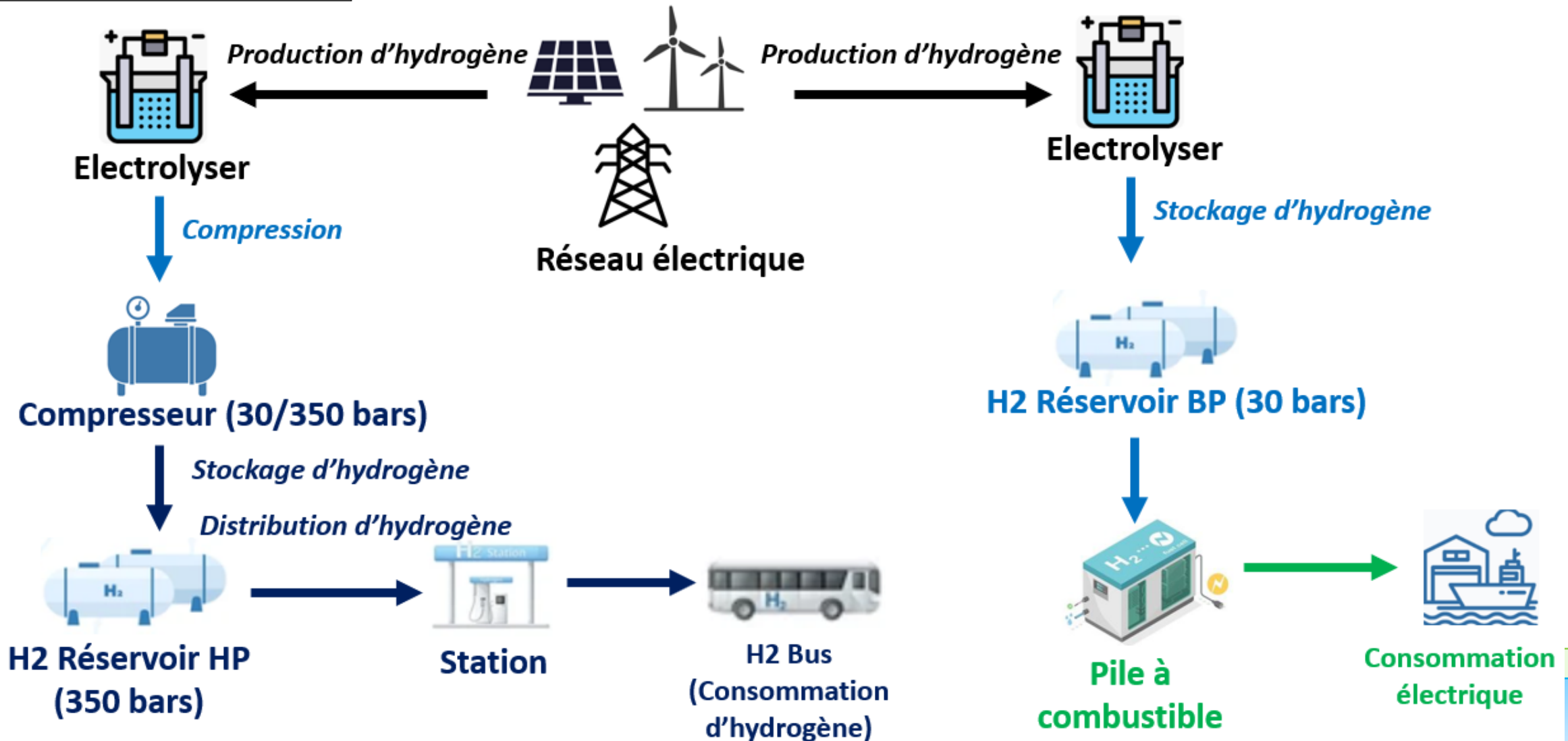
- Ratio constant
- X 2 pourcentages (%) de croissance de consommation



