الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة

كلية العلوم

قسم الفيزياء

N°= D02P2120...M

مذكرة ماستر

فرع: الفيزياء

تخصص: فيزياء المواد

العنوان

النمدجة العددية والرياضية لتوزيع الحرارة للأحواض الشمسية

إعداد الطالبة:

❖ بورفيس شيماء

تناقش يوم: 2022/07/03 من طرف اللجنة:

أ. د/خنفايس. ك	أستاذ التعليم العالي	جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة	رئيسا
د/ غرايبية .ص	أستاذ محاضر (أ)	جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة	مشرفا
د/ لبيوض. س	أستاذ محاضر (أ)	جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة	مناقشا

السنة الجامعية 2021-2022

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وعرفان

الحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات

والحمد لله حمدا كبيرا مباركا طيبا على نعمه وفضله

والصلاة والسلام على نبينا محمد صلى الله عليه وسلم

أوجه خالص شكري وتقديري إلى الأستادة الفاضلة

د.غريبية صبرينة

على قبولها الإشراف على هذا البحث وعلى توجيهاتها القيمة

كما أتوجه بجزيل الشكر والتقدير إلى كل من ساعدني وساندني

في إنجاز هذا العمل المتواضع من قريب أومن بعيد.

ولا يفوتني أن أتوجه بالشكر الجزيل إلى كل أستاذ علمني حرفا وسعى لإنارة

دربي بالعلم من أول حرف تعلمته إلى غاية يومنا هذا

لهم مني صادق الاحترام والتقدير.

الإهداء

إلى من علماني مبادئ الحياة وربياني على الصدق والإخلاص فخرا وشرفا أعتز بهما

فوق الواجب وأنا أهدي ثمرة هذا العمل المتواضع إلى:

إلى أمي الغالية حفضها الله ورعاها وشفاها من كل سقم وأطال في عمرها

إلى أبي الغالي الحنون حفضه الله ورعاه وأطال في عمره

إلى من آثروني على أنفسهم وتقاسمت معهم أحلى الأيام وأمرها

إخوتي: *محمد أمين، حمزة، فارس*

أخواتي: *بدرة، بشرى*

إلى الكتاكيت الصغيرة بهجة روحي: ***جيداء و محمد رسيم***

إلى أعز الصديقات من تشاركت معهم أجمل وأحلى اللحظات: ***رانيا، ميساء، منار***

إلى روح خالتي الطاهرة

إلى كافة الأهل والأصدقاء إلى كل من يحبهم قلبي ولم يذكرهم لساني.

ملخص الدراسة

ملخص الدراسة:

الطاقة المتجددة هي طاقة صديقة للبيئة دائمة ومتجددة لها عدة مصادر واستخدامات من بينها: طاقة الرياح، الطاقة المائية، الطاقة الحرارية الأرضية، طاقة الهيدروجين، الطاقة الحيوية، والطاقة الشمسية التي من بين تطبيقاتها البرك الشمسية وهي من أهم الطاقات المتجددة.

وفي هذا البحث قمنا بتسليط الضوء عليها كطاقة بديلة، تكلمنا فيها عن أنواع وتصميم وأداء البرك الشمسية وقمنا بالتركيز على نوع البرك الشمسية متدرجة الملوحة، وعن توزيع الحرارة داخل طبقاتها وكيفية استخراجها و النمذجة الرياضية والعددية لهذه البرك الشمسية.

Study Summary:

Renewable energy is a durable and renewable environmentally friendly energy with several sources and uses including: Wind power, hydropower, geothermal energy, hydrogen energy, bioenergy and solar energy, whose applications include solar ponds and are among the most important renewable energies, In this research we highlighted it as alternative energy, in which we talked about the types, design and performance of solar ponds and focused on the type of salinity-graded solar ponds. And about the distribution of heat in their layers and how to extract it and the mathematical and numerical modeling of these solar ponds.

فهرس المحتويات

المحتويات	الصفحة
الشكر والعرفان.....	-
إهداء.....	-
ملخص الدراسة.....	-
فهرس المحتويات.....	-
قائمة الأشكال.....	-
قائمة الجداول.....	-
مقدمة.....	-
الفصل الأول: الطاقات المتجددة.	
1.1 المقدمة	4
2.1 مفهوم الطاقات المتجددة	5
3.1 أسباب ودوافع التركيز على الطاقات المتجددة	5
4.1 أنواع الطاقات المتجددة	6
1.4.1 الطاقة المائية	7
1.1.4.1 تعريف	7
2.1.4.1 مميزات ومعيقات الطاقة المائية	8
3.1.4.1 استخدامات الطاقة المائية	9
2.4.1 طاقة الرياح	9
1.2.4.1 تعريف	9
2.2.4.1 مميزات ومعيقات طاقة الرياح	10
3.2.4.1 استخدامات طاقة الرياح	11
3.4.1 الطاقة الحرارية الأرضية	12
1.3.4.1 تعريف	12
2.3.4.1 مميزات ومعيقات الطاقة الحرارية الأرضية	13

3.3.4.1 استخدامات الطاقة الحرارية الأرضية	14
4.4.1 الطاقة الحيوية	15
1.4.4.1 تعريف	15
2.4.4.1 مميزات ومعيقات الطاقة الحيوية	16
3.4.4.1 استخدامات الطاقة الحيوية	17
5.4.1 الطاقة النووية	18
1.5.4.1 تعريف	18
2.5.4.1 مميزات ومعيقات الطاقة النووية	19
3.5.4.1 استخدامات الطاقة النووية	21
6.4.1 طاقة الهيدروجين	21
1.6.4.1 تعريف	21
2.6.4.1 مميزات ومعيقات طاقة الهيدروجين	22
3.6.4.1 استخدامات طاقة الهيدروجين	23
7.4.1 الطاقة الشمسية	23
1.7.4.1 تعريف	23
2.7.4.1 مميزات ومعيقات الطاقة الشمسية	25
3.7.4.1 استخدامات الطاقة الشمسية	26
5.1 إمكانات الجزائر في الطاقات المتجددة	27
1.5.1 الطاقة الشمسية في الجزائر	27
2.5.1 طاقة الرياح في الجزائر	28
3.5.1 الطاقة المائية	29
4.5.1 الطاقة الحرارية الجوفية	30
5.5.1 الطاقة الحيوية	30
6.5.1 الطاقة النووية	30

7.5.1 طاقة الهيدروجين	31
الفصل الثاني: الأحواض الشمسية.	
1.2 تعريف الأحواض الشمسية	33
2.2 تاريخ الاحواض الشمسية	33
3.2 تصميم وأداء الأحواض الشمسية	36
4.2 أهمية التصميم والحجم	36
5.2 المساحة السطحية والعمق	36
6.2 اختيار الموقع	37
7.2 مزايا وعيوب الأحواض الشمسية	37
8.2 تصنيف الأحواض الشمسية	38
1.8.2 أولا: برك الحمل الشمسية	38
1.1.8.2 البرك الشمسية الضحلة	38
2.1.8.2 البرك العميقة غير المالحة	40
2.8.2 ثانيا: برك اللاحمل الشمسية	40
1.2.8.2 برك جل الشمسية(البرك الشمسية المتوازنة اللزجة)	40
2.2.8.2 بركة الغشاء	41
3.2.8.2 البرك الشمسية متدرجة الملوحة	42
1.3.2.8.2 تعريف	42
2.3.2.8.2 النظرية العلمية للأحواض الشمسية المتدرجة الملوحة	42
3.3.2.8.2 توزيع الحرارة داخل طبقات الأحواض الشمسية متدرجة الملوحة	43
4.3.2.8.2 تخزين الحرارة في الأحواض الشمسية	44
5.3.2.8.2 استخراج الحرارة من الأحواض الشمسية	45
9.2 تطبيقات الأحواض الشمسية	47
1.9.2 الزراعة والاستزراع	47

