

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE EPOPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des sciences appliquées

Département de Génie des procédés

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

Présenté Par :

Amel BECHENEB

Chaima KAHOU

Thème :

Effet de Sel sur la Productivité du Distillateur Solaire

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Dr. LATI Mokhtar	UKM Ouargla	Président
Dr. BENABIDI Bilal	UKM Ouargla	Examineur
Dr. Ridha CHERRAYE	UKM Ouargla	Encadreur
Pr. SELLAMI Med Hassen	UKM Ouargla	Co-Encadreur

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللهم صل وسلم على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم تسليما عدد ما أحاط
به علمك وخط به قلمك وأحصاه كتابك.
سبحان الله وبحمده سبحان الله العظيم.

*Ce document présente les travaux effectués dans le cadre de
notre thèse de Master au sein du
Laboratoire de Lenreza à l'Université Kasdi merbah
Ouargla.*

*Avant tout, nous remercions notre DIEU le Tout-puissant de
m'avoir donné le courage, la volonté, la patience et la santé
durant toutes ces années d'études et que grâce à lui ce
travail a pu être réalisé.*

*Nous voudrions exprimer nos profondes gratitude à notre
encadreur Monsieur CHERRAYE Ridha, pour ses
encouragements, son suivi continué ainsi que sa rigueur et
ses précieux conseils. Sans sa perspicacité et son appui, elle
aurait été impossible de mener à bien ce travail. Ses
connaissances et son expérience resteront pour nous une
source constante de savoir. J'ai une dette de reconnaissance
envers lui.*

*Nous remercions aussi à Monsieur SELAMI
Mohamed Hassan qui nous a aidé et nous a accompagné à
fin de réaliser notre travail.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

- ❖ *À mes très chers parents (Que Dieu Les Garde Pour Nous).*
- ❖ *À ma sœur.*
- ❖ *À mes frères.*
- ❖ *À mon professeur SELAMI Mohamed Hassen.*
- ❖ *À mes collègues : Ines MELOUAH, CHAOUBI Nacer Eddine.*
- ❖ *À toute la famille BECHENEB*

Amel

Dédicaces

*Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU
De m' avoir donné la force et le courage dans
ce modeste travail.
Je dédie mon travail avant tout à mes chers Parents qui
m'ont soutenu pendant toute la durée de ces longues études, « Que
Dieux me les protègent ».
A mes sœurs ;
A mon frère ;
A ma grande famille ;
A mes meilleurs professeurs ;
A mes amis proches ;
Tous ceux qui me sont chers.*

CHAIMA

Résumé :

Un distillateur solaire est encore un appareil simple qui utilise la technologie d'évaporation et de condensation pour convertir l'eau saumâtre en L'eau distillée, mais nous sommes confrontés au problème du faible rendement de la distillation solaire. Des expériences ont été menées durant les mois de mars et mai dans le laboratoire de (LENREZA) Ouargla En 2023, nous ajoutons des sels de NaCl, KCl et CaCl₂ afin d'améliorer le rendement de cette étude. Le bassin est alimenté avec de l'eau saumâtre, puis l'effet de la concentration en sel sur le processus de distillation solaire est évalué. Des investigations expérimentales montrent Une augmentation de la production d'eau avec une diminution de la quantité de sel dissous. La production d'eau douce la plus élevée a été atteinte, 605 ml/m² -jour La production est améliorée de 30,10 % pour le sel de NaCl, de 12,68 % pour le sel de CaCl₂ et de 6,66 % pour le sel de KCl.

Mots-clés : sel, distillation solaire, production, L'eau distillée.

لايزال المقطر الشمسي جهازاً بسيطاً يستخدم تقنية التبخر والتكثيف لتحويل المياه المالحة غير النقية إلى الماء المقطر ولكن نواجه مشكلة المردود المنخفض للتقطير الشمسي. أجريت التجارب خلال شهري مارس وماي في مخبر (LENREZA) ورقة

في عام 2023 , نقوم بإضافة املاح NaCl ، KCl ، CaCl₂ من اجل تحسين مردود هذه الدراسة. يتم تغذية الحوض بمياه غير عذبة ثم يتم تقييم تأثير تركيز الملح على عملية التقطير الشمسي، تظهر التحقيقات التجريبية زيادة في إنتاج المياه مع انخفاض كمية الملح المذاب , تم بلوغ أكبر إنتاج للمياه العذبة 605 ميليلتر / م² -يوم يتم تحسين الانتاج بنسب 30.10% ملح NaCl و12.68% ملح CaCl₂ و6.66% ملح KCl.

كلمات مفتاحية: المقطر الشمسي • ملح , الانتاج , الماء المقطر .

A solar still is a simple device that uses evaporation and condensation technology to convert brackish water into distilled water but we are facing the problem of low productivity of solar distillation. Experiments were conducted during the months of March and May in the laboratory of (LENREZA) Ouargla In 2023, we added NaCl, KCl, and CaCl₂ salts to improve the throughput of this study. The basin is fed with brackish water, and then the effect of the salt concentration on the solar distillation process is evaluated. Experimental investigations show Increased water production as the amount of dissolved salt decreases . The highest fresh water production has been achieved, 605 ml/m² -day The production is improved by 30.10% for the NaCl salt, 12.68% for the CaCl₂ salt and by 6.66% for the KCl salt.

a Keywords solar distillation, salt, production, distilled water.

Liste des tableaux

Tableau	page
Fig I .1 Conception d'un distillateur solaire simple	3

Liste des figures

Figure	page
Fig I .1 Conception d'un distillateur solaire simple	3
Fig I. 2 Distillateur solaire à unique pente	8
Fig I . 3 Distillateur à double pente.	8
Fig I . 4 distillateur solaire sphérique.	9
Fig I .5 distillateur solaire à mèche .	10
Fig II .1 Les distillateurs solaires conventionnels identiques	12
Fig II . 2 Coupe transversale de l'unité de dessalement d'essai.	13
Fig II .3 le corps galvanisé du conventionnel alambic solaire	13
Fig II .4 Chlorure de sodium	14
FigII.5 Chlorurede potassium	15
Fig II .6 Chlorure de calcium	16
Fig II .7 Les modes thermiques du distillateur solaire	17
FigIII.1 les mesures de Calibrage	19
FigIII.2 Distillateur Solaire	20
FigIII.3 Solarimètre	21
FigIII.4 Anémomètre à fil chaud	21
Fig III.5 Température-mètre	22
FigIII.6 Évolution du rayonnement solaire et de la température ambiante	23
FigIII.7 La production cumulée de 3 sels en fonction de temps	24
FigIII.8 Les températures des condenseurs (verre) et des absorbeurs de 3 sels en fonction de temps	25
FigIII.9 différence de température des condenseurs (verre) et des absorbeurs de 3 sels en fonction de temps	26
FigIII.10 Amélioration cumulée de 3sels en fonction de temps	26

Fig III.11 Variation du rayonnement solaire et de la température ambiante	27
Fig III.12 La production cumulée de 3 masses en fonction de temps	28
Fig III.13 Les températures des condenseurs (verre) et des absorbeurs de 3 masses en fonction de temps	29
Fig III.14 différence de température des condenseurs (verre) et des absorbeurs de 3 masses en fonction de temps	30
Fig III.15 Amélioration cumulée de 3 masses en fonction de temps	31
Fig III.16 Amélioration cumulée de 4 masses en fonction de temps	31

Sommaire

Remerciements	I
<i>Dédicaces</i>	II
<i>Dédicaces</i>	III
Résumé :	IV
Liste des tableaux	V
Liste des figures	VI
Sommaire	VIII
Introduction générale	1
Chapitre I : Revue de littérature	3
I.1.Introduction	3
I.2.Principe de la distillation solaire	3
I.3.Paramètres influant sur la production et les performances d'un distillateur solaire	4
I.3.1.Les paramètres climatiques	4
I.3.2.Les paramètres de conception	5
I.4.Différent types de distillateurs solaires :	7
I.4.1.Distillateur à simple effet	7
I.5.Effet de sel sur la distillateur solaire	9
I.6.Conclusion	10
Chapitre II :Matériel et Méthodes.....	12
II.1.Introduction	12
II.2.Description de l'appareil expérimental	12
II.3.Caractérisation des sels utilisés	14
II.3.1.Chlorure de sodium (NaCl)	14
II.3.2.Chlorure de potassium (KCl).....	15
II.3.3. Chlorure de calcium (CaCl ₂)	15
II.4.Procédure de mesure de la productivité	16
II.5.Conclusion	17
Chapitre III :Résultats et discussion.....	18
III.1.Introduction	18
III.2.Effet des sels sur la productivité	18
III.3.Analyse et interprétation des résultats.....	18
III.3.1.Calibrage.....	19

III.3.2. Matériel et équipement utilisés dans les expériences.....	20
III.3.3. Les appareils de mesure utilisés dans l'expérience	20
III.3.4.1 ^{er} expérience.....	22
III.4. Comparaison avec les résultats de la littérature :.....	29
III.4.1.1 ^{er} expérience :.....	29
III.4.2. 2 ^{ème} expérience :.....	29
III.5 Conclusion :	30
Conclusion générale	34
Les Références bibliographiques.....	XXXV
Annexes	36

Introduction générale

Introduction générale

La pénurie d'eau potable et l'épuisement des ressources naturelles, causées à la fois par la sécheresse et la surexploitation des nappes phréatiques, constituent un grave problème qui met en danger la vie des populations dans de nombreuses régions du monde. Pour répondre à ce défi, le dessalement de l'eau saumâtre et/ou de l'eau de mer par distillation solaire peut constituer une solution pour l'approvisionnement en eau potable, en particulier dans les zones arides ou semi-arides, à l'échelle d'un foyer ou même d'un petit village. Différents types de distillateurs solaires ont été développés, mais les plus courants sont les modèles à effet de serre, qui ont l'avantage d'être simples, rustiques, peu coûteux et facilement réalisables. Cependant, leur inconvénient majeur est une production très limitée.[1]

Les unités de distillation solaire ont été utilisées pour la première fois au Chili en 1870. Depuis lors, des études théoriques et expérimentales ont été menées pour améliorer leur efficacité et augmenter leur rendement, ce qui a permis de réduire les coûts de production de l'eau distillée.[2]

Pendant la saison chaude été, les rayons solaires intenses qui passent à travers la couverture en verre sont absorbés par l'eau du bassin. Malheureusement, une partie de ces rayons est également absorbée par la couverture condenseur, ce qui entraîne son chauffage et retarde la condensation des vapeurs. Cette forte intensité de rayonnement solaire provoque également le sur-chauffage interne de l'appareil et réduit le rendement de la distillation en diminuant l'écart de température entre l'absorbeur et le condenseur.

En revanche, pendant la saison froide hiver, le problème de condensation est moins intense en raison de l'air ambiant froid qui entoure l'appareil presque toute la journée. Cependant, le principal souci à cette période est la faible intensité solaire qui empêche l'évaporation rapide de l'eau saumâtre.

Ouargla est considérée comme l'une des wilayas du pays qui souffre de la rareté des eaux potables. Il est certain que les ressources naturelles en eau potable à Ouargla sont très limitées pour satisfaire les besoins nécessaires qui sont en augmentation croissante. Il est évident et logique d'utiliser le dessalement de l'eau saumâtre, dans le but de la rendre potable, vu qu'Ouargla possède un potentiel énorme en eaux saumâtres souterraines. [3]

Il est possible d'optimiser et de développer de manière plus efficace ces importantes ressources en utilisant des méthodes et des concepts de dessalement solaire spécifiquement adaptés à la production d'eau potable à petite échelle dans cette région. Les avantages de la distillation solaire pour la région d'Ouargla sont multiples, notamment une intensité solaire

élevée, une température ambiante moyenne élevée, C'est une longue période d'ensoleillement quotidien de 13 à 16 heures, et un grand nombre de jours ensoleillés 260 jours tout au long de l'année.

Le principal objectif de cette étude est d'améliorer les performances d'un distillateur solaire pour convertir de l'eau saumâtre en eau potable en ajoutant des sels tels que NaCl, KCl et CaCl₂, tout en étudiant leur effet sur la productivité de la distillation solaire.

Le premier chapitre est une revue de littérature sur la distillation solaire.

Dans le deuxième chapitre, nous nous développerons les principales techniques expérimentales employées dans ce travail.

