

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

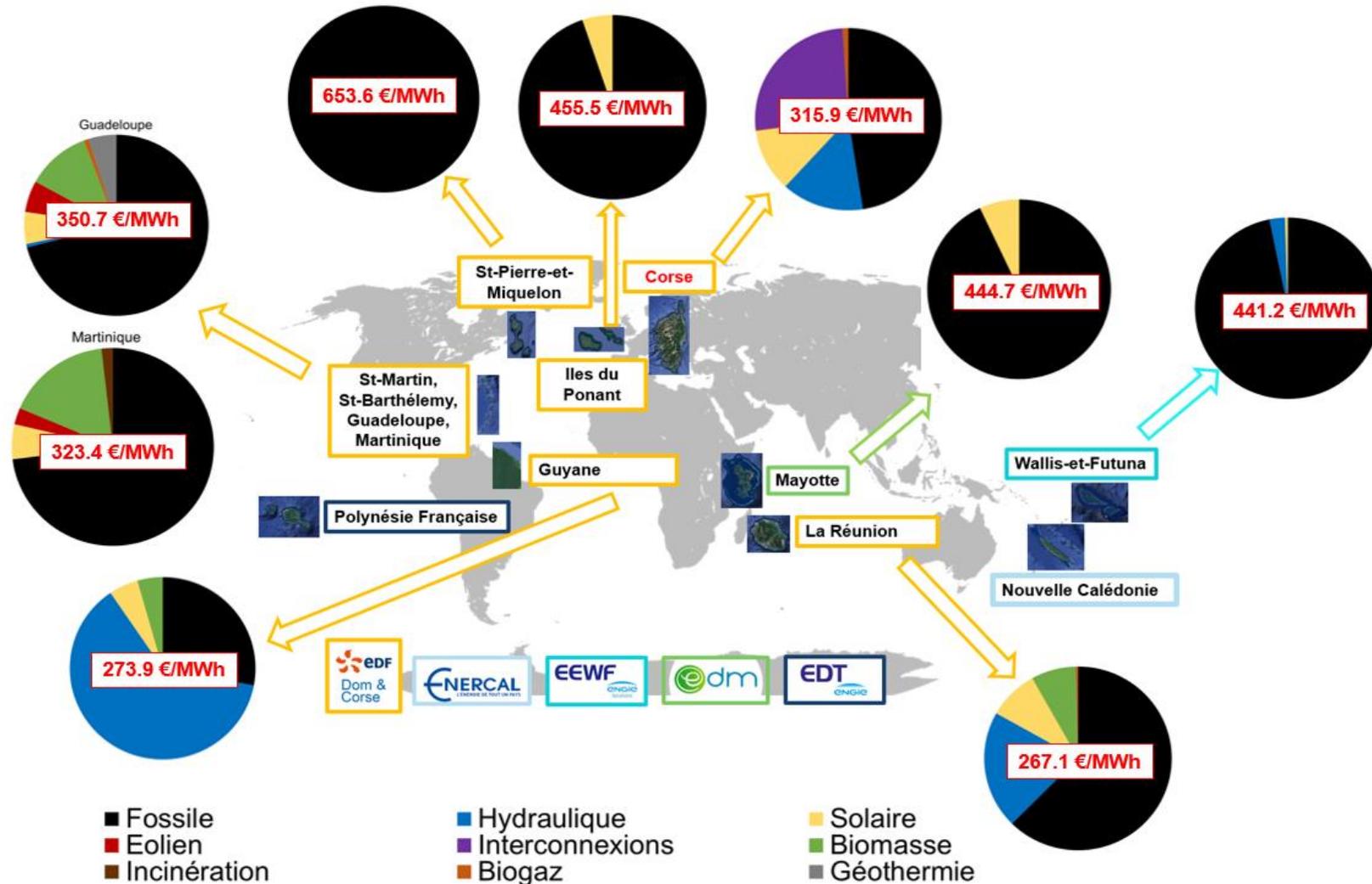
Introduction générale.

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

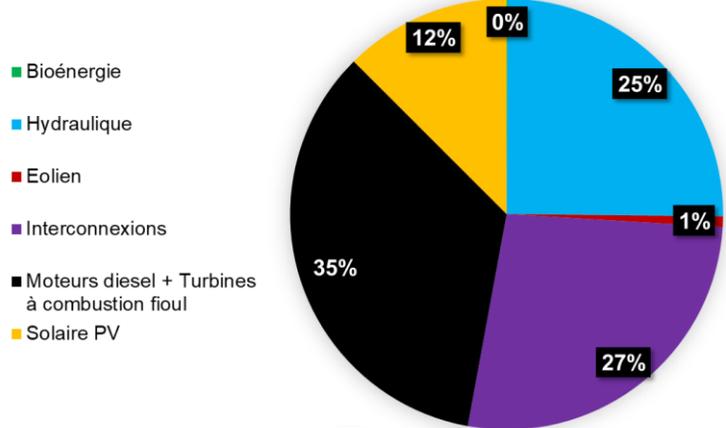


Spécificité du secteur de l'électricité en Corse.

2023

Dépendance énergétique

Mix de production électrique (2023)



Part EnR
= 38%

Quels leviers ?