2.9.2 إنتاج المياه العذبة	47
3.9.2 العمليات الصناعية الحرارية	47
4.9.2 إنتاج الطاقة الكهربائية	48
5.9.2 إنتاج المواد الكيميائية	48
6.9.2 تخفيف الملوحة	49
10.2 حساب التدفق الإشعاعي في الأحواض الشمسية	50
الفصل الثالث: النمذجة الرياضية والعددية لتوزيع الحرارة للأحواض الشمسية	
1.3 مقدمة	56
2.3 نموذج الحوض الشمسي	57
3.3 فرضيات الدراسة	57
4.3 الحوصلة الطاقوية (الحرارية) للحوض الشمسي	58
1.4.3 منطقة اللاحمل حراري	58
2.4.3 منطقة الحمل الحراري العليا	59
3.4.3 منطقة الحمل الحراري السفلى	59
5.3 نتائج المحاكاة العددية	60
6.3 التحقق من صحة النموذج التجريبي	60
7.3 كفاءة الحوض الشمسي	62
الخاتمة	66
التوصيات	66
قائمة المصادر والمراجع	68

فهرس الجداول والأشكال

فهرس الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
01	أنواع الطاقات المتجددة.	6
02	الطاقة الكهرومائية.	7
03	توليد الكهرباء عن طريق السدود.	7
04	طاقة الرياح.	10
05	كيف تعمل طاقة الرياح.	10
06	الطاقة الحرارية الأرضية.	13
07	توليد الكهرباء من الطاقة الحرارية الأرضية.	13
08	طاقة الكتلة الحيوية.	16
09	طاقة كهربائية وحرارية من النفايات.	16
10	الطاقة النووية.	19
11	اندماج نووي.	19
12	انشطار نووي.	19
13	الطاقة الهيدروجينية.	19
14	خلية الطاقة الشمسية.	24
15	طبقات الشمس.	24
16	المتوسط السنوي لشدة الإشعاع الشمسي في مختلف مناطق الوطن (كيلواط/سا/م^2)	28
17	البرك الشمسية مصدر للطاقات المتجددة.	33

18	بركة بوج الشمسية/الهند.	35
19	بركة أل باسو الشمسية.	35
20	بركة هيل برميدا الشمسية.	35
21	البركة الشمسية الضحلة.	39
22	بركة جل الشمسية.	41
23	توزيع الحرارة داخل طبقات الحوض الشمسي.	44
24	طرق استخراج الحرارة في تكنولوجيية الأحواض الشمسية.	46
25	بركة بوج لتنقية المياه.	47
26	وحدة مصغرة لتنقية المياه.	47
27	رسم توضيحي لكيفية توليد الكهرباء من الأحواض الشمسية.	48
28	صورة توضيحية لإنتاج المواد الكيميائية.	49
29	صورة توضح تخفيف الملح.	49
30	تغير معامل الإرسال حسب امتصاص الماء بدلالة عمق الحوض.	53
31	تغير معامل الإرسال حسب امتصاص الماء بدلالة عمق الحوض من أجل قيم مختلفة لعكارة الماء.	54
32	رسم تخطيطي للحوض المدروس.	57
33	تغير درجات الحرارة المحسوبة والمقاسة بعد 10 أيام.	60
34	تغير درجات الحرارة المحسوبة والمقاسة بعد 20 يوم.	61
35	مقارنة درجات الحرارة المحسوبة والمقاسة بعد 25 يوم.	61
36	أداء الحوض الصغير وفقا لتكوينات الاستخراج الحراري الممكنة ليوم صيفي نموذجي عند درجة حرارة ثابتة (T=50 C°).	64

فهرس الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
01	القدرة الشمسية الموجودة في الجزائر.	27
02	محطات الطاقة الكهرومائية في الجزائر.	29
03	امتصاص الإشعاع الشمسي بواسطة المياه النقية.	50
04	القيم i و μ_i من أجل مختلف مجالات λ للطيف الشمسي.	51

قائمة الرموز:

ZCS : منطقة الحمل الحراري العليا.

ZNC : منطقة اللاحمل حراري.

ZCI : منطقة الحمل الحراري السفلى.

Z : ارتفاع الحوض (m).

T: درجة الحرارة (°C).

S : الملوحة.

t : الزمن (S).

C_P : حرارة كتلة الماء في الحوض الصغير (J/kg°C) .

C_{Pe} : حرارة كتلة الماء في المبادل الحراري (J/kg°C).

H : الارتفاع الكلي للحوض الشمسي (m).

H_1 : سمك منطقة الحمل الحراري العليا (m).

H_2 : سمك منطقة اللاحمل حراري (m).

H_3 : سمك منطقة الحمل الحراري السفلى (m).

i : زاوية السقوط (درجة).

r : زاوية الانكسار (درجة).

R : نصف قطر الحوض الشمسي (m).

$\dot{m}_g$: الكتلة الأولية للماء في المبادل الحراري في منطقة التدرج (kg/s).

$\dot{m}_L$: الكتلة الأولية للماء في المبادل الحراري في منطقة الحمل الحراري السفلى (kg/s).

q_I : الكثافة الحجمية للإشعاع الشمسي في الحوض (w/m^3).

q_{pL} : التدفق المفقود عن طريق التوصيل إلى الجدران الجانبية (W/m^2).

T_L : الوقت القانوني (heure).

$\phi_I(z,t)$: كثافة التدفق الشمسي داخل الحوض (W/m^2).

$\boldsymbol{\phi_{conv}}$: فقدان الحرارة على سطح البركة بواسطة الحمل الحراري(W/m^2).

$\boldsymbol{\phi_{evap}}$ **:** فقدان الحرارة على سطح البركة عن طريق التبخر (W/m^2).

$\boldsymbol{\phi_{rad}}$: فقدان الحرارة على سطح البركة عن طريق الإشعاع (W/m^2).

$\mathbf{K_T}$ **:** الانتشار الحراري (m^2/s).

$\boldsymbol{\rho}$ **:** الكثافة الحجمية (kg/m^3).

$\boldsymbol{\phi}$ **:** كثافة التدفق (W/m^2).

$\mathbf{T_U}$ **:** درجة حرارة منطقة الحرارة العليا ($C°$).

المقدمة

المقدمة:

الطاقة هي المفتاح الرئيسي لنمو حضارة الإنسان على مر العصور، وهي الوسيلة المعتمدة من طرفه دائما سعيا للرقي والرفاهية، ولقد أصبح من المؤكد لدى العلماء أن مصادر الوقود التقليدية أو ما يعرف بالوقود الأحفوري ستنضب عاجلا أم آجلا، لذلك فإن العلماء والباحثين قد وضعوا نصب أعينهم البحث الدؤوب عن بدائل هذه الطاقة الآيلة للنضوب والمتمثلة في جملة الطاقات المتجددة على اختلاف أنواعها.

بما أن الجزائر تحظى بشريط ساحلي كبير وثروة شمسية هائلة متمثلة في صحراء شاسعة فإن هذه الثروات الطبيعية من شأنها أن تساهم في التطوير والاستفادة من الطاقات المتجددة التي أضحت من بين أهم المتطلبات في العالم. ولعل أهم هذه الطاقات المتجددة الطاقة الشمسية التي من بين تطبيقاتها الأحواض الشمسية المستخدمة في تجميع وتخزين الطاقة الحرارية والكهربائية، والتي قد تكون إحدى الحلول المثلى للتجميع والتخزين طويل المدى وبالتالي قد توفر لنا مردود وكفاءة طاقوية أعلى يستفاد منها فيما بعد في عدة مجالات. أما فيما يخص بحثنا هذا فقد تطرقنا فيه إلى ثلاث فصول كما يلي:

الفصل الأول سلطنا فيه الضوء على الطاقات المتجددة من حيث تقديم مفهوم عام لها و الأسباب والدوافع التي جعلتنا نركز عليها و نوليها أهمية كبيرة اليوم، كذلك ركزنا على أهم أنواعها المتمثلة في: الطاقة المائية، طاقة الرياح، الطاقة النووية، الطاقة الهيدروجينية، الطاقة الحرارية الجوفية والطاقة الشمسية، وقمنا بذكر كل من المميزات، المعيقات واستخدامات هذه الأنواع من الطاقة المتجددة كلا على حدة. أما في نهاية الفصل فقد تحدثنا عن الإمكانات التي تحظى بها دولة الجزائر من هذه الطاقات المتجددة.