Le troisième chapitre sera consacré au résumé des différents résultats obtenus avec leur discussion détaillée ; il sera suivi par une conclusion générale et une référence bibliographique.

Chapitre I : Revue de littérature

I. Revue de littérature

I.1. Introduction

Plusieurs études ont été publiées dans la littérature concernant les recherches expérimentales visant à trouver une conception plus efficace pour les systèmes de dessalement solaire. Au cours des dernières décennies, des tentatives théoriques et expérimentales ont été entreprises pour améliorer leurs performances. De nombreux chercheurs ont apporté des modifications opérationnelles et de conception afin d'améliorer leur production au fil des ans. La distillation solaire est l'un des processus utilisés pour purifier l'eau saumâtre ou saline. Dans ce chapitre, nous allons examiner le principe de la distillation solaire les types des distillateurs solaires, les paramètres influençant sur productivité d'un distillateur solaire, et l'effet des sels sur la distillation solaire.

I.2. Principe de la distillation solaire

Les distillateurs solaires partagent tous le même principe de fonctionnement, mais peuvent différer en termes de conception et de matériaux. Leur opération repose sur l'effet de serre [9]. Essentiellement, un distillateur solaire est un bassin isolé à parois adiabatiques, contenant de l'eau et coiffé d'un couvercle transparent, souvent en verre, avec un fond noirci. L'énergie solaire qui passe à travers le couvercle est absorbée par l'eau et le fond noirci, puis transférée à l'air par conduction, convection et rayonnement. Étant donné que les parois sont hermétiquement closes et que le verre ne laisse pas passer les radiations infrarouges de longueur d'onde élevée, l'énergie solaire est emprisonnée (effet de serre) et l'air se réchauffe.

Puisque la température du couvercle qui est exposé à l'air ambiant est inférieure à celle du mélange air-vapeur d'eau, il y a une condensation de la vapeur d'eau sur la surface inclinée du couvercle. L'eau qui se forme s'écoule sous forme de film mince et peut être recueillie pour une utilisation ultérieure..[1]

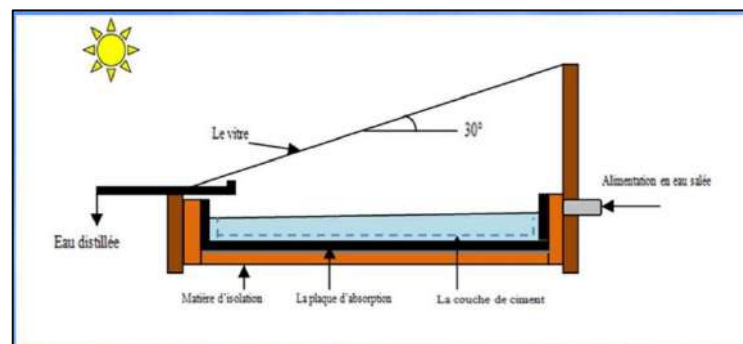


Fig I.1 Conception d'un distillateur solaire simple

I.3. Paramètres influant sur la production et les performances d'un distillateur solaire

I.3.1. Les paramètres climatiques

I.3.1.1. Intensité du rayonnement solaire

C'est le facteur essentiel dans le fonctionnement du distillateur solaire, car il influence directement sur la température de l'eau à distiller, et augmente l'écart entre elle et celle du condenseur. D'ailleurs les débits du distillat enregistrés en été sont plus importants que ceux enregistrés en hivers ou pendant le climat nuageux. Les fortes intensités du rayonnement peuvent causer désormais un surchauffage interne de l'appareil conduisant à une diminution remarquable de la production de l'eau distillée. Ce phénomène est observé surtout quand on utilise des miroirs réflecteurs pour augmenter l'énergie incidente sur l'absorbeur.[1]

I.3.1.2. Vitesse du vent et la température ambiante de l'air

La vitesse du vent est un facteur qui influence sur la température des vitres d'un distillateur d'eau. Cela est dû à la convection forcée qui se produit entre l'air ambiant et la face externe des vitres. Si la température ambiante diminue ou si la surface de condensation se refroidit en raison d'une augmentation de la vitesse du vent, l'écart de température entre l'eau salée et la vitre augmente, ce qui entraîne une augmentation de l'évaporation de l'eau. En conséquence, une augmentation de la vitesse du vent ou une diminution de la température ambiante équivaut à un refroidissement direct de la surface de condensation. Bien que la vitesse du vent ait une influence limitée sur la production d'eau distillée, des expériences et des calculs théoriques ont montré qu'une vitesse du vent de 12,5 m/s ne conduisait qu'à une augmentation de 11% du cumul journalier d'eau distillée.[1]

I.3.1.3. La poussière et les nuages

Des analyses ont largement examiné l'impact de l'accumulation de poussière sur les plaques de verre avec différents angles d'inclinaison et il a été conclu que la transmittance est fortement liée à cette accumulation. Il a également été constaté que le dépôt de poussière est directement lié à l'angle d'inclinaison, avec une diminution de la transmittance lorsque l'accumulation de poussière augmente. Hottel et Woertz ont analysé l'effet de l'accumulation de poussière sur les systèmes solaires thermiques. Leur expérience, menée à Boston, Massachusetts, a montré qu'un angle d'inclinaison de 30° avec 1% de poussière sur le couvercle en verre entraînait une perte de rayonnement solaire incident. El-Nashar a conçu une expérience pour analyser l'influence de la poussière sur la production des tubes de chauffe-eau

solaire sous vide. Il a constaté une diminution de la transmittance du verre de 10% pendant l'été et de 6% pendant l'hiver. Toutefois, lorsqu'il est laissé sans nettoyage, le collecteur connaît une réduction de 70% de sa transmittance chaque année. D'un autre côté, Zamfir et al. ont mené une expérience pour étudier l'impact des nuages sur la performance mensuelle moyenne d'un collecteur. Les résultats ont montré que la performance est inférieure pendant les jours normaux mensuels par rapport aux jours moyens nuageux..[1]

I.3.2. Les paramètres de conception

De nombreuses études expérimentales et numériques ont été menées pour examiner divers aspects de la conception des distillateurs solaires..[1]

I.3.2.1. Distillateurs solaires simple et double pente

Une étude menée par Garg et Mann s'est intéressée à l'effet des paramètres de conception sur les performances des distillateurs solaires simple et à double pente dans les zones arides de l'Inde. Les résultats ont montré que les distillateurs solaires monopente sont plus performants à des niveaux plus élevés de rayonnement solaire, dans les deux stations de basse et haute latitude, par rapport aux distillateurs à double pente. Eduardo et al. ont construit un distillateur à double pente, avec un niveau d'eau contrôlé à différentes températures de couverture de verre. Leur modèle a été comparé à d'autres données expérimentales relatives aux distillateurs à monopente, et aucune différence significative entre la production des cas simples et doubles-pente n'a été observée sous des températures de l'eau et de couverture similaires.

Dans leur étude, Rajaseenivasan et Murugavel ont examiné différentes configurations de distillateurs solaires, à savoir à double pente, à un seul bassin et à double bassin, à la fois théoriquement et expérimentalement. L'ajout d'un bassin supplémentaire (double bassin) a été effectué dans le but d'augmenter les performances du distillateur solaire à un seul bassin. Les résultats ont montré que cet ajout a permis d'augmenter la production de près de 85% par rapport à la configuration à un seul bassin fonctionnant dans des conditions similaires. D'autre part, Naim et Abd El Kawi ont démontré que l'utilisation de grains de charbon améliore la production de près de 15% par rapport à un distillateur à mèche. De plus, Nafey et al. ont souligné que l'utilisation de gravier noir comme milieu de stockage garantit une absorption rapide et une désorption efficace de l'énergie solaire, ce qui est plus efficace que l'utilisation de caoutchouc noir. Ils ont également conclu que l'utilisation de 20 à 30 mm de gravier noir peut augmenter la production de 19% dans un volume de 20 litres d'eau salée avec un angle de couverture de verre de 15 degrés.

D'autres études ont également été menées, telles que celle menée par Nijmeh et al. , qui a montré que l'utilisation de dichromate de potassium peut améliorer les performances d'un

distillateur solaire à une seule pente de 26%. Bilal et al. ont constaté que l'utilisation de matériaux en caoutchouc peut améliorer les performances des distillateurs solaires à une pente de 38% en termes de production quotidienne d'eau. Kumar et Tiwari ont confirmé que l'écoulement de l'eau sur un couvercle de verre du distillateur solaire actif permet de maximiser le rendement. Voropoulos et al. ont analysé le comportement des distillateurs solaires intégrés à un réservoir de stockage d'eau chaude et ont montré que cette intégration pourrait potentiellement augmenter les sorties. Enfin, Meukam et al. ont expérimentalement analysé l'angle d'inclinaison du couvercle en verre et ont prouvé que l'angle d'inclinaison optimal est de 16 degrés pour tous les types de distillateurs solaires. Esteban et al. ont également confirmé que la production journalière d'un distillateur solaire couplé à une unité de stockage de collecteur solaire peut dépasser 70% avec des collecteurs solaires plans à 20%. [1]

1.3.2.2. Profondeur d'eau

La profondeur de l'eau dans le bassin du distillateur solaire est un paramètre important qui a un impact significatif sur la performance du distillateur. Plusieurs études ont été menées pour étudier les effets de la profondeur de l'eau sur les coefficients de transfert de chaleur et de masse pour les modes passifs et actifs. Les résultats ont montré que la production diminue lorsque la profondeur de l'eau dans le bassin augmente. Dans le cas d'un distillateur solaire actif, la température de l'eau et les températures de la couverture en verre interne ont une grande différence, ce qui conduit à plusieurs sorties par rapport au distillateur solaire passif. Le coefficient de transfert de chaleur par convection entre la surface interne du couvercle de condensation et l'eau dépend fortement de la profondeur de l'eau du bassin. Les résultats ont également montré que la performance du distillateur solaire à double bassin est très dépendante de la profondeur de l'eau. Le procédé de distillation est nettement amélioré à des profondeurs d'eau plus basses, mais il est presque arrêté en l'absence de soleil. En conclusion, la performance d'un distillateur solaire est inversement proportionnelle à la profondeur de l'eau. Des études supplémentaires sont nécessaires pour optimiser la conception des distillateurs solaires via l'analyse de la profondeur de l'eau dans les bassins.. [1]

1.3.2.3. Inclinaison de la couverture

Le fonctionnement optimal d'un distillateur solaire est étroitement lié à l'angle d'inclinaison de sa vitre. Cet angle dépend de la latitude, de l'altitude et de la rotation du couvercle. Une couverture inclinée à un angle égal à la latitude reçoit un rayonnement solaire normal tout au long de l'année. Singh et Tiwari ont mené une analyse numérique pour des latitudes allant de 13 à 28°N, en prenant en compte plusieurs facteurs tels que l'effet du

rayonnement solaire, la vitesse du vent, les profondeurs d'eau et l'angle d'inclinaison du couvercle sur la production. Ils ont constaté que l'angle d'inclinaison optimal de la vitre pour obtenir la production annuelle maximale devrait être égal à la latitude du lieu. Une étude similaire menée en Inde (latitude de 28,36°N) par Kumar et al. a révélé qu'un angle d'inclinaison de 15° pour la vitre offre la meilleure performance, sur la base de leur analyse numérique. Akash et al. ont découvert que pour le mois de mai, l'angle d'inclinaison optimal pour la vitre est de 35° pour atteindre un rendement maximum..[1]

I.4. Différent types de distillateurs solaires :

Il existe plusieurs types de distillateurs solaires.ils peuvent être différents, en terme de conception et en terme de matériaux utilisés, mais ils utilisent tous le même principe et servant aux mêmes fonctions..[4]

I.4.1. Distillateur à simple effet

Il existe plusieurs types de distillateur solaire les plus utilisés sont ceux du type à effet de serre, ils présentent l'avantage d'être simple, facile à réaliser et peu coûteux, mais ils présentent le gros inconvénient d'une production très faible d'eau potable . Dans ce type on peut distinguer des modèles de distillateur plan à effet de serre :

I.4.1.1. Distillateur à pente unique

Le distillateur solaire plan à simple pente est considéré comme le distillateur le plus simple et le plus reconnu dans le monde. Il est constitué d'un absorbeur sous forme de bassin horizontal, et rempli d'eau salée ou saumâtre, c'est le prototype utilisé durant nos simulations, généralement sa production est faible comparée avec les autres types de distillateurs à multiple effets, mais il est très souple vu son simple entretien et la facilité de son démontage et de son assemblage.[4]