# Réseau hydrogène : modélisation.

Application mobilité

Application stationnaire



# Demande en hydrogène : Mobilité.

## • Mobilité : Conversion des flottes de bus de Ajaccio et Bastia

Données d'entrées :

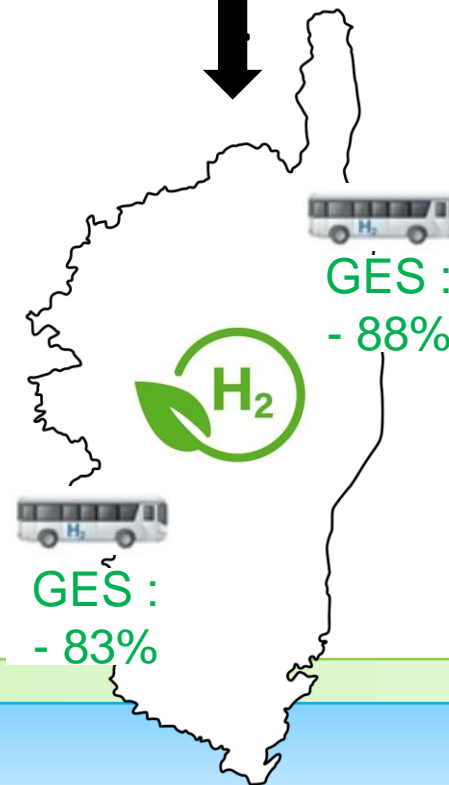


Estimation de la consommation d'énergie quotidienne [MWh]



**PCI = 33kWh/kgH<sub>2</sub>**

Conversion en consommation d'hydrogène [kgH<sub>2</sub>]



### Ajaccio

- Flotte 6 bus
- Consommation diesel / jour: **502.1 L**
- Energie quotidienne 5.31 MWh
- Consommation en hydrogène / jour: **162 kgH<sub>2</sub>**

### Bastia

- Flotte 5 bus
- Consommation diesel / jour: **340.2 L**
- Energie quotidienne 3.60 MWh
- Consommation en hydrogène / jour: **110 kgH<sub>2</sub>**



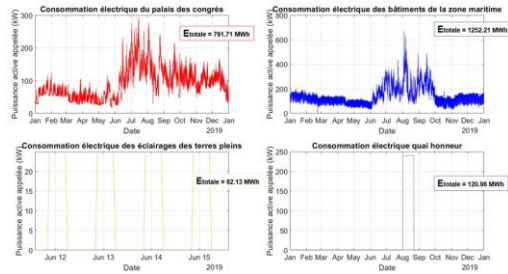
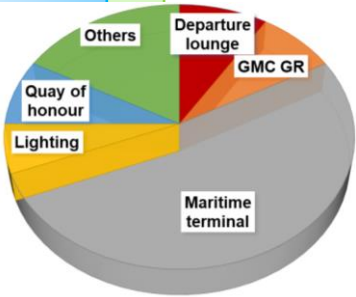
[source: CAPA / CAB]

- Nom et type de bus
- Consommation diesel / trajet
- Fréquence trajets / jour



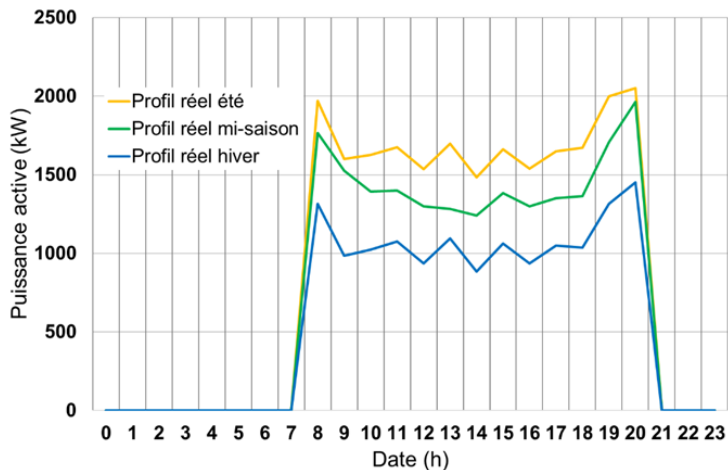
# Demande hydrogène : Stationnaire (conversion en électricité)