Décarbonation de la production

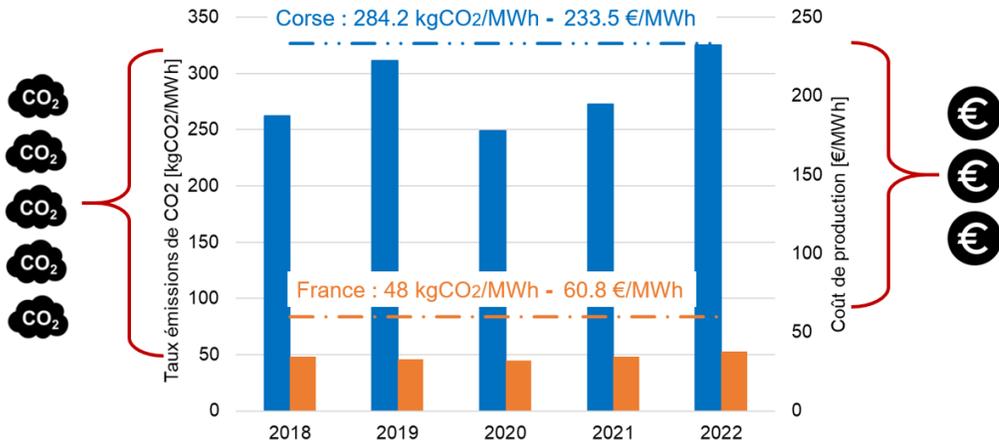
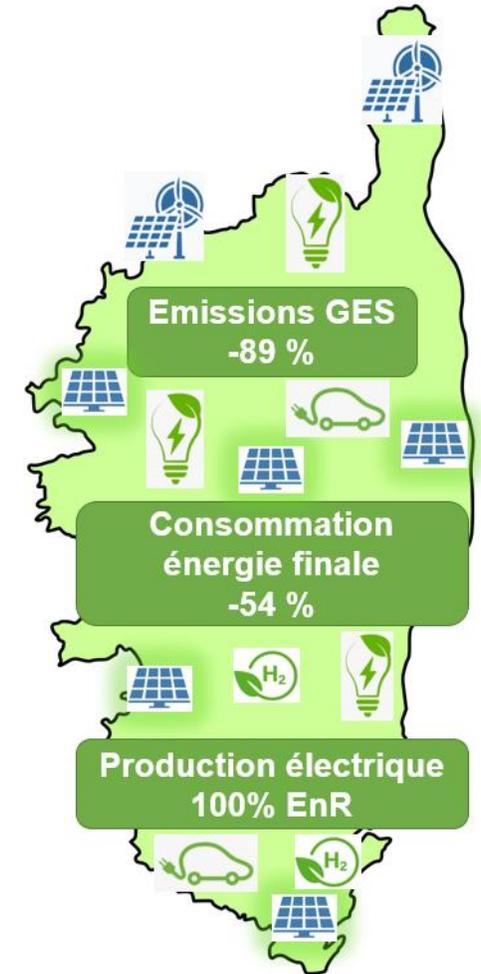
- Développement EnR
- Centrale bioliquide
- Ajout système de stockage