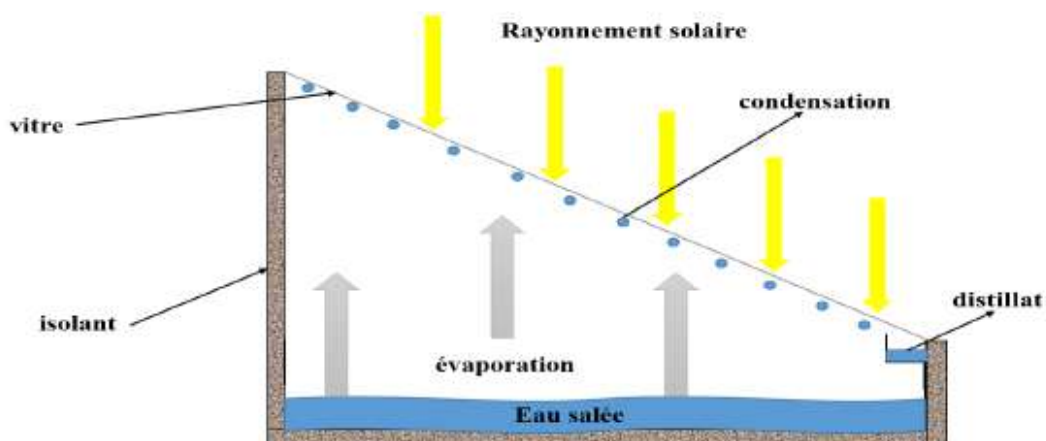


Fig I. 2 Distillateur solaire à unique pente

1.4.1.2. Distillateur à double pentes

Il a le même principe que le distillateur à simple pente mais il est composé de deux capteurs où chacun des deux est incliné d'un angle. L'avantage du distillateur à double vitrage, est d'exposer un capteur au soleil et un autre à l'ombre pour accélérer la condensation.

Aujourd'hui, on utilise toujours des systèmes de distillation comme celui-ci pour résoudre les difficultés d'approvisionnement en eau douce dans les Caraïbes, dans certains pays désertiques du Moyen-Orient et dans le pourtour méditerranéen.[4]

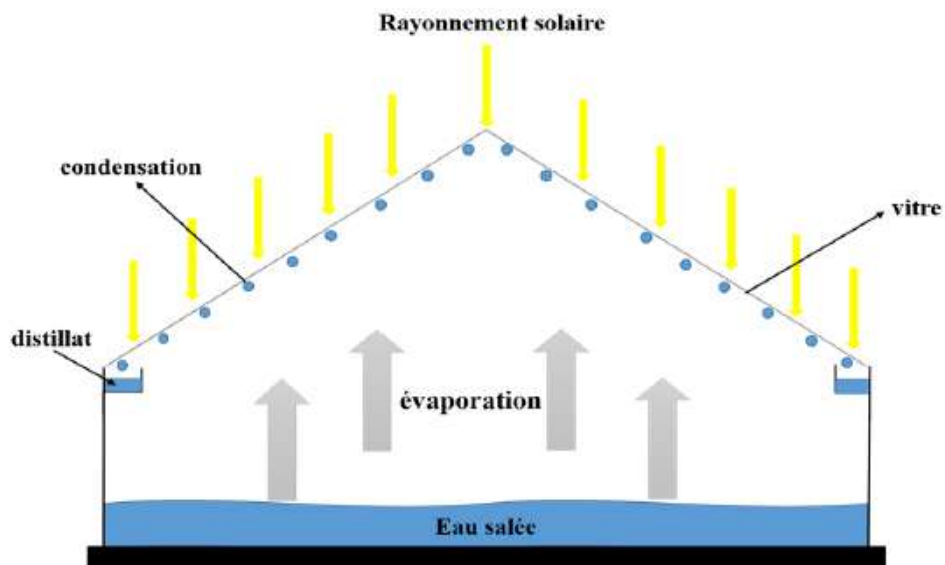


Fig I. 3 Distillateur à double pente.

1.4.1.3. Distillateur sphérique à balayage

C'est un distillateur en plexiglas ou autres matériaux plastiques transparents reposant sur des supports, il est essentiellement constitué par trois parties, une demi-sphère supérieure qui sert à transmettre le rayonnement solaire d'une part, et joue le rôle de surface de condensation d'autre part, une demi-sphère inférieure qui sert à récupérer le distillat, un bac horizontal en métal noir contenant l'eau à distiller qui se trouve dans le plan médian de la sphère .

L'avantage de ce système de balayage est de maintenir la surface de condensation, constamment transparente au rayonnement, et d'assurer un drainage rapide des gouttelettes. L'un des inconvénients de ce type de distillateur est que la surface horizontale de la solution intercepte moins de radiation solaire que les surfaces inclinées.[4]

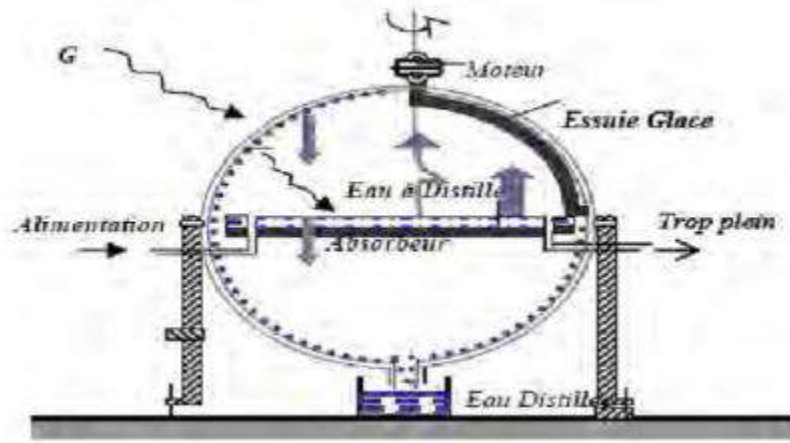


Fig I. 4 distillateur solaire sphérique.

1.4.1.4. Distillateur solaire à mèche

Dans ce type de distillateur l'eau saumâtre coule à travers une garniture poreuse, et absorbe le rayonnement, la mèche est inclinée d'une manière que l'eau d'alimentation en faible quantité est bien exposée au soleil avec un meilleur angle. Elle s'échauffe rapidement à une température plus élevée. Ces distillateurs ont l'avantage que l'eau est bien exposée au soleil avec une grande surface efficace et une faible lame d'eau d'alimentation ce qui facilite son échauffement.[4]

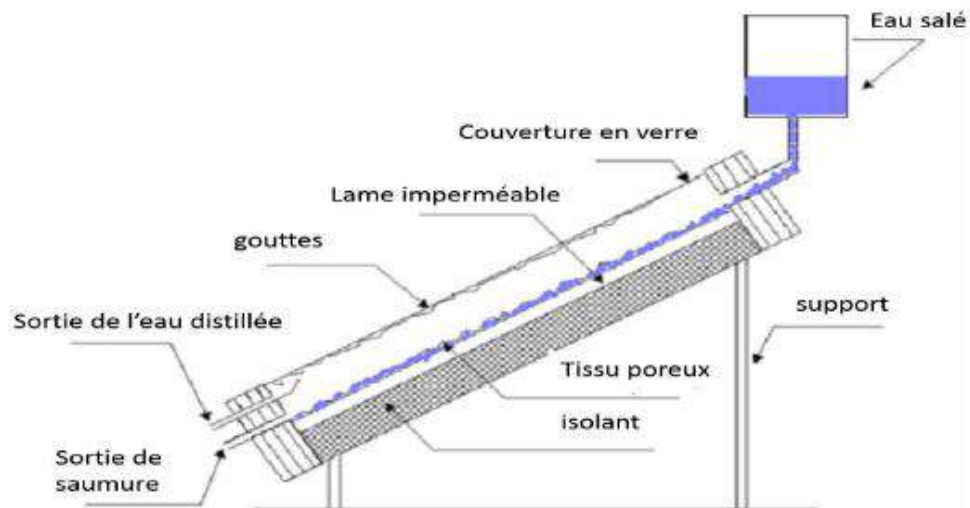


Fig I.5 distillateur solaire à mèche .

1.5. Effet de sel sur la distillateur solaire

On estime qu'une partie du rayonnement solaire est absorbée par le bassin, et cette énergie est utilisée pour chauffer l'eau. Il est possible que la présence de sel dans l'eau soit responsable de la diminution de la température du bassin, car une concentration de sel plus élevée peut avoir cet effet. Les chercheurs ont observé un comportement similaire dans leurs expériences. Ils ont

identifié le sel comme un "matériau de stockage de chaleur latent" ayant une capacité de chaleur plus élevée. Ces explications expliquent à la fois la température de l'eau du bassin inférieur ainsi que la production d'eau douce, qui est accompagnée d'une augmentation de la concentration de sel dans l'eau du bassin.

Les auteurs Akash et al. ont constaté que lorsque la concentration de sel augmente jusqu'à atteindre le point de saturation, la production d'eau diminue de manière linéaire.

Dans une étude menée par Kalbasi et Esfahani (2010), il a été constaté qu'en augmentant la salinité de l'eau du bassin de 0 à 3,5%, la production d'eau diminuait de 20%. Lorsque la salinité de l'eau du bassin augmente, cela entraîne une diminution de la pression de vapeur à la surface de l'eau, ce qui ralentit le processus d'évaporation (Al-Shammiri 2002).

Par conséquent, une augmentation de la salinité conduit à une diminution de la production d'eau.[5]

I.6. Conclusion

Cette étude examine les facteurs qui affectent la performance des distillateurs solaires, incluant les conditions météorologiques, la conception et les paramètres opérationnels. Le rayonnement solaire total, la température de l'air ambiant, la vitesse du vent, la concentration des sels et l'angle de verre sont les facteurs les plus importants qui influencent la production de ces distillateurs. Une production plus élevée est générée avec un angle de verre inférieur. La production est également affectée négativement par la profondeur de l'eau, l'épaisseur de la couverture et la distance entre la surface de l'eau et la couverture de condensation.

En conclusion, il est suggéré que l'utilisation de distillateurs solaires peut être une solution efficace pour produire de l'eau douce à partir d'eau salée dans les zones côtières des pays à faible revenu. Cette alternative peut être plus abordable que les techniques de dessalement modernes en raison d'un investissement initial et de coûts de maintenance plus faibles.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II. Matériel et Méthodes

II.1. Introduction

Le but de notre étude est d'améliorer la production quotidienne d'eau distillée à partir des alambics traditionnels à une seule pente en améliorant les techniques liées à leurs principaux paramètres. Nous avons étudié les sels fondus en raison de leur capacité à résister à des températures élevées avec des points de fusion bas, une densité modérée, une capacité thermique élevée et une conductivité thermique élevée. En plus de leurs propriétés thermiques et de transport bénéfiques, les sels fondus présentent une stabilité thermique à long terme (ou une stabilité chimique qui réduit la corrosion des conteneurs) et un prix abordable.

Dans le cadre de cette étude, nous avons construit trois prototypes d'installations solaires mono pente au Laboratoire de Développement des Energies Nouvelles et Renouvelables en Zones Arides et Déserts (LENREZA), rattaché à la Faculté de Mathématiques et Sciences des Matériaux. Depuis les destinations de l'Université Merbah de Ouargla. Ces prototypes ont été utilisés pour des tests et des expérimentations au cours des différentes saisons.

II.2. Description de l'appareil expérimental

Dans cette recherche, quatre distillateurs conventionnels (**FigII.1**) identiques dont un témoin de type bassin à pente unique ont été conçus, installés et mis en place à l'Université de Ouargla (sud algérien).



FigII.1 Les distillateurs solaires conventionnels identiques

La (FigII.2) montre une coupe transversale du type à un seul bassin solaire encore utilisé dans notre étude expérimentale.