الفصل الثاني تحدثنا فيه عن الأحواض الشمسية من حيث مفهومها، تاريخها، تصنيفها (أنواعها) وأهم المزايا والعيوب التي تشوبها و تطبيقاتها في عدة مجالات. كما قمنا بالتركيز على نوع واحد لهذه الأحواض والمتمثل في الاحواض الشمسية المتدرجة الملوحة، حيث قمنا بتعريفها ودراسة كل من توزيع وتخزين واستخراج الحرارة من داخل هذه الأحواض، أما في نهاية الفصل فقد تطرقنا إلى حساب التدفق الإشعاعي في الأحواض الشمسية.

الفصل الثالث والأخير قمنا فيه بدراسة النمذجة الرياضية والعددية لتوزيع الحرارة في الأحواض الشمسية حيث قمنا بإعطاء كل من نموذج لحوض شمسي وحوصلة طاقوية تشمل كلا من المناطق الثلاث التي تخصه ، أجرينا كذلك مقارنة بين درجات الحرارة المحسوبة عدديا والمقاسة تجريبيا. وفي الأخير ركزنا على كفاءة ومردود الحوض الشمسي في حالتين استخراج الحرارة من المنطقة الحرارية السفلية فقط واستخراجها من منطقة التدرج فقط.

الفصل الأول:

الطاقات المتجددة

1.1 مقدمة:

تمثل الطاقة إحدى الركائز الأساسية للتطور الصناعي والتكنلوجي الذي يعرفه العالم اليوم، بل أصبح مقدار ما يستهلكه الفرد من الطاقة في بلد ما، مقياسا للنمو الاقتصادي وانعكاسا لمستوى التنمية التي حققها هذا البلد؛ ومع تطور الحياة الاقتصادية والارتفاع في النمو السكاني، زاد الطلب على الطاقة بشكل كبير، وتمكن الانسان من توفيرها من خلال مصادر الطاقة الأحفورية من فحم وبترول وغيرها، إلى درجة أصبحت هذه المصادر المحرك الأساسي لعجلة الحياة في مختلف مجالاتها، هذه الوضعية بقدر ما قدمت للبشرية من تقدم ورفاهية، بقدر ما خلفت من آثار سلبية على البيئة ، وقد بدأ العالم يدرك الأبعاد الخطيرة لنموذج الطاقة القائم، والمتسم في الإدمان الكبير للاقتصاد العالمي على مصادر الطاقة الأحفورية الناضبة من جهة، والمهددة للبيئة من جهة أخرى.

في ظل هذه المعطيات، توجهت جهود البحث والتطوير نحو إمكانيات توظيف الطاقات المتجددة، والتقليص التدريجي للأشكال الكلاسيكية للطاقة، ومحاولة إيجاد التكنولوجيات المتجددة والتقنيات التي تسهل وتبسط استخدام هذا البديل، فطاقة الرياح، الطاقة المائية، الطاقة الشمسية كلها أنواع قد تمثل بدائل ممكنة، والمفاضلة بينها تتوقف على العوامل الطبيعية للبلد من جهة و تكاليف الإمكانيات التكنولوجية من جهة أخرى، ويعتبر الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة خطوة منطقية بالنسبة للدول التي تعتمد اقتصادياتها بشكل كبير على إنتاج وتصدير النفط والغاز، حيث سيساهم هذا الاستثمار في التحول من دول منتجة ومصدرة للنفط والغاز إلى لاعب مهم في مجال الطاقة بشكل عام.

للجزائر إمكانات وقدرات هامة من الطاقات المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية، التي تؤهلها للعب دور مهم في إنتاج وتصدير الطاقة، وهذه الأخيرة لا تزال في بداية مسارها في الجزائر مقارنة مع دول أخرى.

كل هذه المعطيات تجعلنا نطرح العديد من التساؤلات عن تعريف وماهية الطاقات المتجددة، أنواعها، استخداماتها، أهم المميزات التي تحظى بها، والمعيقات التي تواجهها. وعن الإمكانيات والقدرات التي تتمتع بها دولة الجزائر من هذه البدائل الطاقوية المتجددة، و بما أن الجميع أصبح يعلم بأن الطاقات التقليدية عبارة عن طاقات آيلة للزوال والنضوب فقد تكون الطاقات المتجددة باختلاف أنواعها، الطاقة المائية، طاقة الرياح، طاقة الهيدروجين، الطاقة النووية، الطاقة الحيوية، الطاقة الحرارية الأرضية، والطاقة الشمسية، أنجع وأفضل الحلول التي تعوض مكان الطاقات التقليدية.

2.1 مفهوم الطاقات المتجددة:

الطاقات المتجددة هي الطاقات التي نحصل عليها من خلال تيارات الطاقة التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري، وهي بذلك عكس الطاقات غير المتجددةالموجودة غالبا في مخزون جامد تحت الأرض، بتعبير آخر هي عبارة عن مصادر طبيعية دائمة غير ناضبة متوفرة في الطبيعة بصورة محدودة أو غير محدودة إلا أنها متجددة باستمرار، واستعمالها أو استخدامها لا ينتج أي تلوث للبيئة كونها طاقات نظيفة فنجد مثلا الطاقةالشمسية وطاقة الرياح والماء والحرارةالجوفية لا ينتج عن استخدامها أي تلوث أما احتراق الكتلةالحية فينتج عنه بعض الغازات إلا أنها أقل من تلك الناتجة عن احتراق الطاقات الأحفورية **[1]**.

إن بداية الاهتمام بهذا النوع من مصادر الطاقة يعود إلى بداية السبعينات وبالأساس إلى أزمة الطاقة لعام 1973م وانعكاساتها على اقتصاديات الدول المتقدمة، والتيوجدت أن الحل المتاح للقضاء على تبعية اقتصادياتها للبترول هو تطوير مصادر بديلة تكون محلية، إلا أن هذا الاهتمام سرعان ما تلاشى بعد انخفاض أسعار البترول في السوق العالمية. مع تنامي الوعي البيئي والتأكد العلمي من علاقة التغير المناخي بحرق مصادر الطاقة الأحفورية، وبعد بروتوكول كيوتو وكذا الإستنزاف الكبير الحاصل في المصادر المعتمدة بات الاهتمام بمصادر الطاقة المتجددة أكثر إلحاحا وبدأت الدول توجه جهود البحث العلمي نحو هذاالمجال منأجل وضع مختلف أنواعها في خدمة اقتصاديات الدول **[2]**.