Diminution des consommations

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

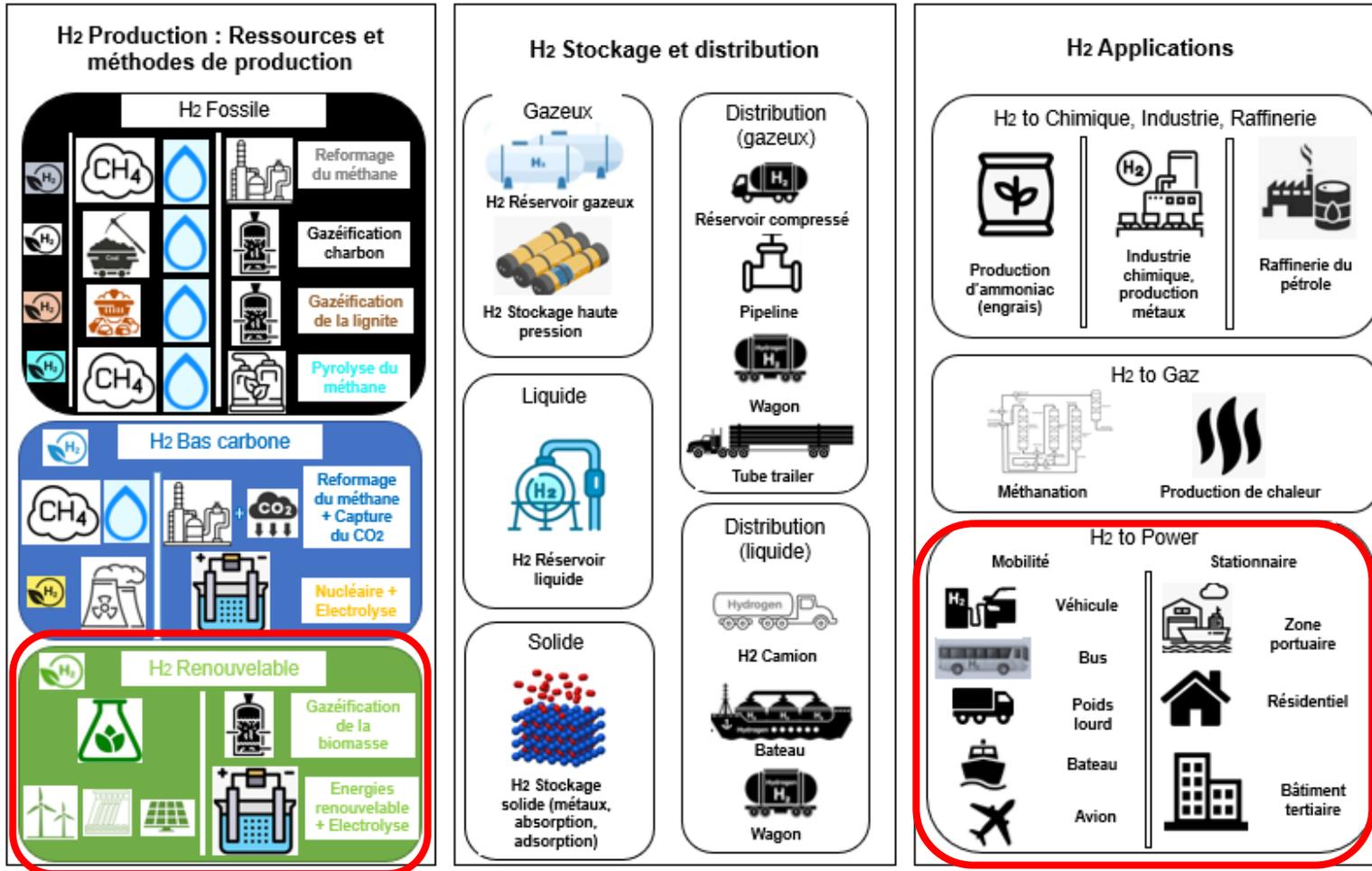
2050

Autonomie énergétique

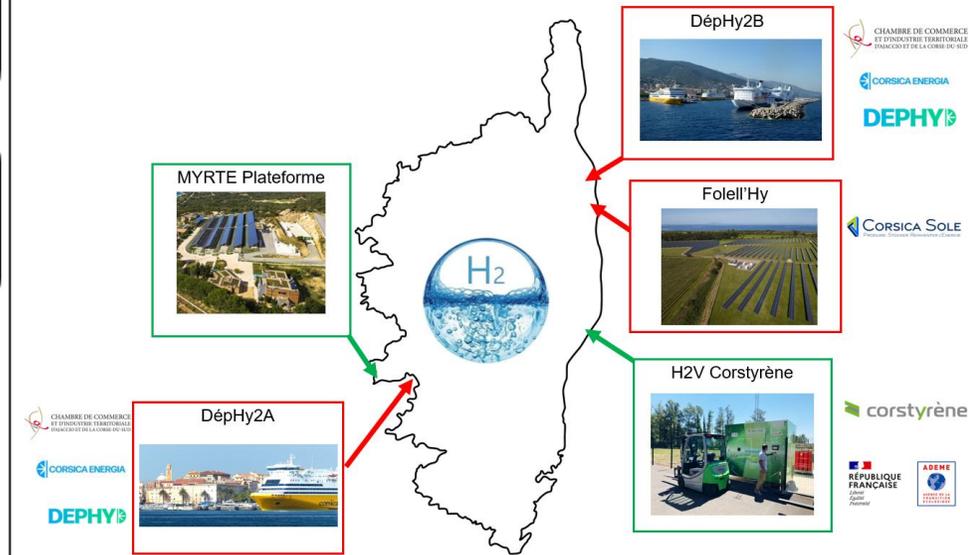


Intérêt du vecteur hydrogène en ZNI.

De sa production à son utilisation.

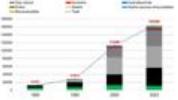
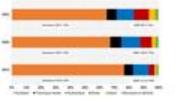


L'hydrogène en Corse.

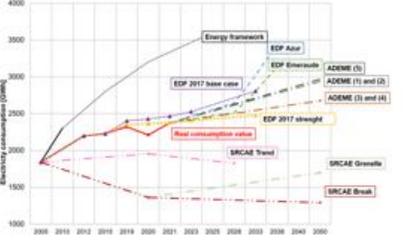
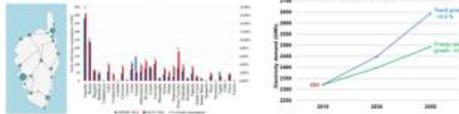
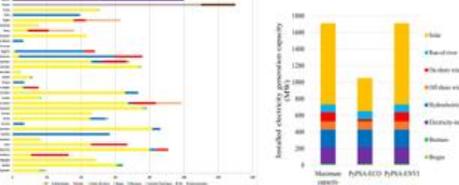


Déroulement des travaux de thèse.

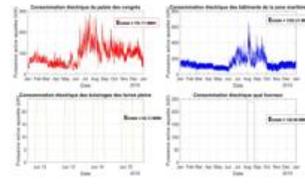
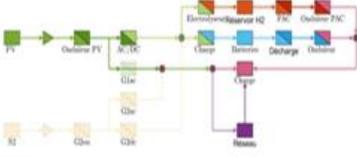
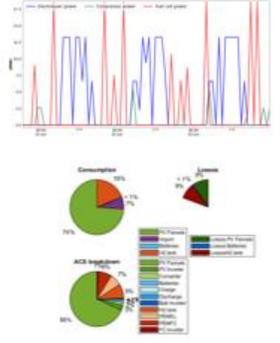
Etat de l'art

- 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 

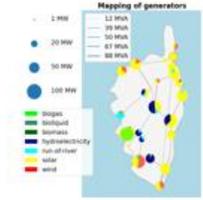
Corse 2005-2050

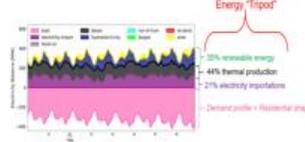
- Contexte énergétique local 
- Projections énergétiques locales 
- Elaboration scénarios prospectifs
 - Scénarios de consommations 
 - Scénarios de production 

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 energy

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)

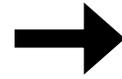
(1) Couplage des chaînes hydrogène au réseau électrique

