



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

École Nationale Polytechnique
Département de Génie Chimique
Laboratoire de Valorisation des Énergies
Fossiles
KU Leuven - Campus de Geel



KU LEUVEN

Mémoire de Projet de Fin d'Études

pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Chimique

Estimation du coût et des capacités de production algérienne de vecteurs d'énergies renouvelables et de leur exportation vers la Belgique

Réalisé par :

Mme. Melissa CHERROUK
Mr. Housseem Eddine KAFI

Supervisé par :

Dr. A.AMRI
Dr. S.QUOILIN

Présenté et soutenu publiquement le 24 juin 2023.

Membres du jury :

| | | | |
|------------|--------------|----------------------------------|-----------|
| Président | Mr.R BOUARAB | Pr | ENP |
| Promoteurs | Mme.A AMRI | MCA | ENP |
| | Mr.S QUOILIN | Pr | KU Leuven |
| Examineurs | Mr.A MRAOUI | MRA | CDER |
| | Mme.F KIES | MCA | ENP |
| Invité | Mr.M.L HABIB | Directeur des études économiques | SONELGAZ |



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

École Nationale Polytechnique
Département de Génie Chimique
Laboratoire de Valorisation des Énergies
Fossiles
KU Leuven - Campus de Geel



KU LEUVEN

Mémoire de Projet de Fin d'Études

pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Chimique

Estimation du coût et des capacités de production algérienne de vecteurs d'énergies renouvelables et de leur exportation vers la Belgique

Réalisé par :

Mme. Melissa CHERROUK
Mr. Housseem Eddine KAFI

Supervisé par :

Dr. A.AMRI
Dr. S.QUOILIN

Présenté et soutenu publiquement le 24 juin 2023.

Membres du jury :

| | | | |
|------------|--------------|----------------------------------|-----------|
| Président | Mr.R BOUARAB | Pr | ENP |
| Promoteurs | Mme.A AMRI | MCA | ENP |
| | Mr.S QUOILIN | Pr | KU Leuven |
| Examineurs | Mr.A MRAOUI | MRA | CDER |
| | Mme.F KIES | MCA | ENP |
| Invité | Mr.M.L HABIB | Directeur des études économiques | SONELGAZ |

ملخص

الهدف من هذا العمل هو وصف ونمذجة ثلاث سلاسل إمداد لناقلات كيميائية للطاقة - الهيدروجين والأمونيا والميثان الاصطناعي - التي تعتمد على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، من أجل تصدير عشرة تيراواط-ساعة من الطاقة المتجددة سنويا من الجزائر إلى بلجيكا. وقد تمت النمذجة باستخدام أداة GBOML باستعمال بيانات تقنية و اقتصادية خاصة بكل نظام فرعي للطاقة، بهدف حساب التكلفة النهائية لكل ميغاواط/ساعة لكل ناقل، تحديد قدرات النظم الفرعية في كل سلسلة إمداد، وتقييم مردود الطاقة لكل منها.

كلمات مفتاحية : سلاسل إمداد - طاقات متجددة - نمذجة - تحسين تقني

Abstract

The aim of this work is to describe and model three supply chains for chemical carriers - hydrogen, ammonia and synthetic methane - powered by a solar and wind energy mix, in order to export 10 TWh of renewable energy per year from Algeria to Belgium. Modeling was carried out using the GBOML tool, using techno-economic data specific to each energy sub-system, with the aim of calculating the final cost per MWh for each vector, determining the capacities of the sub-systems in each supply chain, and assessing their respective energy yields.

Keywords : Supply chains - Renewable energies - Modeling - Optimization - GBOML

Résumé

L'objectif de ce travail est la description et la modélisation de trois chaînes d'approvisionnement en vecteurs chimiques - hydrogène, ammoniac et méthane synthétique - alimentés par un mix énergétique de solaire et d'éolien et ce pour exporter 10 TWh d'énergie renouvelable par an de l'Algérie vers la Belgique. La modélisation a été effectuée avec l'outil GBOML en utilisant des données technico-économiques spécifiques à chaque sous système énergétique dans le but de calculer le coût final du MWh pour chaque vecteur, de déterminer les capacités des sous-systèmes dans chaque chaîne d'approvisionnement, et d'évaluer leurs rendements énergétiques.

