

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Energétique

Thème

**Contribution à l'amélioration d'un distillateur simple pente : prédiction
par la méthode des réseaux de neurones artificiels**

Devant le jury composé de :

..... Président
..... Examineur
..... Examineur
BOUKHARI Ali Encadreur

Présenté par :

- LAIB Aymen
- MENNANA Tedjani

2017-2018

TABLE DES MATIERES

DEDICATION	I
REMERCIEMENT	III
TABLE DES MATIERES	IV
LISTE DES FIGURES.....	VIII
LISTE DES TABLEAUX.....	X
LISTES DES ACRONYMES ET SYMBOLES.....	IX
INTRODUCTION GENERALE.....	1
 <i>CHAPITRE 01 : GENERALITES SUR LES DISTILLATEURS ET ETAT DE L'ART</i>	
I.1 Introduction	2
I.2 Historique	2
I.3 Les besoins et les ressources d'eau	2
I.4 Classification des eaux	3
I.5 Techniques de dessalement d'eau	4
I.6 Les Procédés de distillation	5
I.7 définition de distillation solaire	6
I.8 Principe de fonctionnement de distillateur solaire	6
I.9 différents types de distillateurs.....	6
I.9.1 Distillation solaire à effet de serre	6
I.9.2 Distillateur à simple effet.....	7
I.9.2.1 Distillateur à pente unique	7
I.9.2.2 Distillateur solaire à double pente.....	8
I.9.3 Distillateur sphérique à balayage	8
I.9.4 Distillateur solaire vertical	9
I.10 Paramètres influant sur le fonctionnement du distillateur	10
I.10.1 Paramètres externes	10
I.10.1.1 Paramètres météorologiques	10
I.10.1.2 Paramètres Géographiques.....	11

I.10.2 Paramètres Internes	11
I.10.2.1 Paramètres de construction	11
I.10.2.2 Paramètre de fonctionnement	12
I.11 Etat de l'art	12

***CHAPITRE 02 : RESEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS ET MODELE
MATHEMATIQUE***

II.1 Introduction	15
II.2 Domaines d'application	15
II.3 Le neurone biologique.....	15
II.3.1. Le corps cellulaire	15
II.3.2 Les dendrites.....	16
I.3.3 L'axone	16
II.4 Présentation du réseau de neurones	16
II.5 Le neurone formel	17
II.5.1 Définition.....	17
II.5.2 Principe de fonctionnement.....	18
II.5.3 Fonction d'activation.....	18
II.6 Propriétés des réseaux de neurons.....	19
II.6.1 Le parallélisme	19
II.6.2 La capacité d'adaptation.....	19
II.6.3 La mémoire distribuée	20
II.6.4 La capacité de généralisation.....	20
II.7 Présentation du modèle.....	20
II.7.1 Couche d'entrée.....	20
II.7.2 Couches cachées	20
II.7.3 Couche de sortie	21
II.8 Apprentissage.....	21
II.8.1 Type d'apprentissage.....	22
II.8.1.1 Apprentissage supervisé	22

II.8.1.2 Apprentissage renforcé	22
II.8.1.3 Apprentissage non supervisé	22
II.9 Avantages des réseaux de neurones	23
II.10. Etude théorique d'un distillateur plan	23
II.10.1 Modélisation mathématique	23
II.10.1.1 Bilan du vitrage	24
II.10.1.2 Bilan de l'eau (saumure)	25
II.10.1.3 Bilan du bassin inférieur	25
II.10.1.4 Bilan de l'isolant	25
II.10.1.5 Le Débit du condensât	26
II.10.2 Coefficients d'échanges thermiques	26
II.11 Caractéristiques de fonctionnement du distillateur	27
II.11.1 Le rendement	27
II.11.2 L'efficacité	27
II.11.2.1 L'efficacité globale	27
II.11.2.2 L'efficacité interne	28
II.11.3 La performance	28
II.12 Conclusion	29
CHAPITRE 03 : MATERIELS ET EXPERIENCES	
III.1 Introduction	30
III.2 Réalisation et conception d'un distillateur solaire plan	30
III.3 Matériels nécessaires	30
III.4 Les étapes de la réalisation	32
III.5. Instrumentations de mesures	36
II.5.1 Présentation de la carte ARDUINO	36
III.5.2 Les composants de la carte électronique Arduino	36
III.5.3 Le programme Arduino	37
III.5.4 Les applications compatibles avec l'Arduino	38
III.5.4.1. Capteur LM35	38

III.5.4.2 Lampe de LED	38
III.5.4.3 Afficheur	38
III.5.4.4 L'écran LCD alphanumérique	39
III.5.4.5 Télécommande Arduino	39
CHAPITRE 04 : RESULTATS ET DISCUSSIONS	
IV.1 Introduction	40
IV.2 Température de la vitre intérieure.....	40
IV.3 Température de l'eau du distillateur.....	40
IV.4 Température de l'eau et la température du verre interne.....	41
IV.5 Rayonnement solaire.....	42
IV.6 Température ambiante.....	42
IV.7 Evolution de la productivité de l'eau distillée	43
IV.8 Application 1 : Réseau de neurones artificiels (Rs avec Teau)	44
IV.9 Application 2 : Réseau de neurones artificiels (Tamb avec Teau)	46
CONCLUSION GENERALE	49
Références bibliographiques	50

REMERCIEMENT

Nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens à fin de pouvoir accomplir ce travail.

nos remerciements sincère et respectueux s'adressent aussi à monsieur **BOUKHARI Ali** qui a veillé à l'élaboration de ce travail de recherche et qui a déployé tous ses efforts pour notre réussite, il n'a cessé de nous faire profiter de sa très haute compétence, de ses conseils faisant preuve de qualité noble peu commune, nous tenons à lui témoigner notre gratitude et notre profonde reconnaissance, et nous le remercions pour l'enseignement plein, et sagesse qui nous a toujours dispensé.

A le président de jurer, Qui nous a fait l'honneur de présider le jurer, nous tenons à lui exprimer notre profonde reconnaissance

A monsieur l'examineur le membre de jurer Pour le grand honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de jurer notre travail et assurer notre soutenance, nous les prions d'accepter tous nos remerciements et l'expression de notre haute considération.

LISTE DES FIGURES

<i>Figure I.1 : Procédés de dessalement industrialise</i>	<i>5</i>
<i>Figure I.2 : Distillateur à simple effet avec un seul capteur</i>	<i>7</i>
<i>Figure. I.3 : Distillateur solaire simple à pente unique</i>	<i>7</i>
<i>Figure I.4 : Distillateur solaire a double pente</i>	<i>8</i>
<i>Figure. I.5 : Distillateur solaire sphérique à balayage.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure I.6: distillateur solaire vertical.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure II.1 : Le neurone biologique.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure II.2 : Schéma d'un neurone forme.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure II.3 : Les différentes formes de la fonction d'activation.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure II .4 : Structure générale de PMC</i>	<i>21</i>
<i>Figure II.5 : Bilan énergétique d'un distillateur solaire.....</i>	<i>24</i>
<i>Figure III.1 : Composants de la plaque Arduino.....</i>	<i>36</i>
<i>Figure III.2 : Les composants de la carte Arduino</i>	<i>37</i>
<i>Figure III.3 Le programme Arduino</i>	<i>37</i>
<i>Figure.III.4 : Capteur thermique LM35.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure. III.5 : Lampe LED</i>	<i>38</i>
<i>Figure.III.6 : Afficheur.....</i>	<i>38</i>
<i>Figure.III.7 : Écran LCD alphanumérique</i>	<i>39</i>
<i>Figure.III.8 : Kit-télécommande à distance.....</i>	<i>39</i>
<i>Figure IV.1 : Evolution de la température de la vitre intérieure.....</i>	<i>40</i>
<i>Figure IV.2 : Evolution de la température de l'eau dans le distillateur.....</i>	<i>41</i>
<i>Figure IV.3 : Evolution de Température de l'eau et la température du verre interne.....</i>	<i>41</i>
<i>Figure IV.4 Evolution temporelle du rayonnement solaire dans la région d'El-Oued, le 18/5/2018.</i>	<i>42</i>
<i>Figure IV.5 : Historique de la température ambiante (El oued, 18/5/2018).</i>	<i>43</i>
<i>Figure IV.6 : Productivité de l'eau distillée durant le jour de 18/5/2018.</i>	<i>43</i>
<i>Figure IV.7 Performance de la validation pour la première application du perceptron multicouche.</i>	<i>44</i>
<i>Figure IV.8 Coefficients de corrélations pour les différents échantillons du perceptron résultant de la première application</i>	<i>45</i>

<i>Figure IV.9 : Performance de la validation pour la 2^{ème} application du perceptron multicouche.....</i>	46
<i>Figure IV.10 Coefficients de corrélations pour les différents échantillons du réseau de neurones artificiels pour sa deuxième application.....</i>	47

LISTE DES TABLEAU

Tableau I.1: Distribution des ressources en eau dans le monde entier.....	3
Tableau I.2 : classification des eaux selon la salinité.....	4
Tableau III.1. Matériels de construction du distillateur solaire plan.....	30
Tableau III.2. Les étapes de construction du distillateur solaire plan	33

LISTES DES ACRONYMES ET SYMBOLES

INDICE	NOTION	UNITE
<i>M</i>	Mass	kg
<i>C_p</i>	Chaleur massique à pression constante	J/kg.°C
<i>A</i>	Surface	m^2
<i>dt</i>	Taux de calcul	heure
λ	Conductivité thermique	W/m°C
δ	la déclinaison, épaisseur	m
<i>T</i>	Température	K
<i>Q</i>	Densité de flux thermique	W/m ²
<i>r v. e_cie</i>	Par rayonnement entre la surface extérieure et le ciel	-
<i>c : ve_a</i>	Par convection entre la surface extérieure et l'ambiance	-
<i>c : e_v.i</i>	Par convection entre l'eau et la surface intérieur de la vitre	-
<i>P</i>	Pression de vaporisation	Pa
<i>évp</i>	évaporation	-
<i>c : e_v.i</i>	Par convection entre l'eau et la surface intérieur de la vitre	-
<i>r : e_v.i</i>	Par rayonnement entre l'eau et la surface intérieur de la vitre	-
<i>e</i>	Extérieur, eau	-
<i>b</i>	bac	-
<i>cd: b_iso</i>	Par conduction entre l'absorbeur et l'isolant	-
<i>iso</i>	isolation	-
<i>i</i>	Interne	-
<i>c : isoe_a</i>	Par convection entre la surface extérieure de l'isolant et l'ambiance	-
<i>a</i>	Ambiant. absorption	-
<i>L</i>	la longitude, la chaleur latente, la longueur caractéristique La longueur du conduit	m kJ/kg m m

<i>V</i>	Vitre, vaporisation	-
<i>h</i>	Hauteur du soleil, enthalpie	<i>J/kg</i>
<i>vi</i>	vitre intérieure	-
ε	Emissivité	-
<i>eff</i>	effectif	-
σ	Constante de steaffan-boltzman	$\frac{W}{m^2K^4}$
η	Rendement, efficacité	-
<i>g</i>	Global	-
\dot{m}	Débit de masse	<i>kg/s</i>
<i>d</i>	Le diamètre du tube, distillat	<i>m</i>
<i>G</i>	Puissance de rayonnement solaire incident par unité de sur face	W/m^2
τ	Heure de calcul, coefficient de transmission	<i>H</i>
$\frac{d}{dt}$	Dérivée ordinaire	-

INTRODUCTION GENERALE

Depuis longtemps le dessalement de l'eau salée est une solution intéressante au problème de la carence d'eau douce ou potable. Toute technique de dessalement de l'eau passe par deux étapes cruciales ou et respectives à savoir : l'évaporation et la condensation.

La production du distillateur dépend du gradient de température qui existe entre la température de l'eau dans le bassin et la couverture transparente, jouant le rôle d'écran thermique face aux rayons infrarouges outre son rôle de surface où la condensation aura lieu. Donc plusieurs techniques sont testées pour contribuer à l'amélioration des performances des distillateurs solaire telle que l'augmentation de la température de l'eau dans le bassin et à l'abaissement de la température de la couverture transparente.

Dans ce but, nous avons essayé d'établir quelques expériences visant à mesurer la production en eau distillée moyennant un distillateur solaire installé dans la région saharienne d'El-Oued, puis nous procéderons à l'exploitation des résultats expérimentaux obtenus pour effectuer des prédictions en utilisant la méthode des réseaux des neurones artificiels à l'aide des perceptrons multicouches.

Ce mémoire comprend une introduction générale suivie de quatre chapitres ;

- Le premier chapitre : qui sera consacré sur les techniques de dessalement d'eau surtout celles qui utilisent l'énergie solaire comme une source d'énergie, ainsi qu'un bref historique sur la distillation solaire, et une recherche bibliographique concernant les différents types de distillateurs et présentant l'état de l'art dans ce domaine.
- Le deuxième chapitre : montre une introduction et des définitions des méthodes des réseaux de neurones artificiels, outre une exposition des différentes équations liées au fonctionnement du système de distillation solaire.
- Le troisième chapitre : est consacré à l'étude expérimentale, constituée de ces méthodes et matériels.
- Le quatrième chapitre : donne une récapitulation globale des résultats obtenus expérimentalement et leurs interprétations munies des graphes numériques tracés. Finalement, deux applications consistantes des réseaux de perceptrons multicouches pour tirées des prédictions concernant la production en eau distillée. Une conclusion générale signe la fin de ce mémoire.

Chapitre I : Généralités sur les distillateurs et état de l'art

GENERALITES SUR LES DISTILLATEURS ET ETAT DE L'ART

I.1 Introduction

Les problèmes en relation avec l'eau sont nombreux et très divers. Il n'y a donc aucune solution simple permettant de répondre à sa demande dans n'importe quel pays. Le dessalement de l'eau marine ou saumâtre est un processus qui permet d'extraire le sel pour la rendre potable ou l'utiliser pour l'irrigation.

I.2 Historique

L'utilisation moderne de l'énergie solaire pour la distillation de l'eau salée ou saumâtre a commencée en 1872, dans le nord du Chili par l'installation d'un distillateur solaire de type bassin par l'ingénieur Suédois *Carlos Wilson*. Il permettait de fournir de l'eau potable aux animaux de traite à partir de l'eau salée de la mer.

Ce système ne fonctionna que jusqu'en 1910 à cause de l'accumulation rapide des sels dans le bassin, nécessitant un nettoyage régulier du distillateur. La distillation solaire a connu une période creuse entre 1880 et la première guerre mondiale. En 1920, *Kaush* utilisa des réflecteurs en métal pour concentrer les rayons solaires; il en résulta l'apparition de nouveaux appareils (types toit, couverture en V, plateau incliné, etc....).

Une installation due à *Ginistous* groupant 30 appareils de 1 m² fut réalisée et exploitée à *Bengardane* en Tunisie en 1929. Au début des années 30, *Trifinov* proposa un distillateur incliné; en 1938 *Abbot* utilisa des réflecteurs cylindriques paraboliques pour concentrer le rayonnement solaire, le tout est acheminé dans des tubes contenant de l'eau

Maria Telks inventa en 1945 un nouveau type de distillateur solaire de forme sphérique, qui fut utilisé par la marine américaine; un grand nombre de ce modèle, environ 2000 a été utilisé pendant la deuxième guerre mondiale. En 1969, Cooper proposa une simulation pour analyser les performances d'un distillateur solaire type serre.

I.3 Les besoins et les ressources d'eau

Sur le plan mondial, la demande en eau potable de bonne qualité est plus en plus forte. En effet, la population augmente rapidement et les besoins en eau de l'industrie de l'agriculture sont de plus en plus élevés.