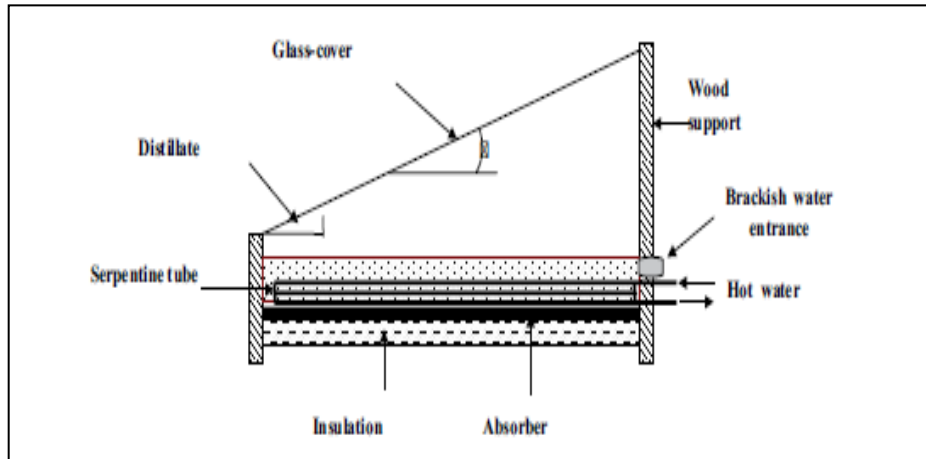


Fig II. 2 Coupe transversale de l'unité de dessalement d'essai.

Le distillateur solaire était en bois de 0,04 m d'épaisseur. Son bassin (plaque absorbante) (0,40 m × 0,60 m × 0,040 m) est en métal galvanisé plateau (pour éviter la corrosion) 0,003 m d'épaisseur (FigII.3) .



FigII.3 le corps galvanisé du conventionnel alambic solaire

Ce dernier était noirci par une peinture mate pour assurer une absorption maximale du rayonnement solaire. La base de chaque assemblage était en outre calorifugée avec une isolation en polystyrène de 0,04 m d'épaisseur avec une conductivité thermique égale à $0,033 \text{ W.m}^{-1} .\text{K}^{-1}$ pour éviter les pertes d'énergie. La vitre amovible de 0,003 m d'épaisseur couvercle de distillateur a été placée de telle sorte qu'il forme un angle de 30° avec l'horizontale ce qui est

recommandé pour Ouargla région. Pour éviter toute fuite de vapeurs, le couvercle en verre a été scellé fermement par de la silicone.

Deux unités identiques de distillateur solaire ont été utilisées dans nos expériences ; l'un sert d'unité de test avec serpentín en cuivre radiateur et l'autre sert de témoin (sans serpentín).

Eau saumâtre souterraine locale (≥ 3 g/L de sels) a été fournie à chaque unité à partir du réservoir au moyen d'un flotteur réglable pour maintenir le niveau d'eau saumâtre (L) dans

L'absorbeur : $0,005 \text{ m} \leq L \leq 0,010 \text{ m}$ pour assurer une eau rapide évaporation.

Le distillat coule le long du bord inférieur du verre pour le recueillir et le transporter hors de l'enceinte vers cylindres gradués à travers des tubes en plastique.

Pour l'unité de test, le tube serpentín en cuivre est collé à l'intérieur de l'absorbeur pour assurer un bon transfert de chaleur.[6]

II.3. Caractérisation des sels utilisés

II.3.1. Chlorure de sodium (NaCl)

C'est un composé chimique de formule chimique NaCl. C'est un cristal transparent incolore ou une poudre cristalline blanche (voire Fig II.4). Il a une densité et une solubilité de 2,17 et 35,7 g/100ml d'eau à 0 °C respectivement ; La salinité est généralement exprimée en parties pour mille (1 ppt= 1000 mg/L). Vous pouvez considérer la salinité comme une mesure de la concentration en sel, composée principalement d'ions Na^+ et Cl^- . la formule suivante est utilisée : Salinité (ppt) = $0,0018066 \text{ } 5 \text{ Cl}^-$ (mg/L).



FigII.4 Chlorure de sodium

Le nom de la substance selon les règles de l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) est chlorure de sodium et le nom commercial est halite, sel gemme et sel alimentaire. Il est aussi principalement utilisé pour :

- Nutriments
- Utilisé dans Céramique, vitrage, forge.

- produits chimiques matière première utilisé
- dans Fabrication de sodium hydroxyde, Carbonate de sodium... etc.[7]

II.3.2. Chlorure de potassium (KCl)

Le chlorure de potassium est le nom systématique du composé selon l'UPAC et son nom commercial est sel alternatif, sa formule chimique est KCl (voire Fig II.5). Il est inodore à l'état pur. C'est un cristal blanc ou incolore avec un éclat vitreux. Il a une densité et une solubilité de 1,988 et 34,4 g/100ml d'eau à 0°C successivement. Il est également utilisé principalement dans :

- Électrolyseur nouvellement
- Utilisé dans Aluminium Recyclage dans la production
- Engrais
- Fabrication produits chimiques en tant qu'industrie dernier potassium sels. [7]



FigII.5 Chlorure de potassium

II.3.3. Chlorure de calcium (CaCl₂)

Le chlorure de calcium (le nom selon l'UPAC) peut être défini comme une substance à cristaux blancs, soluble dans l'eau, et a la formule chimique CaCl₂ (voire Fig II.6), qui est un composé inorganique, et il est également appelé chlorure de calcium ou di-chlorure de calcium anhydre commercialement, il a une densité et une solubilité 2.152 et 37.1 g/100ml d'eau à 0 degrés C successivement ; Il est aussi utilisé pour :

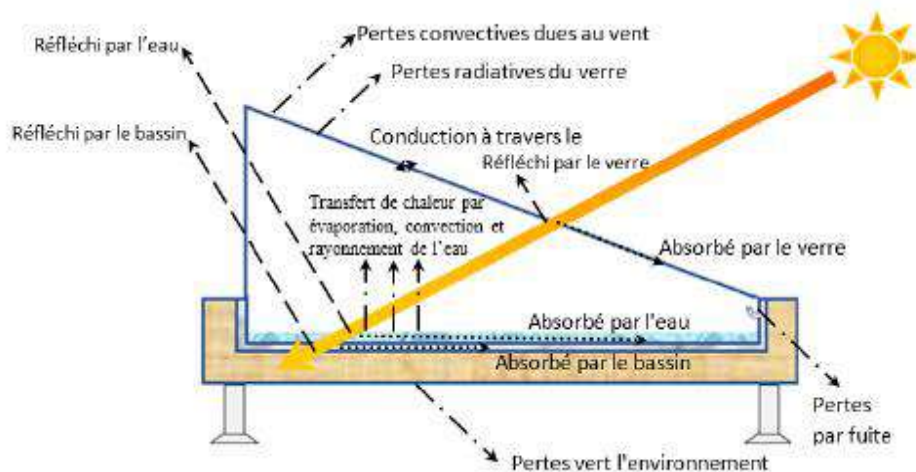
- Faire fondre la glace Et neige, et antigel mélanges
- Utilisé dans le feu Extincteurs.
- Utilisés pour préserver bois, calculé dans le béton
- coagulant
- Composant d'huile et puits de gaz fluides. [7]



FigII.6 Chlorure de calcium

II.4. Procédure de mesure de la productivité

Le verre trempé dans le bassin transmet le rayonnement solaire, ce qui entraîne le réchauffement et l'évaporation de l'eau du bassin. Les particules d'eau se condensent sur la face interne de la couverture en verre. L'eau condensée s'écoule le long de la couverture en raison de sa pente et atteint le canal de distillation, où elle est recueillie dans un flacon. Au début de l'expérience, . L'expérience commence à 8h du matin et se termine à 17h, en supposant que l'état est stable pendant cette période. Ces heures ont été choisies en raison de l'intensité lumineuse du soleil pendant cette plage horaire. Avant chaque expérience, le couvercle en verre est nettoyé pour éviter l'accumulation de poussière sur la surface du bassin extérieur. Les expériences ont été réalisées pendant les jours ensoleillés de mai 2023. Les variables mesurées comprennent la température de la cuvette extérieure, la température de l'eau de la cuvette, la température ambiante (T_a), le rayonnement solaire avec la couverture en verre , la vitesse du vent (V) et la production de distillat. Toutes les expériences ont été réalisées pendant les heures d'ensoleillement uniquement, donc les jours nuageux n'ont pas été pris en compte dans cette étude. La vitesse moyenne du vent était de 2 à 3 m/s. Tout cela est illustré par la figure suivante (FigII.7).[8]



FigII.7 Les modes thermiques du distillateur solaire

II.5. Conclusion

Cette étude met en évidence les différents facteurs qui influencent la production d'énergie solaire. Parmi ces facteurs, le climat, la conception et les paramètres opérationnels jouent un rôle crucial. La productivité de l'énergie solaire est directement liée au rayonnement solaire total, à la température de l'air ambiant et à la vitesse du vent. Un angle de verre plus faible permet d'obtenir un rendement plus élevé.

Les chercheurs se sont particulièrement intéressés aux possibilités de mélanger des sels ioniques et covalents afin de créer des sels eutectiques. Le faible coût et la disponibilité quasi illimitée de ces sels sont également des aspects importants compte tenu de la forte demande de l'industrie.

L'utilisation de verre et son rôle de refroidissement ont été identifiés comme une contribution déterminante pour améliorer la différence de température ($T_w - T_g$) et la productivité de l'eau. Il est recommandé d'accorder une attention particulière au moment d'application de la méthode de refroidissement.

Par ailleurs, il a été constaté que la localisation géographique peut avoir un effet positif significatif sur l'augmentation de la productivité de l'énergie solaire.

Chapitre III : Résultats et discussion

III. Résultats et discussion

III.1. Introduction

Nous avons entrepris une étude visant à améliorer la production quotidienne d'eau distillée d'un distillateur conventionnel (à pente unique) en mettant en œuvre des améliorations techniques liées aux paramètres essentiels (concentration de sel). Pour cela, nous avons ajouté trois types de sels (NaCl, KCl, CaCl₂) et nous avons sélectionné le sel le plus productif pour approfondir notre étude à travers trois concentrations différentes. Cette recherche a été menée au sein du Laboratoire de Développement des Énergies Nouvelles et Renouvelables dans les Zones Arides et Sahariennes (LENREZA) de l'Université Kasdi Merbah à Ouargla. Nous avons développé quatre prototypes de distillateurs solaires à pente unique, dont un témoin qui sont alignés dans la même direction, situés au même endroit et à la même hauteur. De plus, nous avons maintenu une épaisseur d'eau saumâtre identique dans chacun des bassins. Cette approche nous permet de comparer de manière logique et raisonnable les productions des distillateurs.

III.2. Effet des sels sur la productivité

L'expérience a été réalisée dans un distillateur solaire à pente unique avec couverture en verre, à partir de 8h00. à 17h00 du 3 mars à mai, respectivement.

L'effet de la salinité sur la productivité de distillateur solaire est étudié avec l'eau qui a une valeur de fraction de 17550 mg/l de (NaCl) , 22350 mg/l de (KCl) et 33300 mg/l de (CaCl₂) respectivement, ayant 2,4 L d'eau dans le bassin. la productivité cumulée obtenue est de 605 ml , 496 ml et 524,5 ml pour l'eau du bassin valeur de fraction de 17550 mg/l , 22350mg/l et 33300mg/l . On remarque avec l'augmentation de la valeur de la salinité de 17550 mg/l à 33300 mg/l, la production cumulée d'eau solaire a encore augmenté de 30,1% par rapport à (NaCl). Les résultats ont montré une augmentation de la productivité cumulée lorsqu'il y a une augmentation spécifique de la salinité. La raison en est que le taux d'évaporation d'eau augmente lorsqu'il y a une augmentation spécifique de la salinité, ce qui conduit à un distillat plus élevé. Les résultats obtenus dans cette expérience ont montré que la salinité de l'eau a un effet sur la productivité de l'eau.

