الجمهـــوريـــــة الجزائـريـــــة الديـمـقـراطيـــــة الشـعـبيـــــة
PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA
وزارة التعليـم العالـــي والـبحـــث العلمـي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة- عنابة-
NATIONAL HIGHER SCHOOL OF TECHNOLOGY AND ENGINEERING - ANNABA

Department of Process and Energy Engineering

Dissertation

For the obtention of master degree

Domain: Science and Technology
Field: Process Engineering
Option: Chemical Engineering

Presented by

Ikram Ouari
Nesrine Hamrakrouha

Modelling and simulation of an integrated process for the valorisation of reverse osmosis brine

Supervised by

Dr.Kaouther Kerboua, MCA
ENSTI Annaba

Members of the jury

Dr. Zineb Saadoune, MCB	President	ENSTI Annaba
Dr. Imen Touhami, MCA	Examinator	ENSTI Annaba
Dr. Mohamed Arab	Invited/ Socio-economic partner representative	UTE Desaladora Skikda

Year 2024

Abstract

The brine produced by desalination poses a threat to marine ecosystems because of its high salinity and chemical composition. Hybrid processes and the integration of renewable energies such as solar and wind power are used to optimize the transformation of brine into valuable products, while minimizing environmental degradation. Our project aims to develop a comprehensive mathematical model for the conversion of reverse osmosis brine into hydrochloric acid and hydrogen using PV-electrolysis. The model is validated experimentally and used to optimize the system through a parametric analysis. The obtained preliminary results with conventional power supply demonstrated a high correlation coefficient of 0.995 and also a high determination coefficient of 0.992, suggesting that the simulation model is highly accurate and reliable. The integration of the photovoltaic power supply and the study of the effects of cell temperature, global radiation and electrolyte concentration provided valuable information on system behavior under different conditions. It was found that ambient temperature is optimal for the performance of the membrane electrolyzer supplied by PV, while the highest performance was obtained with high values of solar radiation of 900 W/m². Regarding the concentration of the electrolyte, a concentration factor of 5 conducted to the highest the conductivity, making the electrolyte becomes richer in ions, thus lowering the resistance of the electrolyte and therefore the ohmic resistance in the electrolytic cell.

Keywords: Reverse osmosis, Brine conversion, Electrolysis, Renewable energy, Desalination, Chlorine, Sodium hydroxide.

ملخص

يشكل المحلول الملحي الناتج عن تحلية المياه تهديدا للنظم البيئية البحرية بسبب ملوحته العالية وتركيبه الكيميائي. تُستخدم العمليات الهجينة ودمج الطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لتحسين تحويل المياه المالحة إلى منتجات قيمة، مع تقليل التدهور البيئي إلى أدنى حد. يهدف مشروعنا إلى تطوير نموذج رياضي شامل لتحويل محلول التناضح العكسي الملحي إلى حمض الهيدروكلوريك والهيدروجين باستخدام التحليل الكهربائي الكهروضوئي. تم التحقق من صحة النموذج تجريبيا واستخدامه لتحسين النظام من خلال التحليل البارامترى. أظهرت النتائج الأولية التي تم الحصول عليها مع مصدر الطاقة التقليدي معامل ارتباط عالي قدره 0.995 وأيضًا معامل تحديد عالٍ قدره 0.992، مما يشير إلى أن نموذج المحاكاة دقيق وموثوق للغاية. إن دمج مصدر الطاقة الكهروضوئية ودراسة تأثيرات درجة حرارة الخلية والإشعاع العالمي وتركيز المنحل بالكهرباء يوفر معلومات قيمة عن سلوك النظام في ظل ظروف مختلفة. لقد وجد أن درجة الحرارة المحيطة هي الأمثل لأداء المحلل الكهربائي الغشائي المزود بالطاقة الكهروضوئية، في حين تم الحصول على أعلى أداء مع قيم عالية من الإشعاع الشمسي 900 واط/م2. فيما يتعلق بتركيز الإلكتروليت، فإن عامل تركيز 5 يوصل إلى أعلى موصلية، مما يجعل الإلكتروليت أكثر ثراءً بالأيونات، وبالتالي تقليل مقاومة الإلكتروليت وبالتالي المقاومة الأومية في الخلية الإلكتروليتية.

الكلمات المفتاحية: التناضح العكسي(RO) ، تحويل المياه المالحة، التحليل الكهربائي، الطاقة المتجددة، تحلية المياه، الكلور، هيدروكسيد الصوديوم.

Résumé

La saumure produite par le dessalement constitue une menace pour les écosystèmes marins en raison de sa salinité élevée et de sa composition chimique. Des procédés hybrides et l'intégration d'énergies renouvelables telles que l'énergie solaire et éolienne sont utilisés pour optimiser la transformation de la saumure en produits de valeur, tout en minimisant la dégradation de l'environnement. Notre projet vise à développer un modèle mathématique complet pour la conversion de la saumure osmosée inverse en acide chlorhydrique et en hydrogène par électrolyse PV. Le modèle est validé expérimentalement et utilisé pour optimiser le système grâce à une analyse paramétrique. Les résultats préliminaires obtenus avec une alimentation conventionnelle ont démontré un coefficient de corrélation élevé de 0,995 ainsi qu'un coefficient de détermination élevé de 0,992, ce qui suggère que le modèle de simulation est très précis et fiable. L'intégration de l'alimentation photovoltaïque et l'étude des effets de la température des cellules, du rayonnement global et de la concentration en électrolytes ont fourni des informations précieuses sur le comportement du système dans différentes conditions. Il a été constaté que la température ambiante est optimale pour les performances de l'électrolyseur à membrane alimenté par PV, tandis que les performances les plus élevées ont été obtenues avec des valeurs élevées de rayonnement solaire de 900 W/m². Concernant la concentration de l'électrolyte, un facteur de concentration de 5 conduit au maximum la conductivité, rendant l'électrolyte plus riche en ions, diminuant ainsi la résistance de l'électrolyte et donc la résistance ohmique dans la cellule électrolytique.

Mots clés : Osmose inverse, Conversion de saumure, Électrolyse, Énergie renouvelable, Dessalement, Chlore, Hydroxyde de sodium.