3.1 أسباب و دوافع التركيز على الطاقة المتجددة:

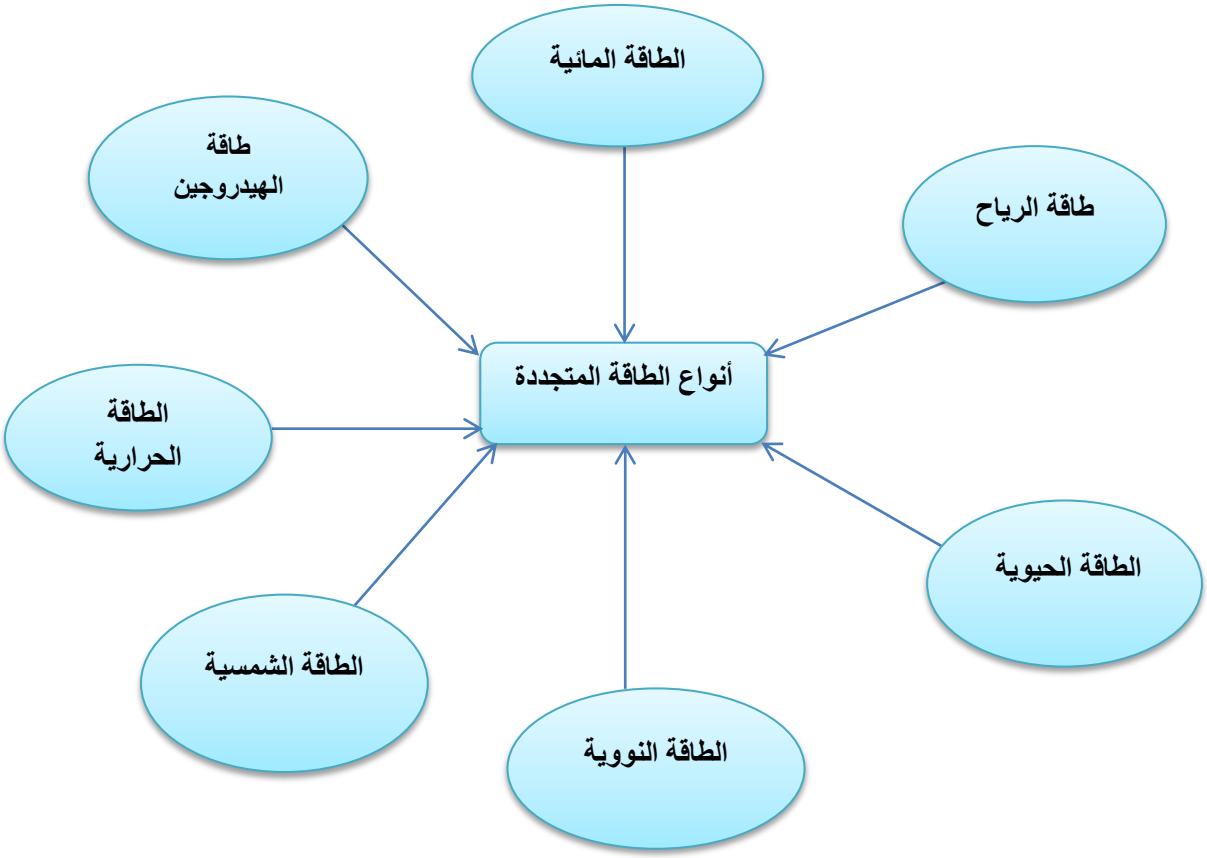
- زيادة نسبة ثنائي أوكسيد الكربون في الجو تؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة، أما زيادة انبعاث غاز الميثان تزيد من تساقط الأمطار الحامضية.
- خلال السنوات الماضية ارتفعت درجة الحرارة بمقدار 2 °C، وثنائي أكسيد الكربون ازداد بنسبة 20 بالمئة، مما أدى إلى زيادة سخونة الأرض بمقدار 6Watt.
- أدت زيادة الميثان بمعدل 7 بالمئة إلى زيادة الأمطار في بعض مناطق الكرة الأرضية وانحباسها في مناطق أخرى، وانحباسها في مناطق أخرى. وسقوط الأمطار قد ازداد بنسبة 15 بالمئة أدى إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار 10.5 سنتمتر خلال القرن الماضي مما أدى إلى انغمار بعض الأراضي الصالحة للزراعة وذوبان الثلج واختفاء الغابات في مناطق أخرى.

- الإشعاع والمخلفات النووية والتي تنتج عن المفاعلات النووية المنتجة للطاقة. وبالرغم أن الطاقة النووية شكلت من قبل عدة عقود من الزمان حلا مثاليا ومصدرا مهما من مصادر الطاقة، إلا أن تراكم نواتجها من مخلفات خطيرة على حياة المخلوقات جعلتها غير مرغوب بها. فالمخلفات الناتجة أكثر ضررا وأكثر كلفة للتخلص منها **[3]**.

4.1 أنواع الطاقات المتجددة:

تعبر الصورة في الأسفل عن مختلف انواع الطاقات المتجددة.

الشكل رقم (01):أنواع الطاقات المتجددة.



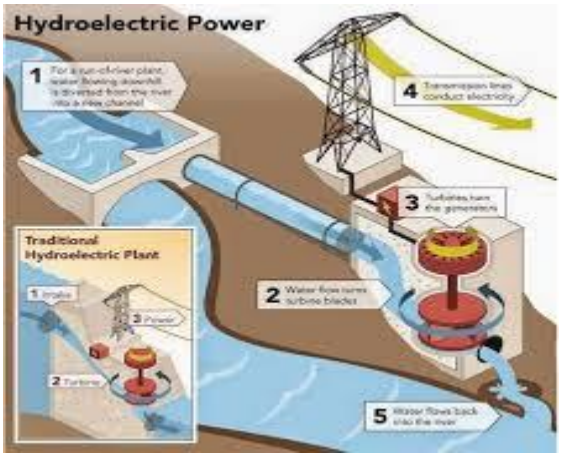
كما يوضح المخطط أعلاه فإنه يوجد عدة أنواع من الطاقات المتجددة، تتمثل في الطاقة المائية، طاقة الرياح، الطاقة الحرارية الأرضية، طاقة الهيدروجين، الطاقة النووية، الطاقة الحيوية والطاقة الشمسية. جميع هذه الأنواع مرشحة لتكون بدائل طاقوية فعالة عن الوقود الأحفوري.

1.4.1 الطاقة المائية:

1.1.4.1 تعريف:

توجد المياه في أماكن مرتفعة كالبحيرات ومجاري الانهار، يمكن التفكير بتوليد الطاقة خاصة إذا كانت طبيعة الأرض التي تهطل فيها الأمطار أو تجري فيها الأنهار جبلية ومرتفعة، ففي هذه الحالات يمكن توليد الكهرباء من مساقط المياه. أما إذا كانت مجاري الانهار ذات انحدار خفيف فيقتضي عمل سدود في الأماكن المناسبة من مجرى النهر لتخزين المياه، إذا كان مجرى النهر منحدرا انحدار كبيرا فيمكن عمل تحويله باتجاه أحد الوديان المجاورة وعمل شلال اصطناعي، هذا بالإضافة إلى الشلالات الطبيعية التي تستخدم مباشرة لتوليد الكهرباء، و بصورة عامة إن أية كمية من المياه موجودة على ارتفاع معين تحتوي على طاقة كامنة في موقعها فإذا هبطت كمية المياه إلى ارتفاع أدنى تحولت الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية، وإذا سلطت كمية المياه على توربين مائية دارت بسرعة كبيرة وتكونت على محور التوربين طاقة ميكانيكية، و إذا ربطت التوربين مع محور المولد الكهربائي تولد على أطراف العضو الثابت من المولد طاقة كهربائية **[4]** تعبر الأشكال (2) و (3) عن الطاقة الكهرومائية.

الشكل رقم (02): الطاقة الكهرومائية.



الشكل رقم (03): توليد الكهرباء عن طريق السدود.

2.1.4.1 مميزات و معيقات الطاقة المائية:

1. المميزات:

- تعتبر الطاقة المائية من الطاقات المتجددة النظيفة والكفؤة لإنتاج الكهرباء فهي لا تخلف أي فضلات ومواد سامة تضر بالبيئة.
- لبناء محطات التوليد الكهرومائية والسدود فوائد كثيرة، ومنها السيطرة على الفيضانات وإدارة معدل
تدفق المياه خلال المواسم المختلفة، وري الأرض الزراعية المجاورة، وإنشاء مواقع للسياحة والاستجمام وتحسين جودة المياه.
- لا تحتاج إلا إلى عدد قليل من اليد العاملة للإشراف على تشغيلها وإدارتها **[5]**.