Les besoins en eau sont principalement répartis 4 types de consommation :

- 55% de l'eau consommée sert à fournir de l'énergie (barrage hydroélectrique, refroidissement des centrales nucléaires, énergie géométrique, etc....).
- 18% est consommée par les particuliers.
- 15% est utilisée par l'agriculture.
- 12% est consacrée par un usage industriel.

Les principales ressources en eau distribuées dans le monde entier représentent dans le tableau suivant [1]:

Tableau I.1: Distribution des ressources en eau dans le monde entier

Ressources	Volume (m3)	Total pour cent De l'eau	Pourcent de l'eau Douce
Eau atmosphérique	12900	0.001	0.01
Glaciers	24064000	1.72	68.7
La glace de sol	300000	0.021	0.86
Rivières	2120	0.0002	0.006
Lacs	176400	0.013	0.026
Marais	11470	0.0008	0.03
l'humidité du sol	16500	0.0012	0.05
Aquifères	10530000	0.75	30.1
Lithosphère	23400000	1.68	
Océans	1338000000	95.81	
Totale		1396513390	

I.4 Classification des eaux

Lorsqu' on classe les eaux en fonction des quantités de matières dissoutes qu'elles contiennent, on obtient les données présentées au **tableau I.2**. Les eaux saumâtres, qui proviennent habituellement des nappes souterraines, contiennent le plus souvent de 2000 à 10000 mg/L de matières dissoutes. Signalons au passage que l'effluent d'une usine d'épuration (traitement biologique) contient environ 750 mg/L de matières dissoutes [2].

Tableau I.2 : classification des eaux selon la salinité

Type d'eau	Salinité (mg/L)
Eau douce	<500
Eau légèrement saumâtre	1000-5000
Eau modérément saumâtre	5000-15000
Eau très saumâtre	15000-35000
Eau de mer	35000-42000

I.5 Techniques de dessalement d'eau

Il existe essentiellement deux familles de technologies de dessalements utilisés dans le monde d'aujourd'hui. Il s'agit notamment de technologies thermiques et de technologies à membrane [3].

- Les technologies thermiques sont celles que le chauffage de l'eau fait le recueil de la vapeur condensée (distillation) pour produire de l'eau pure. Elles sont rarement utilisées pour dessaler l'eau saumâtre (eau de moins de 10,000 milligrammes par l de matières en suspension), comme il n'est pas rentable pour cette application. Les technologies thermiques contiennent les éléments de processus de types :
 - ❖ Distillation à multi stage flash (**MSF**).
 - ❖ Distillation à effets multiples (**MED**).
 - ❖ Distillation par compression de la vapeur (**VC**).
- Les technologies à membranes minces, qui utilisent une membrane semi-perméable les alimentant en deux flux de divergents de concentration, un produit courant et de se concentrer. Dans les applications de dessalement, l'alimentation est soit l'eau de mer ou saumâtre. Les technologies de membrane comportent des spécifiques processus suivants:
 - Osmose inverse (**RO**).
 - Electrodialyse (**ED**).

Les différents procédés de dessalement que nous avons déjà cités sont présents dans la figure suivante :

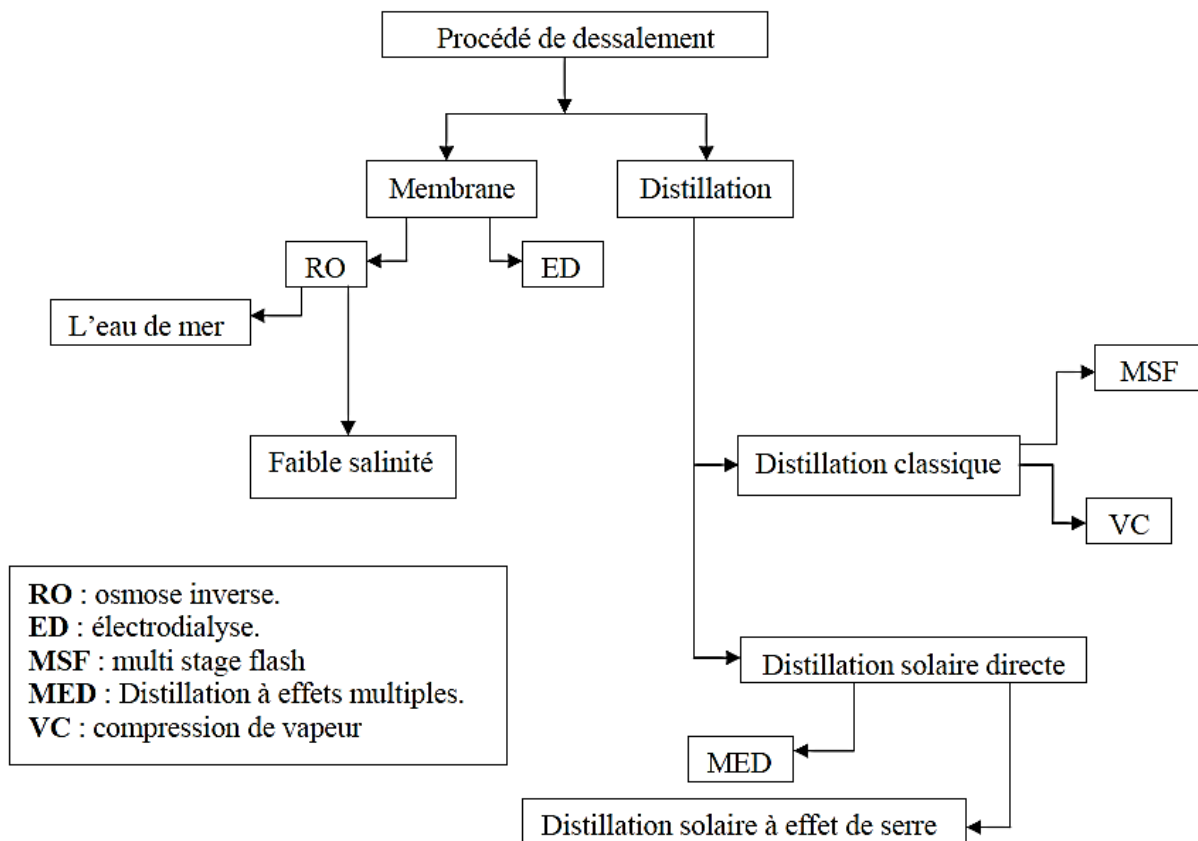


Figure I.1 : Procédés de dessalement industrialisé

I.6 Les Procédés de distillation

Pour leur fonctionnement, les procédés à distillation nécessitent en grande partie de l'énergie thermique pour assurer le chauffage de l'eau salée. Pour l'eau de mer, De plus cette énergie thermique doit être fournie à un niveau de température relativement faible, entre 60 et 120°C suivant la technologie adoptée. La source de chaleur peut être fournie, dans le cas d'un couplage solaire, par des capteurs plans ou à concentration. Les procédés les plus utilisés et qui sont susceptibles d'être couplés à une source d'énergie solaire sont [4] :

- Les procédés à distillation classique tel le procédé à Multi-stage flash, à compression de vapeur.
- La distillation solaire directe à effet de serre qui consiste en un procédé proprement solaire.

I.7 définition de distillation solaire

La distillation solaire est une technique qui utilise le rayonnement solaire pour chauffer de l'eau saumâtre dans un bac couvert par une vitre inclinée. L'eau dans le bac s'évapore et la vapeur d'eau se condense sur la surface de la vitre. La condensation forme des gouttes d'eau pures qui coulent sur la vitre inclinée pour être récupérées dans un récipient propre.

I.8 Principe de fonctionnement de distillateur solaire

Dans les procédés de distillation, il s'agit de chauffer l'eau de mer pour en vaporiser une partie. La vapeur ainsi produite ne contient pas de sels, il suffit alors de condenser cette vapeur pour obtenir de l'eau douce liquide. Il s'agit en fait d'accélérer le cycle naturel de l'eau. En effet l'eau s'évapore naturellement des océans, la vapeur s'accumule dans les nuages puis l'eau douce retombe sur terre par les précipitations. Ce principe de dessalement très simple a été utilisé dès l'Antiquité pour produire de très faibles quantités d'eau douce sur les bateaux.

I.9 différents types de distillateurs

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

I.9.1 Distillation solaire à effet de serre

Soit une serre fermée et exposée au soleil à l'intérieure de laquelle se trouve une lame d'eau de mer ou d'eau saumâtre de quelques centimètres d'épaisseur. L'air à l'intérieur de la serre est surchauffé et saturé de vapeur d'eau (douce) qui se condense au contact de la paroi en verre relativement froide. Les gouttes d'eau douce peuvent être recueillies en bas du vitrage dans une gouttière (voir figure I.2).

I.9.2.2 Distillateur solaire à double pente

C'est un distillateur à double capteurs où chacun d'eux est incliné d'un angle, son avantage est d'exposer un capteur au soleil et un autre à l'ombre pour accélérer la condensation.

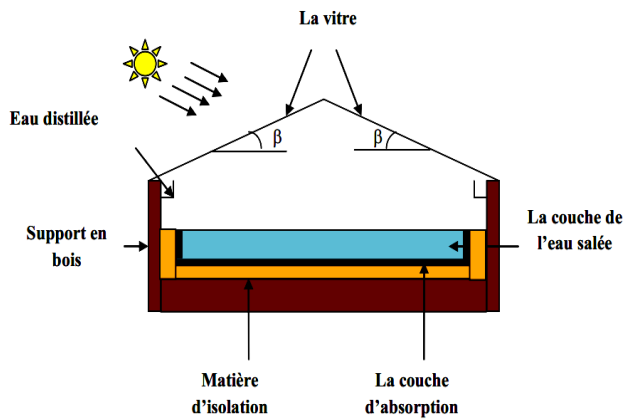


Figure I.4 : Distillateur solaire a double pente

I.9.3 Distillateur sphérique à balayage

C'est un distillateur en plexiglas (figure I.5), composé de trois parties principales; une demi-sphère supérieure qui transmet le rayonnement solaire d'une part et joue le rôle de surface de condensation d'autre part, une demi-sphère inférieure qui récupère le distillât et un bac horizontal en métal noir contenant l'eau à distillée qui se trouve dans le plan médian.

Un essuie-glace entraîné par moteur électrique, permet de maintenir la surface de condensation au rayonnement, et d'assurer un drainage rapide des gouttelettes. Le principe de fonctionnement est similaire à celui du distillateur plan. [7].

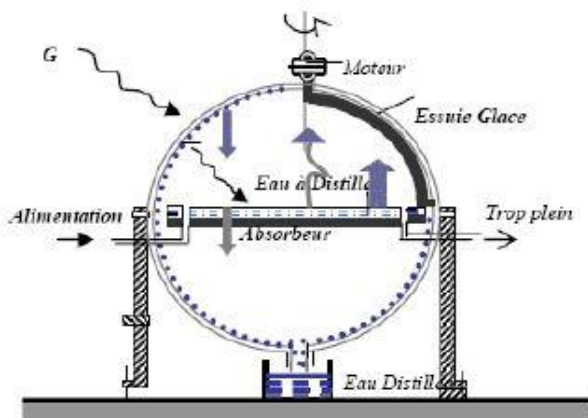


Figure. I.5 : Distillateur solaire sphérique à balayage

1.9.4 Distillateur solaire vertical

Le distillateur solaire vertical est composé [8] :

- D'un capteur solaire permettant la captation du rayonnement solaire.
- D'un compartiment d'évaporation.
- D'un compartiment de condensation.

La (figure I.6), présente le principe de fonctionnement du distillateur vertical. Le distillateur est alimenté par l'eau saumâtre à partir d'un réservoir (1), le distillateur est connecté au réservoir à l'aide d'un tube en cuivre (2), le débit d'eau l'entrée du distillateur est régulé à l'aide d'une vanne (3). La position du réservoir d'alimentation permet l'alimentation du distillateur par un débit constant.

Un distributeur d'eau (4), muni de perforations sur la longueur, permet la distribution de l'eau en film sur le tissu spongieux (5), l'eau ruisselle sur le tissu, et la saumure est évacuée en bas (6).

L'eau qui s'écoule derrière l'absorbeur (7), s'évapore dans le compartiment d'évaporation, le mélange d'eau et d'air à l'intérieur saturé en vapeur d'eau circule naturellement à travers les deux ouvertures (8) réalisées dans une cloison isolée vers le compartiment de condensation (9), et la vapeur se condense au contact de la plaque de condensation à l'arrière du distillateur. La collecte de l'eau se produit dans la gouttière (figure I.6) fabriquée en dessous de la plaque de condensation.

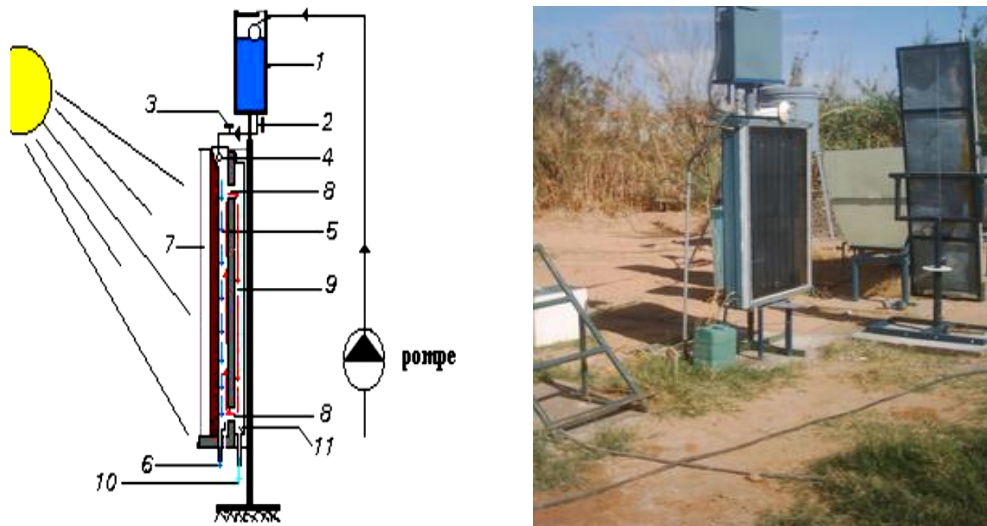


Figure I.6: distillateur solaire vertical [8].

I.10 Paramètres influant sur le fonctionnement du distillateur

Le choix d'un distillateur solaire dépend de grandeurs appelées «caractéristiques de fonctionnement» (le débit de distillat, les efficacités globale et interne) qui sont généralement influencées par les paramètres de fonctionnement. On peut classer ces derniers en deux catégories, les paramètres externes et les paramètres internes [9].

I.10.1 Paramètres externes

Ce sont les paramètres qui influent sur le bon fonctionnement et le rendement du distillateur, ces paramètres sont généralement liés au site.

I.10.1.1 Paramètres météorologiques

- a) Intensité du Rayonnement Solaire :
- b) La température ambiante de l'air et la vitesse du vent :

Aux températures de saumure élevées, augmenter la différence de température entre la saumure et la vitre en augmentant la vitesse de vent, en baissant la température

ambiante. Par contre, aux températures faibles de la saumure, et en augmentant la vitesse du vent revient à faire chuter le taux d'évaporation.

c) L'intermittence des nuages :

La quantité d'énergie solaire reçue par une surface dépend des paramètres A, et B qui dépendent de la nature de ciel.

Cela revient à dire que le passage des nuages diminue l'absorptance effective moyenne.

I.10.1.2 Paramètres Géographiques

Les paramètres géographiques tels que la longitude, la latitude et la hauteur de soleil, sont à prendre en considération dans cette étude.