(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

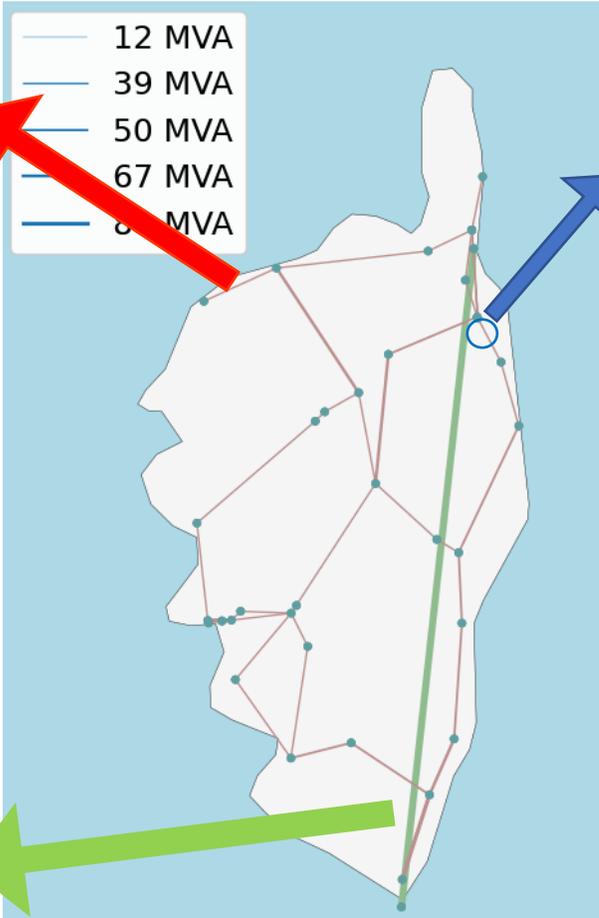
Souterraines

- 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

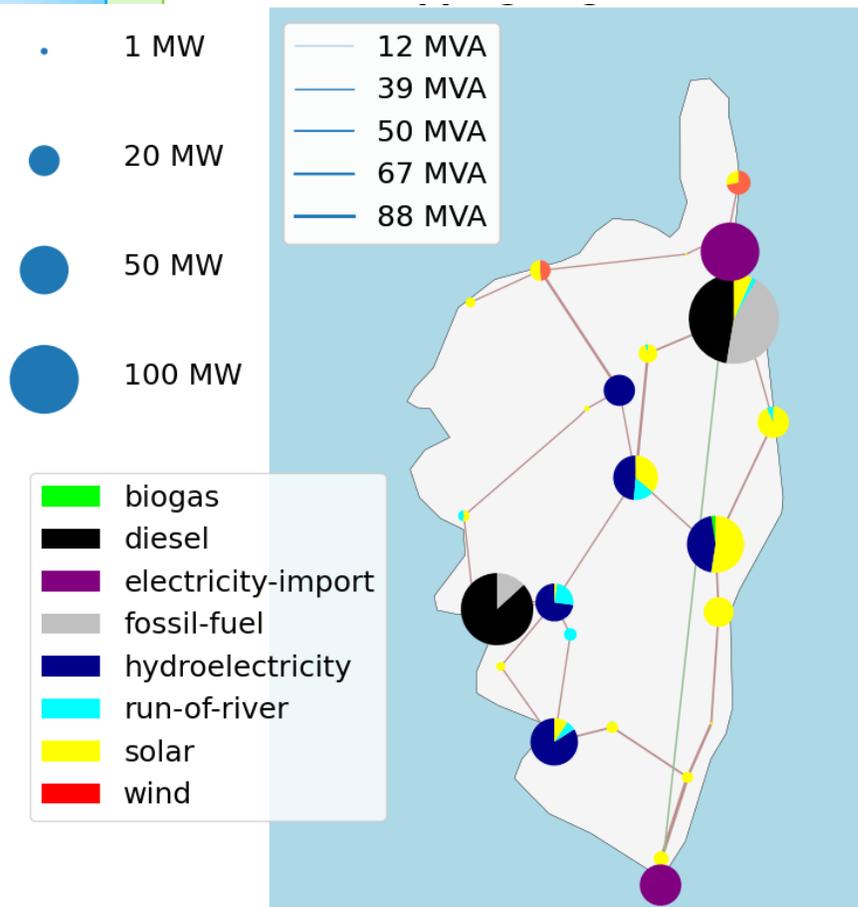
Postes d'injection uniquement :
X 5

- Générateurs grande capacité (barrages, centrales thermiques)

Réseau électrique : production d'électricité.