2. المعيقات:

- تمتلك الطاقة الكهرومائية القدرة على توليد الكهرباء دون انبعاث غازات الدفيئة ، ومع ذلك ، يمكن أن تسبب أيضًا تهديدات بيئية واجتماعية، مثل موائل الحياة البرية المتضررة، ونوعية المياه المؤذية، وهجرة الأسماك المتعثرة، وتقلص الفوائد الترفيهية للأنهار.
- يمكن أن تؤثر منشآت الطاقة الكهرومائية على استخدام الأراضي والمنازل في منطقة السد، فقد تغطي الخزانات منازل الناس، والمناطق الطبيعية المهمة، والأراضي الزراعية، والمواقع الأثرية.
- يتطلب بناء سد وخزان لدعم الطاقة الكهرومائية الكثير من المال والوقت والبناء.
- تعتمد الطاقة الكهرومائية على الهيدرولوجيا هذا الأخير الذي يعتمد على مستويات هطول الأمطار، والتي يمكن أن تتقلب من سنة إلى أخرى مما يتسبب في عدم الاستقرار.
- يمكن أن تتسبب محطات الطاقة الكهرومائية في فقدان أو تعديل موائل الأسماك، وتؤدي إلى حبس الأسماك وتقييد ممراتها.

- في بعض الحالات، يمكن أن تتسبب الطاقة الكهرومائية في حدوث تغييرات في جودة مياه الخزان والتيار اذ قد يؤدي تشغيل محطة الطاقة الكهرومائية إلى تغيير درجة حرارة الماء وتدفق النهر، و هذه التغييرات قد تضر بالنباتات والحيوانات المحلية في النهر وعلى اليابسة **[6]**.

3.1.4.1 استخدامات الطاقة المائية:

- النواعير التي استخدمت لمئات من السنين في المطاحن وتسيير الآلات...الخ.
- الطاقة الكهرومائية والمقصود هنا السدود والمنشآت النهرية التي تنتج الكهرباء.
- طاقة المد والجزر وهي استغلال طاقة المد والجزر في الاتجاه الافقي.
- طاقة التيار المدي وهي استغلال طاقة المد والجزر في الاتجاه العمودي.
- طاقة الأمواج التي تستخدم طاقة على شكل موجات **[7]**.

2.4.1 طاقة الرياح:

1.2.4.1 تعريف:

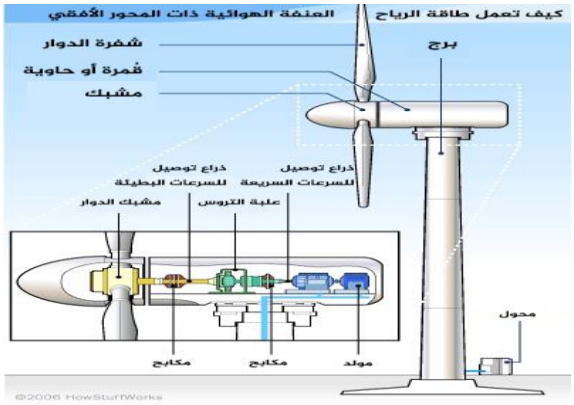
تتولد الرياح نتيجة لامتصاص أسطح الأرض والبحار و المحيطات لأشعة الشمس بنسب متفاوتة، فعند سقوط أشعة الشمس على سطح ما يتأثر الغلاف الجوي ويسخن الهواء مما يؤدي إلى انخفاض كثافته، و هو عكس ما يحدث في المناطق التي ينخفض فيها مقدار الإشعاع الشمسي، و تبعا لذلك ينتقل الهواء من منطقة الضغط المرتفع حيث يقل الإشعاع الشمسي إلى منطقة الضغط المنخفض حيث الإشعاع الشمسي الأكثر وهو ما يؤدي الى نشوء الرياح.

و اليوم تستخدم طاقة الرياح في توليد الكهرباء، عن طريق تحويل طاقة الحركة الموجودة في الرياح إلي طاقة كهربائية، وتسمى الماكينات التي تعمل في توليد الكهرباء توربينات الرياح بخلاف تلك المستخدمة في طحن الحبوب و التي يطلق عليها طواحين الرياح.

تثبت التوربينات على أبراج تصنع من الحديد المعالج، يستطيع أن يتحمل مكونات التوربينة و التي يصل وزنها الى قرابة الثلاثين طن، ويمكن أن تختلف ارتفاعات الأبراج لنفس طراز التوربينة مما يؤدي للحصول على طاقة أكبر من التوربينات ذات الأبراج العالية، نظرا لزيادة سرعة الريح مع زيادة ارتفاع التوربينة، ولكون الطاقة الناتجة من التوربينة تتناسب مع مكعب سرعة الرياح، ومن المتعارف عليه أن

سرعة الرياح تتناسب طرديا مع الارتفاع، فكلما ارتفعنا عن سطح الأرض كلما زادت سرعة الرياح، و يستمر التغير في سرعة الريح مع الارتفاع حتى مستوى 2000 متر عن سطح البحر، بعدها لا يحدث تغير في سرعة الريح **[8]** وتعبر الأشكال (4) و (5) عن طاقة الرياح.

الشكل رقم (04): طاقة الرياح.



الشكل رقم (05): كيف تعمل طاقة الرياح.

2.2.4.1 مميزات ومعيقات طاقة الرياح:

1. المميزات:

- تساعد طاقة الرياح على نمو الصناعات.
- الرياح مصدر وفير لا ينضب و هذا ما يجعل طاقة الرياح طاقة متجددة.
- طاقة الرياح مناسبة من حيث التكلفة، إذ تعد من أقل مصادر الطاقة المتاحة سعرا، حيث أن تكلفة طاقة الرياح تعادل 1الى 2 سنت لكل كيلوواط /الساعة، كما أن مزارع الرياح تبيعها بسعر ثابت لفترة زمنية طويلة، فيمكن أن تحدد سعر ثابت لفترة 20 او 30 سنة مثلا.
- يخلق قطاع طاقة الرياح العديد من الوظائف، و أصبحت وظيفة عامل فني توربينات الرياح واحدة من أسرع الوظائف نموا.
- طاقة الرياح لا تسبب تلوثا ولا تنتج انبعاثات جوية تسبب أمطارا حمضية أو غازات أو ضباب دخاني يزيد من الاحتباس الحراري.

- تصنف الرياح بأنها من أشكال الطاقة الشمسية، إذ تنتج بسبب رفع الشمس لدرجة الحرارة في الغلاف الجوي بالإضافة إلى دورات الأرض وعدم انتظام سطحها، وهذا يعني أنه ما دامت الشمس تشرق فإن الرياح ستهب وبالتالي فهي مستدامة ومتجددة **[9]**.

2. المعيقات:

- من أهم سلبيات الرياح كمصدر للطاقة تباين سرعتها و اتجاهها من وقت لآخر ومن مكان لآخر، بسبب حركة الأرض و الشمس و التضاريس الجغرافية و عوامل اخرى، و بالتالي هناك إهدار جزء كبير من الطاقة الكامنة في الرياح.
- الكلفة المرتفعة لإنتاج الكهرباء والمقدرة بأربعة أضعاف تكاليف الكهرباء بواسطة الطاقة التقليدية، حيث يحتاج هذا المصدر إلى مساحات واسعة، فعلى سبيل المثال يلزم 50 ألف طاحونة هوائية قطرها 56 مترا لإنتاج طاقة كهربائية تعادل مليون برميل من النفط الخام.
- تكمن المشكلة الأساسية في كون أن الطاقة الهوائية لا تتوفر إلا في بعض المواقع وفي عدم استقرار قوتها.
- صعوبة حفظ الطاقة الكهربائية التي يمكن توليدها أي مشكلة التخزين**[10]**.