Mots clés : Chaînes d'approvisionnement - Énergies Renouvelables - Modélisation - Optimisation - GBOML

Dédicaces

“ Je dédie ce travail à mon père, dont la présence me manque chaque jour, en reconnaissance de son amour inconditionnel et de ses encouragements incessants. Cet accomplissement l'aurait rendu fier, j'en suis certaine. Ses valeurs et sa sagesse continuent de guider mes pas. Que cette dédicace soit une humble marque de mon amour et mon respect envers toi, puisses-tu trouver une quiétude éternelle, mon cher père.

À ma chère mère, une femme forte et unique m'inspirant à me surpasser au quotidien. Ce mémoire t'est également dédié, en témoignage de mon amour et ma reconnaissance éternels. Je remercie le reste de ma famille ainsi que mes amis d'avoir toujours été là pour moi à chaque étape de mon parcours. Votre soutien et votre amitié ont nourri ma motivation à persévérer.

Puissiez-vous tous trouver dans ces mots l'écho de l'affection sincère que je porte à chacun d'entre vous. Votre présence dans ma vie a façonné la personne que je suis aujourd'hui. Je vous en serai éternellement reconnaissante. ”

- **Melissa**

“ Ce mémoire est dédié à ma mère. C'est grâce à elle que je suis la personne que je suis aujourd'hui. Ses sacrifices incessants et son dévouement inégalable m'ont inculqué la valeur du travail acharné et de la persévérance. Que Dieu t'accorde une longue vie, pour que tu continues à illuminer mon chemin avec ta présence et ton amour infaillibles.

Je dédie également ce travail à ma défunte grand-mère, dont l'absence est ressentie chaque jour. Je suis convaincu qu'elle aurait été fière de moi en ce jour si spécial. Sa mémoire continue de m'inspirer et de me donner la force d'atteindre mes objectifs. Puisses-tu reposer en paix, tu seras toujours dans mon cœur. ”

- **Houssem**

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné le pouvoir et la patience nécessaires pour mener ce travail à son terme.

Nous tenons à remercier chaleureusement nos parents qui nous ont soutenu tout au long de notre parcours éducatif et qui ont constamment été à nos côtés.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude à nos encadreurs, **Pr S.Quoilin**, pour l'opportunité inestimable qu'il nous a offerte en nous accueillant dans son équipe de recherche, et à **Dr A.Amri** pour sa disponibilité constante tout au long de ce travail. Sans leurs conseils éclairés et leurs informations pertinentes, dispensés avec une patience et un professionnalisme remarquables, nous n'aurions pas pu mener à bien ce travail.

Que les membres de jury trouvent, ici, l'expression de nos sincères remerciements. **Pr R.Bouarab** pour avoir accepté de présider le jury, **Dr F.Kies** et **Dr A.MRAOUI** pour nous avoir fait l'honneur d'examiner notre modeste travail et **Mr M.L.Habib** pour avoir répondu favorablement à notre invitation pour assister à notre soutenance.

Nous exprimons aussi une profonde reconnaissance à toute la communauté algérienne de Liège, notamment à **Khaled, Youcef, Amine, Sami** et à tous les autres, pour leur accueil extrêmement chaleureux. Ils sont devenus pour nous une seconde famille. Leur présence et leur soutien ont grandement contribué à notre épanouissement durant notre séjour en Belgique.

Pour finir, nous souhaitons remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*L'utopie a changé de camp : est aujourd'hui utopiste celui
qui croit que tout peut continuer comme avant.*

Pablo Servigne,

(Comment tout peut s'effondrer : Petit manuel de
collapsologie à l'usage des générations présentes)

Confidentiel