I.10.2 Paramètres Internes

I.10.2.1 Paramètres de construction

➤ Couverture

La couverture verrière intervient essentiellement par sa nature qui peut être en verre ou en plastique. Elle a deux rôles à jouer : d'une part c'est un filtre sélectif de rayonnement solaire (le rayonnement émis ou ré-émis par l'intérieur du bassin à température basse qui ne la traverse pas) et d'autre part, c'est une surface de condensation de la vapeur d'eau : une bonne mouillabilité est nécessaire pour éviter la condensation en gouttelettes qui ont tendance à retomber dans le bassin et qui réfléchissent une partie importante du rayonnement incident. Pour assurer le ruissellement de l'eau condensée vers la gouttière (collecteur).

➤ L'inclinaison

Son inclinaison par rapport à l'horizontale, pour déterminer la quantité d'énergie solaire introduite dans le distillateur et pour minimiser la distance entre la saumure et la vitre, l'angle d'inclinaison doit faire l'objet d'un choix judicieux. L'inclinaison influe aussi sur les équations des bilans énergétiques des différents constituants du distillateur. Elle dépend du fonctionnement du distillateur durant l'année.

- Fonctionnement estival $\beta = \Phi - 10^\circ$
- Fonctionnement hivernal $\beta = \Phi + 20^\circ$
- Fonctionnement annuel $\beta = \Phi + 10^\circ$

➤ La surface absorbante

Les études faites dans ce domaine montrent que la surface absorbante peut être construite de plusieurs matériaux (bois, métal, béton, matière synthétique ou en verre ordinaire). Le choix de la matière de la surface absorbante ou du bac noir dépend de son inertie thermique, de la résistance à l'oxydation par l'eau et des dépôts minéraux.

On choisit généralement l'aluminium et le cuivre recouvert d'une mince couche de peinture noire mate, pour augmenter son pouvoir d'absorption et réduire les pertes thermiques par réflexion et diffusion. La performance du distillateur augmente quand la distance entre la saumure et la vitre diminue. L'influence de l'inclinaison sur la performance diminue quand la distance entre la saumure et la vitre diminue.

I.10.2.2 Paramètre de fonctionnement

Ces paramètres sont les différentes températures du système et du fluide, en particulier la température de l'eau à distiller.

I.11 Etat de l'art

Cherrared [17] ont présenté un travail proposé est purement expérimental et entre dans le cadre de l'amélioration de la rentabilité d'un distillateur solaire à effet de serre type hot-box. Il s'agit d'une comparaison entre deux systèmes : distillateur seul, distillateur + chauffe-eau solaire. Au cours de cette période d'expérimentation, différents paramètres ont fait l'objet d'une campagne de mesures, principalement: flux solaire, températures des différentes parties de l'installation (vitrage interne, saumure, l'air interne, eau d'alimentation, etc.) et la production journalière. Les résultats obtenus nous ont permis de voir l'influence de la température de l'eau d'alimentation sur la production journalière et de conclure sur l'efficacité de l'initiative entreprise.

Deliou et al. [18] ont considéré dans le but d'améliorer le rendement d'un distillateur à effet de serre, nous avons étudié expérimentalement l'effet des paramètres de conception et d'ensoleillement, sur l'évolution de la production et sur l'efficacité interne et globale d'un distillateur solaire de type chapelle réalisé au niveau du laboratoire. L'application de la méthode du bilan énergétique global nous a permis de calculer l'efficacité optique et le facteur global des pertes thermiques. Notre distillateur fonctionne sous les conditions climatiques de la ville de Bou-Ismaïl (située à 36,39' de latitude, 2,42' de longitude et à environ 5 m d'altitude). Cet

équipement a été testé pendant les mois de mai, juin et juillet 2007. La production journalière enregistrée en eau distillée varie de 4.80 à 6.55 litres sous un rayonnement journalier reçu sur le plan et variant dans une marge de 481.741 à 900.81 W/m² sous une température ambiante qui varie de 20.6 à 32.5 °C, une température de la saumure comprise entre 40.7 et 76.0 °C, l'efficacité interne moyenne est de 32.60 % avec une efficacité globale variant de 5.84 à 56.45 %. De plus la qualité d'eau est traduite par sa conductivité électrique qui est de l'ordre de 6 µs/cm (la norme donne < à 80 µs/cm) à partir d'une eau d'alimentation (2200 µs/cm), d'où une performance de distillation de l'ordre de 99,37 %.

Medugu et Ndatuwong [19] ont essayé de résoudre le problème majeur du manque d'eau potable sûre et non fiable dans les pays en développement. Pour résoudre ce problème, un alambic solaire a été conçu et testé à Mubi, dans l'État d'Adamawa au Nigeria. Le rayonnement du soleil évapore l'eau à l'intérieur de l'alambic solaire à une température supérieure à la température ambiante. Le principe de fonctionnement est l'effet de serre fourni avec la couverture de verre. Les bilans énergétiques sont réalisés pour chaque élément de l'alambic; l'heure solaire, la direction du faisceau de rayonnement, le rayonnement du ciel clair, les propriétés optiques de la couverture, la convection à l'extérieur de l'alambic, la convection et l'évaporation à l'intérieur sont pris en compte.

L'analyse théorique des mécanismes de transfert de chaleur et de masse à l'intérieur de cet alambic solaire a été développée. Les performances mesurées ont ensuite été comparées aux résultats obtenus par analyse théorique. Les résultats montrent clairement que le rendement instantané augmente avec l'augmentation du rayonnement solaire et avec l'augmentation de la température de l'eau d'alimentation. L'efficacité de distillation de l'alambic est de 99,64% par rapport à l'analyse théorique.

Patel et al. [20] étaient concernés par la disponibilité de l'eau potable est la condition première pour tous. Beaucoup de sources d'eau sont disponibles sur la terre, mais très peu d'entre eux peuvent être utilisés à des fins d'eau potable. Les différentes méthodes sont développées par les chercheurs pour distiller l'eau saumâtre et l'eau de mer. L'effort a été fait pour examiner toute la technologie existante pour la distillation d'eau avec leur potentiel dans cet article. Il ressort de l'étude critique de la littérature que la technologie hybride doit être développée pour la distillation de l'eau qui soit acceptable et convaincue pour la société.

Shukla [21] a présenté l'analyse d'un système de distillation solaire avec système de stockage de matériau à changement de phase. Il y a toujours une pénurie d'eau potable propre

et pure dans de nombreux pays en développement. L'eau provenant de diverses sources est souvent saumâtre (c'est-à-dire contient des sels dissous) et / ou contient des bactéries nocives et, par conséquent, ne peut pas être utilisée à des fins de consommation. En outre, il existe de nombreuses zones côtières où l'eau de mer est abondante mais l'eau potable n'est pas disponible en quantité suffisante. Outre l'eau potable, l'eau pure est aussi utile à des fins sanitaires et industrielles comme les hôpitaux, les écoles et les batteries. De nombreuses régions de l'Inde, en particulier les zones rurales, les zones côtières et de nombreuses zones urbaines. L'eau potable suffisante, au niveau de pureté accepté, n'est tout simplement pas disponible.

Notre objectif constitue l'établissement de quelques expériences visant à mesurer la production en eau distillée d'un distillateur solaire installé dans la région saharienne de sud-est de l'Algérie exactement à la région d'El-Oued, puis exploitation des résultats expérimentaux pour effectuer des prédictions en utilisant la méthode des réseaux des neurones artificiels, pour contribuer aux future développement de la technique et ses applications.

En conclusion, nous avons vu dans ce chapitre les différents types de distillateurs solaires, leurs principes de fonctionnement et les paramètres influents sur un distillateur solaire.

Nous avons choisi un seul type de distillateur solaire à effet de serre pour qu'il soit l'objet de notre étude dans les chapitres qui suivent. Nous avons choisi le distillateur solaire à pente unique (ou à simple pente). Enfin, nous classons les paramètres qui affectent l'opération de distillation à partir des paramètres internes et externes.

Chapitre II : Réseaux de neurones artificiels et modèle mathématique

RESEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS ET MODELE MATHEMATIQUE

II.1 Introduction

L'évolution technologique durant les dernières années a permis aux scientifiques d'élaborer et de perfectionner des méthodes pour différents domaines. L'évolution des ordinateurs en particulier et la capacité d'intégration de composants formidable atteintes à nos jours ont permis une grande vitesse de calcul et une grande capacité mémoire. Parmi ces méthodes, il existe une méthode qui est utilisée dans plusieurs domaines de recherches et de différentes manières, ainsi elle peut être utilisée d'une manière complètement Soft en utilisant uniquement l'ordinateur ou d'une manière Hard en utilisant les circuits intégrés. Cette méthode est celle des réseaux de neurones artificiels (RNA).

Un réseau de neurones inspiré du système visuel. Il possède deux couches de neurones :

- une couche de perception.
- une couche liée à la prise de décision.

II.2 Domaines d'application

Les réseaux de neurones artificiels sont des outils puissants capables d'être utilisés dans près que tous les domaines technologiques, et on peut citer : Le traitement du signal, vision, parole, prévision, modélisation, aide à la décision, robotique, évaluation des écosystèmes, identification des bactéries, commande des processus, modélisation des systèmes physiques, reconnaissance des formes, mesure, instrumentation.

II.3 Le neurone biologique

Les cellules nerveuses appelées " neurones ", sont les éléments de base du système nerveux central. Elles sont constituées de trois parties essentielles : le corps cellulaire, les dendrites et l'axone figure (II.1). [5]

II 3.1 Le corps cellulaire

Il contient le noyau du neurone et effectue les transformations biochimiques nécessaires à la synthèse des enzymes et des autres molécules qui assurent la vie de neurone. Sa forme est pyramidale ou sphérique dans la plupart des cas, elle dépend souvent de sa position dans le cerveau. Ce corps cellulaire fait quelques microns de diamètre.

II.3.2 Les dendrites

Chaque neurone possède une chevelure de dendrites. Celles-ci sont de fines extensions tubulaires, de quelques dixièmes de microns de diamètre et d'une longueur de quelques dizaines de microns. Elles sont les récepteurs principaux du neurone qui servent à capter les signaux qui lui parviennent.

I.3.3 L'axone

L'axone, qui est à proprement parler la fibre nerveuse, sert de moyen de transport pour les signaux émis par le neurone. Il se distingue des dendrites par sa forme et par les propriétés de sa membrane externe. En effet, il est généralement plus long que les dendrites, et se ramifie à son extrémité, là où il communique avec les autres neurones, alors que les ramifications des dendrites se produisent plutôt près du corps cellulaire.

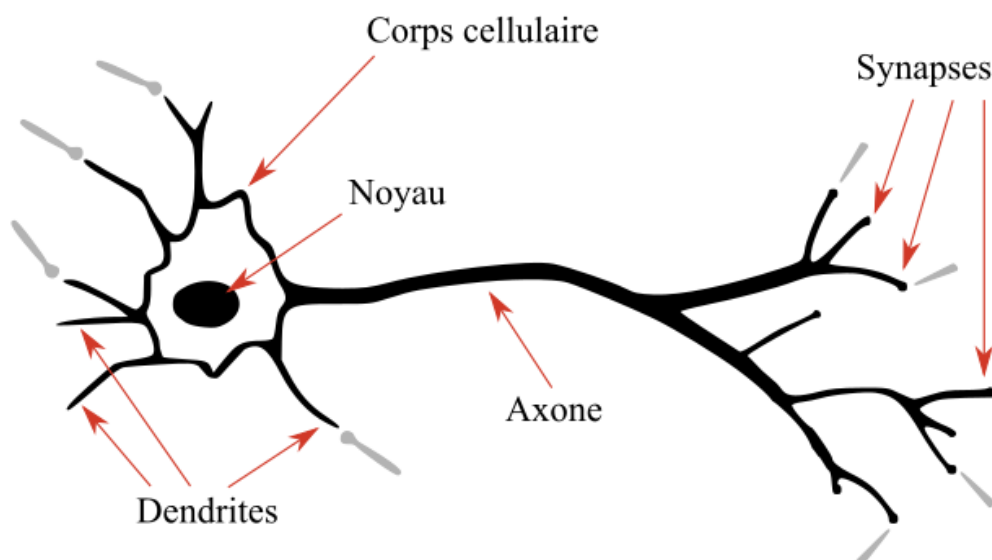


Figure II.1 Le neurone biologique

II.4 Présentation du réseau de neurones

Un RNA (Réseau de Neurones Artificiels) est un ensemble de neurones formels (d'unités de calcul simples, de noeuds processeurs) associés en couches (ou sous-groupes) et fonctionnant en parallèle.

Dans un réseau, chaque sous-groupe fait un traitement indépendant des autres et transmet le résultat de son analyse au sous-groupe suivant. L'information donnée au réseau va donc se propager couche par couche, de la couche d'entrée à la couche de sortie, en passant soit

par aucune, une ou plusieurs couches intermédiaires (dites couches cachées). Il est à noter qu'en fonction de l'algorithme d'apprentissage, il est aussi possible d'avoir une propagation de l'information à reculons ("back propagation"). Habituellement (excepté pour les couches d'entrée et de sortie), chaque neurone dans une couche est connecté à tous les neurones de la couche précédente et de la couche suivante.

Les RNA ont la capacité de stocker de la connaissance empirique et de la rendre disponible à l'usage. Les habiletés de traitement (et donc la connaissance) du réseau vont être stockées dans les poids synaptiques, obtenus par des processus d'adaptation ou d'apprentissage. En ce sens, les RNA ressemblent donc au cerveau car non seulement, la connaissance est acquise au travers d'un apprentissage mais de plus, cette connaissance est stockée dans les connexions entre les entités, soit dans les poids synaptiques [10,11].

II.5 Le neurone formel

II.5.1 Définition

Le neurone formel est le modèle mathématique du neurone biologique. Il fait la somme pondérée de ses entrées, suivie d'un non linéarité (élément de décision pour les classifieurs) appelée fonction d'activation ou fonction de seuil.

Les entrées d'un neurone sont soit des entrées externes, soit des sorties d'autres neurones [6].

Le schéma d'un neurone formel est donné par la (figure II.2).

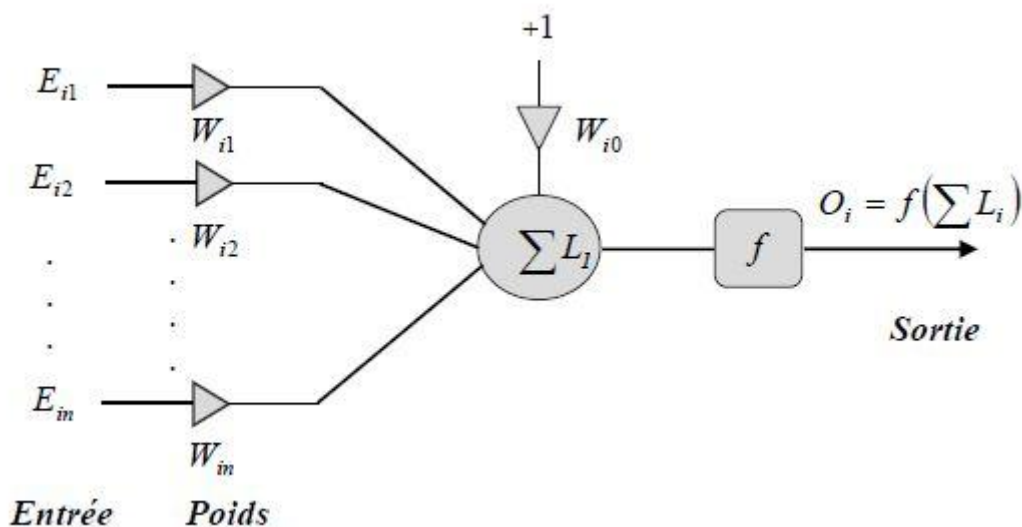


Figure II.2 Schéma d'un neurone forme

II.5.2 Principe de fonctionnement

L'équation de sortie o_i du neurone i est donnée par :

$$o_i = f(L_i) \quad (\text{II.1})$$

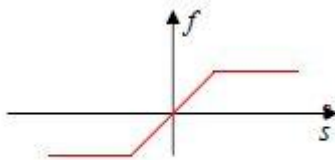
Ou:

$$L_i = \sum W_u^k E_u - W_{10}^k \quad (\text{II.2})$$

Les coefficients de pondération W_{ij} sont appelés coefficients synaptiques. Souvent, il y a un paramètre additionnel W_{i0} , ce terme est considéré comme la valeur du seuil interne du neurone. [6].