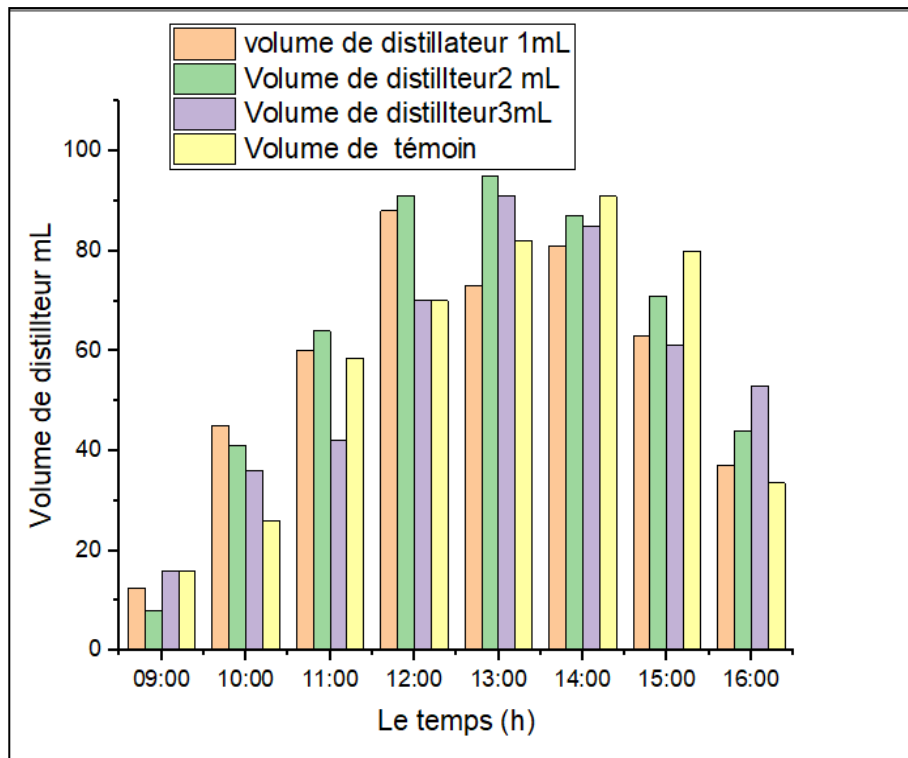
III.3. Analyse et interprétation des résultats

L'objectif de notre étude consiste à améliorer la quantité quotidienne d'eau distillée produite par un distillateur conventionnel (à pente unique) en mettant en œuvre des améliorations techniques liées aux paramètres essentiels. Au sein du Laboratoire de Développement des Énergies Nouvelles et Renouvelables dans les Zones Arides et Sahariennes

(LENREZA) l'Université Kasdi Merbah à Ouargla, nous avons élaboré trois modèles prototypes de distillateurs solaires à pente unique. Les trois distillateurs sont alignés dans la même direction, situés au même endroit et à la même hauteur, tout en maintenant une épaisseur d'eau saumâtre identique dans chacun de leurs bassins (qui est de 0,01 mètre). Cela permet une comparaison logique et raisonnable entre leurs productions.

III.3.1. Calibrage

Nous nettoyons bien les distillateurs et le verre utilisé et puis nous mettons la même quantité d'eau dans chaque distillateur 2.4L et puis les fermer Le lendemain, nous regardons toutes les heures et s'assurer qu'il n'y a pas de fuite d'eau ou d'eau séchée, Nous avons constaté que certains distillateurs contiennent les fuites et doivent être bien réparés Après le premier processus de préparation a été restauré et bien surveillé, Nous avons veillé à ce que tous les distillateurs sont en bon état et prêt à commencer les travaux expérimentale.



FigIII.1 Les mesures de Calibrage

III.3.2. Matériel et équipement utilisés dans les expériences

III.3.2.1. Trois distillateurs simples à pente unique

Quatre prototypes à bassin de distillateurs solaires simples à pente unique dont l'un est un témoin ont été construits de même taille ont été utilisées pour évaluer les performances du système de dessalement solaire. Une photographie d'une installation de dessalement solaire.

Les distillateurs utilisés dans nos expériences. Ils ont les mêmes dimensions, Chaque distillateur est constitué d'un support en bois servant d'isolant pour le distillateur, il a une épaisseur de 0,04 m ; Un couvercle en verre (le verre) sur la face interne duquel s'effectue la condensation de l'eau, il a les dimensions suivantes : 0,41 m \times 0,75 m, son épaisseur est de 0,003 m, il est incliné par rapport à l'horizon d'un angle de 30°. Un bassin métallique dans lequel s'effectue l'évaporation. Il a les dimensions suivantes : 0,40 m \times 0,60 m, il est en acier galvanisé d'une épaisseur de 0,02 m - Un canal de récupération d'eau distillée qui se trouve au niveau du couvercle en bois et qui est lié par un tube en plastique à récupérer séparément l'eau distillée à l'extérieur du distillateur. L'isolant choisi est du polystyrène recouvrant absorbant pour réduire les pertes de chaleur, son épaisseur est de 0,03 m; Tuyaux : Ce sont des tuyaux en plastique, d'un diamètre de 10 à 15 mm pour lier les différentes parties du distillateur au transport saumâtre ou eau distillée; Epruvettes graduées : Elles sont graduées tubes utilisés pour mesurer le volume d'eau distillée.[2]



FigIII.2 Distillateur Solaire

III.3.3. Les appareils de mesure utilisés dans l'expérience

III.3.3.1. Appareil de mesure de rayonnement solaire global (Solarimètre)

Le dispositif comprend une cellule optique fixée sur la vitre et un appareil électronique qui convertit le rayonnement en une lecture directe affichée sur un petit écran numérique. Il fournit une mesure précise du rayonnement incident sur la vitre en watts par mètre carré (W/m^2) ainsi que la quantité d'énergie en Watt-heures par mètre carré par jour ($Wh/m^2 \cdot jour$).[2]



FigIII.3 Solarimètre

III.3.3.2. Appareil de mesure de la vitesse du vent (Anémomètre à fil chaud)

Un fil extrêmement mince est utilisé dans ce dispositif, à travers lequel circule un courant électrique de faible intensité. Ce fil est exposé à l'atmosphère qui est généralement froide. Un appareil électronique connecté à ce fil est conçu pour mesurer le niveau de refroidissement provoqué par l'air, et ce, à travers deux relevés distincts. Le premier relevé indique la vitesse du vent, tandis que le second reflète la température ambiante. [2]



Fig III.4 Anémomètre à fil chaud

III.3.3.3. Appareil de mesure de la température

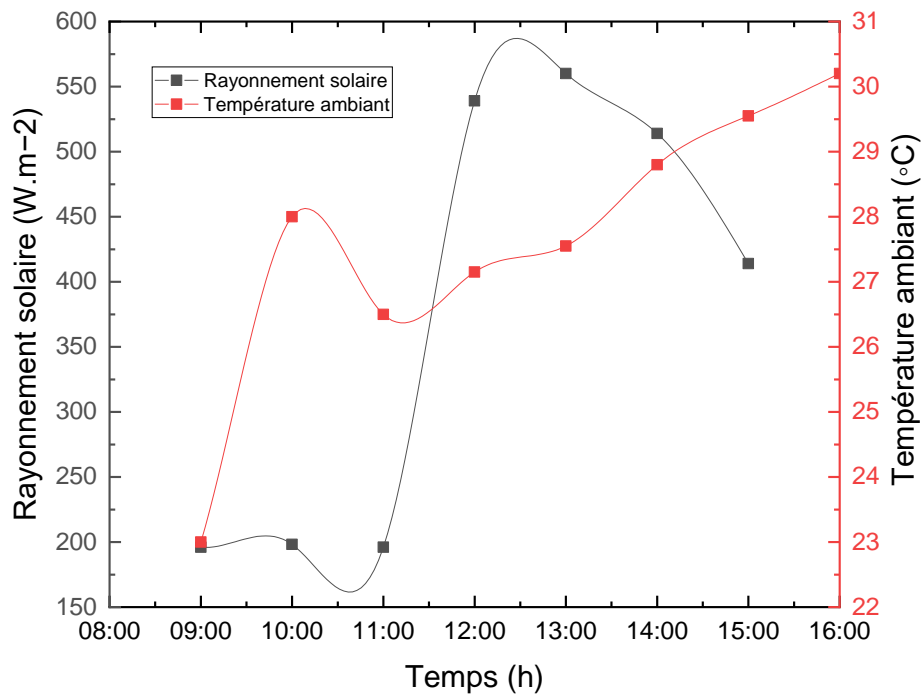
L'appareil de mesure de la température est composé de deux fils métalliques soudés en forme de thermocouple, reliés à un dispositif spécifique appelé millivoltmètre. Ce millivoltmètre est équipé d'un écran numérique qui permet de lire la valeur de la température. Le fonctionnement de l'appareil repose sur la conversion de la température en courant électrique par le thermocouple, ce qui permet d'afficher la température à l'emplacement où les thermocouples sont positionnés. [2]



Fig III.5 Température-mètre

III.3.4.1^{er} expérience

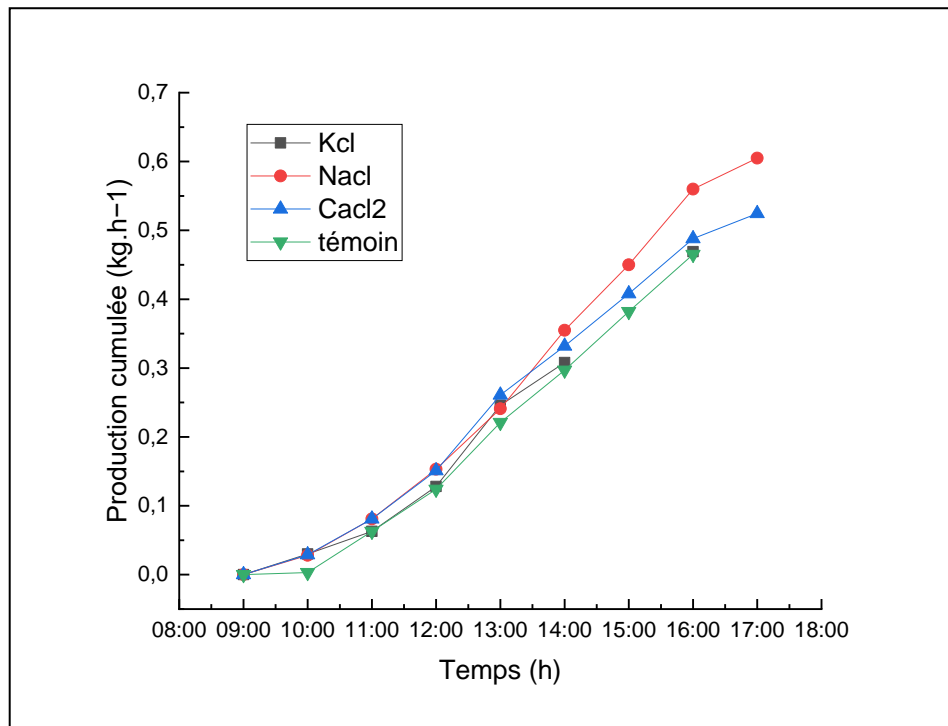
Comme indiqué, la figure III.6 affiche la température ambiante mesurée et l'irradiance solaire par rapport à l'heure locale pour notre emplacement d'expérience. Au cours de nos expériences, la température ambiante surveillée était comprise entre 23 °C à 9h00 et 28,8 °C à 14h00. Il a été rapporté que le rayonnement solaire est un facteur majeur de la distillation solaire. Elle atteint sa valeur maximale entre 12h00 et 14h00, avant de commencer à décliner l'après-midi. La valeur maximale enregistrée était de 560 W/m² à 13h00 heure locale



FigIII.6 Évolution du rayonnement solaire et de la température ambiante

La figure III.7 contient la production journalière cumulée au cours de la journée. On peut voir que la quantité maximale était d'environ (605) mL.m⁻².jour , pour distillateur solaire 2 (NaCl), et après le distillateur solaire 3 (CaCl₂) avec production de 524,5 et en fin le distillateur 1 (KCl) et sa production de 469.

Le distillat du distillateur 3 qui contient CaCl₂ est le meilleur que la production des deux distillateur 1 qui contient KCl, bien que la différence de température cumulée du distillat KCl soit supérieure au résultat de CaCl₂, et cela est dû au fait que le thermocouple n'était pas en bon état qui permet de donner une valeur exacte, car dT est considéré comme l'un des facteurs influençant les phénomènes thermodynamiques qui se produisent au niveau du distillat solaire. Tandis que le distillat NaCl a un dT plus grand par rapport aux deux autres distillateurs, ce qui lui permet de donner un produit de distillat plus grand.