2018

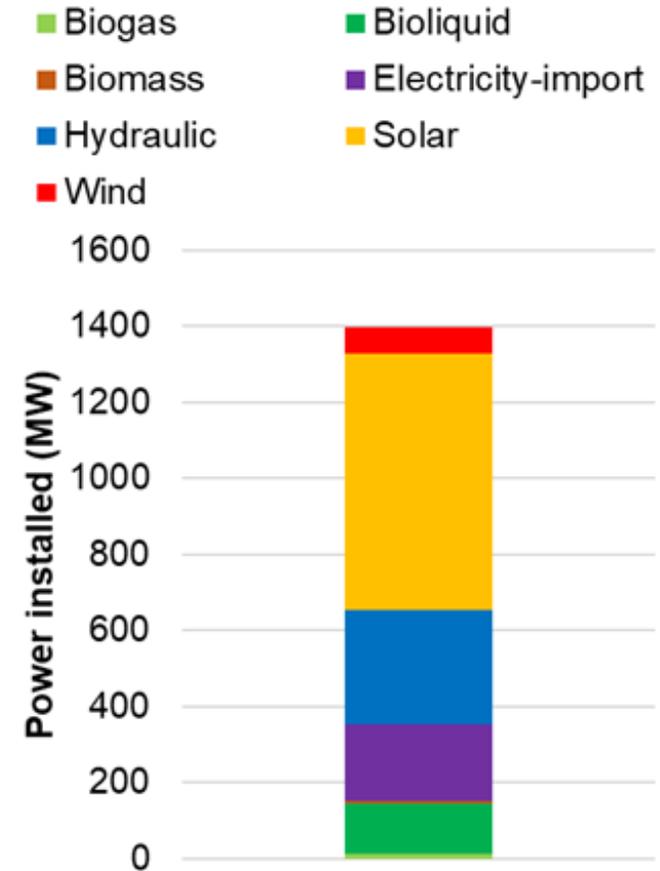
Capacité nominale totale: 942 MW



- 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

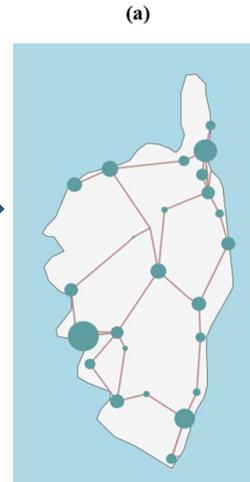
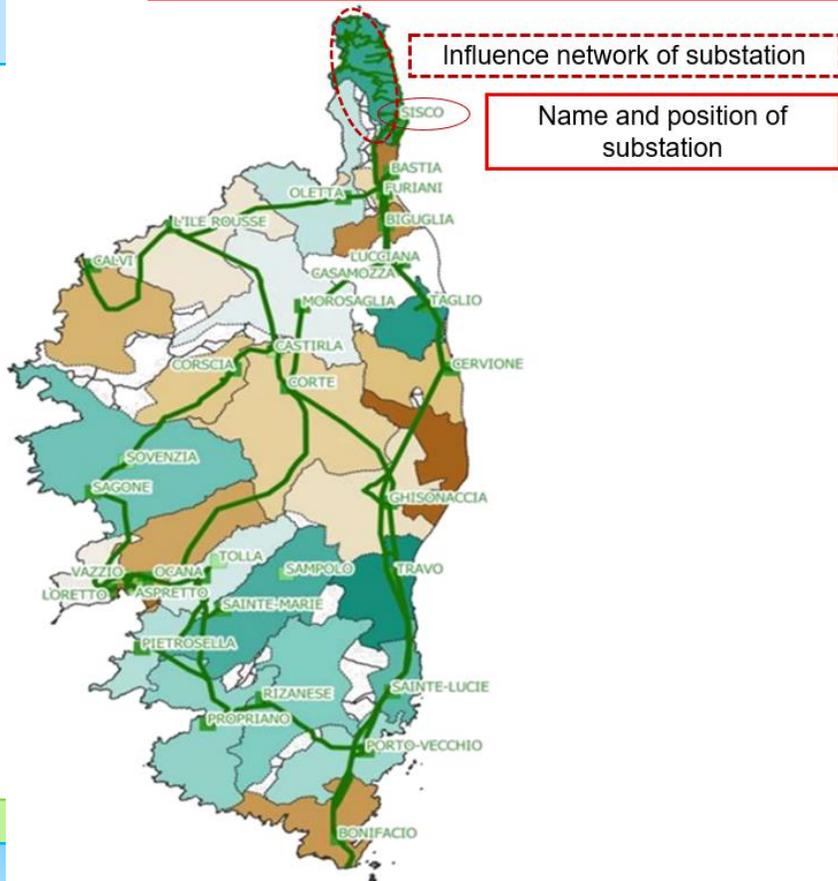
Capacité nominale maximale: MW



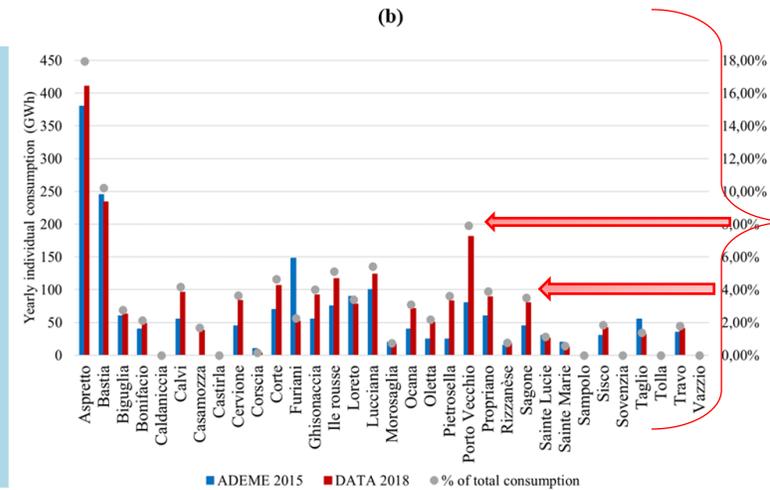
Réseau électrique : consommation d'électricité.