II.5.3 Fonction d'activation

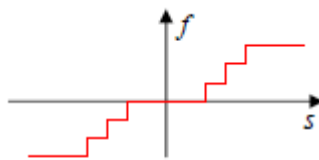
C'est une fonction présentée généralement par une non linéarité appelée aussi fonction de seuil. Elle permet de définir l'état interne du neurone en fonction de son entrée totale. Les fonctions les plus souvent utilisées sont représentées par la (figure I.3) [11,12].



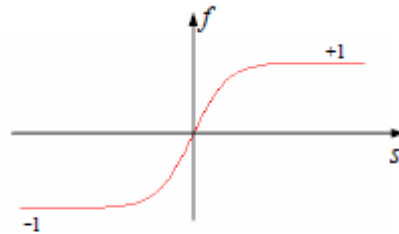
(a) Fonction linéaire avec seuil



(b) Fonction sigmoïde $f(s) = \frac{1}{1 + e^{-s}}$



(c) Fonction à seuils multiples



(d) Fonction sigmoïde $f(s) = \frac{1 - e^{-s}}{1 + e^{-s}}$

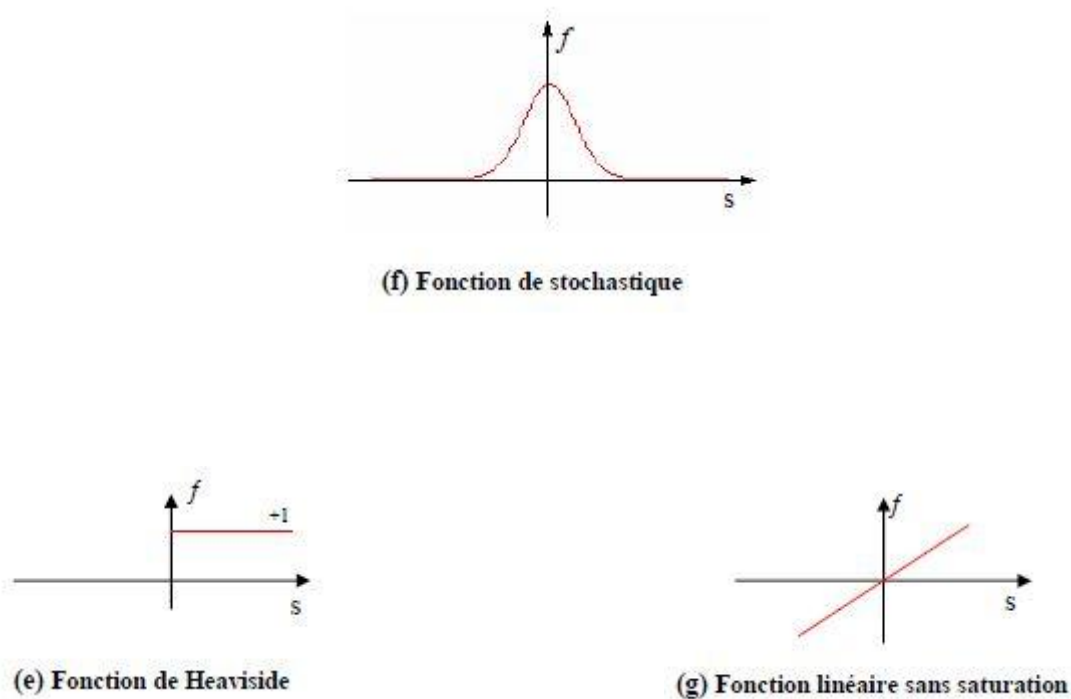


Figure II.3 Les différentes formes de la fonction d'activation

Toutes les fonctions d'activation utilisées doivent être différentiables, car l'architecture du réseau de neurones l'impose pour que l'apprentissage soit possible.

II.6 Propriétés des réseaux de neurones

L'intérêt porté aujourd'hui aux réseaux de neurones tient sa justification dans quelques propriétés intéressantes qu'ils possèdent et qui devraient permettre de dépasser les limitations de l'informatique traditionnelle, tant au niveau programmation qu'au niveau machine [11].

II.6.1 Le parallélisme

Cette notion se situe à la base de l'architecture des réseaux de neurones considérés comme ensemble d'entités élémentaires travaillant simultanément. Avec l'étude du fonctionnement des réseaux de neurones, on pourrait aboutir à des nouvelles techniques de formalisation de problème qui permettraient de les traiter en parallèle [6].

II.6.2 La capacité d'adaptation

Celle-ci se manifeste par la capacité d'apprentissage qui permet de tenir compte des nouvelles contraintes ou des nouvelles données du monde extérieur. Certains réseaux se

caractérisent aussi par leur capacité d'auto organisation qui assure leur stabilité en tant que systèmes dynamiques capables de tenir compte des situations non encore connues [6].

II.6.3 La mémoire distribuée

Dans les réseaux de neurones, la mémoire correspond à une carte d'activation de neurones. Cette carte est en quelque sorte un codage du fait mémorisé ce qui attribue à ces réseaux l'avantage de résister aux bruits (pannes) car la perte d'un élément ne correspond pas à la perte d'un fait mémorisé [6].

II.6.4 La capacité de généralisation

Cette capacité est important surtout dans le cas où la constitution de recueils d'expertise pour un système expert devient difficile (reconnaissance intuitive ou implicite). Les réseaux neuronaux peuvent apprendre à retrouver des règles à partir des exemples [6].

II.7 Présentation du modèle

Le Perceptron Multicouches (PMC) est un réseau de neurones non bouclé caractérisé par une structure bien particulière : ses neurones sont organisés en couches successives où les informations circulent dans un seul sens, de la couche d'entrée vers la couche de sortie. Les neurones d'une même couche ne sont pas interconnectés. Un neurone ne peut envoyer son résultat qu'à un neurone situé dans une couche postérieure à la sienne.

Le PMC est composée de plusieurs couches, qui s'appellent, par convention la Couche d'entrée, la couche cachée et la couche de sortie [10-6].

II.7.1 Couche d'entrée

Cette couche représente toujours une couche virtuelle associée aux entrées du système, composée des cellules d'entrée qui correspondent aux k variables d'entrée. Ces neurones ont une fonction d'activation dite 'identité', laissant passer l'information sans la modifier.

II.7.2 Couches cachées

Chaque couche est composée d'un ou plusieurs neurones, dont la fonction d'activation est de la famille des sigmoïdes. Ces neurones n'ont aucun lien avec l'extérieur et sont appelés neurones cachés.

II.7.3 Couche de sortie

Elle constitue l'interface du réseau avec l'extérieur. Les neurones de cette couche ont une fonction d'activation linéaire ou non, suivant la nature du problème à résoudre. Ses sorties correspondent aux sorties du système. Les neurones sont reliés entre eux par des connexions pondérées ; ce sont les poids de ces connexions qui gouvernent le fonctionnement du réseau et programment une application de l'espace des entrées vers l'espace des sorties, à l'aide d'une transformation non linéaire.

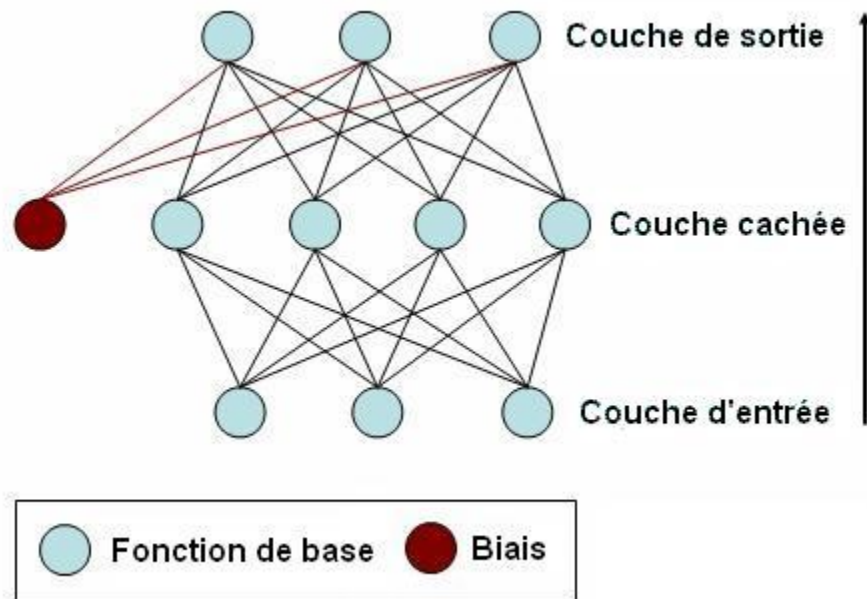


Figure II.4 Structure générale de PMC

II.8 Apprentissage

Une fois l'architecture choisie, elle doit subir une phase d'apprentissage. Cette dernière consiste à calculer les coefficients synaptiques de telle manière que les sorties du réseau de neurones soient, pour les exemples utilisés lors de l'apprentissage, aussi proches que possibles des sorties " désirées ". Celles-ci correspondent à la valeur de la fonction que l'on veut approcher ou à la sortie du processus que l'on veut modéliser. L'apprentissage correspond donc à la phase du développement du réseau durant laquelle les coefficients synaptiques sont modifiés jusqu'à l'obtention du comportement désiré.

II.8.1 Type d'apprentissage

Il existe de nombreux types de règles d'apprentissage qui peuvent être regroupées en trois catégories : les règles d'apprentissage supervisé, non supervisé et renforcé. Mais l'objectif fondamental de l'apprentissage reste le même : soit la classification, l'approximation de fonction ou encore la prévision.

II.8.1.1 Apprentissage supervisé

Un apprentissage est dit supervisé lorsque l'on force le réseau à converger vers un état final précis, en même temps qu'on lui présente un motif. Ce genre d'apprentissage, constitué de plusieurs exemples de types entrés- sorties.

La procédure usuelle dans le cadre de la prévision est l'apprentissage supervisé (ou à partir d'exemples) qui consiste à associer une réponse spécifique désirée à chaque signal d'entrée. La modification des poids s'effectue progressivement jusqu'à ce que l'erreur (ou l'écart) entre les sorties du réseau (ou résultats calculés) et les résultats désirés soit minimisée.

Cet apprentissage n'est possible que si un large jeu de données est disponible et les solutions soient connues pour les exemples de la base d'apprentissage.

II.8.1.2 Apprentissage renforcé

L'apprentissage renforcé est une technique similaire à l'apprentissage supervisé à la différence qu'au lieu de fournir des résultats désirés au réseau, on lui accorde plutôt un grade qui est une mesure du degré de performance du réseau après quelques itérations.

Les algorithmes utilisant la procédure d'apprentissage renforcé sont surtout utilisés dans le domaine des systèmes de contrôles.

II.8.1.3 Apprentissage non supervisé

L'apprentissage non supervisé consiste à ajuster les poids à partir d'un seul ensemble d'apprentissage formé uniquement de données. Aucun résultat désiré n'est fourni au réseau.

Dans ce cas l'apprentissage consiste à détecter les similarités et les différences dans l'ensemble d'apprentissage. Les poids et les sorties du réseau convergent, en théorie, vers les représentations qui capturent les régularités statistiques des données. Ce type d'apprentissage

est également dit compétitif et /ou comparatif. L'avantage de ce type d'apprentissage réside dans sa grande capacité d'adaptation reconnue comme une auto-organisation.

Dans notre étude, comme nous disposons des valeurs de sortie, nous avons choisi l'apprentissage supervisé, mettant en jeu un algorithme d'optimisation. Ce dernier cherche à minimiser, par des méthodes d'optimisation non linéaire, une fonction de coût qui constitue une mesure de l'écart entre les réponses réelles du réseau et ses réponses désirées.

Cette optimisation se fait de manière itérative, en modifiant les poids en fonction du gradient de la fonction de coût : le gradient est estimé par une méthode spécifique, dite la règle du gradient de l'erreur (delta rule).

C'est une des règles les plus utilisées pour l'apprentissage supervisé de réseaux de neurones. Initialement développée pour résoudre des problèmes de traitements adaptatifs du signal, elle a conduit ensuite à un algorithme connu sous le nom de l'algorithme de rétro propagation du gradient de l'erreur ou encore "Back-propagation".

II.9 Avantages des réseaux de neurones

Les avantages des réseaux de neurones sont facilement justifiés sur la base de considérations pratiques :

- La capacité de modéliser des problèmes complexes.
- Une plus grande liberté et flexibilité que les approches conventionnelles.
- La capacité d'extraire l'information nécessaire à partir d'un nombre fini d'exemples.
- La capacité d'apprendre avec des données qui contiennent des bruits.
- La structure parallèle des réseaux permet de réduire énormément le temps de calcul.

II.10. Etude théorique d'un distillateur plan

II.10.1 Modélisation mathématique

La théorie d'un distillateur solaire simple en forme de serre (Figure II.5), illustre les différents échanges de chaleur qui se produisent dans un distillateur solaire. Elle est fondée sur quatre bilans. En régime transitoire, les équations régissant le bilan thermique au niveau de chaque partie du distillateur, s'écrivent comme suit [12].

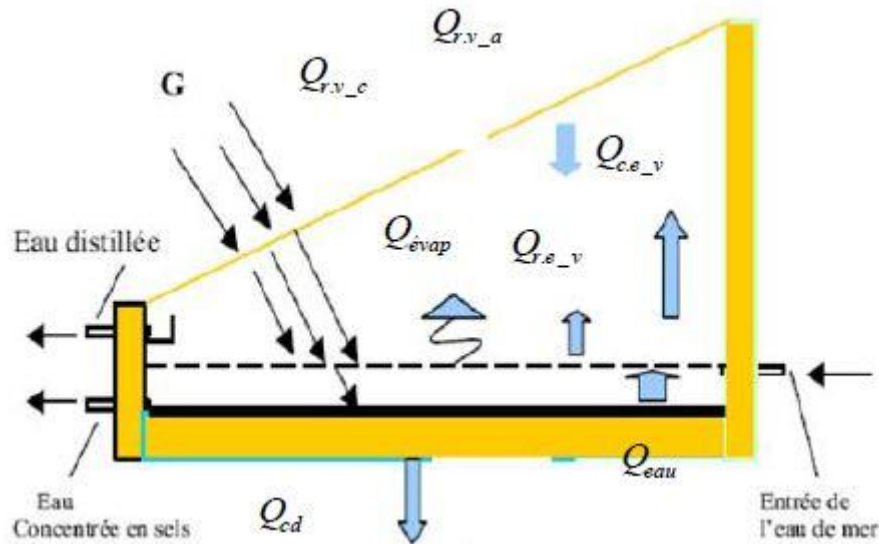


Figure II.5 Bilan énergétique d'un distillateur solaire

Avant d'écrire le bilan thermique, on doit tenir des hypothèses simplificatrices suivantes :

- La température de chaque composant est uniforme.
- La couverture est propre.
- La saumure est statique sur le bassin.
- Les propriétés physiques des matériaux sont considérées constantes
- Le bassin est étanche

II.10.1.1 Bilan du vitrage

La quantité de chaleur reçue par la vitre est évacuée par conductivité à travers Celle-ci, soit:

- **A la face extérieure**

$$\frac{M_v C_{p_v} dT_{ve}}{2 \times A_v dt} = \left(\frac{\lambda_v}{\delta_v} \right) (T_{vi} - T_{ve}) - Q_{r.v.e.ciel} - Q_{c.v.a} + \frac{P_v}{2} \quad (\text{II.3})$$

- **A la face intérieure**

$$\frac{M_v C_{p_v} dT_{vi}}{2 \times A_v dt} = - \frac{\lambda_v}{\delta_v} (T_{vi} - T_{ve}) + Q_{r.e.vi} + Q_{c.e.vi} + Q_{evap} + \frac{P_v}{2} \quad (\text{II.4})$$

$Q_{r.e.vi}$: Flux thermique par rayonnement entre le film d'eau et le vitrage.

