

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03
FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

Mémoire

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN GÉNIE DES PROCÉDÉS
OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT

DISTILLATEUR INTELLIGENT

Présenté par :

Zetili Djihane

Lachheb Meriem

Encadrant :

Dr. Kiamouche Samir

Co – Encadrant :

Dr. Mouatsi Abdelmalek

Année universitaire

2024-2025

Session : Juin

Sommair

Remercîment	i
Dédicace.....	ii
Sommaire.....	v
Liste des figures	.ix
Liste des tableaux	xi
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Revue de la littérature

I.1 Histoire de la distillation.....	3
I.1.1 Les débuts anciens.....	3
I.1.2 Évolution dans l'Antiquité.....	3
I.1.3 Le Moyen Âge	4
I.1.4 Renaissance et époque moderne.....	4
I.1.5 Révolution industrielle.....	4
I.2 Méthodes traditionnelles de production d'eau de rose.....	4
I.2.1 Distillation à la vapeur	4
I.2.2 Ébullition des pétales	5
I.2.3 Méthode de macération.....	5
I.2.4 Utilisation d'un alambic traditionnel.....	5
I.3 Technologies existantes en distillation pour la production d'eau de rose.....	5
I.3.1 Hydrodistillation (Distillation à l'Eau).....	5
I.3.2 Procédé de distillation à la vapeur d'eau.....	6
I.3.3 Cohobation (Double Distillation).....	6
I.3.4 Extraction par solvants volatils.....	7
I.3.5 Distillation Intelligente.....	8
I.4 Applications de l'eau de rose.....	9
I.4.1 Utilisations cosmétiques.....	9

I.4.2 Utilisations culinaires.....	9
I.4.3 Utilisations en aromathérapie.....	9
I.4.4 Utilisations en parfumerie.....	9
I.5 État de l'art dans la distillation.....	10
I.5.1 Avancées technologiques.....	10
a. Colonnes de distillation avancées.....	10
b. Automatisation et contrôle numérique.....	10
c. Distillation sous vide et sous pression.....	10
I.5.2 Innovations récentes.....	10
a. Distillation assistée par membrane.....	10
b. Technologies hybrides.....	10
c. Systèmes de distillation modulaire.....	11
I.5.3 Défis et perspectives.....	11
a. Économie d'énergie.....	11
b. Séparation de mélanges complexes.....	11
I.6 Études existantes sur les distillateurs intelligents.....	11
I.6.1 Distillateurs solaires intelligents.....	11
I.6.2 Distillation des modèles d'IA.....	11
I.6.3 Distillateurs industriels intelligents.....	12
I.7 Innovations technologiques dans le domaine.....	12
I.7.1 Distillation moléculaire.....	12
I.7.2 Garnissage structuré.....	13
I.7.3 Technologies hybrides.....	13
I.7.4 Distillation sous vide.....	13

Résumé

Les procédés de distillation classiques, particulièrement employés pour produire de l'eau de rose et des huiles essentielles, présentent deux inconvénients majeurs : une surconsommation d'eau due au refroidissement par écoulement continu, et une régulation thermique peu précise. Ces défauts impactent non seulement la qualité du distillat, mais engendrent également un gaspillage important d'eau.

Face à cette problématique, cette étude vise à améliorer le système de distillation traditionnel en y intégrant un système de refroidissement externe basé sur un échangeur thermique en serpentin fonctionnant en circuit fermé. Cette modification permet d'optimiser l'efficacité du refroidissement tout en réduisant considérablement la consommation d'eau par rapport au système classique.

Le dispositif proposé comprend un réservoir d'eau équipé d'une pompe qui assure la recirculation de l'eau vers la partie supérieure de l'alambic. Le refroidissement peut également être renforcé à l'aide de glaçons ou d'eau froide.

Les performances de ce système ont été évaluées à travers le suivi de l'évolution de la température pendant le processus de distillation. Les résultats ont montré une grande stabilité thermique et une bonne maîtrise des conditions de distillation, ce qui rend ce système particulièrement adapté aux petites industries et artisans à la recherche de solutions plus économiques et durables.

Mots clés : Distillation intelligent, Refroidissement externe, Circuit fermé, Réduction de la consommation d'eau, Solutions durables.

Abstract

Conventional distillation processes, particularly used to produce rose water and essential oils, have two major drawbacks: excessive water consumption due to continuous flow cooling, and imprecise thermal control. These shortcomings not only impact the quality of the distillate but also result in significant water waste.

Addressing this issue, this study aims to improve the traditional distillation system by integrating an external cooling system based on a coil heat exchanger operating in a closed circuit. This modification optimizes cooling efficiency while significantly reducing water consumption compared to the conventional system.

The proposed system includes a water tank equipped with a pump that recirculates water to the upper part of the still. Cooling can also be enhanced with ice cubes or cold water.

The performance of this system was evaluated by monitoring temperature changes during the distillation process. The results demonstrated high thermal stability and good control over distillation conditions, making this system particularly suitable for small industries and craftspeople seeking more economical and sustainable solutions.

Keywords: Smart distillation, External cooling, Closed circuit, Reducing water consumption, Sustainable solutions.

ملخص

تعاني عمليات التقطير التقليدية، وخاصة المستخدمة لإنتاج ماء الورد والزيوت العطرية، من عيبين رئيسيين: الاستهلاك المفرط للمياه نتيجة للتبريد المستمر بالتدفق، وعدم دقة التحكم الحراري. لا تؤثر هذه العيوب على جودة المُقَطَّر فحسب، بل تؤدي أيضًا إلى هدر كبير للمياه.

ولمعالجة هذه المشكلة، تهدف هذه الدراسة إلى تحسين نظام التقطير التقليدي من خلال دمج نظام تبريد خارجي قائم على مبادل حراري لولبي يعمل في دائرة مغلقة. يُحسن هذا التعديل كفاءة التبريد مع تقليل استهلاك المياه بشكل كبير مقارنة بالنظام التقليدي.

يتضمن النظام المقترح خزان مياه مزودًا بمضخة تُعيد تدوير المياه إلى الجزء العلوي من جهاز التقطير. كما يُمكن تحسين التبريد باستخدام مكعبات الثلج أو الماء البارد.

تم تقييم أداء هذا النظام من خلال مراقبة تغيرات درجة الحرارة أثناء عملية التقطير. أظهرت النتائج استقرارًا حراريًا عاليًا وتحكمًا جيدًا في ظروف التقطير، مما يجعله مناسبًا بشكل خاص للصناعات الصغيرة والحرفيين الذين يبحثون عن حلول أكثر اقتصادية واستدامة.

الكلمات المفتاحية: التقطير الذكي، التبريد الخارجي، الدائرة المغلقة، تقليل استهلاك المياه، الحلول المستدامة.