



**HAL**  
open science

## Etude du déploiement du vecteur hydrogène en Corse

Maude Chin Choi, Samir Jemei, Cristofari Christian

► **To cite this version:**

Maude Chin Choi, Samir Jemei, Cristofari Christian. Etude du déploiement du vecteur hydrogène en Corse. CNRIUT 2023 Saint Pierre - La Réunion, Jun 2023, Saint Pierre (La Réunion), France. hal-04364124

**HAL Id: hal-04364124**

**<https://hal.science/hal-04364124v1>**

Submitted on 26 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Etude du déploiement du vecteur hydrogène en Corse

---

Maude Chin Choi<sup>1</sup>

Samir Jemei<sup>2</sup>

Cristofari Christian<sup>1</sup>

Chin-choi\_m@univ-corse.fr samir.jemei@univ-fcomte.fr cristofari\_c@univ-corse.fr

<sup>1</sup> Centre de recherche Georges Peri, Université de Corse  
Laboratoire Science Pour l'Environnement SPE, UMR CNRS 6134

<sup>2</sup> FEMTO-ST Institute, FCLAB, Université de Franche-Comté, CNRS Belfort France ;

**Thèmes :** *Énergie - Environnement - Informatique*

**Résumé** – *L'indépendance énergétique et la neutralité carbone des zones non-interconnectées (ZNI) telles que la Corse et l'île de la Réunion nécessiteraient le déploiement massif d'installations de productions renouvelables mais également de systèmes de stockages. Ainsi, le vecteur hydrogène est vu comme une solution prometteuse. Le projet HyLES tend à vérifier la pertinence de l'intégration de ce dernier au sein des réseaux électriques de trois ZNI françaises. Plusieurs disciplines y seront abordées : les sciences humaines et sociales, les aspects techniques, les sciences du climat... Le projet est décomposé en cinq tâches. Les travaux de thèse, s'attachent au sein de deux tâches, visant à intégrer l'hydrogène-énergie à différentes échelles spatio-temporelles. Au préalable un travail d'élaboration de scénarios prospectifs de consommation et de production a été mené. Une première étude se portera sur des écosystèmes territoriaux spécifiques par territoires. Dans le cas de la Corse, l'application locale retenue est un usage de type infra-portuaire stationnaire. La seconde étude concerne une extension à l'échelle du réseau électrique de l'île. Après avoir modélisé le réseau, une optimisation sur le positionnement des équipements de la chaîne hydrogène sera réalisée.*

**Mots-Clés** – *Hydrogène-énergie, Optimisation multi-objectif par essais particuliers, centrale de production hybride*

## 1 Introduction

Au sein des zones non-interconnectées, la forte dépendance aux importations des énergies fossiles génère une production d'électricité de plus en plus polluante et coûteuse [1]. En Corse, le coût de production de l'électricité est environ trois fois plus important que celui de la France continentale. Selon l'observatoire régional des énergies (OREGES), en 2017, la consommation totale d'énergie primaire dépendait d'approvisionnements extérieurs à hauteur de 90.2%. Quant à l'approvisionnement électrique de la Corse, ce dernier est assuré sous forme d'un « trépied énergétique » intégrant à part égale : les importations via les liaisons SARCO et SACOI, les moyens thermiques du Vazzio et de Luccianna et les productions renouvelables. Une nouvelle centrale sera mise en service courant 2025. La loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte du 18 août 2015 prévoit l'autonomie énergétique de la Corse à l'horizon 2050. En effet, elle présente des potentiels de production d'électricité à partir de sources renouvelables non négligeables [2]. Néanmoins étant donné le caractère intermittent de ces sources, l'addition de systèmes de stockages permet un maintien de l'équilibre entre l'offre et la demande. Le stockage électrochimique est un des plus connus et exploités mais il demeure intéressant à court terme. Depuis ces dernières années le stockage chimique sous la forme d'hydrogène énergie se développe et s'avère prometteur. L'hydrogène est un vecteur d'énergie c'est-à-dire que cette source n'est pas présente à l'état naturel mais peut être convertie en une autre forme d'énergie. L'hydrogène-énergie s'avèrerait être une alternative intéressante pour l'indépendance énergétique et la neutralité carbone des ZNI.