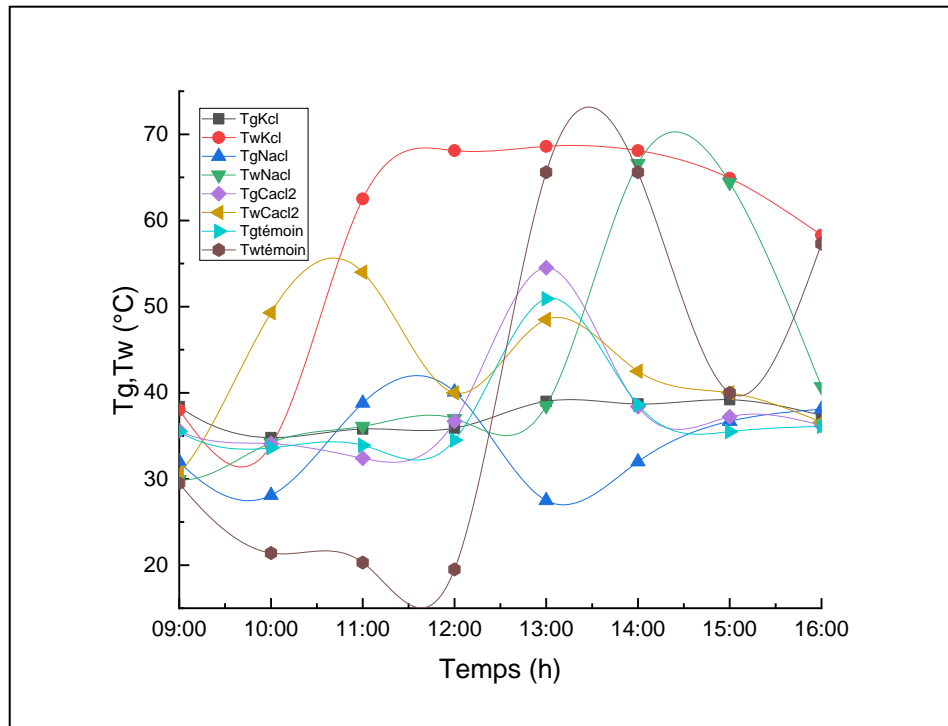
FigIII.7 La production cumulée de 3 sels en fonction de temps

- commence à augmenter la matinée et atteindre sa valeur Distillation maximale à 13:00 et 14:00 I2 et 1 distillateur,. à savoir 68,6 et 66,6 respectivement, 54,1 pour 3 distillateur à 11:00 h, et valeur minimale 38,9 et 30,7, à 9 h, respectivement.

La température de l'eau de bassin augmente en augmentant la concentration de solution saline dans l'eau de la bassin . Une petite partie du rayonnement solaire est

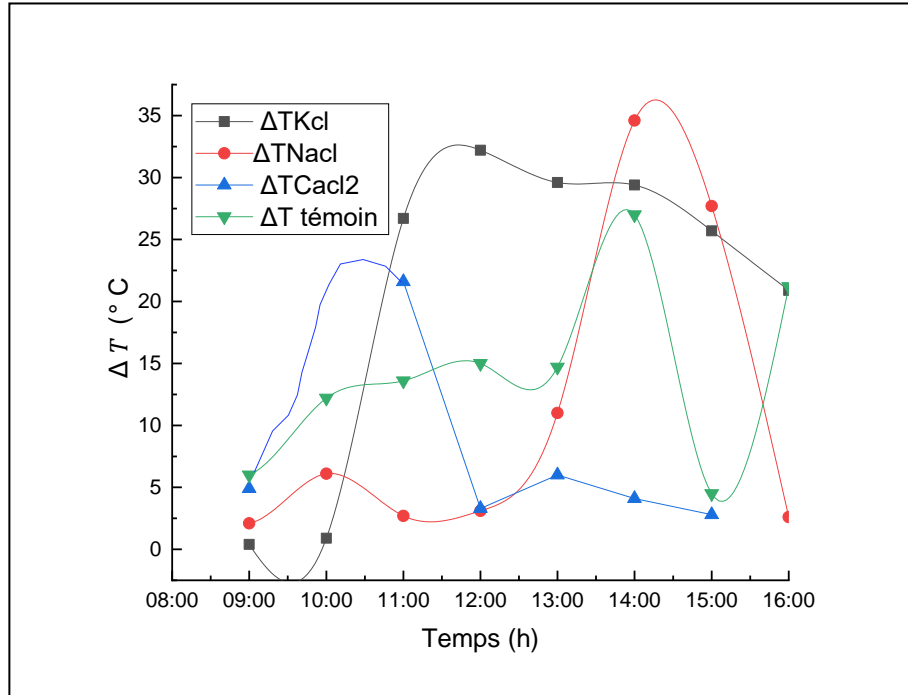
absorbée par l'eau bassin et chauffe le sel dissous dans l'eau, ce qui peut conduire à un réchauffement du produit de distillation contenant la concentration de sel.

- commence à augmenter la matinée et atteint valeur maximal du distillateur à 13 :00 et 12:00 h pour 3 et 2 distillateur, à savoir 54.5 et 40.1 respectivement et 39.2 pour 1 distillateur à 15 :00 h et valeur minimale 35.6 27.5 et 34.8 respectivement. Ces températures reflètent la quantité de chaleur de la vapeur de condensation qui conduit à l'augmentation de sa surface intérieure.



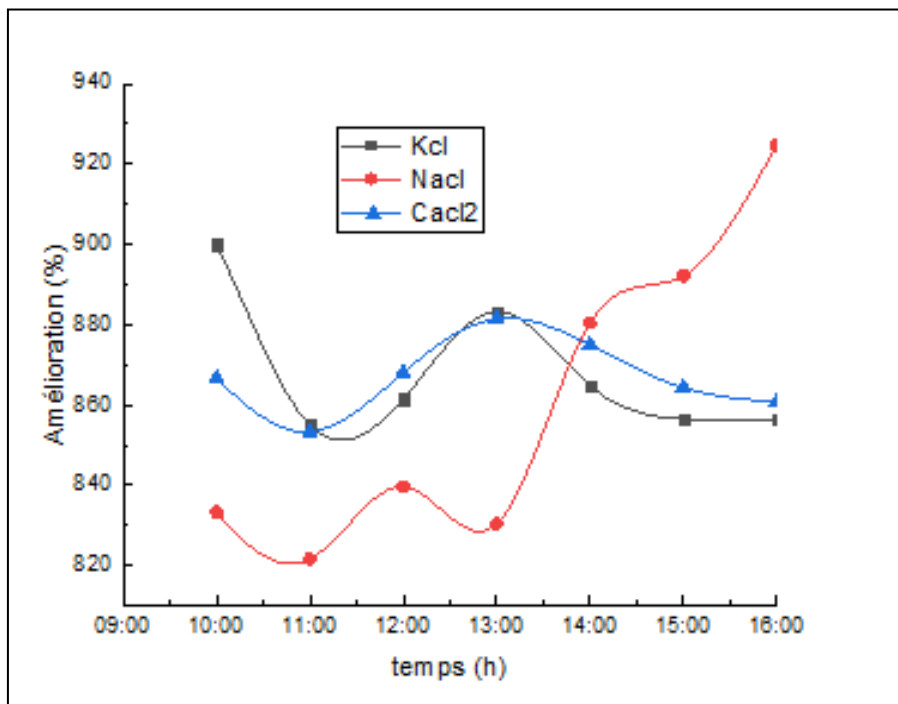
FigIII.8 Les températures des condenseurs (verre) et des absorbeurs de 3 sels en fonction de temps

- La différence de température cumulée pour NaCl est supérieure à CaCl₂, car NaCl réagit plus rapidement que CaCl₂ et a une bonne et grande mobilité (car il appartient au groupe 3 du tableau périodique métal alcalin) qui permet un meilleur transfert de chaleur grâce aux ions Na. Alors que ΔT CaCl₂ est censé être meilleur que ΔT KCl, car il a une meilleure mobilité par rapport à KCl, ce qui permet à la température du bassin de distillat de monter, et donc le processus d'évaporation se produit plus rapidement que le distillat KCl. (cela est dû au fait que le thermocouple n'était pas en bon état).



FigIII.9 différence de température des condenseurs (verre) et des absorbeurs de 3 sels en fonction de temps

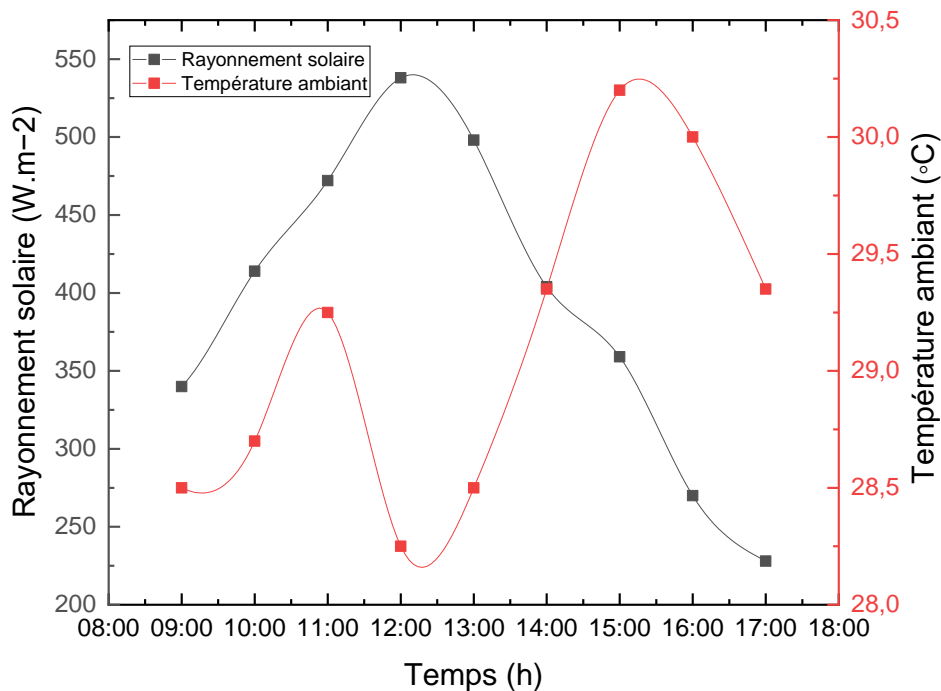
- Nous obtenons une meilleure distillation dans la distillateur 2 (NaCl) 0.605 L/jour 2 au lieu de 0,465L/jour 2 Produit uniquement par le témoin distillé; Par conséquent, le gain est de 30.10%, et 12.68% d'amélioration pour 3 (CaCl₂), et 6.66% d'amélioration pour 1 (KCl).



FigIII.10 Amélioration cumulée de 3sels en fonction de temps

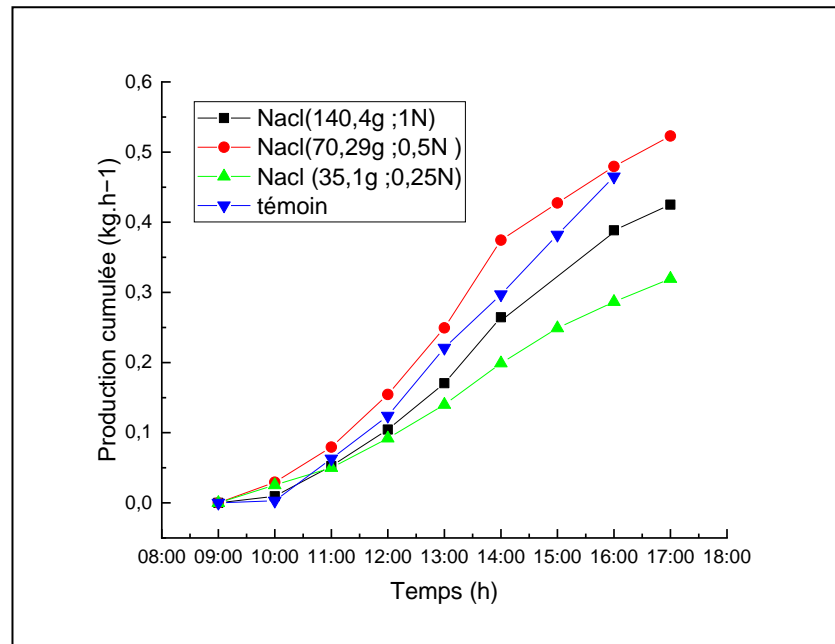
❖ 2ème expérience :

- La variation du rayonnement solaire et la température ambiante du mai 2023 sont illustrées dans la Figure D'après cette Figure(III.11), on peut voir que le mai a une irradiance maximale de 538 W.m^{-2} à 12h00, et température ambiante maximale de 30.2 à 15h00. De même, à partir de la Figure (III.11), il est également constaté que l'irradiance minimale est de 270 W.m^{-2} à 16h00 , et la température ambiante minimale est de 28.25°C à 12h00. À travers ces résultats, il ne fait aucun doute que Ouargla possède un potentiel solaire qui attire l'attention de ceux qui s'intéressent à cette ressource énergétique. Cela est dû à la pureté de l'air due à l'absence de poussière dans l'air. qui transforme le rayonnement solaire en chaleur.