$Q_{c.e.vi}$: Flux thermique par convection entre le film d'eau et le vitrage.

Q_{evap} : Flux thermique par évaporation-condensation entre le film d'eau et le vitrage.

$Q_{r.v.e_ciel}$: Flux thermique perdu par la vitre par rayonnement vers l'extérieur.

$Q_{c.v.a}$: Flux thermique perdu par convection par la vitre vers l'extérieur.

λ_v : Conductivité thermique de la vitre.

δ_v : Épaisseur de la vitre.

II.10.1.2 Bilan de l'eau (saumure)

$$\frac{M_e C_{pe}}{A_e} \frac{dT_e}{dt} = Q_{c.b_e} - Q_{c.e_v} - Q_{\text{evap}} - Q_{r.e_{vi}} + P_e \quad (\text{II.5})$$

$Q_{c.b_e}$: Flux thermique par convection entre le fond du bac et le film d'eau.

II.10.1.3 Bilan du bassin inférieur

$$\frac{M_b C_{pb}}{A_b} \frac{dT_b}{dt} = P_b - Q_{c.b_e} - Q_{c.d:b_isol} \quad (\text{II.6})$$

$Q_{c.b_e}$: Flux thermique perdu par conduction du bac.

II.10.1.4 Bilan de l'isolant

Pour réduire les pertes de chaleur à travers la base, nous utilisons un isolant thermique. Le côté intérieur du distillateur reçoit la chaleur perdue de l'absorbeur et le côté extérieur cède de la chaleur vers l'extérieur par rayonnement et par convection, d'où l'équation:

- **Au niveau de la face intérieure**

$$\frac{M_i C_{pi}}{2 \times A_i} \frac{dT_{\text{iso},i}}{dt} = Q_{cd:b_iso} - \frac{\lambda_i}{\delta_i} (T_{\text{iso},i} - T_{\text{iso},e}) \quad (\text{II.7})$$

Q_{cond,b_i} : Flux thermique par conduction entre le bac et l'isolant thermique.

- **Au niveau de la face extérieure**

$$\frac{M_i C_{pi}}{2 \times A_i} \frac{dT_{\text{iso},e}}{dt} = \frac{\lambda_i}{\delta_i} (T_{\text{iso},i} - T_{\text{iso},e}) - Q_{r.\text{iso}-\text{soll}} - Q_{c.\text{iso}-a} \quad (\text{II.8})$$

II.10.1.5 Le Débit du condensât

$$\frac{dM_c}{dt} = h_{\text{evap}} \frac{(T_e - T_v)}{L_v} \quad (\text{II.9})$$

M_c : Masse du condensât.

L_v : Chaleur latente de vaporisation.

T_e : Température de l'eau.

T_v : Température de la vitre.

II.10.2 Coefficients d'échanges thermiques

- **Par rayonnement eau-vitre**

$$Q_{r.e.v} = h_{r.e.v}(T_e - T_{v.i}) \quad (\text{II.10})$$

$Q_{r.e.v}$: Coefficient de transfert de chaleur par rayonnement entre le film d'eau et la vitre.

$$h_{r.e.v} = \varepsilon_{\text{eff}} \times \sigma \times (T_e^2 + T_{v.i}^2) \times (T_e + T_{v.i}) \quad (\text{II.11})$$

ε_{eff} : Émissivité effectif.

σ : Constante de **STEFFAN-BOLTZMAN**.

$$\varepsilon_{\text{eff}} = \left[\frac{1}{\varepsilon_e} + \frac{1}{\varepsilon_v} - 1 \right]^{-1} \quad (\text{II.12})$$

ε_e : Émissivité de l'eau.

ε_v : Émissivité de la vitre.

- **Par convection eau-vitre**

$$Q_{c.e.v} = h_{c.e.v} (T_e - T_v) \quad (\text{II.13})$$

$$h_{c.e.v} = 0.884 \left[T_e - T_{v.i} + \frac{(P_e - P_v)(T_{v.i} + 273.15)}{268.9 \cdot 10^3 - P_e} \right]^{1/3} \quad (\text{II.14})$$

$h_{c.e.v}$: Coefficient de transfert de chaleur par convection entre le film d'eau et le vitrage [14].

- **Par évaporation**

$$Q_{\text{evap}} = h_{\text{evap}}(T_e - T_{v.i}) \quad (\text{II.15})$$

h_{evap} : Coefficient de transfert de chaleur par évaporation-condensation entre le film d'eau et le vitrage [15].

$$h_{\text{evap}} = 16.273 \cdot 10^3 h_{c.e.v} \frac{(p_e - p_{v.i})}{(T_e - T_{v.i})} \quad (\text{II.16})$$

La pression de la vapeur d'eau est estimée par la relation suivante :

$$p = 133.32 \exp \left(18.6686 - \frac{4030.1824}{T+273.15} \right) \quad (\text{II.17})$$

D'autre part **KAMAL** [22] propose un polynôme du troisième degré en fonction de la Temperature:

$$p = 0.148 \times T - 0.3652 \times 10^{-2} \times T^2 + 0.11242 \times 10^{-3} \times T^3 \quad (\text{II.18})$$

II.11 Caractéristiques de fonctionnement du distillateur

Plusieurs grandeurs sont définies afin de caractériser la production d'eau de tels distillateurs. On distingue constamment [13]: le rendement, l'efficacité interne et globale et la performance.

II.11.1 Le rendement

C'est la quantité d'eau produite par unité de surface de plan noir et par jour. L'inconvénient majeur de ce critère est qu'il ne fait pas mention de l'énergie solaire qui arrive sur le distillateur.

Le rendement d'un distillateur simple est [13] :

$$\eta = \frac{\dot{m}_d \cdot h_{\text{evap}}}{G} \quad (\text{II.19})$$

h_{evap} : Enthalpie d'évaporation.

\dot{m}_d : Débit de masse distillat.

G : Puissance de rayonnement solaire incident par unité de surface.

II.11.2 L'efficacité

II.11.2.1 L'efficacité globale

L'efficacité globale est définie le rapport :

$$\eta_g = \frac{Q_{\text{evap}}}{G \cdot A} = \frac{\dot{m}_d \cdot L_v}{G \cdot A} \quad (\text{II.20})$$

Q_{evap} : Flux thermique par évaporation –condensation entre le film d'eau et le vitrage

A : Surface.

L_v : Chaleur latente.

II.11.2.2 L'efficacité interne

Si l'efficacité globale rapporte la quantité d'eau produite à l'énergie solaire tombant sur une surface horizontale, elle ne fait pas mention de la quantité d'énergie entrant réellement dans le distillateur, d'autant plus qu'un distillateur est construit en général pour un lieu donné et avec une pente de couverture fixe. Un changement de pente et de la localité fait varier la quantité d'énergie qui entre dans le distillateur. On définit donc une efficacité dite interne qui tient compte de tous ces paramètres et qui est définie par:

$$\eta_i = \frac{Q_{evap}}{Q_{eau}} \quad (II.21)$$

Pour une intensité globale G l'expression de Q_{eau} est :

$$Q_{eau} = (\tau_v a_e + \tau_v \cdot \tau_e \cdot a_b) \cdot G \cdot A \quad (II.22)$$

$$Q_{eau} = a_i \cdot G \cdot A \quad (II.23)$$

Avec :

$$a_i = \tau_v \cdot a_e + \tau_v \cdot \tau_e \cdot a_b \quad (II.24)$$

II.11.3 La performance

Le souci de caractériser un distillateur d'une manière plus absolue a amené ainsi **SATCUNATHAN** et **HANSEN** [16] à définir le facteur de performance brut (FPB) et le facteur de performance horaire (FPH) :

$$FPB = \frac{\text{Quantité d'énergie entrée au bout de 24h}}{\text{Quantité d'eau produite au bout de 24h}}$$

$$FBH = \frac{\text{Quantité d'énergie entrée au bout d'une heure}}{\text{Quantité d'eau produite au bout dd'uneheure}}$$

A un instant donné de la journée le facteur de performance F.P est donné par la relation

$$FP = \frac{\dot{m}}{a_t \cdot G \cdot A} \quad (II.25)$$

II.12 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé les définitions essentielles relatives aux réseaux de neurones. Nous avons notamment distingué entre les réseaux de neurones bouclés et non bouclés. Nous avons aussi mis l'accent sur un type de réseau de neurones qui est le perceptron multicouches (PMC), l'utilisation des réseaux de neurones comme outils de modélisation par apprentissage. Ces derniers permettent d'ajuster des fonctions non linéaires très générales à des ensembles de points.

Puis nous avons présentés les différentes équations constituant le modèle mathématique de ce sujet d'étude afin de clarifier et de mettre en évidence la physique sous-jacentes de ce domaine d'étude crucial, et ses applications dans la réalité en définissant plusieurs paramètres de performance.

Chapitre III : matériels et expériences

MATERIELS ET EXPERIENCES

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, un dispositif de distillation composé de (verre, bois et tuyau PVC....) sera installé ainsi que des instruments qui aideront à mesurer la production d'eau distillée (pyranometer, Arduino, capteur thermique.....).


III.2 Réalisation et conception d'un distillateur solaire plan







Les distillateurs utilisés dans nos expériences ont une conception très simple. Il s'agit d'un distillateur solaire à effet de serre et à simple pente (pente unique), qui présentent l'avantage d'être facile à construire et surtout à maintenir. Ils ont les mêmes dimensions, l'un reste comme distillateur conventionnel (témoin) et les autres font l'objet d'étude.






III.3 Matériels nécessaires

Ces composants ont été choisis de façon constructive (dimensions proportionnelles à la taille de futur système) et selon la disponibilité sur le marché de la région d'El oued, sud-est d'Algérie. Ces composants sont résumés dans le tableau III.1 qui donne le nombre des éléments, la quantité et le dimensionnement des parties du distillateur solaire à construire. Des photos en couleurs sont également présentes dans ce tableau pour faciliter la procédure de construction.

Tableau III.1. Matériels de construction du distillateur solaire plan

Nom	Quantité	Dimension	Photo
Coffre en bois et Planchettes de bois	05	L= 50 cm H1= 14 cm H2= 06 cm 50 cm x 50 cm	

Couvercle en verre	01	50 cm x 50 cm	
Tuyau PVC avec filtrage à l'extrémité	01	L = 60 cm Diam = 25 mm	
Coude 90° Avec deux tubes PVC (filtrage à l'extrémité)	01	Diam = 25mm Diam = 25mm L = 10 cm	
Tube de silicone	02		
Téflon	01	12mm×0,075mm×12m	
Colle de bois, Des clous, des vises et un marteau		Revêts 4mm×20m Vis 4mm×25mm	

Boite de Peinture	01	Une boîte noir (1kg) et avec une fourchette	
Entonnoir	01		
Bouteille de plastique (Réservoir de collection)	02	0.5 Litre	
Table de support	01		
Niveau à eau	01		

III.4 Les étapes de la réalisation


La réalisation d'un distillateur solaire à effet de serre n'est pas vraiment difficile car le matériel nécessaire à la construction est disponible dans les marchés algériens (voir tableau III.2). La partie délicate c'est la disposition, l'emplacement et l'ouverture du tube de collection car tout le système se base sur cette étape. Si l'une de ses trois étapes n'est pas bien faite ça risque de ne pas donner un bon fonctionnement de notre système. Pour cette raison nous assistons à bien expliquer ces étapes.


L'avantage de ce système, c'est toute quantité produite de distillât est instantanément transférée au revoir. L'autre avantage, que la quantité produite n'est pas exposée à l'évaporation car nous avons remarqué dans d'autres systèmes similaires, que l'eau distillée est collectée dans

le distillateur lui-même et il est exposé à la même radiation ce qui laisse à dire que le rendement du système n'est pas exact. L'angle d'inclinaison du vitrage est de 10° donc nous sommes dans l'intervalle idéal d'après les recherches de Edeoja en 2013. Cette recherche montre toute augmentation de l'inclinaison engendre une diminution de production de l'eau distillée. Elle montre aussi que toute augmentation du volume entre la couche d'eau Sallé et le vitrage influe négativement sur le rendement.

Dans notre construction, nous avons évité tous ses défauts pour avoir des résultats assez exacts et précis. L'étape de l'emplacement et l'ouverture du tube collecteur est délicate et elle nécessite beaucoup d'attention et de patience. Le tableau III.2 regroupe les étapes de construction avec des explications assez claires.

Tableau III.2. Les étapes de construction du distillateur solaire plan

Explication	Photos
<p style="text-align: center;">Coffre du distillateur</p> <p>Le coffre est conçu de 04 planchettes de 14 cm x 6 cm x 2.5 cm découpés en morceaux assemblés à l'aide d'une colle spéciale bois et fixés avec des vis. La 5ème planche de 50 cm x 50 cm est pour le fond du distillateur</p>	
<p style="text-align: center;">Peinture intérieure du distillateur</p> <p>Le distillateur doit être teinté par une peinture noire comme le montre la photo. De préférables deux couches pour l'homogénéité de la peinture noire sur la surface intérieure du distillateur.</p>	

<p>Trou d'alimentation de l'eau salée</p> <p>Un trou d'alimentation sera fait à l'une des planchettes latérale pour alimenter le distillateur avec des eaux salées en utilisant un entonnoir. Ce trou doit être fermé pendant le processus de la Distillation</p>	
<p>Le foyer du tube de collection</p> <p>Deux trous sont forés sur les deux planchettes latérales.</p> <p>Le tube de collection sera placé dans ses deux Foyers</p>	
<p>Ouverture du tube</p> <p>1/3 du haut du tube est coupé pour recueillir les gouttelettes d'eau du verre.</p> <p>Cette opération est très difficile et il faut être très précis car la flexibilité du tube ne vous donne pas une bonne maitrise de coupe.</p>	
<p>L'emplacement du tube</p> <p>Le tube de collection est placé dans les trous parallèlement à la planchette de face, minimisant au maximum l'espace qui se trouve entre la planchette et le tube. Une très légère inclinant du tube vers le côté de la sortie est favorable.</p>	

<p style="text-align: center;">Préparation du tube collecteur</p> <p>Bouché le bout du tube collecteur l'un des deux côtés avec de la colle et un bouchant de même nature.</p>	
<p style="text-align: center;">Le but du distillateur et le coude</p> <p>L'autre bout du tube collecteur sera lié à un coude de 90° permettant ainsi à l'eau distillée de s'écouler vers le réservoir.</p> <p>Un tube où tuyau sera collecté à l'autre sortie du coude pour faciliter l'écoulement entre le coude et le réservoir.</p>	
<p style="text-align: center;">L'emplacement du verre</p> <p>Placez le verre sur le distillateur et maintenez-le fermement (couverture).</p>	
<p style="text-align: center;">Finalement</p> <p>La forme finale de la distillation avec soin approprié pour éviter les problèmes lors de l'utilisation en utilisant le niveau d'eau.</p>	

Ce projet n'est pas vraiment cher et beaucoup d'entre vous peuvent le faire à la maison aussi. Utilisation de verre mince est le meilleur et est moins cher. Ce distillateur ne coûte rien à courir. Ajoutez simplement de l'eau.