## Consommateur 1 : Zone portuaire

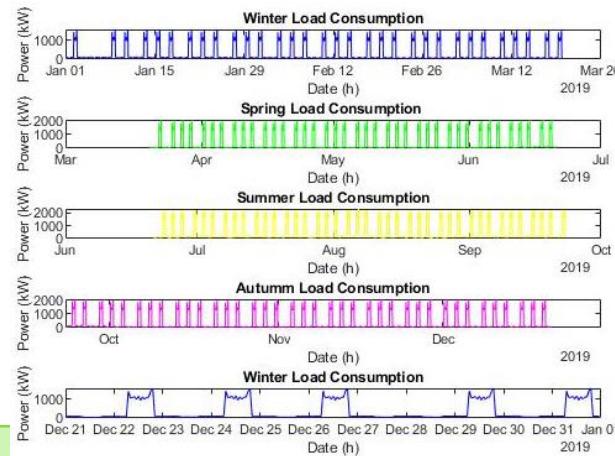


## Consommateur 2 : Ferry à quai

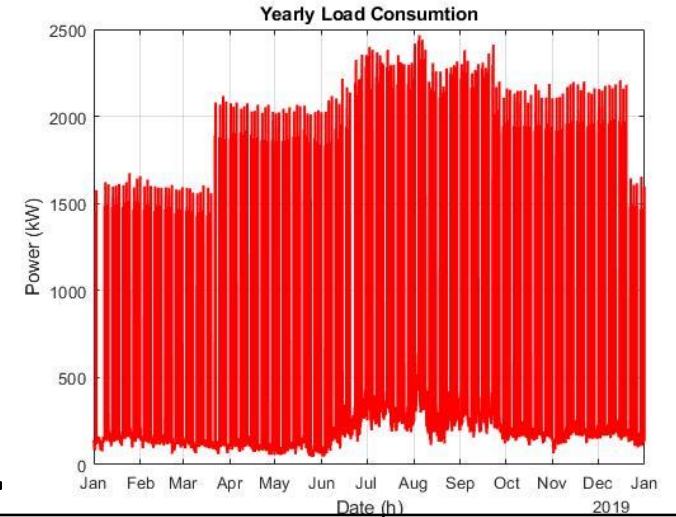
### Hebdomadaire



### Saisonnier



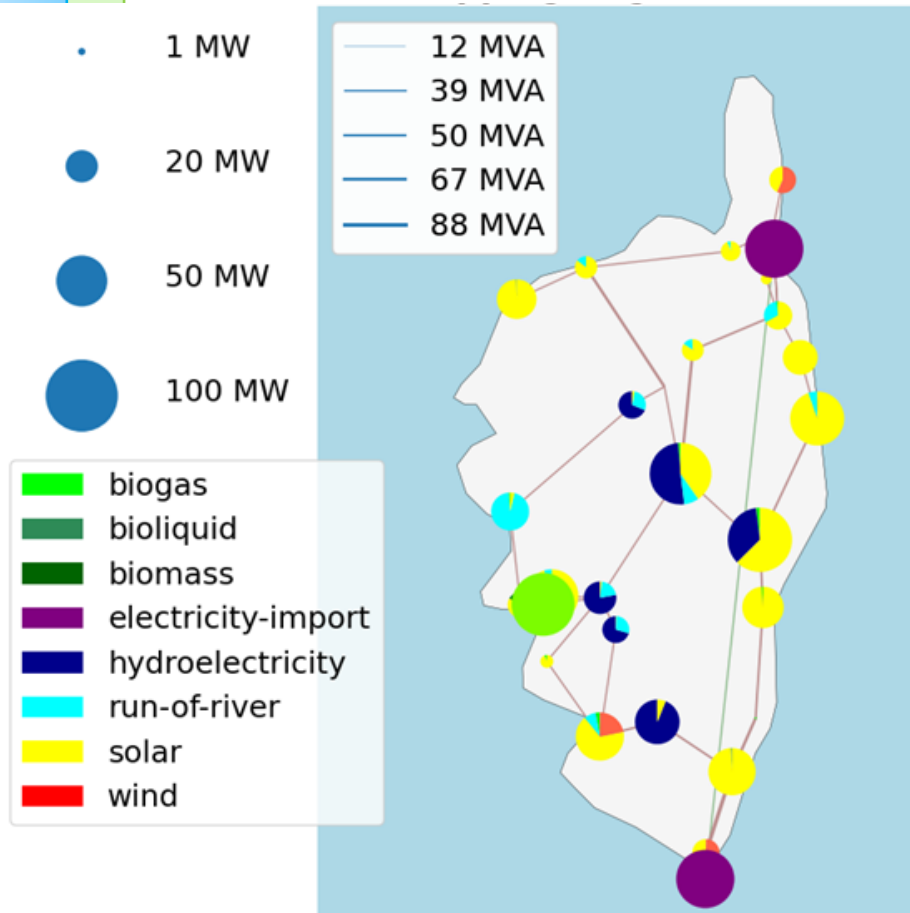
### Annuel



<b>Consommation annuelle</b>	6235 MWh
<b>Puissance maximale</b>	2892 kW
<b>Puissance moyenne</b>	90.38 kW
<b>Puissance minimum</b>	62.73 kW

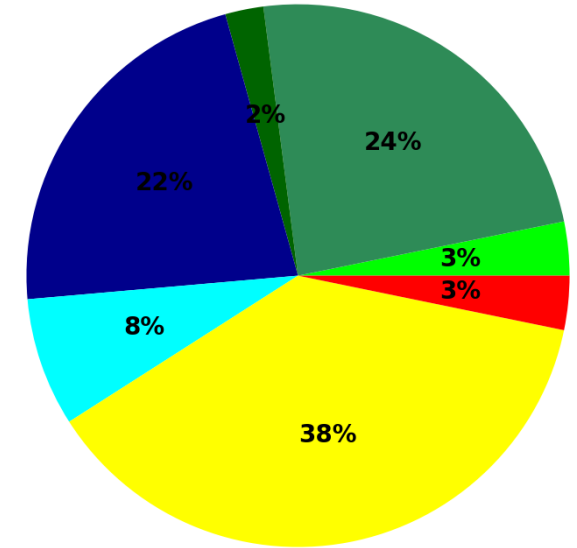
# Résultats : Réseau électrique 2050.

## Puissance électrique totale



<b>Capacité nominale optimale</b>	1651.85 MW
<b>Production annuelle d'électricité</b>	2947 GWh
<b>Consommation annuelle d'électricité</b>	2635 GWh
<b>Coût de production d'électricité</b>	89.3 €/MWh (-61%)
<b>Taux moyen d'émission</b>	99.8 gCO <sub>2</sub> /kWh (-69%)

## Mix de production électrique



## Impacts à considérer

- Pas de renforcement ligne
- +700 MW PV

# Résultats : Equipements Hydrogène (île) 2050.

## Principaux résultats

## Réseau hydrogène

## Impacts

<b>Consommation annuelle d'hydrogène (stationnaire)</b>	13.891 ktH <sub>2</sub>
<b>Consommation annuelle d'hydrogène (mobilité)</b>	0.099 ktH <sub>2</sub>
<b>LCOH</b>	5.87 €/kgH <sub>2</sub>
<b>LCOH</b>	177.19 €/MWh



Electrolyseur :  
150 MW  
(durée fonctionnement entre 12h et 5h par jour)



Stockage BP (30 bars) max  
49 tH<sub>2</sub>/jour



Pile à combustible: 183 MW



Distribution :  
Consommation électrique  
= 7.3 GWh/an


Surface nécessaire  
Electrolyseur= 5000 m<sup>2</sup>  
Consommation eau = 17 500 m<sup>3</sup>  
ACV Système= 6000 tCO<sub>2</sub>