360 communes => 28 postes sources

- Approche Bottom-up
-Agrégation des communes



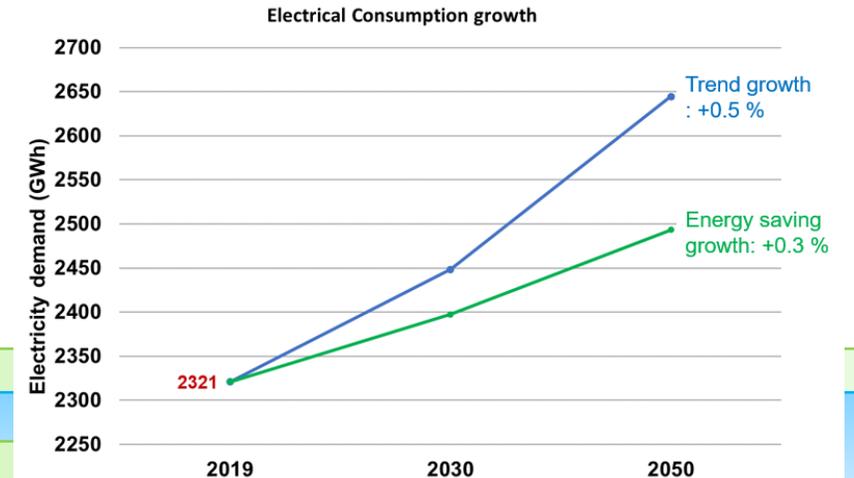
2018



Poids du poste / Conso totale

2050

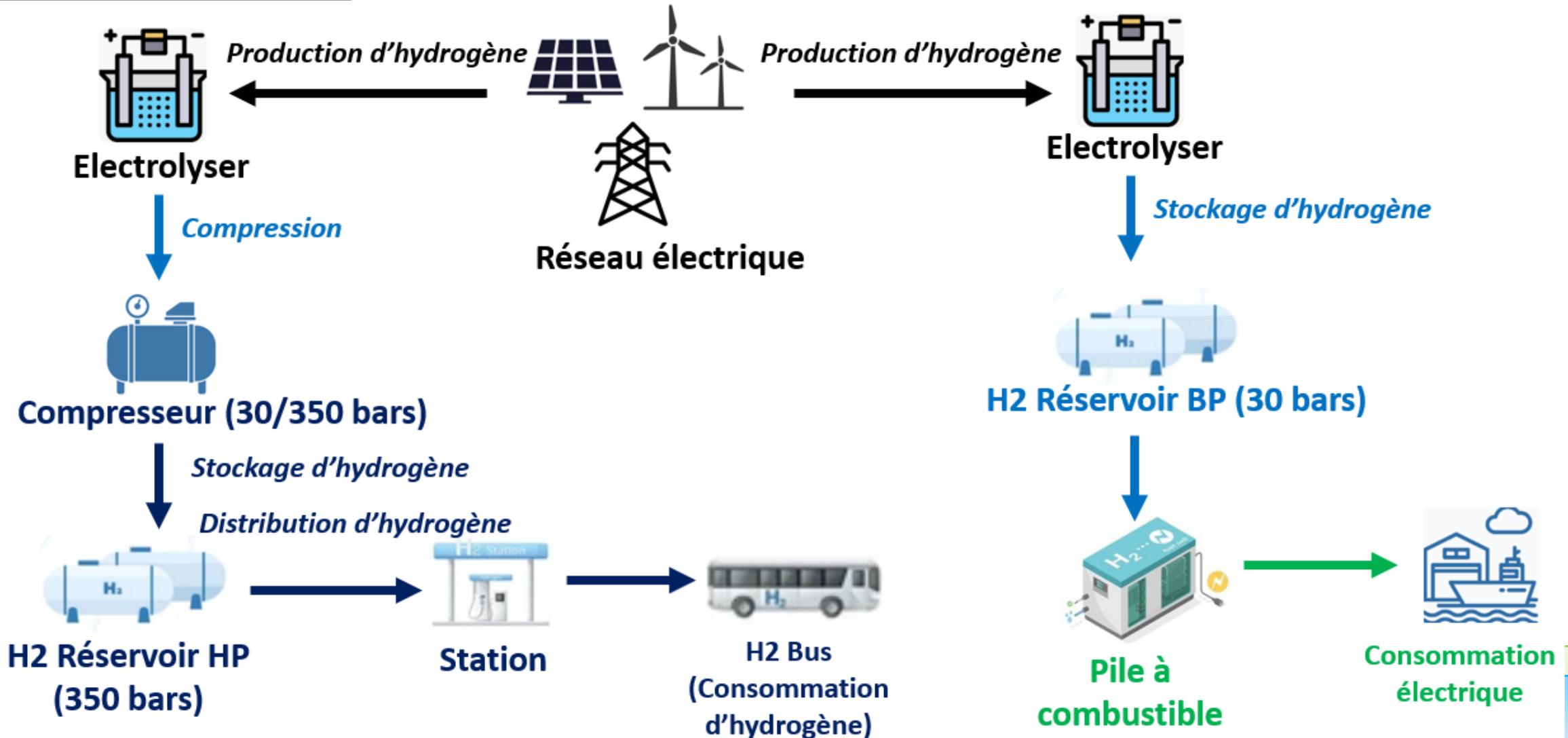
- Ratio constant
- X 2 pourcentages (%) de croissance de consommation



Réseau hydrogène : modélisation.

Application mobilité

Application stationnaire



Demande en hydrogène : Mobilité.

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

Données d'entrées :

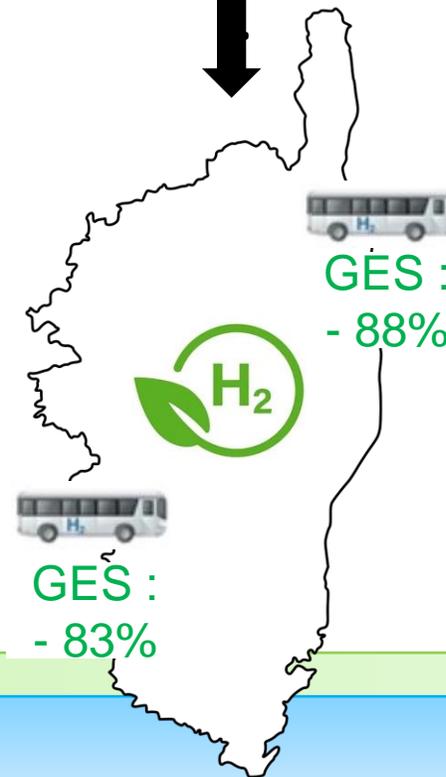


Estimation de la consommation d'énergie quotidienne [MWh]



PCI = 33kWh/kgH₂

Conversion en consommation d'hydrogène [kgH₂]



Ajaccio

- Flotte 6 bus
- Consommation diesel / jour: **502.1 L**
- Energie quotidienne 5.31 MWh
- Consommation en hydrogène / jour: **162 kgH₂**

Bastia

- Flotte 5 bus
- Consommation diesel / jour: **340.2 L**
- Energie quotidienne 3.60 MWh
- Consommation en hydrogène / jour: **110 kgH₂**