## 2 Elaboration des scénarios prospectifs

### 2.1 Elaboration des scénarios prospectifs

Les scénarios de différents rapports [3] qui étaient envisagés pour la période 2018-2021 ont été comparés aux données actuelles (capacités électriques installées, consommation électrique, croissance démographique...). Les plus représentatifs ont ainsi été sélectionnés pour l'élaboration des scénarios propres au projet HyLES. Ces derniers sont présentés au sein de cette partie.

#### Scénarios de consommation

Le premier scénario est un scénario de type « Tendancier ». Il prend en compte l'intégration des dynamiques de MDE actuelles. Le volet véhicules électriques se base sur les ambitions de la PPE. Le parc de véhicules électriques augmente ainsi de 1% à 20% entre 2020 et 2030 et de 20% à 50% entre 2030 et 2050. Le second scénario correspond à un scénario de « Sobriété Énergétique ». Les actions de MDE considérées sont fortement renforcées et des actions et préventions sur la

sobriété énergétique sont mises en place. Le parc de véhicules électriques augmente de 1% à 50% puis à 100% en 2050. L'hypothèse d'une production électrique majoritairement d'origine renouvelable entre 2030 et 2050 est supposée.

#### Scénarios de production

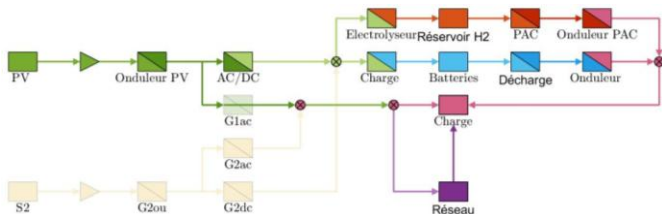
Le premier scénario correspond à un scénario « Tendancier à Catastrophe » en ne proposant aucun objectifs en termes de développement des énergies renouvelables. Concernant les moyens thermiques, il y a uniquement la centrale du Vazzio qui est arrêtée en 2030. A partir de 2030, une seule filière renouvelable émerge : la filière solaire thermique. Le deuxième scénario intitulé « Sécurité énergétique » vise à garantir la sécurité en approvisionnement électrique de la Corse en développant toutes les filières possibles (renouvelables et thermiques). Le troisième scénario correspond au scénario d'un mix électrique à 100% d'origine renouvelable. Il intègre un développement accéléré de toutes les filières renouvelables existantes et un déploiement de nouvelles filières entre 2040 et 2050 (éoliennes marines). Il suppose également la mise en œuvre de moyens de stockages importants et l'hydrogène pourrait être un des recours de stockage à moyen et long terme.

## 3 Application aux différentes échelles spatio-temporelles

### Application à l'échelle locale

L'île de Corse est dotée de 7 ports dont 2 commerciaux. Dans le cas où le raccordement des ferries à quai deviendrait obligatoire et afin de répondre à cet appel de puissance pouvant dépasser 1 MW, il serait intéressant d'étudier la pertinence d'une centrale hybride intégrant une production d'électricité renouvelable couplée à des systèmes de stockages dont un sous forme chimique c'est-à-dire un stockage hydrogène. L'étude locale se localise à Ajaccio et correspond à un usage infra-portuaire stationnaire avec comme profil de consommation : la consommation électrique de la gare maritime d'Ajaccio et celle d'un ferry lors de son raccordement à quai. Une seule ressource renouvelable est considérée ; la ressource solaire. L'irradiance globale horizontale mesurée à Ajaccio est d'environ 1605.8 kWh/m<sup>2</sup>. Les profils de production et de consommation modélisés sont implantés au sein d'un algorithme de dimensionnement technico-économique. L'optimisation est de type multi-objectif avec la minimisation du coût total du système et de l'énergie importée du réseau électrique. Elle est résolue à l'aide d'un algorithme d'optimisation multi-objectifs par essais particuliers (MOPSO en anglais). Les résultats sont affichés sous la forme d'un Front de Pareto. Cet outil fournit le meilleur compromis entre les deux fonctions objectives. La production d'électricité renouvelable assure les besoins de la charge. Dans le cas d'un surplus de