**Volume stockage (PS)= 1743 m<sup>3</sup>**


# Résultats : réseau Hydrogène (nœud mobilité).

## Station distribution Ajaccio


- Flotte 5 Bus
- 1000 km
- 161 kgH<sub>2</sub>


Production  1.5 MW (2.4 GWh/an)

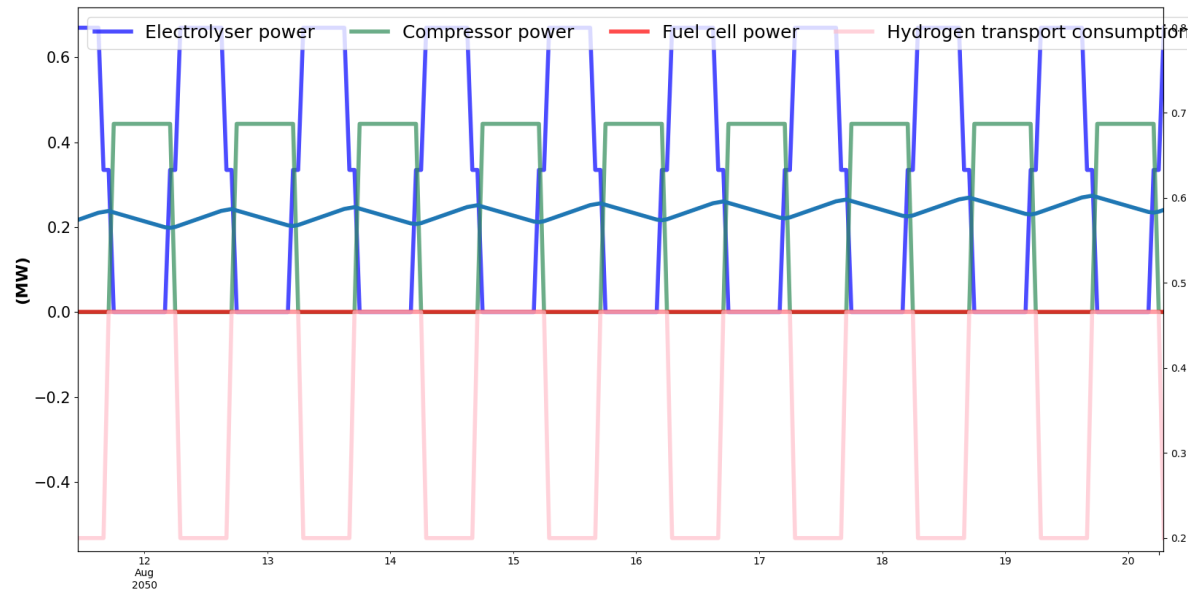
Surface d'installation production = 225 m<sup>2</sup>

Compression  0.5 MW (2 GWh/an)

Surface d'installation station = 156 m<sup>2</sup>

Stockage HP  286 kgH<sub>2</sub>

Applications  58.8 tH<sub>2</sub>/an




- Production journée (surplus production PV)
- Stockage saisonnier
- Compression + Remplissage matin + soirée



# Conclusion des travaux

## • Motivation

- Décarboner le secteur de l'énergie en Corse ?
- 
- Etude de la contribution du vecteur hydrogène pour décarboner le secteur de l'énergie en Corse
  - Modélisation et optimisation du système énergétique (électrique/hydrogène) futur (2050)

## • Résultats

- Horizon 2050 = Production électrique renouvelable possible
- Exploitation capacité maximale PV + Eolien
- Contribution au mix de production renouvelable
- Diminution des émissions de GES secteur transport + mobilité
- Valorisation surplus production solaire
- Pas d'impact sur la consommation eau potable
- Surface nécessaire pour installation des chaînes hydrogène
- Contraintes réglementaires à prendre en compte

## • Perspectives

- Conversion centrale bioliquide en hydrogène
- 

Merci pour votre attention.