Distillateurs d'eau solaires, qui utilisent l'évaporation et la condensation pour la purification de l'eau. Ces distillateurs sont efficaces, sûrs et bon marché. Ils sont idéaux pour les catastrophes, telles que les inondations, où l'eau est abondante mais pas potable.

III.5. Instrumentations de mesures

II.5.1 Présentation de la carte ARDUINO

C'est une plate-forme (open-source) ou bien une plaque électronique programmée qui est basée sur une simple carte à microcontrôleur et un logiciel, véritable environnement de développement intégré, pour écrire, compiler et transférer le programme vers la carte à microcontrôleur.

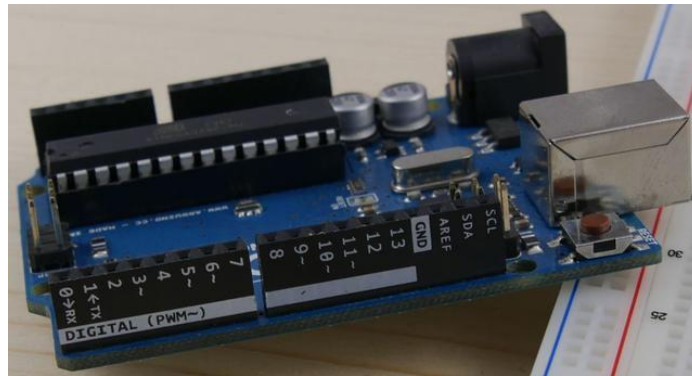


Figure III.1 Composants de la plaque Arduino.

Arduino (Figure.III.1) peut être utilisé pour développer des objets interactifs, pouvant recevoir des entrées d'une grande variété d'interrupteurs ou de capteurs, et pouvant contrôler une grande variété de lumières, moteurs ou toutes autres sorties matérielles.

III.5.2 Les composants de la carte électronique Arduino

La carte Arduino (figure III.2) est une carte électronique dans les composants sont :

- La plaque de circuit
- Le microcontrôleur
- Le processeur
- Le porte USB
- Connecteur de l'alimentation
- Les entrées et les sorties analogique et numérique.

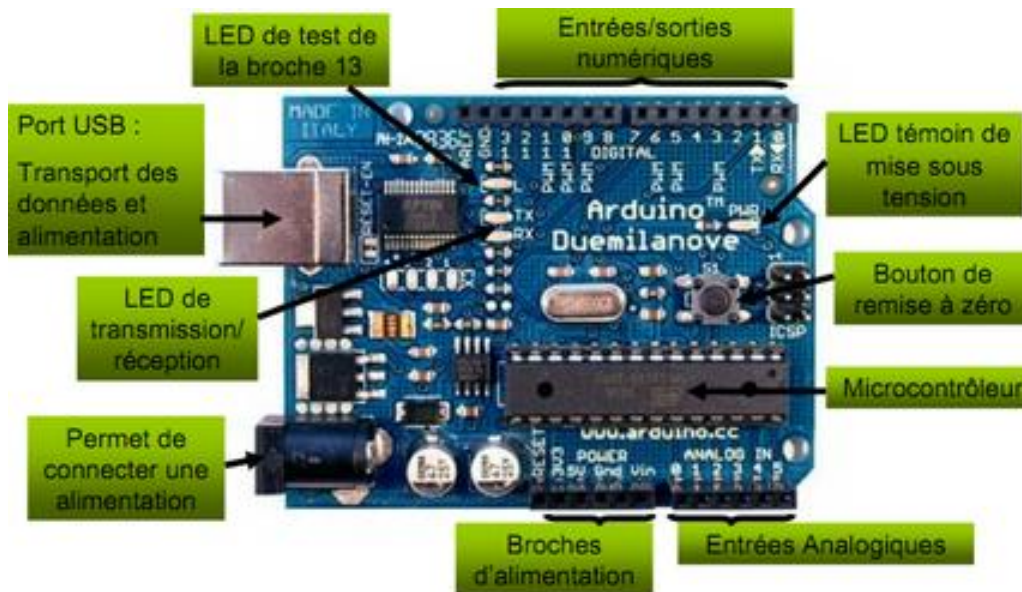


Figure III.2. Les composants de la carte Arduino

III.5.3 Le programme Arduino

Les projets Arduino (Figure.III.3) peuvent être autonomes, ou bien ils peuvent communiquer avec des logiciels tournant sur votre ordinateur (tels que Flash, Processing...). Les cartes électroniques peuvent être fabriquées manuellement ou bien être achetées pré-assemblées ; le logiciel de développement open-source peut être téléchargé gratuitement.

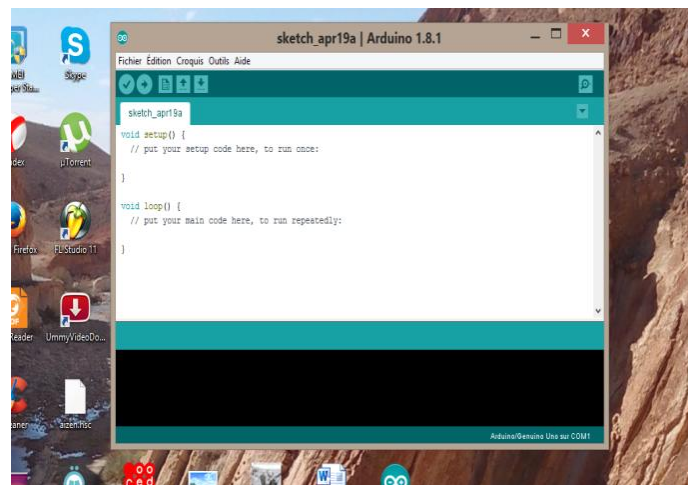


Figure III.3. Le programme arduino

III.5.4.4 L'écran LCD alphanumérique

Permet d'afficher des caractères (Figure.III.7) tels que les chiffres et les lettres. Il va apporter de l'interactivité à vos projets les plus fous.

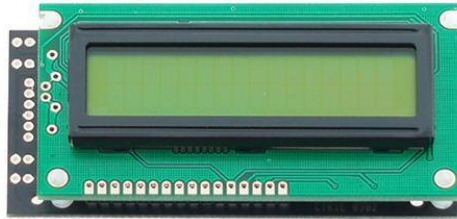


Figure.III.7 Écran LCD alphanumérique

III.5.4.5 Télécommande Arduino

Kit-télécommande infrarouge rattachable avec la plaque Arduino pour le contrôle à longue distance



Figure.III.8. Kit-télécommande à distance

III.6 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les différentes composantes et les étapes de la réalisation d'un distillateur solaire à simple pente destiné à usage local et modéré dans la région d'El-Oued, en sachant les différentes techniques de conception, on pourra éviter le gaspillage de temps et d'économiser les ressources disponibles. En sachant les avantages de notre système par rapport aux autres systèmes similaires et cela renforce notre choix. Aussi notre choix de la carte ARDUINO est motivé par le fait que ce dispositif est le plus populaire pour ce type d'expériences et remplace efficacement les cartes d'acquisition de données conventionnelles qui sont disponibles au marché, et recelée sa popularité de son prix réduit par rapport aux alternatives de prélèvement de mesures expérimentales.

Chapitre VI : Résultats et discussions

RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1 Introduction

Le présent chapitre contient les résultats de l'expérience, dans laquelle nous avons obtenu les valeurs de la température pour les différents emplacements des appareils de mesure (eau, verre, ambiance...etc.) ainsi que la quantité d'eau produite. Heureusement nous n'avons pas eu de problème avec l'appareil Arduino.

IV.2 Température de la vitre intérieure

La (figure IV.1) montre l'évolution de la température de la partie interne du distillat au cours du temps. Selon la figure, nous remarquons une augmentation de la température jusqu'à 12h30 puis nous observons une stabilité relative entre 12h30 et 13h30 puis commence à se baisser de 14h00 à 17h45 de la journée de l'expérience à savoir le 18/05/2018.

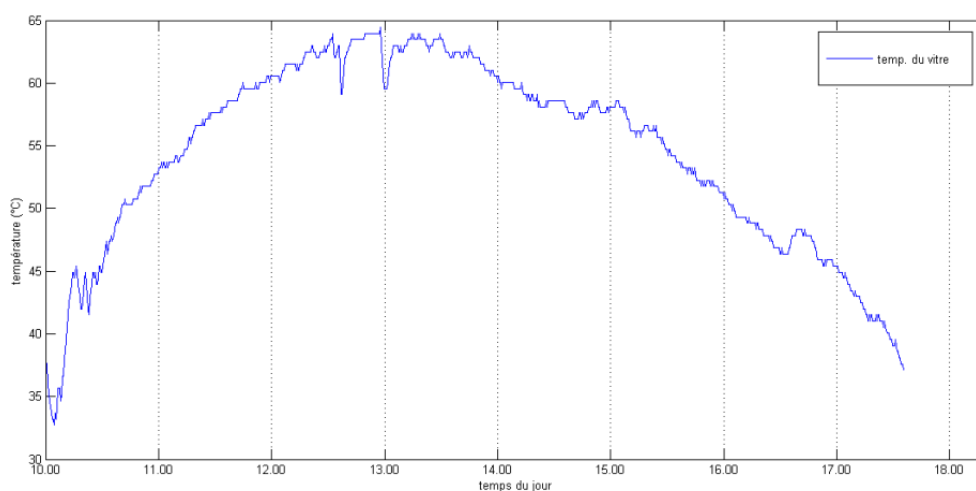


Figure IV.1 Evolution de la température de la vitre intérieure.

IV.3 Température de l'eau du distillateur

Pareillement, la (figure IV.2) montre l'évolution de la température de l'eau distillée, sachant que la température de l'eau distillée est un facteur très important dans le phénomène de la distillation solaire. Le graphique montre que cette température augmente avec le temps et que la température de l'eau distillée entre 12h00 et 13h00 est supérieure au reste des valeurs de température pendant la durée de l'expérience.

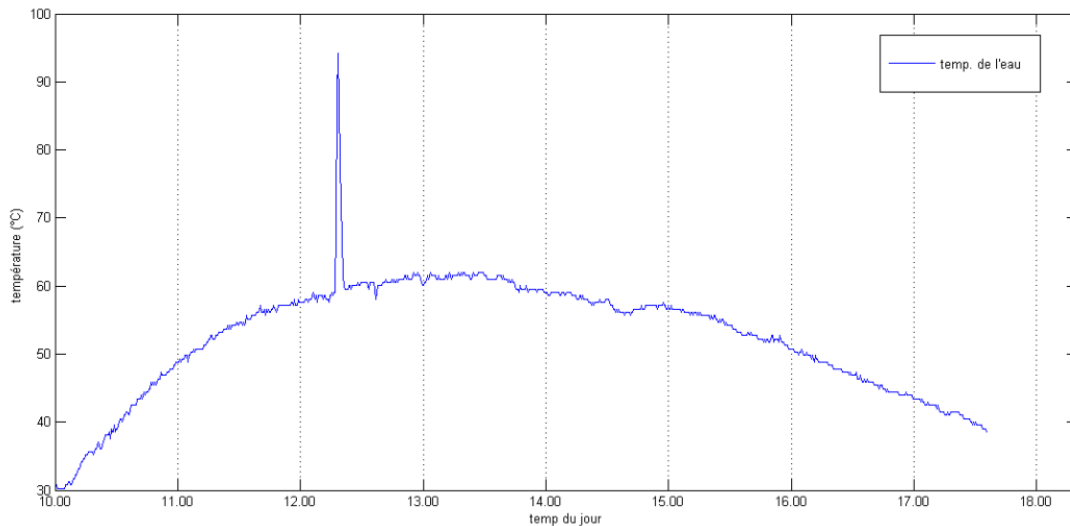


Figure IV.2 Evolution de la température de l'eau dans le distillateur.

IV.4 Température de l'eau et la température du verre interne

La (figure IV.3) montre la relation entre la température de l'eau et la température du verre interne. On note que plus la température de l'eau est élevée, plus la température du verre (par évidente proportionnalité) est élevée pendant toute la durée de l'expérience.

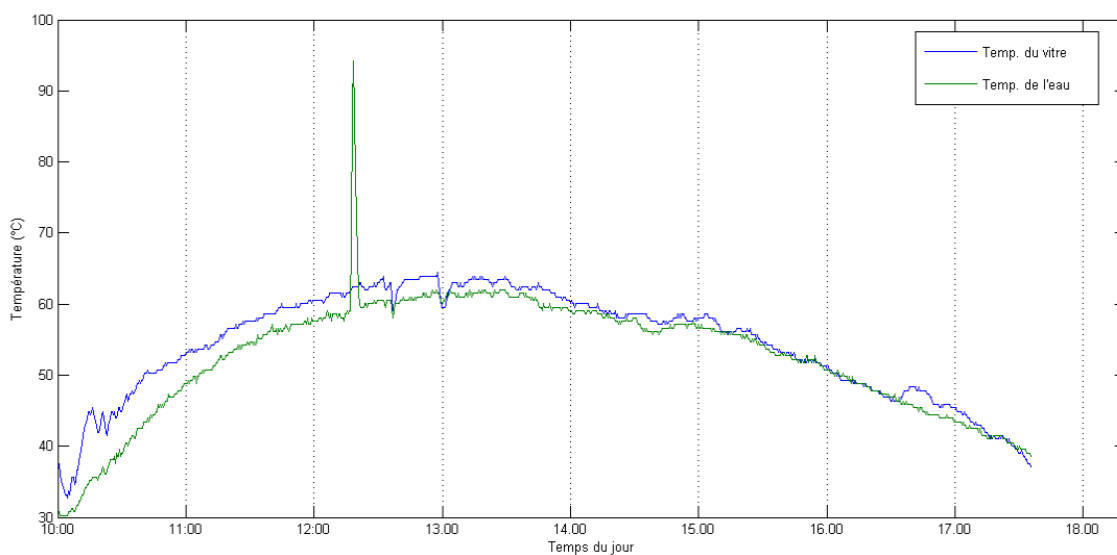


Figure IV.3 Evolution de Température de l'eau et la température du verre interne.

IV.5 Rayonnement solaire

Le rayonnement solaire pendant le jour de l'expérience est tracé sur la (figure IV.4), ce rayonnement est clairement ascendant pour la matinée et descendant l'après-midi pour une valeur instantanée maximale de 565 W/m^2 . Il est évident que les températures à l'intérieur du distillateur dépendent des valeurs instantanées du rayonnement solaire incident.