3.2.4.1 استخدامات طاقة الرياح:

- الطواحين الهوائية لطحن الحبوب وضخ المياه وتسيير السفن **[11].**
- تعتبر توربينات الرياح مثالية لمزج طاقة ما بغيرها من مصادر الطاقة المتجددة سواء كان ذلك شبكات الكهرباء العامة أو بشبكات الكهرباء المصغرة.
- إمداد المزارع و القرى الصغيرة بالطاقة، عن طريق التوربينات التي تقع خارج الشبكة و تصل طاقتها الى 10كيلواط.
- تغذية الشبكات الكهربائية التابعة للمناطق الصناعية بالطاقة عن طريق مزارع الرياح البحرية التي تصل طاقتها إلى عدة مئات من الميغاواط **[12]**.

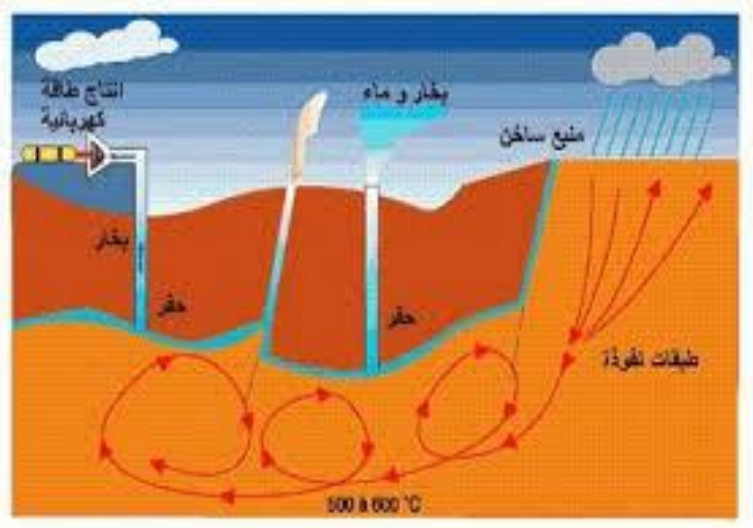
3.4.1 الطاقة الحرارية الأرضية:

1.3.4.1 تعريف:

الطاقة الجيوحرارية هي مصدر متجدد تعتمد على الشمس كمصدرها الأولي للطاقة، تم تحديد درجات الحرارة العالية السائدة عميقا في قشرة الأرض منذ زمن بعيد كمصدر كبير محتمل للطاقة من أجل كل من التدفئة و توليد الكهرباء، يعتبر استخدام الطاقة الجيوحرارية عمليا أكثر في أماكن حيث تكون درجة الحرارة عالية قريبا من سطح الأرض ومن مناطق نشطة جيولوجيا و التي تزود ينابيع حارة أو فوهات بخارية. تم استخدام هذا المصدر من الطاقة بواسطة الإنسان منذ الأزمنة القديمة عادة على شكل حمامات حرارية طبيعية، لكن البحث عن بدائل للوقود الأحفوري قاد إلى اهتمامات متجددة في النشاط الجيوحراري، تستخدم معظم الطاقة الجيوحرارية مباشرة لتوفير الحرارة للأبنية و العمليات الصناعية و في نهاية عام 2000 كانت القدرة الحرارية العظمى المركبة عالميا بالنسبة إلى تطبيقات التدفئة غير الكهربائية أعلى من 15.000 ميغاواط حرارية.

تعتبر الطاقة الجيوحرارية أيضا مصدرا مهما للطاقة الأولية لتوليد الكهرباء، ففي نهاية عام 2003 كانت القدرة العظمى لتوليد الكهرباء جيوحراريا في العالم حوالي 8400 ميغاواط كهربائية، يتم توليد الكهرباء باستخدام تكنولوجيا المحطات البخارية التقليدية، لكن تصميم مجمل النظام يختلف بشكل كبير معتمدا على نوع مصدر الطاقة الجيوحرارية، أبسط نوع من المحطات يغطي "البخار الجاف " المنتج طبيعيا في بعض المواقع الجيوحرارية مباشرة إلى التوربين البخاري الذي يوفر القدرة الميكانيكية لقيادة المولد، يتم تشكيل البخار طبيعيا عندما تواجه المياه في قشرة الأرض الصخور الحارة على عمق كيلومترات عدة تحت سطح الأرض، يمكن لهذا البخار المولد بهذه الطريقة أن يجد طريقه في بعض الأحيان إلى السطح عبر الشقوق الطبيعية في الصخور المحيطة، أما في معظم الحالات فإن البخار المشكل على عمق معين لا يصل بشكل طبيعي إلى السطح، لكن يمكن الوصول إليه بيسر بواسطة حفر آبار تصل إلى خزانات جيوحرارية **[13]** وتعبر الأشكال (6) و(7) عن الطاقة الحرارية الجوفية.

الشكل رقم (06): الطاقة الحرارية الجوفية.



الشكل رقم (07): توليد الكهرباء من الطاقة الحرارية الأرضية.

2.3.4.1 مميزات ومعيقات الطاقة الحرارية الأرضية:

1. المميزات:

- تعتبر صديقة للبيئة لأن الانبعاثات الناتجة عنها ضئيلة للغاية مقارنة بالانبعاثات الناجمة عن الوقود الأحفوري، و إن زيادة اعتمادنا على هذا المصدر من الطاقة يعمل على التقليل من ظاهرة الاحتباس.
- تأتي الطاقة الحرارية الجوفية من باطن الأرض الذي يحتفظ بحرارته دائما لذلك فهي تعد مصدرا متجددا للطاقة.

- مصدر موثوق للطاقة حيث يمكننا أن نتوقع كمية الطاقة المنتجة من محطة توليد الطاقة الحرارية الجوفية بدقة رائعة، ليس هذا هو الحال مع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح حيث يلعب الطقس دورا كبيرا في إنتاج الطاقة.
- خفض تكاليف التدفئة إلى حد كبير، ما يصل إلى 80 في المائة من تكلفة الوقود الأحفوري العادي.
- يمكن استخِدام الطاقة الحرارية الجوفية في تدفئة وتبريد المنازل، و في الآونة الأخيرة زاد إقبال أصحاب المنازل على استخدام هذه الطاقة في منازلهم **[14]**.

2. المعيقات:

- تعد محطات توليد الطاقة الحرارية الأرضية مكلفة في البناء و التشغيل؛ إذ يتطلب العثور على موقع مناسب إجراء مساحات جيدة تكون مكلفة مع عدم وجود ضمان لضرب نقطة ساخنة منتجة تحت الارض.
- المناطق التي ترتفع فيها درجة حرارة المصدر الجوفي تقع في مناطق بها براكين جيولوجية نشطة، إضافة الى مناطق أخرى نشطة زلزاليا.
- أنظمة السخانات المفتوحة التي تسمح بإطلاق بعض ملوثات الهواء كبريتيد الهيدروجين وكذلك كمية صغيرة من الزرنيخ والمعادن تنطلق مع البخار.
- في محطات الطاقة الحرارية الأرضية البحرية تتراكم كمية كبيرة من الملح المتداخل في الأنابيب في الأنظمة المغلقة فلا تحدث أية انبعاثات ويتم ارجاع كل السائل الذي تم إحضاره الى السطح **[15]**.

3.3.4.1 استخدامات الطاقة الحرارية الأرضية:

- تستخدم بطريقة مباشرة، عن طريق استغلال الماء الساخن الذي يخرج من الينابيع والخزانات الموجودة بالقرب من سطح الأرض، إذ تستخدم هذه الينابيع المعدنية الساخنة للاستحمام والطبخ والتدفئة والاستشفاء منذ القدم.
- تدفئة المباني من خلال ضخ الماء الساخن الذي يخرج من باطن الأرض إلى سطح الأرض بالقرب من المكان المراد تدفئته.