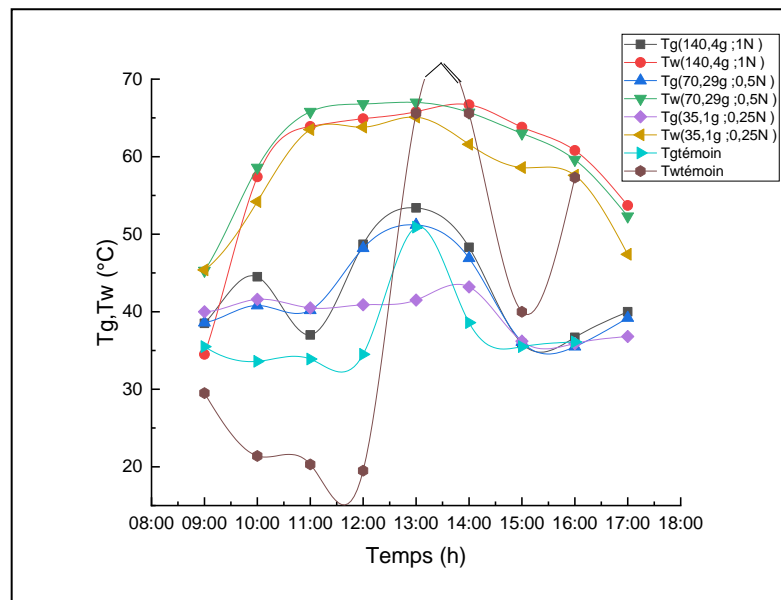
FigIII.11 Variation du rayonnement solaire et de la température ambiante

- Pour la production journalière cumulée comme le montre la Figure (III.12) ; On peut voir que la quantité optimale était d'environ $(523)\text{mL.m}^{-2}.\text{jour}$, pour la distillation solaire 2 à $(70,29 \text{ g}, 0,5 \text{ N}, 523 \text{ ml})$, suivie de l'unité de distillation solaire 1 à $425\text{mL.m}^{-2}.\text{jour}$ ($140,4 \text{ g}, 1\text{N}, 1$) puis encore Solar 3 avec une valeur de $319,5 \text{ mL.m}^{-2}.\text{jour}$ ($35,1 \text{ g}, 0,25 \text{ N}$).



FigIII.12 La production cumulée de 3 masses en fonction de temps

- commence à augmenter la matinée et atteint valeur maximal du distillateur à 13 :00 h pour 2 et 3 distillateur, à savoir 67 et 65,1 respectivement et 66,7 pour 1 distillateur à 14 :00 h et valeur minimale 45,3, 45,4 et 34,5 à 9 h, respectivement.
- commence à augmenter la matinée et atteint valeur maximal du distillateur à 13 :00 h pour 1et 2 distillateur, à savoir 53.4 et 51.2 respectivement et 43.2 pour 3 distillateur à 14 :00 h et valeur minimale 35.9 35.5 et 35.9 à 16.00 h, respectivement.



FigIII.13 Les températures des condenseurs (verre) et des absorbeurs de 3 masses en fonction de temps

- La différence de température de 70,2 g est supérieure à 140,4 g, car 70,2 g est plus rapide que 140,4 g et a une meilleure mobilité, et l'explication en est que plus le nombre

d'ions Na augmente, plus il est difficile de se déplacer, et donc leur vitesse diminue et le transfert de chaleur diminue, donc ΔT diminue.

- $\Delta T(35,1)$ est inférieur aux deux autres distillateurs, contrairement à ce qui est supposé, car le fuites n'est pas indiqué dans le distillateur.

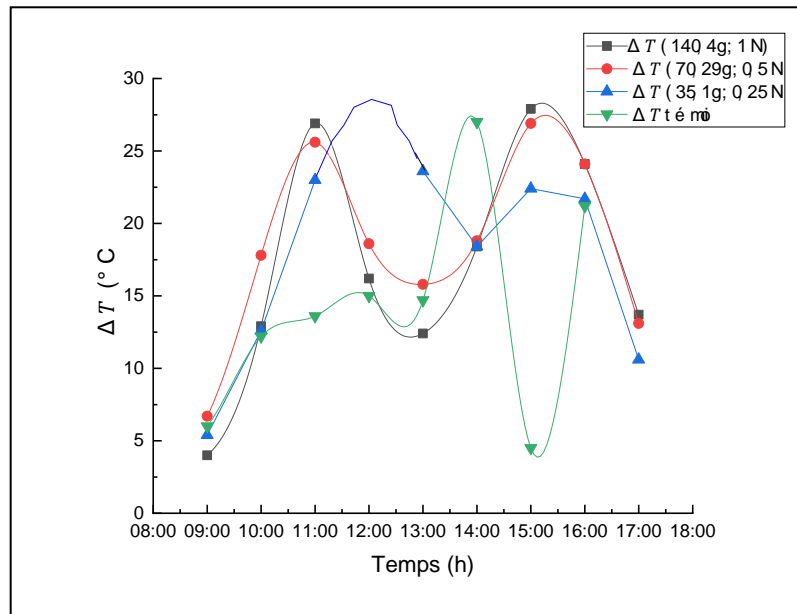


Fig. III.14 différence de températures des condenseurs (verre) et des absorbeurs de 3 masses en fonction de temps

- le phénomène remarquable est que le distillateur 2 sel avec masse (0,5N 70,29 g) est le meilleur distillateur avec le gain est de 12,47 %, suivi du distillateur 1 (140,4g ; 1N) avec le gain est de 8,60 %, puis du distillat 3 (35,1, 0,25 N) .Avec le gain réduit de - 31,29% pour le distillateur témoin.

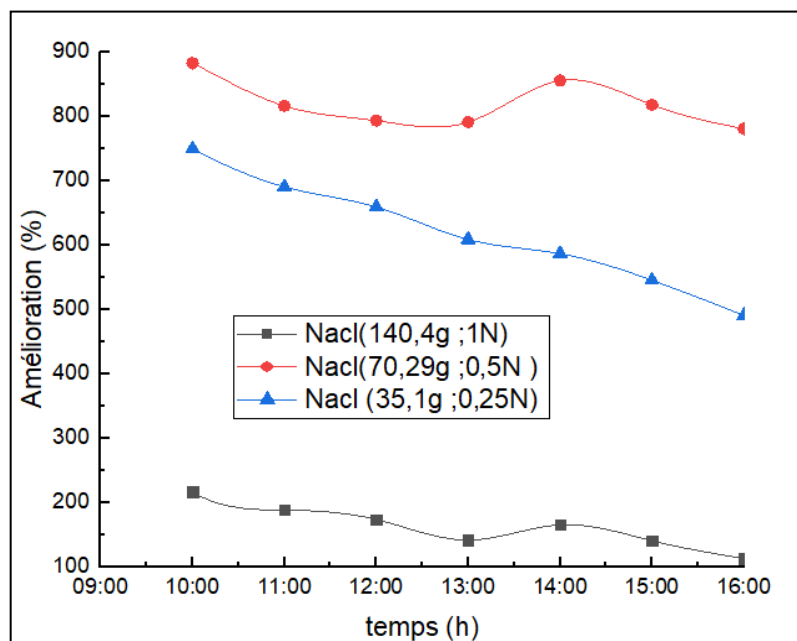
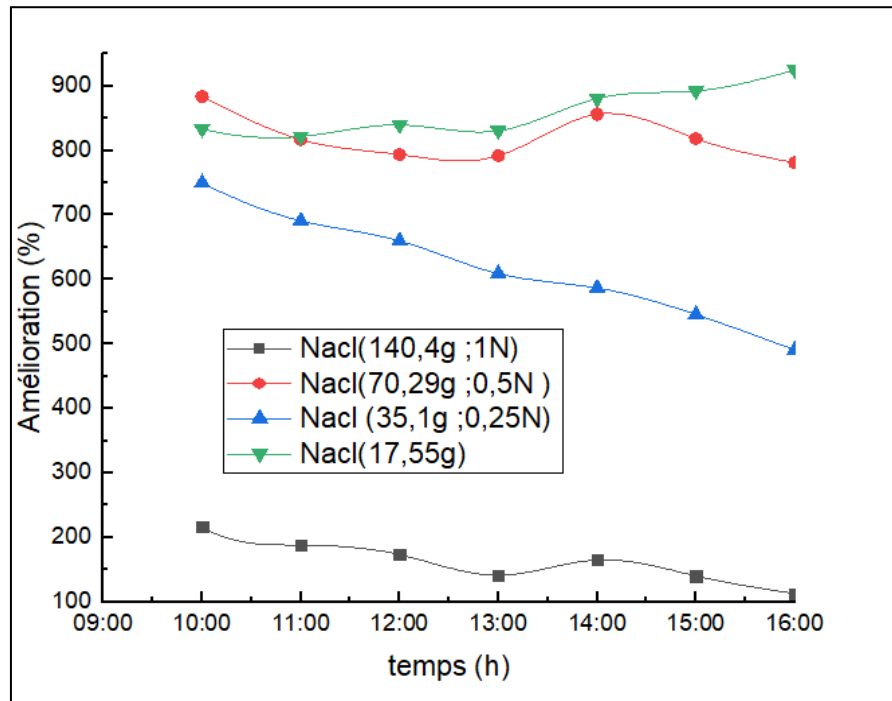


Fig. III.15 Amélioration cumulée de 3 masses en fonction de temps



FigIII.16 Amélioration cumulée de 4 masses en fonction de temps

III.4. Comparaison avec les résultats de la littérature :

III.4.1.1^{er} expérience :

Dans cette série d'expériences, nous avons ajouté une quantité uniforme de 3 types de sels (NaCl ; KCl ; CaCl₂) dans le même volume d'eau de 2,4 L à la fois, exprimée en densité surfacique. En général, les distillateurs contenant du sel de NaCl (indépendamment de la masse) produisent de meilleurs distillats que les distillateurs contenant d'autres sels (30.10%) suivis de CaCl₂ (12.68%) puis distillateurs de KCl (6.66%), Mais le phénomène remarquable est que le sel de NaCl est nécessaire pour stocker et transférer plus rapidement l'énergie thermique en raison des propriétés du Na qui est la mobilité. Où l'élément physique Na est l'élément le plus bas du tableau périodique par rapport aux autres sels.

III.4.2.2^{ème} expérience :

Dans cette série d'expériences, nous avons ajouté 3 quantités de sel NaCl (70,29 g, 35,1 g et 140,4 g) du même volume d'eau 2,4 à chaque fois, respectivement. En général cependant, le phénomène remarquable est que le distillateur avec masse (0.5N 70.29 g) est le meilleur distillateur avec le gain est de 12.47 %, suivi du distillateur masse (140.4g ; 1N) avec le gain est de 8.60 %, suivi du distillateur (35,1, 0,25 N) . Avec le gain réduit de -31.29% pour le distillateur témoin.

La raison derrière cela réside dans le fait que lorsque le nombre d'ions Na augmente, il devient plus difficile pour eux de se déplacer de sorte que la mobilité diminue, ce qui entraîne

une diminution de leur vitesse et du transfert de chaleur. En conséquence, la différence de température (ΔT) diminue et la productivité diminue.

- d'après les mesures obtenues avant et après la distillation sur la qualité d'eau mentionné dans le tableau suivant :

Tableau III.1 Les paramètres de qualité d'eau testé

La qualité d'eau	PH	Conductivité us/cm
L'eau saumâtre	6.89	3.05
L'eau produite1	6.23	0.38
L'eau produite2	6.15	0.23
L'eau produite3	6.07	0.19

III.5Conclusion :

Le cumul journalier enregistré a permis de calculer l'amélioration dans la production en eau distillée pour chaque distillateur par rapport au distillateur témoin. Après calcul on a constaté.