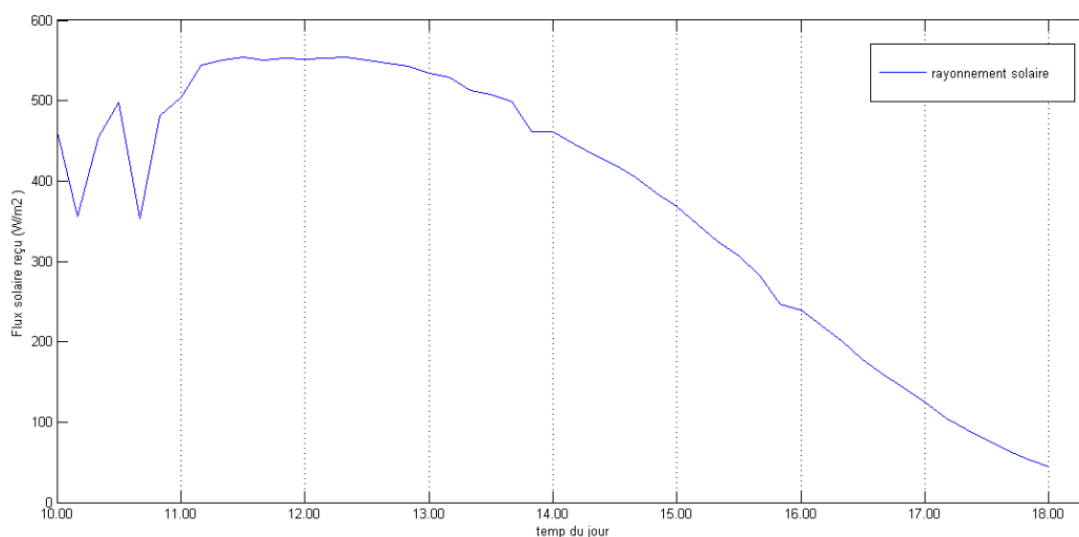


Figure IV.4 Evolution temporelle du rayonnement solaire dans la région d'El-Oued, le 18/5/2018.

IV.6 Température ambiante

La (figure IV.5) montre l'évolution temporelle de la température ambiante en fonction du temps, on pourra noter que l'augmentation de la température atteint le maximum entre 14h00 et 14h30 et commence à se baisser après 15h00.

L'augmentation de la température ambiante implique l'augmentation de la production du distillat, en effet la température ambiante a un effet indirect sur toutes les températures expérimentées dans le distillateur, aussi elle diminue la chute de la température de l'eau distillée.

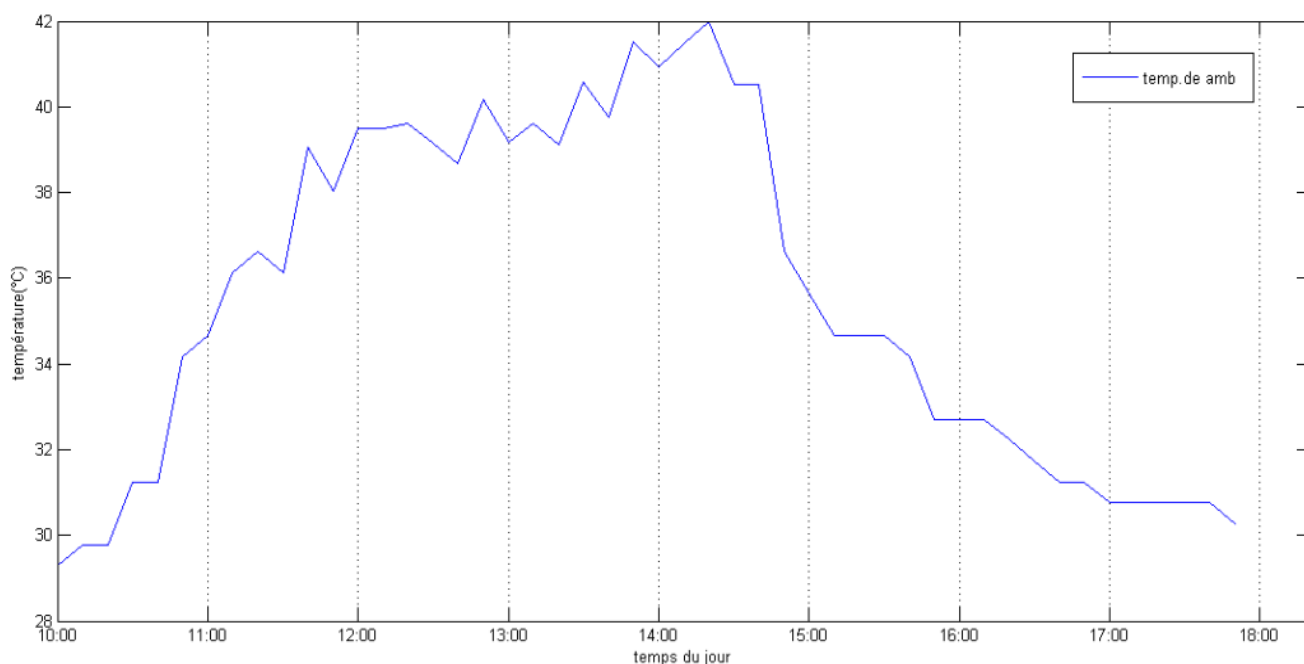


Figure IV.5 Historique de la température ambiante (El oued, 18/5/2018).

IV.7 Evolution de la productivité de l'eau distillée

Sur la (figure IV.6) on montre la productivité de l'eau distillée mesurée durant les différentes heures du jour de l'expérience. On peut observer un manque de production d'eau au début de l'expérience entre 10h00 et 10h30, puis une augmentation progressive du processus de production, en enregistrant la valeur la plus élevée (maximale) à 14h30, puis en diminuant progressivement jusqu'à la fin de l'expérience à 18:00.

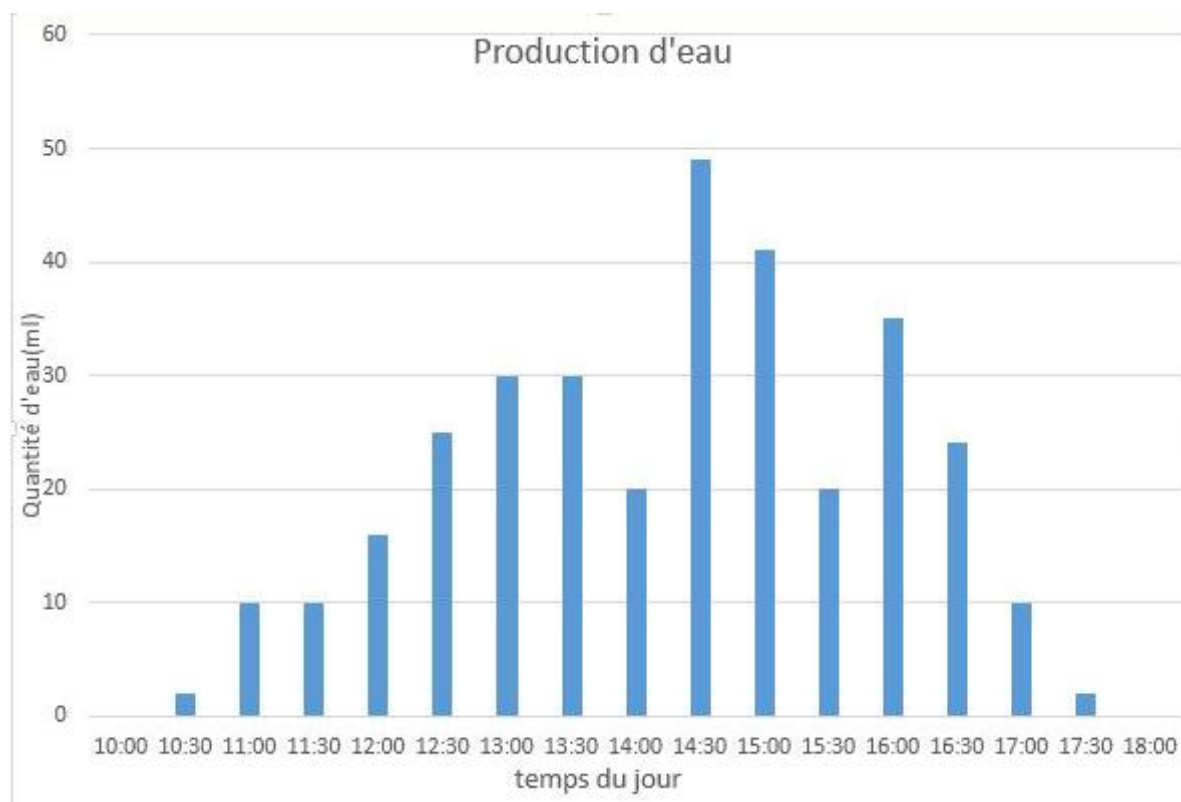


Figure IV.6 Productivité de l'eau distillée durant le jour de 18/5/2018.

IV.8 Application 1 : Réseau de neurones artificiels (Rs avec Teau)

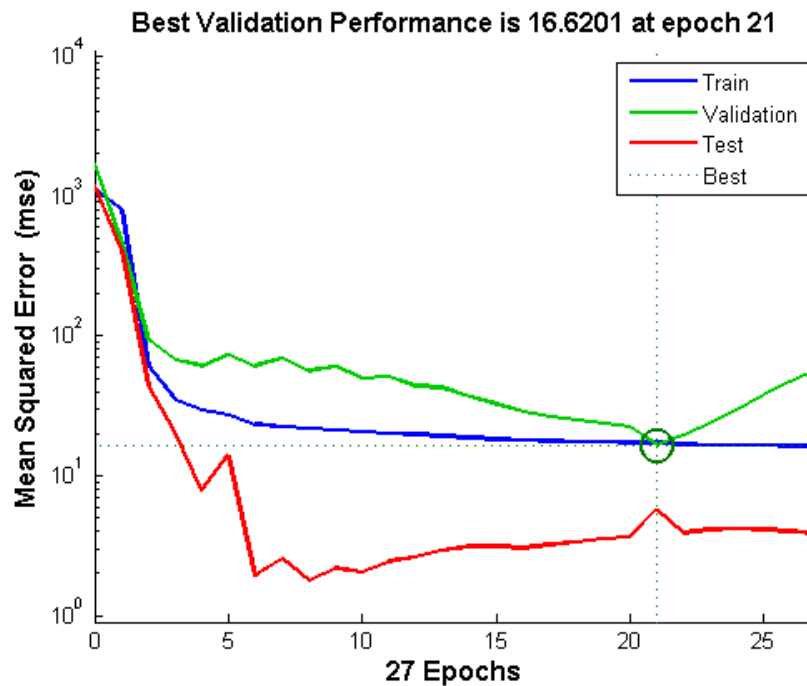


Figure IV.7 Performance de la validation pour la première application du perceptron multicouche.

Cette (figure IV.7) nous montre qu'après 21 échantillons (Epochs) notre perceptron multicouche a réussi d'avoir l'erreur minimal de validation qui est le best fit, sachant que son erreur d'entraînement pour les autres échantillons du réseau de neurones est dans un état décroissant.

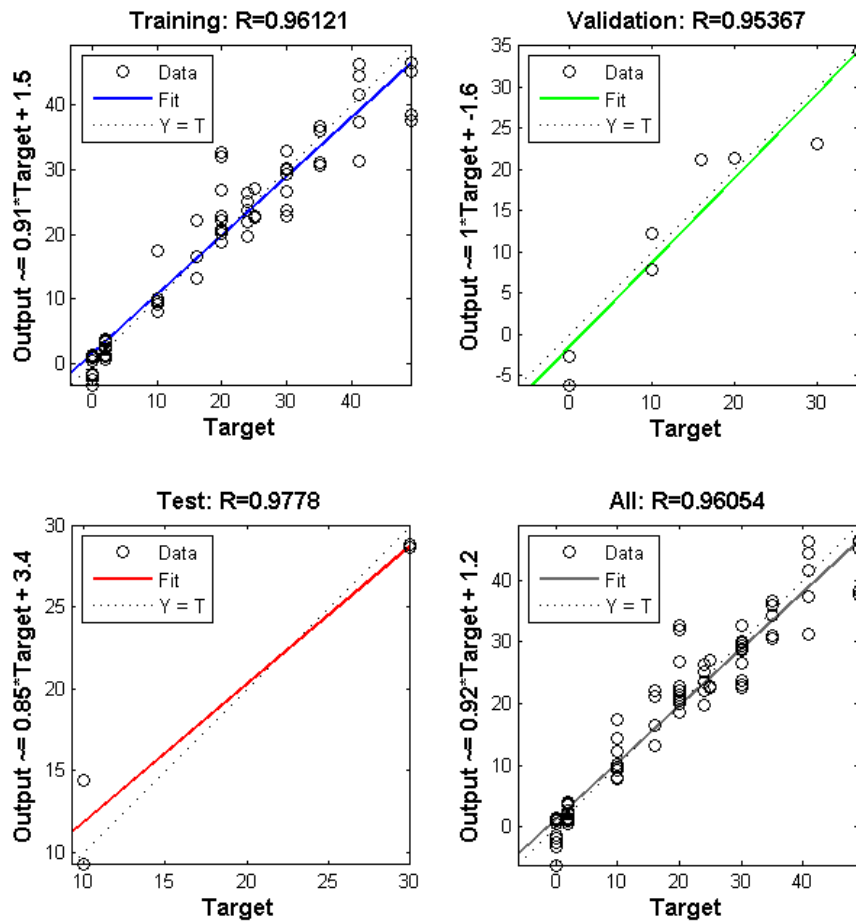


Figure IV.8 Coefficients de corrélations pour les différents échantillons du perceptron résultant de la première application.

D'après la (figure IV.8), on remarque que la ligne d'entraînement a été alignée avec la ligne du best fit (d'équation $Y = T$), ainsi que la ligne (fit) proche de la ligne idéale avec le coefficient de corrélation $R = 0.96054$.

$$output = C_1 \times target + C_2 \tag{IV.1}$$

Où :

output : représente la production en eau distillée.

target : représente la matrice des entrées contenant le rayonnement solaire et température de l'eau dans le distillateur,

$C_1 = 0.92$, et $C_2 = 1.2$ sont des coefficients.

IV.9 Application 2 : Réseau de neurones artificiels (Tamb avec Teau)

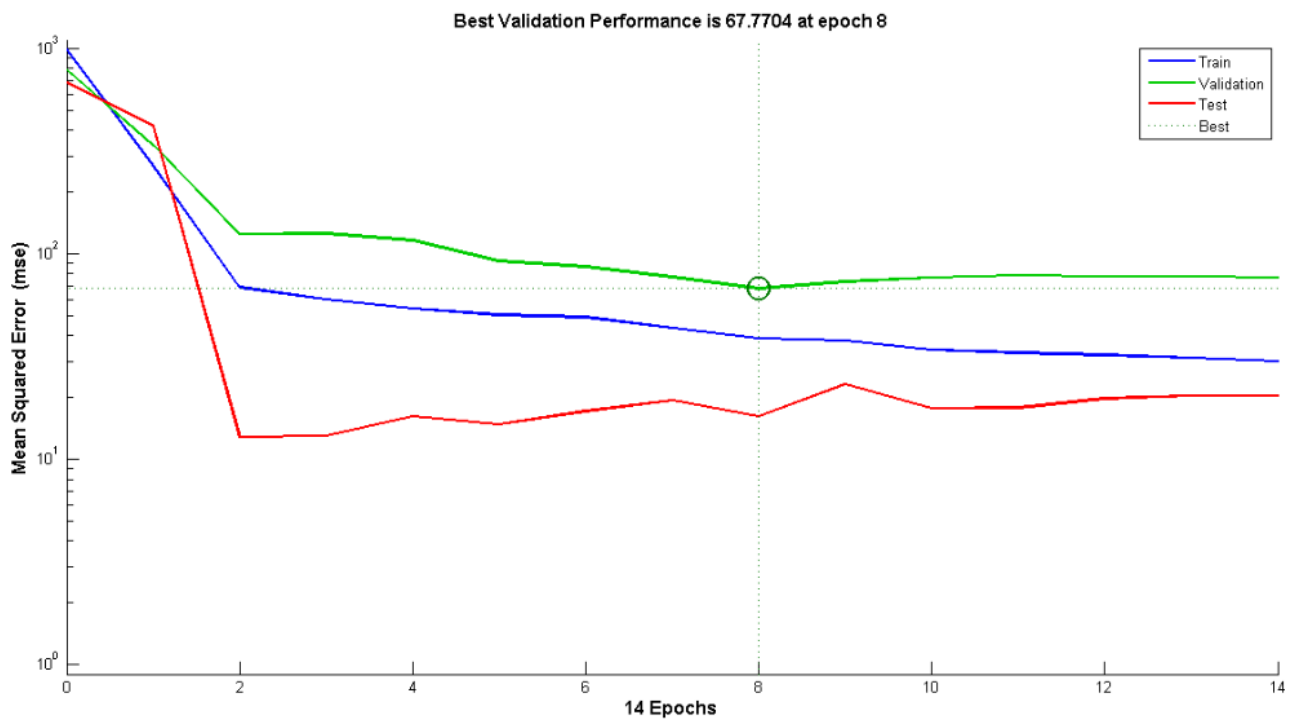


Figure IV.9 Performance de la validation pour la 2^{ème} application du perceptron multicouche.