- توليد الكهرباء عن طريق الطاقة الحرارية الأرضية، وذلك عند درجة حرارة عالية تتراوح بين 148.9 إلى 260 درجة مئوية، حيث تبنى محطات الطاقة الحرارية الأرضية التي تقوم بوضع الخزانات الحرارية على بعد 1.6 إلى 3.2 كم من سطح الأرض.

- تستخدم في مجال الزراعة، إذ يستخدمها الكثير من المزارعين لتدفئة الصوبات الزراعية، وزراعة النباتات الاستوائية كأشجار الحمضيات في منتصف الشتاء، وزراعة الخضراوات، كما يمكن استخدامها في المزارع السمكية، حيث تحتاج الأسماك الاستوائية وغيرها من الحيوانات المائية إلى الماء الدافئ باستمرار للبقاء على قيد الحياة.

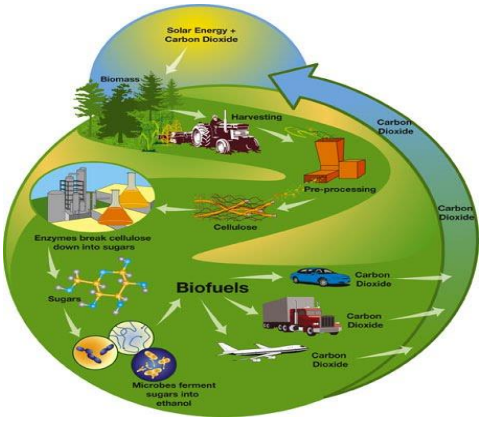
- حماية البنية التحتية والحفاظ على الطرق من خلال منع تراكم الجليد في المواسم الباردة.

- تجفيف الأطعمة كالفواكه والخضراوات، أو من أجل استخلاص المعادن النفيسة، أو في صناعات أخرى مثل بسترة الحليب وغيرها **[16]**.

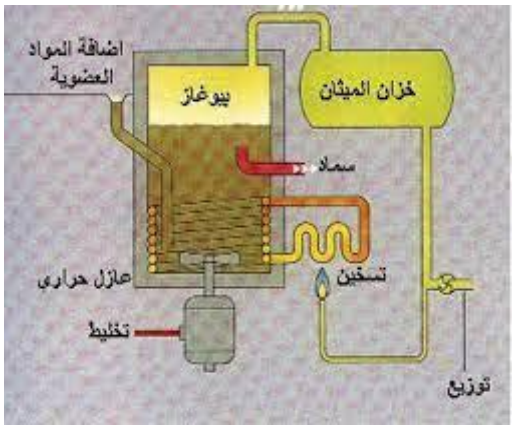
4.4.1 الطاقة الحيوية:

1.4.4.1 تعريف:

هي الطاقة الناتجة من المخلفات العضوية الحيوانية النباتية البشرية الزراعية والصناعية...الخ، كل هذه المواد تستخدم في إنتاج الطاقة و سواء كانت هذه المخلفات صلبة أو كانت ماء صناعيا فائضا أو مخلفات زراعية فهي قابلة للمعالجة باستخدام عدة طرق أهمها "التخمير البكتيري " أو " الاحتراق الحراري "، و يعطي كل أسلوب منتوجاته الخاصة به من الإيثانول الذي يعد واحدا من أفضل أنواع الوقود الحيوي المستخلصة من الكتلة الحية، وهو يستخلص من محاصيل الذرة أو السكر وتجرى التجارب باستمرار لإيجاد وسائل اقتصادية لاستخدام الكتلة الحية في توليد الكهرباء، وإحدى هذه الطرق تكون بحجز الميثان المنطلق من المخلفات الحيوانية ومن ثم استخدامه كوقود في الغلايات البخارية، توجد أيضا تجارب أخرى تهدف إلى استخدام الأخشاب في توليد الكهرباء، ففي صناعة الورق يمكن استعمال الفضلات الخشبية لتوليد طاقة كهربائية تغذي هذه الصناعات نفسها **[17]** وتعبر الأشكال (8) و(9) عن الطاقة الحيوية.



الشكل رقم(08): طاقة الكتلة الحيوية.



الشكل رقم (09): طاقة كهربائية وحرارية من النفايات.

2.4.4.1 مميزات ومعيقات الطاقة الحيوية:

1. المميزات:

- إمكانية تخزين الطاقة الحيوية ، حيث يمكن توفيرها في أي وقت للوفاء بمختلف الاحتياجات وينطبق ذلك على الخامات الأساسية كالأخشاب و على المنتجات الوسيطة أو النهائية كالغاز الحيوي والإيثانول الحيوي.
- امتلاك كل دول العالم كتلة حيوية صلبة يمكن استخدامها في توفير إمدادات الطاقة.
- يساعد استخدام الكتلة الحيوية على التخفيف من مشكلات التخلص من نفايات البلدية أثناء توفير الطاقة التي تعد الدول في أمس الحاجة إليها.
- الانتفاع المزدوج للمناطق الزراعية من استخدام الطاقة الحيوية، إذ يتم تأمين و استحداث وظائف في مجالي الزراعة و العمل بالغابات و في عملية تحويل الطاقة الحيوية بأكملها من جهة، و من جهة أخرى تفتح المحاصيل المنتجة للطاقة مجالا جديدا للأعمال التجارية أمام المزارعين.
- يعمل استحدام الطاقة الحيوية على نزع مركزية إنتاج الطاقة ويخلق دورة للمادة و الطاقة.
- لا تؤثر على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون إذ لا تنبعث منها إلا الكمية التي امتصتها النباتات من قبل أثناء نموها **[18]**.

2. المعيقات:

- باهظة الثمن بسبب ظروف استخراج الكتلة الحيوية في بعض المناطق، و يحدث هذا عادة في مشاريع الاستخدام التي تتضمن جمع و معالجة و تخزين بعض أنواع الكتلة الحيوية.
- تتطلب مساحات كبيرة وهذا للعمليات المستخدمة للحصول على طاقة الكتلة الحيوية خاصة للتخزين حيث تميل البقايا الى أن تكون منخفضة الكثافة.
- في بعض الأحيان استخدام هذه الطاقة يمكن أن يسبب ضررا للنظم البيئية، بسبب أنشطة جمع الكتلة الحيوية وتغيير المساحات الطبيعية للحصول على الموارد **[19]**.

3.4.4.1 استخدامات الطاقة الحيوية:

- تعتبر مصدر طاقة للتدفئة و الكهرباء آمن على البيئة و الصحة.
- تستخدم الكتلة الحيوية في إنتاج وقود النقل، الأمر الذي يعود بالفائدة العظمى على البيئة من خلال تقليل غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن قطاع النقل المعتمد على المنتجات البترولية وبالتالي تقليل استخدامها، و قد شاع استخدامها بشكل كبير من أجل الرغبة في صناعة كمية كبيرة من المركبات الكهربائية التي تعمل بالطاقة الحيوية المتجددة.
- توفر الكتلة الحيوية فرصة تكوين منتجات حيوية مصنوعة من المصادر الطبيعية النباتية و الحيوانية، حيث تشكل بديلا جيدا للعديد من الصناعات المعتمدة على البترول و الغاز الطبيعي.
- تستخدم في صناعة الأسمدة الطبيعية و مواد التشحيم إضافة إلى الرغوة ذات الأساس الحيوي و المستخدمة في صناعات كثيرة.
- تستخدم في انتاج البلاستيك و المواد الكيميائية الصناعية كبدائل **[20]**.