La productivité de la distillation solaire est inversement proportionnelle avec la quantité de sel d'eau de bassin; avec diminution dans la saumure augmente la productivité de la distillation,

- La production journalière est améliorée de 30.10 % avec l'ajout de sel NaCl(17,55 g) à une concentration de 0,125 mol/L.

sel NaCl avec masse (0.5N 70.29 g) est le optimal production avec le gain est de12.47%

Conclusion générale

Conclusion générale

Les régions arides et désertiques du sud de l'Algérie souffrent d'une grave pénurie d'eau potable. Bien qu'elles possèdent des réserves d'eau souterraine abondantes, celles-ci sont souvent trop salées pour être considérées comme potables. Cependant, ces zones bénéficient d'un ensoleillement intense tout au long de l'année, ce qui rend la technique de distillation solaire des eaux saumâtres la solution la plus économique et recommandée pour produire de l'eau potable à des prix abordables, en utilisant une énergie gratuite, renouvelable et respectueuse de l'environnement.

Au cours des dernières années, le laboratoire de recherche et développement des énergies nouvelles et renouvelables dans les zones arides et sahariennes (LENREZA) s'est concentré sur l'étude des techniques et des moyens visant à améliorer la quantité quotidienne d'eau distillée obtenue par distillation solaire.

La première expérience a abouti à améliorer la production quotidienne d'eau à faible salinité dans le distillateur en ajoutant 3 types de sels NaCl KCl CaCl₂ où l'amélioration augmente de 30.10% en ajoutant du sel NaCl, puis de 12.68 % en ajoutant du sel CaCl₂, puis de 6.66% en ajoutant du sel KCl sans affecter la qualité du produit d'eau distillée.

-dans la deuxième expérience le phénomène remarquable est que le distillateur 2 sel avec masse (0.5N 70.29 g) est le meilleur distillateur avec le gain est de 12.47 %, suivi du distillateur 1 (140.4g ; 1N) avec le gain est de 8.60%, puis du distillat 3 (35,1, 0,25 N) avec le gain est de -31.28%.

La production d'eau distillée est directement liée à l'intensité du rayonnement solaire, et le facteur ΔT est dominant dans le processus de distillation solaire, ainsi qu'il existe d'autres facteurs d'influence tels que T ambiante et la vitesse du vent et peuvent entraîner un rendement et une production plus élevés de distillation solaire,

Par conséquent, on peut conclure que l'énergie solaire statique peut être bonne C'est une solution efficace pour produire de l'eau douce à partir de saumure L'eau dans la région de Ouargla, où Les techniques de dessalement ne sont pas adaptées en raison du pourcentage élevé Investissement potentiel et coût de maintenance plus élevé.

Les Références bibliographiques

Les Référence bibliographique

- [1] Boutriaa Abdelouahab. Effet des paramètres de fonctionnement sur les performances d'un distillateur solaire : mémoire de master. Constantin : Université Mentouri Constantin Faculté des Sciences exactes, 2009
- [2] Sellami Mohamed Hassen. étude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région sud-est algérienne (ouargla). [thèse de doctorat]. ouargla : université kasdi merbah , faculté des mathématiques et des sciences de la matière ; 2014.
- [3] Redha Cherraye. amélioration des performances d'un chauffe -eau à effet thermosiphon couplé. [thèse de doctorat]. ouargla : université kasdi merbah, faculté des mathématiques et des sciences de la matière.
- [4] Benmaatallah Nabiha, Barazouk Soumia. Impact d'inclinaison de vitrage sur la productivité d'un distillateur solaire : (Différents Types de Distillateurs solaire) [mémoire de master]. Adrar : Université Adrar, Faculté des Sciences et de la Technologie ; 2021.
- [5] Elmi Idil Mouhoumed, Mohamed-Awal Abdillahi Mohamed, Abdourachid Ibrahim Igueh. Study of Different Parameters Affecting the Productivity of Solar Still for Seawater Desalination under Djiboutian Climate. Energy and Power Engineering . 2022 ; 14 : 201-216.
- [6] M.E. Ali Ouar, M.H. Sellami, S.E. Meddour, O.B. Mokrani. Experimental study of solar water distiller integrated with solar chimney. Desalination and Water Treatment. 2021 ; 229 : 1-9.
- [7] Canadian Council of Ministers of the Environment. Scientific Criteria Document for the Development of the Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life chloride ion. Canadian water quality guidelines. 2011 ; 978 : 77-3.
- [8] Hitesh N. Panchal. Enhancement of distillate output of double basin solar still with vacuum tubes. Journal of King Saud University – Engineering Sciences. 2015 ; 27 : 170-175.

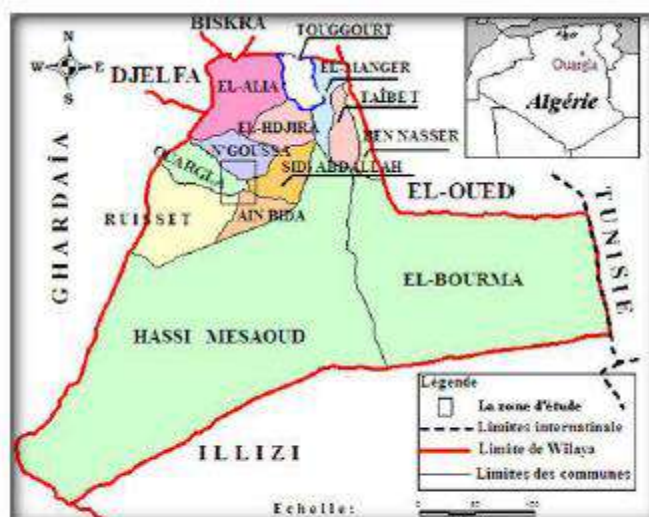
Annexes

Annexes

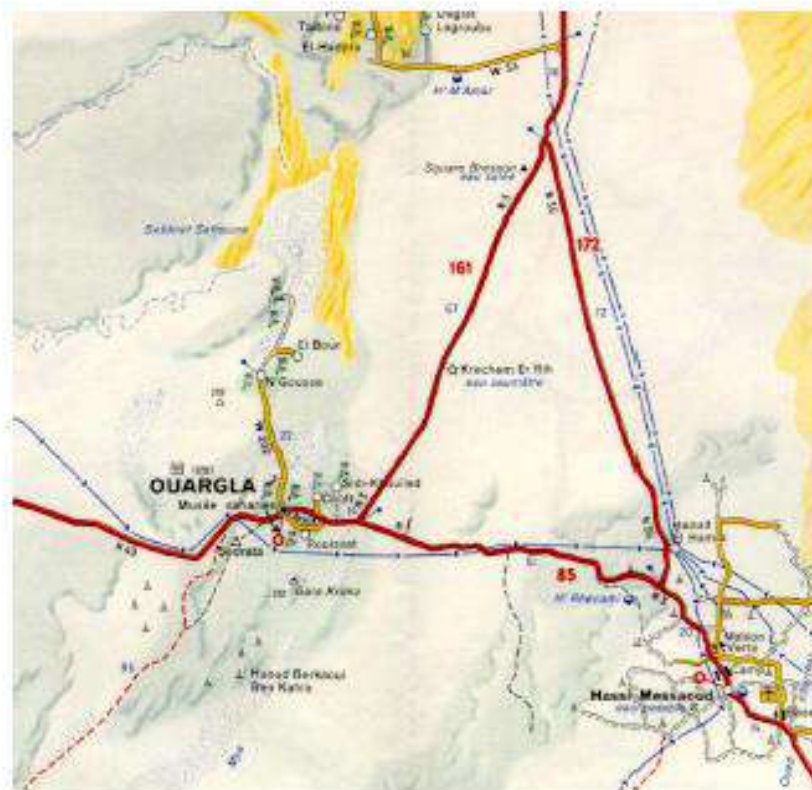
Annexe A


Situation Geographique de la Region d'Etude


Localisation géographique d'Ouargla (Encarta, 2018)



Carte de découpage administratif de la Wilaya d'Ouargla



Délimitation de la cuvette d'Ouargla, Echelle : 1/500.000 (Michelin, 2002, R.E. 3)

Annexe B

Tableau des Propriétés physiques et chimiques aux sels de chlorure

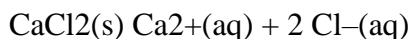
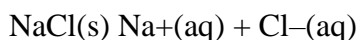
Propriété	Chlorure Ion	Sodium Chlorure	Calcium Chlorure	Potassium Chlorure
Moléculaire formule	Cl-	NaCl	CaCl ₂	KCl
Physique structure	—	Incolore, transparent cristaux ou blanc, cristalline poudre	Incolore, cubique cristaux, granules ou fusionné masses	Incolore, allongé prismatique, ou cubique cristaux ou comme un blanc granulaire poudre
Moléculaire poids (g·mol ⁻¹)	35.45	58.44	110.99	74.55
Fusion point (° C)	—	801	772	771
Ébullition point (° C)	—	1465	1670	Sublimes à 1500 deg C
Densité / Spécifique la gravité	—	2.17 25 deg C	2.152 15 deg C	1.988
Solubilité dans eau froide (g·mL ⁻¹)	—	35.7 g/100 ml d'eau à 0 degrés C	37.1 g/100 ml d'eau à 0 degrés C	34.4 g/100 ml d'eau à 0 degrés C
pH	—	6.7 to 7.3; c'est aqueux la solution est neutre	—	De saturé aqueux solution à 15 degrés C: environ 7

Annexe C



Chlorure et salinité

Le chlorure, sous la forme de l'ion Cl^- , est l'un des principaux anions inorganiques, ou ions négatifs, dans l'eau salée et eau fraîche. Il provient de la dissociation de sels, tels que le chlorure de sodium ou le chlorure de calcium, dans l'eau.



Ces sels, et les ions chlorure qui en résultent, proviennent de minéraux naturels,

Dans l'eau potable, le goût salé produit par le chlorure dépend de la concentration de l'ion chlorure.

Une eau contenant 250 mg/L de chlorure peut avoir un goût salé détectable si le chlorure provient du sodium chlorure. Le niveau maximal recommandé de chlorure dans l'eau potable aux États-Unis est de 250 mg/L.

La salinité est le total de tous les sels non carbonatés dissous dans l'eau, généralement exprimé en parties pour mille (1 ppt = 1000 mg/L). Contrairement à la concentration de chlorure (Cl^-), vous pouvez considérer la salinité comme une mesure de la concentration en sel, composée principalement d'ions Na^+ et Cl^- .

la formule suivante est utilisée :

$$\text{salinité (ppt)} = 0,0018066 \text{ 5 } \text{Cl}^- \text{ (mg/L)}$$

Une électrode sélective d'ions chlorure peut être utilisée pour déterminer la concentration de chlorure, qui est convertie à une valeur de salinité en utilisant la formule ci-dessus.

La salinité peut également être mesurée en eau douce. Par rapport à l'eau de mer ou à l'eau saumâtre, l'eau douce a des niveaux inférieurs d'« ions de sel » tels que Na^+ et Cl^- ; en fait, ces ions ont souvent une concentration plus faible que les ions d'eau dure comme le calcium (Ca^{2+}). Parce que les relevés de salinité en eau douce sont significativement plus faibles que dans l'eau de mer ou l'eau saumâtre, les lectures sont souvent exprimées en mg/L au lieu de ppt (1 ppt = 1000 mg/L).

des niveaux de salinité allant jusqu'à 40 ppt, mais de nombreux organismes d'eau douce ne peuvent pas vivre à des niveaux de salinité supérieurs à 1 ppt.

Annexe D

Chlorure et conductivité

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique.

La conductivité varie en fonction de la température. Elle est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux (Na, Cl, Ca, K) sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique qui conduit peu.

Par conséquent, dans le cas des eaux usées fortement chargées en matière organique, la conductivité ne donnera pas forcément une idée immédiate de la charge du milieu. Dans les autres cas, elle permet d'évaluer rapidement le degré de minéralisation d'une eau et d'estimer le volume d'échantillon nécessaire pour certaines déterminations chimiques.

La conductivité est une mesure de la quantité d'ions présents et dissous en présence d'eau. Cette méthode détermine la salinité. Des concentrations importantes de sels peuvent avoir des impacts au niveau de la végétation, de la qualité de l'eau souterraine et même de la structure des sols.

Annexe E

Instrument de Mesure de la conductivité