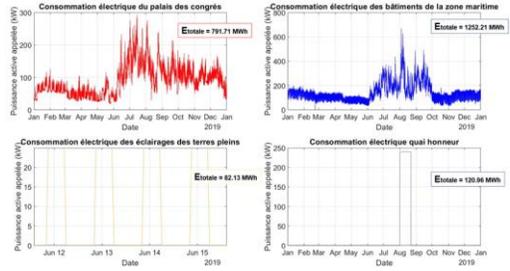
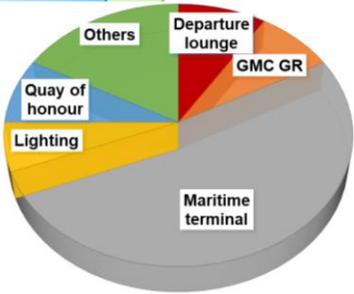


[source: CAPA / CAB]

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

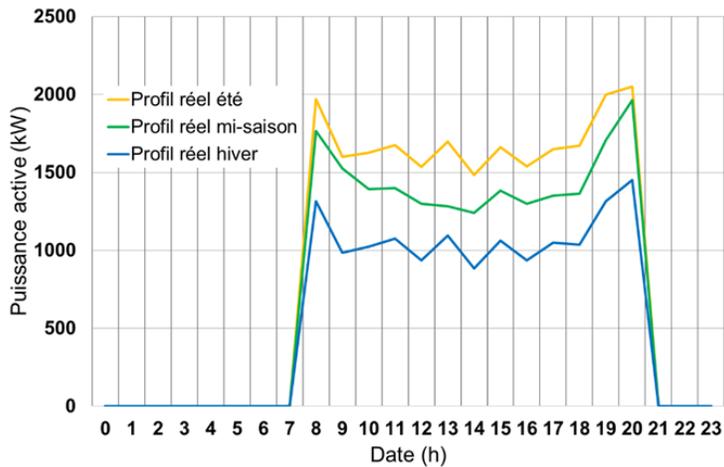
Demande hydrogène : Stationnaire (conversion en électricité)

