الجمهـوريـــة الجزائـريـــة الديـمقراطيـــة الشعبيـــة
PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA
وزارة التعليـم العالـي والبحـث 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 State Engineering diploma

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

Presented by

Ikram Ouari
Nesrine Hamrakrouha

Recovery of acid and base from reverse osmosis brines: An electrochemical engineering solution adapted to UTE Desaladora Skikda station

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. Adel Djellal, MCA	Incubator representative	ENSTI Annaba
Dr. Azzedine Dekhane, MCA	Technology and Innovation Support Center representative	ENSTI Annaba
Dr. Mohamed Arab	Co-supervisor/ Socio-economic partner representative	UTE Desaladora Skikda

Year 2024

Abstract

As demand for water increases, seawater desalination is becoming increasingly important, with reverse osmosis being the most commonly used method due to its high energy efficiency. However, the environmental impact of brine discharge is a challenge.The main objective of this project is to design an innovative modular device capable of simultaneously producing sodium hydroxide (NaOH) and hydrochloric acid (HCl) by an integrated process combining electrolysis and photochemical reaction, in partnership with UTE Desaladora desalination plant, Skikda. The system is adaptable to different production scales, starting with laboratory experiments. The work attempts through a parametric study to optimize the process using low-cost electrode materials while maintaining system efficiency and durability. The obtained results allowed the verification of the repeatability of the experiments of both electrolysis of synthetic brine and photochemical synthesis of hydrochloric acid, with a determination coefficient exceeding 92% and a correlation coefficient higher than 95%. The parametric analysis including feeding voltage, cell temperature, photoreactor stirring and electrolysis membrane type, demonstrated the existence of compromises between energy consumption and feeding current, as well as between the kinetic of the photochemical reaction and the dissolution of electrolytic gases in the reactor content. In terms of cell temperature, the positive effect attained a plateau at around 54°C, while N117 was the optimal separator for both synthetic and real brine recovered from the desalination station.

Keywords: Seawater desalination, Reverse osmosis, Brine discharge, Electrolysis, Sodium hydroxide (NaOH), Hydrocloric Acid (HCl), Photochemical reaction.

ملخص

مع تزايد الطلب على المياه، أصبحت تحلية مياه البحر ذات أهمية متزايدة، مع كون التناضح العكسي هو الطريقة الأكثر استخدامًا بسبب كفاءته العالية في استخدام الطاقة .مع ذلك، فإن التأثير البيئي لتصريف المياه المالحة يمثل تحديًا. الهدف الرئيسي من هذا المشروع هو تصميم جهاز معياري مبتكر قادر على إنتاج هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) وحمض الهيدروكلوريك (HCl) في وقت واحد من خلال عملية متكاملة تجمع بين التحليل الكهربائي و تفاعل كيميائي ضوئي بشراكة مع محطة تحلية المياه UTE Desaladora بسكيكدة. النظام قابل للتكيف مع مستويات الإنتاج المختلفة، بدءًا من التجارب المعملية. يحاول العمل من خلال دراسة حدودية تحسين العملية باستخدام مواد إلكترودات منخفضة التكلفة مع الحفاظ على كفاءة النظام ومتانته. سمحت النتائج التي تم الحصول عليها بالتحقق من تكرار تجارب كل من التحليل الكهربائي للمحلول الملحي الاصطناعي والتوليف الكيميائي الضوئي لحمض الهيدروكلوريك، مع معامل تحديد يتجاوز 92% ومعامل ارتباط أعلى من 95%. أظهر التحليل البارامتري بما في ذلك جهد التغذية، ودرجة حرارة الخلية، وتحريك المفاعل الضوئي ونوع غشاء التحليل الكهربائي، وجود تنازلات بين استهلاك الطاقة وتيار التغذية، وكذلك بين حركية التفاعل الكيميائي الضوئي وذوبان الغازات الإلكتروليتية في محتوى المفاعل. ومن حيث درجة حرارة الخلية، وصل التأثير الإيجابي إلى حوالي 54 درجة مئوية، في حين كان N117 هو الفاصل الأمثل لكل من المحلول الملحي الاصطناعي والحقيقي المستخرج من محطة التحلية.

الكلمات المفتاحية: تحلية مياه البحر، التناضح العكسي، تصريف المياه المالحة، التحليل الكهربائي، هيدروكسيد الصوديوم(NaOH) ، حمض الهيدروكلوريك(HCl) ، التفاعل الكيميائي الضوئي

Résumé

À mesure que la demande en eau augmente, le dessalement de l’eau de mer devient de plus en plus important, l’osmose inverse étant la méthode la plus couramment utilisée en raison de sa haute efficacité énergétique. Cependant, l'impact environnemental du rejet de saumure constitue un défi. L'objectif principal de ce projet est de concevoir un dispositif modulaire innovant capable de produire simultanément de l'hydroxyde de sodium (NaOH) et de l'acide chlorhydrique (HCl) par un procédé intégré combinant électrolyse et réaction photochimique, en partenariat avec l'usine de dessalement UTE Desaladora, Skikda. Le système est adaptable à différentes échelles de production, à commencer par les expériences en laboratoire. Le travail tente, grâce à une étude paramétrique, d’optimiser le processus en utilisant des matériaux d’électrode à faible coût tout en maintenant l’efficacité et la durabilité du système. Les résultats obtenus ont permis de vérifier la répétabilité des expériences d'électrolyse de saumure synthétique et de synthèse photochimique d'acide chlorhydrique, avec un coefficient de détermination supérieur à 92% et un coefficient de corrélation supérieur à 95%. L'analyse paramétrique incluant la tension d'alimentation, la température des cellules, l'agitation du photoréacteur et le type de membrane d'électrolyse, a démontré l'existence de compromis entre la consommation d'énergie et le courant d'alimentation, ainsi qu'entre la cinétique de la réaction photochimique et la dissolution des gaz électrolytiques dans le contenu du réacteur. En termes de température des cellules, l'effet positif a atteint un plateau à environ 54°C, tandis que le N117 était le séparateur optimal pour la saumure synthétique et réelle récupérée de la station de dessalement.

Mots clés : Dessalement d'eau de mer, Osmose inverse, Décharge de saumure, Électrolyse, Hydroxyde de sodium (NaOH), Acide chlorhydrique (HCl), Réaction photochimique