Dans ce cas d'application du perceptron multicouche, l'erreur commise par ce réseau neuronal lors de la validation est montrée sur la (figure IV.9). On peut constater clairement qu'un minimum absolu est enregistré après 8 échantillons de l'ensemble de validation, mais l'erreur d'entraînement pour le réseau de neurones continue sa décroissance monotone.

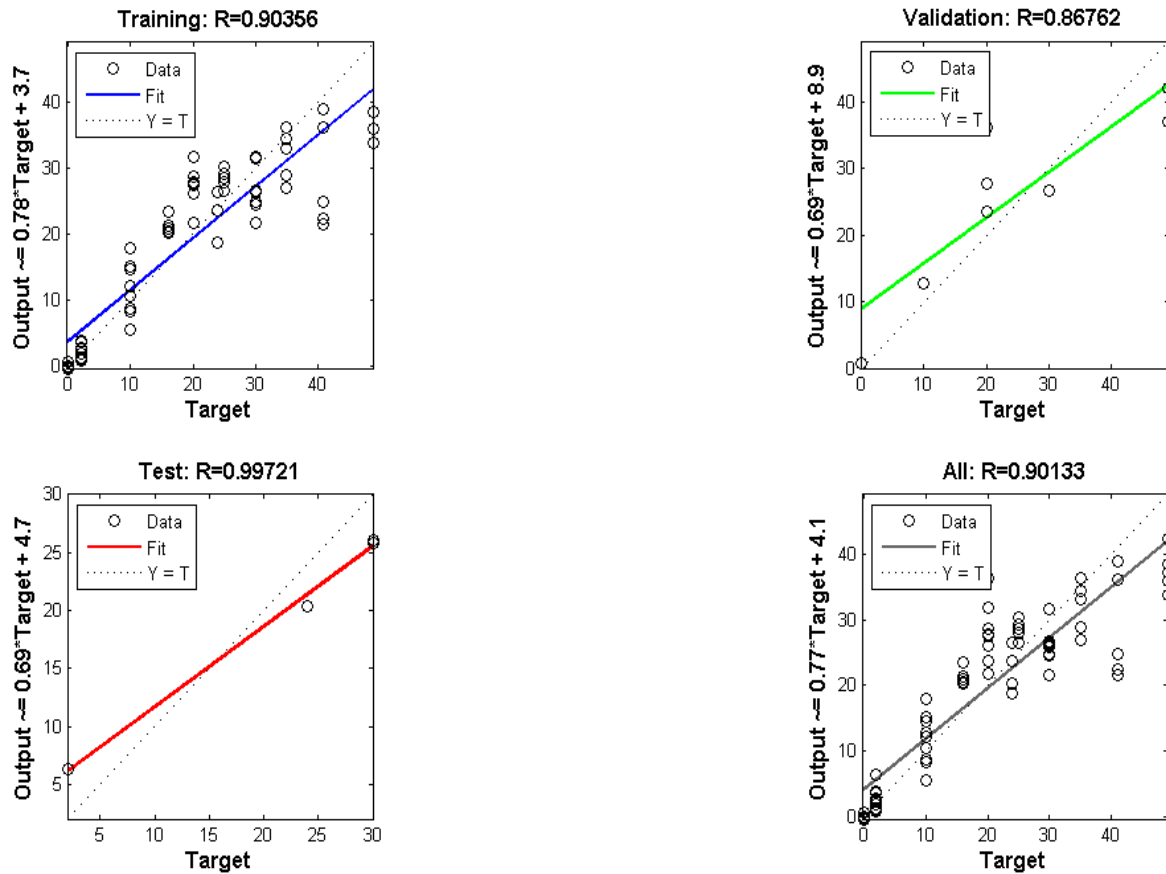


Figure IV.10 Coefficients de corrélations pour les différents échantillons du réseau de neurones artificiels pour sa deuxième application.

Evidement de la (figure IV.10), nous pourrons observer la position relative de la ligne de corrélation par rapport à la ligne du fit idéal (la première bissectrice), cette position relative se traduit par un coefficient de corrélation $R = 0.90133$.

$$output = C_1 \times target + C_2 \quad (IV.2)$$

Où :

output : est la production de l'eau distillée durant le jour.

target : est la matrice des input contenant la température ambiante et la température de l'eau au sein du distillateur testé.

$C_1 = 0.77$, et $C_2 = 4.1$ sont les coefficients de proportionnalité et d'intersection respectivement.

En conclusion et d'après les résultats obtenus expérimentalement et ceux obtenus numériquement via les deux applications des réseaux de neurones dans ce chapitre, il est évident de constater l'effet du rayonnement solaire sur la productivité de l'eau distillée, ainsi que l'effet de la température ambiante du jour considéré. Ces effets ou ces dépendances qui

pourront être non-linéaire ont été traduits par deux applications de perceptrons multicouches dans le but de prédire la quantité d'eau produite par le distillateur testé dans ce travail, pour des données météorologiques (locales) à El-Oued.

CONCLUSION GENERALE

Le travail présenté dans ce mémoire concerne l'étude théorique et numérique d'un distillateur solaire. Les deux types fondamentaux des distillateurs solaires, sont les distillateurs plans à double pente et simple pente, tel que le cas que nous étudions dans ce travail. Notre intérêt a porté essentiellement sur les différentes techniques de dessalement en général, et en particulier sur les distillateurs solaires, ces derniers sont basés sur le principe de l'effet de serre qui provoque une augmentation de la température et conduit par conséquent à l'évaporation de la quantité d'eau présente dans le distillateur à un moment donné. Cette capacité d'évaporation grandit au fur et à mesure que la température augmente jusqu'à ce que l'air atteigne sa saturation en vapeur d'eau. La vapeur d'eau ainsi obtenue se condense sous le vitrage, suite à la baisse de température causée par la surface oblique de condensation. Ainsi, l'eau se condense en s'écoulant vers la partie inférieure du vitrage dans une gouttière de collecte conduisant à un réservoir de stockage de récupération du distillat.

Dans ce but, nous avons construit un distillateur solaire plan à simple pente pour l'utilisation domestique dans la région saharienne, et effectuer des mesures expérimentales liant les paramètres météorologiques et thermo physiques à la production horaire de l'eau distillée. Les paramètres thermo physiques de la saumure influent considérablement sur la production, puisqu'ils dépendent des températures de la saumure et qui sont elles même influencées par les paramètres d'ensoleillement, et de l'ambiance.

Les résultats obtenus mettent en évidence l'influence des paramètres externes et internes sur les caractéristiques de fonctionnement du distillateur solaire notamment la production d'eau distillée. En outre l'application de la méthode des réseaux de neurones artificiels (du type perceptron multicouche) aux divers résultats obtenus expérimentalement a conduit à éclaircir la dépendance entre les différents paramètres étudiés à la production d'eau distillée par simple corrélations à caractère horaire. Mais, on pourra étendre la technique sous-jacente pour être appliquée à plusieurs jours ou même plusieurs mois et saisons de la région.

Références bibliographiques

- [1] **H.T. EI-DESSOUKY, H.M.ETTOUNEY**: « Fundamentals of Salt Water Desalination », p3, édition 2002.
- [2] **D. Desjardins** : « le traitement des eaux » pp242-249, deuxième édition 1997.
- [3] **ROSTEK ASSOCIATES, INC.**, « Desalting Handbook for Alanners » 3ème Edition, pp4-61.July 2003.
- [4] **A.SADI** : « Le dessalement Solaire – Considération technique » Rev.energ.Ren Chemss2000.
- [5] **E. DAVALDO, P. NAÏM**, *Des Réseaux de Neurones*. Préface de F. M. CLEMENT, deuxième édition, deuxième tirage, Edition EYROLLES1993.
- [6] **I. RIVALS**, “Les réseaux de neurones formels pour le pilotage de robots mobiles,” FLUX, revue de *l'Association Amicale Les Ingénieurs SUPÉLEC* : La robotique mobile la fonction achats logistique, No 178, ISSN 0766- 3536, septembre-octobre 1996.
- [7] **A CHAKR, N BELLEL, G MENGUY** : « Perte thermique dans un distillateur sphérique ». Revue Internationale D’Héliothermie, N°28,46-49, 2003.
- [8] **M.BOUKAR, A.HARMIM ET M.AMAR** :« construction et expérimentation d’un distillateur solaire vertical indirect à simple effet » Revue des Energies Renouvelable ICRESD-07 Tlemcen2007.
- [9] **M.H. Kerrouche, C. Kerassi**. Etude comparative de deux distillateurs l’un type cascade et l’autre type chapelle, Institut mécanique, *Université de Blida*. 2000.
- [10] **K. FRAMLING**, Les réseaux de neurones comme outils d’aide à la décision floue, Rapport de DEA, INSA de Lyon, Juillet 1992.
- [11] **E. DAVALDO, P. NAÏM**, *Des Réseaux de Neurones*. Préface de F. M. CLEMENT, Edition EYROLLES. Deuxième édition, deuxième tirage 1993.
- [12] **A.KHEDIM** : « Mesure et caractéristique Thermodynamique d’une nouveau Système solaire de Dessalement de l’Eau de Mer avec Récupérateur de Chaleur » Rev.Energ.Ren :11èmes journées Internationales de thermique 2003.
- [13] **E.ZAYOUTI, L.BOUIRDEN, A.AHAROUNE, M.BANOUNI** : « Distillation Solaire : Amélioration de la condensation de la vapeur d’eau dans les distillateurs solaire » Tétouan-Maroc, FIER’2002.

- [14] **M. ABU-ARABIE, Y. ZURIGAT, HILAL AL-HINAI, SAIF ALHIDDABI:** «Modelling and Performance Analysis of a Solar Unit with Double- Glass Cover Cooling», *Desalination*, 143,173-182, 2002.
- [15] **R.V. DUNKLE, Solar water distillation:** «The Roof Type Still and a multiple diffusion Still», Commonwealth scientific and industrial research organization, Victoria, Australia, p895-902 edition 1961.
- [16] **S.Satcunanathan, H.P.Hansen**« An investigation of some parameters involved in solar distillation, *Solar Energy* », vol. 14, pp 353-363, 1973.
- [17] **L. Cherrared** "Amélioration du Rendement d'un Distillateur Solaire à Effet de Serre " *Rev. Energ. Ren. :* pp121-124, Valorisation 1999.
- [18] **A. Deliou, N. Bessas, Z. Belgroun, H. Aburideh, A. Lounis et A. Chikouche** "Etude expérimentale des caractéristiques d'un distillateur solaire à effet de serre " *Revue des Energies Renouvelables CICME'08 Sousse* pp109 – 118, 2008.
- [19] **D. W. Medugue, L. G. Ndatuwong** "Theoretical analysis of water distillation using solar still" *International Journal of Physical Sciences* Vol. 4 (11), pp. 705-712, November, 2009.
- [20] **H. Patel, P. Patel, J. Patel** "review of solar distillation methods", *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, Oct.-Dec.2012.
- [21] **S. K. Shukla** "Department of Mechanical Engineering, I.I.T (B.H.U.)", 2009.
- [22] **W.A.KAMAL:** « A Theoretical and Exprimantal study of the basin- type solar still under the Arabian Golf Climatic Condition» *Solar & wind technology*, vol.5 N°2, pp147, Edition 1988.
- [23] **Site web:** [disponible à :] (<https://www.carnetdumaker.net/articles/mesurer-une-temperature-avec-un-capteur-lm35-et-une-carte-arduino-genuino/>) [accès le :] 02/05/2018.

RESUME

Dans le présent mémoire, on a effectué une étude sur la distillation solaire qui est un processus très économique pour la production d'eau douce, spécialement dans les zones où la luminescence solaire est élevée. Plusieurs types de distillateurs solaires existaient, mais les plus courants étant ceux à simple pente. L'objectif de ce travail est établissement de quelques expériences visant à mesurer la production en eau distillée d'un distillateur solaire installé dans la région saharienne, puis exploitation des résultats expérimentaux pour effectuer des prédictions en utilisant la méthode des réseaux des neurones artificiels.

Les résultats expérimentaux obtenus et introduits aux applications moyennant les réseaux de neurones artificiels du type perceptrons multicouche (PMC), ont montrés de bons coefficients de corrélations entre la production en eau distillée et le rayonnement solaire, la température de l'eau et la température ambiante dans la région saharienne d'El-Oued.

Mots clés :

Distillation, rayonnement solaire, traitement des données expérimentales, réseaux de neurones artificiels.

ملخص

في هذه المذكرة أجرينا دراسة على التقطير الشمسي و هي عملية اقتصادية للغاية لإنتاج المياه العذبة، خصوصا في المناطق التي تكون فيها الشمس عالية. توجد عدة أنواع من المقطر الشمسي ، ولكن الأكثر شيوعاً هي تلك المنحدرة. والهدف من هذا العمل هو تحديد عدد قليل من التجارب لقياس إنتاج الماء المقطر من الطاقة الشمسية لا تزال مثبتة في المنطقة واستغلال النتائج التجريبية الصحراء لجعل التنبؤات باستخدام طريقة الشبكة العصبية الاصطناعية.

وقد أظهرت النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها وتقديمها في التطبيقات عن طريق الشبكات العصبية الاصطناعية من نوع متعدد الطبقات المستقبلة من (PMC)، معاملات الارتباط جيدة بين الإنتاج في الماء المقطر والإشعاع الشمسي، ودرجة حرارة الماء ودرجة حرارة الغرفة في المنطقة الصحراوية من الوادي.

كلمات مفتاحية :

التقطير الشمسي ، التقطير ، معالجة البيانات التجريبية ، الشبكات العصبية الاصطناعية.

Abstract

In this memoir, a study has been conducted on solar distillation which is a very economical process for the production of fresh water, especially in areas where solar luminescence is high. Several types of solar distillers existed, but the most common being single slope ones. The objective of this work is the establishment of some experiments aimed at measuring the distilled water production of a solar distiller installed in the Saharan region, then exploitation of the experimental results to make predictions using the artificial neural network method.

Experimental results obtained and introduced to applications using arrays of artificial neurons of the multilayer perceptron type (PMC), showed good correlation coefficients between the production of distilled water and the solar radiation, the water temperature and the ambient temperature. in the Saharan region of El-Oued.

Keywords:

Solar distillation, distillation, experimental data processing, Artificial Neural Networks.