Consommateur 1 : Zone portuaire

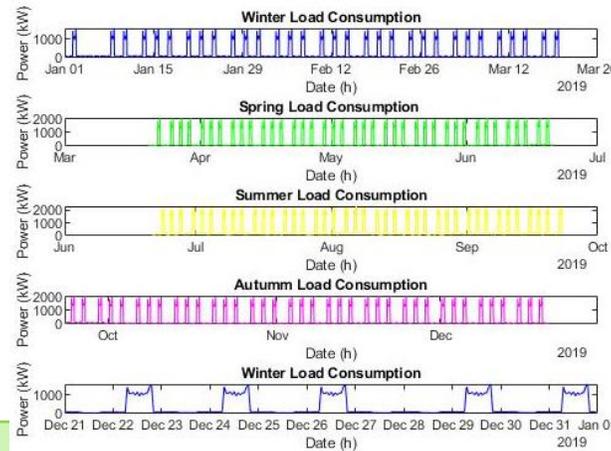


Consommateur 2 : Ferry à quai

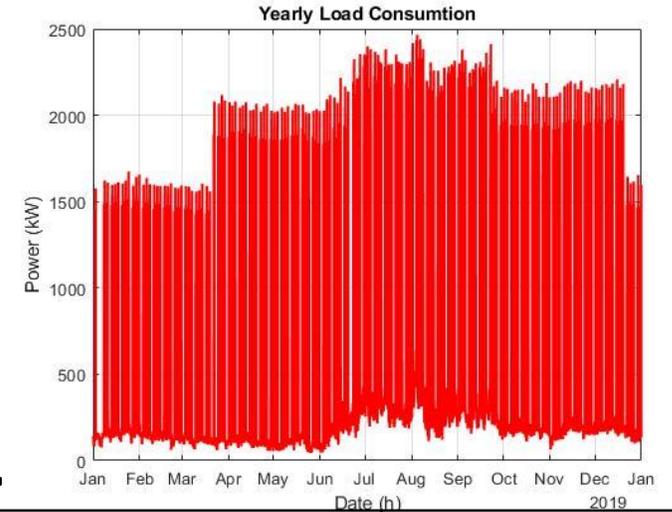
Hebdomadaire



Saisonnier



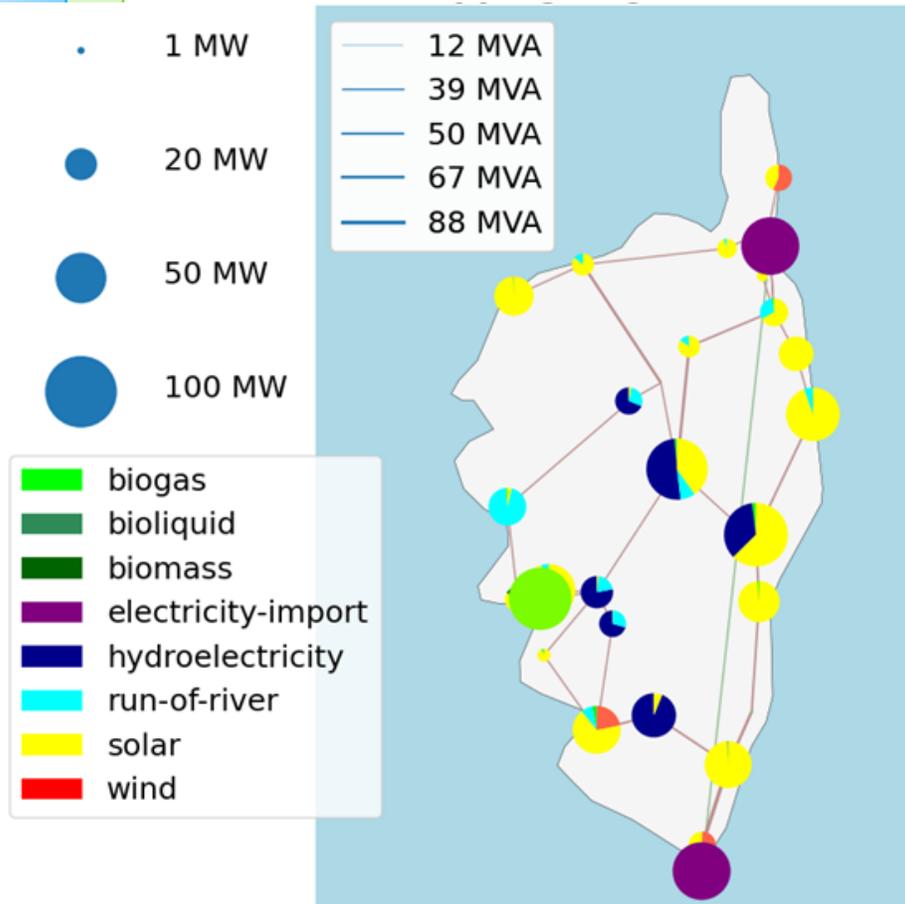
Annuel



Consommation annuelle	6235 MWh
Puissance maximale	2892 kW
Puissance moyenne	90.38 kW
Puissance minimum	62.73 kW

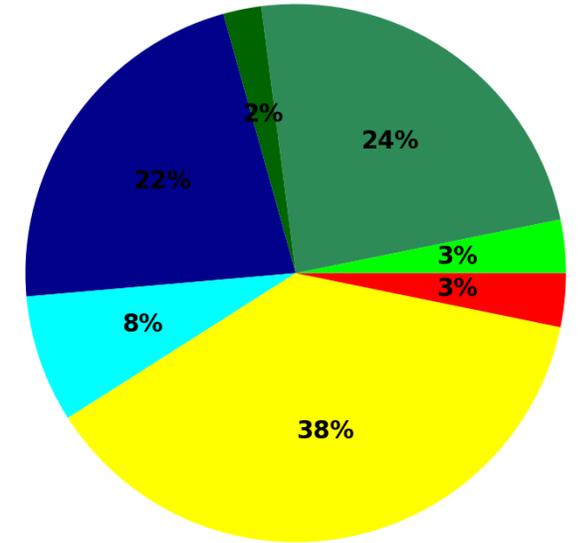
Résultats : Réseau électrique 2050.

Puissance électrique totale



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

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



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



Stockage BP (30 bars) max
49 tH₂/jour



Pile à combustible: 183 MW



Distribution :
Consommation électrique
= 7.3 GWh/an

Surface nécessaire
Electrolyseur= 5000 m²
Consommation eau = 17 500 m³
ACV Système= 6000 tCO₂

Volume stockage (PS)= 1743 m³

Résultats : réseau Hydrogène (nœud mobilité).

Station distribution Ajaccio

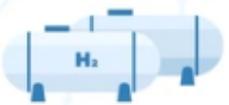
- Flotte 5 Bus
- 1000 km
- 161 kgH₂

Production  1.5 MW (2.4 GWh/an)

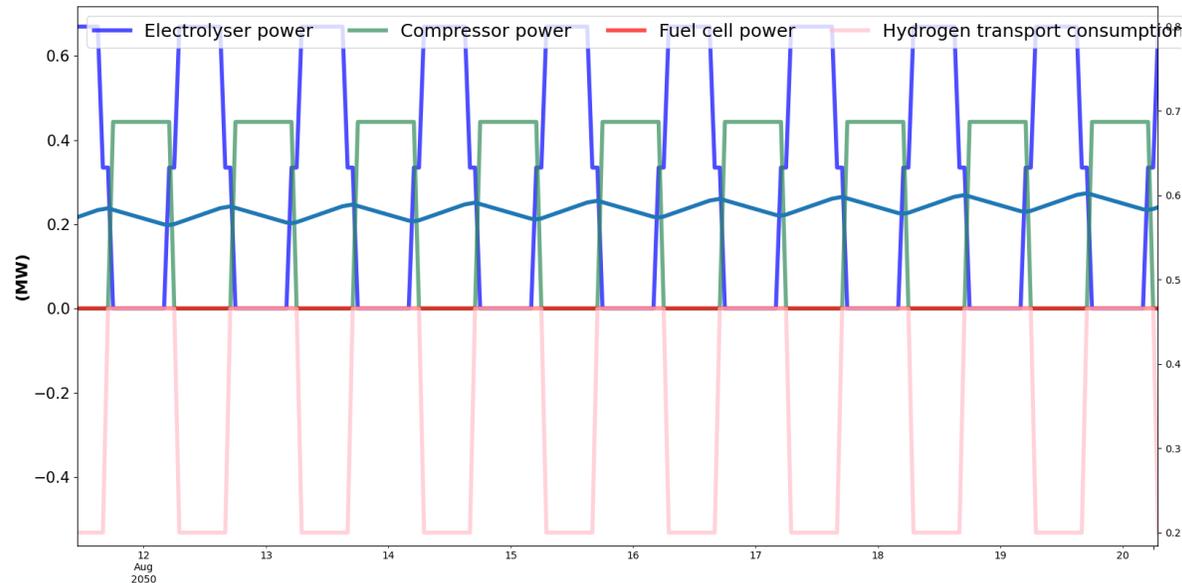
Surface d'installation production = 225 m²

Compression  0.5 MW (2 GWh/an)

Surface d'installation station = 156 m²

Stockage HP  286 kgH₂

Applications  58.8 tH₂/an



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

Conclusion des travaux

• Motivation

- Décarboner le secteur de l'énergie en Corse ?

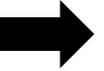


- Etude de la contribution du vecteur hydrogène pour décarboner le secteur de l'énergie en Corse
- Modélisation et optimisation du système énergétique (électrique/hydrogène) futur (2050)

• 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.