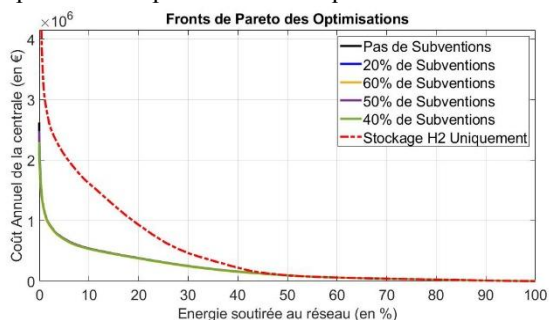
production, l'énergie produite charge les batteries ou alimente un électrolyseur afin de produire de l'hydrogène. Cette production est conservée sous forme gazeuse au sein d'un réservoir en acier. Ce stockage constitue un moyen de stockage à long terme. Quand la production renouvelable n'est pas disponible ou insuffisante pour assurer l'alimentation de la charge, l'hydrogène produit est converti en électricité via une pile à combustible et les batteries se déchargent pour répondre aux pics de puissance non-couverts. La Figure 1 présente un schéma de la centrale décrite précédemment. Du fait de leur manque de maturité, les coûts des équipements hydrogène sont beaucoup plus élevés que le coût des modules de batteries. Néanmoins, les objectifs gouvernementaux et l'augmentation des déploiements de démonstrateurs hydrogène à grande échelle permettent d'ajouter aux coûts des équipements hydrogène des subventions. Pour



l'étude, un éventail de subventions entre 20% et 60% est appliqué sur les coûts de l'électrolyseur, du réservoir et de la pile à combustible.

Figure 1 – Schéma de la centrale hybride

Les premiers résultats de l'étude en Figure 2, montrent dans un premier temps qu'une centrale hybride ayant uniquement un stockage hydrogène possède un coût annuel trois fois plus important qu'une centrale avec deux types de stockages pour un même pourcentage d'énergie importée. Pour des pourcentages de subventions entre 20% et 50%, le coût annuel du système et la configuration de la centrale restent quasiment similaires. Enfin lorsque les subventions apportées sont supérieures à 50%, la capacité des batteries diminue, un électrolyseur de 533 kW et une pile à combustible de 335 kW sont installés. Ainsi des soutiens financiers sur 50% des coûts des équipements hydrogène permettent de viabiliser des centrales hybrides intégrant le vecteur hydrogène. Cependant l'exploitation de cet algorithme présente quelques limites et donc quelques améliorations pourraient être apportées comme par exemple la prise en compte d'autres paramètres tels que le coût d'abattement



du dioxyde de carbone.

Figure 2 – Front de Pareto des optimisations réalisées

### Application à l'échelle de l'île

Intégrer l'hydrogène énergie au niveau du réseau électrique suppose d'identifier le placement et le positionnement des équipements hydrogène par rapport au réseau électrique. L'optimisation est réalisée en langage Python, avec l'outil de modélisation PyPSA. Ce dernier est un outil de simulation et d'optimisation des systèmes énergétiques. La fonction objectif est la minimisation des coûts totaux du système et l'optimisation est résolue à partir d'un algorithme de programmation linéaire en nombres entiers (MILP en anglais). Deux approches différentes seront prises en compte, selon l'horizon d'étude considéré. Les résultats attendus pour l'étude sont typiquement : les investissements nécessaires à apporter au réseau électrique et le fonctionnement simultané des composants.

## 4 Conclusions

Cet article présente les objectifs de cette thèse réalisée dans le cadre du projet HyLES. A l'instar de ce dernier, l'idée est d'apporter une contribution sur l'intérêt de l'hydrogène énergie dans la transition énergétique et la neutralité carbone de trois ZNI dont la Corse. Les travaux réalisés durant cette première année démontrent que l'hydrogène est un bon candidat pour le stockage des énergies renouvelables intermittentes, malgré certains verrous en matière de coûts des équipements et de maturité technologique. Cependant les volontés politiques ainsi que la croissance de la filière et le déploiement de nombreux démonstrateurs devraient permettre de massifier cette technologie et ainsi de viabiliser l'hydrogène dans un futur proche.

## 5 Remerciements

Ce travail est supporté par l'Agence Nationale de la Recherche sous le projet HyLES (contrat ANR-20-CE05-0035).

## Références

[1] CRE (Commission de Régulation des Energies). Transition énergétique dans les ZNI., Septembre 2021. <https://www.cre.fr/Transition-energetique-et-innovation-technologique/soutien-a-la-production/transition-energetique-dans-les-zni/> (consulté le 09.09.2022).

[2] G. Notton. Importance of islands in renewable energy production and storage : The situation of the French islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 47 (2015) doi : 10.1016/j.rser.2015.03.053.

[3] AUE Corse. Programmation Pluriannuelle de l'Energie 2016-2018 et 2019-2023. Octobre 2015. (consulté de 09.09.2022)