5.4.1 الطاقة النووية:

1.5.4.1 تعريف:

هي الطاقة التي يتم توليدها عن طريق التحكم في تفاعلات انشطار أو اندماج الأنوية الذرية، تستغل هذه الطاقة في محطات توليد الكهرباء النووية، لتسخين الماء لإنتاج البخار الذي يستخدم بعد ذلك لإنتاج الكهرباء.

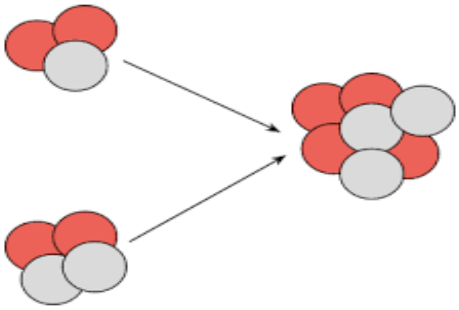
الطاقة النووية تسمى أيضا الطاقة الذرية، هي أشد أنواع الطاقة المعروفة فاعلية وتنقسم الطاقة النووية إلى قسمين مختلفين (الانشطار النووي- الانصهار النووي).

فالطاقة التي تطلقها النواة تولد كميات كبيرة من الحرارة، ويمكن استخدام هذه الحرارة لتوليد البخار الذي يمكن استعماله لإنتاج الكهرباء، وقد اخترع المهندسون أجهزة تسمى المفاعلات النووية و ذلك من اجل إنتاج الطاقة النووية و التحكم فيها، وأهم استعمال سلمي للطاقة النووية هو إنتاج الطاقة الكهرومائية، ويعتمد أكثر من نصف إنتاج الطاقة الكلي على الطاقة النووية في بعض البلدان.
وتسير الطاقة النووية أيضا بعض الغواصات والسفن التي يولد فيها المفاعل حرارة لتكوين بخار يحرك دواسرها، وإضافة إلى ذلك، فإن للانشطار النووي الذي يولد الطاقة النووية قيمة كبيرة، إذ أنه يطلق أشعة وجسيمات تسمى الإشعاع النووي الذي يستعمل في الطب و الصناعة وأهم أنواع المفاعلات:

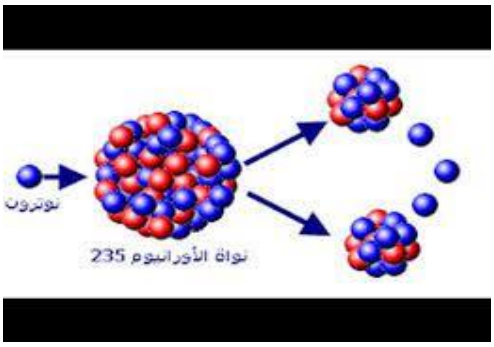
- مفاعل سريع بتبريد الرصاص ويستخدم في بعض الغواصات.
- مفاعل ملح منصهر تعمل بالثوريوم.
- مفاعل بتبريد غازي تقدمي، ويعمل باليورانيوم الطبيعي أو اليورانيوم المخصب.
- مفاعل الماء الثقيل المضغوط وهو يعمل باليورانيوم الطبيعي **[21]**.

تعبر الأشكال (10)،(11)،(12) عن الطاقة النووية.

الشكل رقم (10): الطاقة النووية.



الشكل رقم (11): اندماج نووي.



الشكل رقم (12): انشطار نووي.

2.5.4.1 مميزات وعيوب الطاقة النووية:

1. المميزات:

طاقة منخفضة التكلفة: على الرغم من أن تكلفة بناء محطات الطاقة النووية عالية في البداية إلا أن إنتاج الطاقة منها رخيص نسبيا و تكاليف تشغيلها منخفضة، بالإضافة إلى أن الطاقة النووية لا تعاني مشكلة تقلبات الأسعار التي تعانيها مصادر طاقة الوقود الأحفوري التقليدية مثل الفحم الغاز الطبيعي.

طاقة موثوقة: من أكبر فوائد الطاقة النووية أنها مصدر موثوق لتوليد الطاقة، إذ يمكن توليد الطاقة النووية في أي وقت على مدار اليوم، هذا يعني أن محطة الطاقة النووية يمكنها إنتاج الطاقة دون توقف و لن تضطر إلى مواجهة أي تأخير في إنتاج الطاقة.

لا تسبب انبعاثات كربونية: لا تنتج مفاعلات الطاقة النووية أي انبعاثات كربونية، و هذه ميزة كبيرة مقارنة بالمصادر التقليدية لتوليد الطاقة مثل الوقود الأحفوري الذي يطلق أطنانا من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

تأمين مستقبل إمدادات الطاقة: يعد الاندماج النووي كنزا ثمينا لإنتاج الطاقة، فإذا وجدت إمكانية التحكم الفعال والآمن بالاندماج النووي فيمكن عمليا الحصول على طاقة غير محدودة، و توجد بعض التحديات الخطرة التي يجب حلها بهدف تعميم استخدام هذه الطاقة على نطاق أوسع.

طاقة ذات كثافة عالية: تشير التقديرات إلى أن كمية الطاقة المنبعثة في تفاعل الانشطار النووي أكبر بعشرة ملايين مرة من الكمية المنبعثة عند حرق الوقود الأحفوري، لذلك فإن كمية الوقود النووي المطلوبة في محطة الطاقة النووية أصغر بكثير مقارنة بأنواع أخرى من محطات الطاقة، وهذا ما يساعد على المساهمة في انخفاض تكلفة الطاقة النووية، حيث يمكن لمحطة طاقة نووية واحدة أن تنتج آلاف الميغاواط / ساعة من الطاقة **[22]**.

2. المعيقات:

- تخوف كبير من احتمالات التسرب الإشعاعي من المفاعلات أثناء التشغيل أو الحوادث، مما قد يدمر كل أشكال الحياة في منطقة الإشعاع.
- التكلفة المالية باهظة الثمن خاصة لتلك المحطات طويلة الأمد.
- حاجتها إلى كميات مياه ضخمة تستخدم في المفاعل النووي للتبريد.

احتمالية التسرب والانهيارات للمفاعل النووي في حال وجود أية أخطار زلزالية.

- مواجهة مشكلة التخلص من النفايات التي تُنتجها المفاعلات النووية، لذلك تقوم الدول المتقدمة التي تستخدم المفاعلات النووية بطمر المخلفات النووية في أعماق كبيرة في الأرض، بحيث تمنع التأثير الخطير منها على الإنسان والبيئة **[23]**.

3.5.4.1 استخدامات الطاقة النووية:

- الحصول على الطاقة الكهربائية اللازمة للصناعات المختلفة مثل صناعة الالمنيوم و الحديد الصلب و الاسمدة والإسمنت.
- الاستخدامات المنزلية كالإضاءة و تشغيل الاجهزة الكهربائية التلفزيونات و الثلاجات و الغسالات و المبردات وغيرها.
- تسيير السفن و حاملات الطائرات و الغواصات النووية.
- تستخدم في مجالات الطب و الصناعة و الزراعة.
- تستخدم في انتاج النظائر المشعة **[24]**.

6.4.1 طاقة الهيدروجين:

1.6.4.1 تعريف:

غاز الهيدروجين من مصادر الطاقة التي تتميز بالوفرة، فهو متوافر بكثرة في الطبيعة حيث يوجد متحدا مع الأكسجين مكونا الماء الذي يملأ البحار و المحيطات، و يمكن الحصول على الهيدروجين نقيا بالتحليل الكهربائي للماء، حيث يتحلل الماء الى عنصريه من الهيدروجين والأكسجين، يستخدم الهيدروجين كوقود للسيارات سواء في حالته الطبيعية أو الغازية أو تحويله إلى سائل بالضغط و التبريد، يعوقه الكثير من المشاكل، ففي حالته الغازية نواجه مشكلة تخزين الكميات الكافية منه بطرق آمنة وأيضا اقتصادية، أما في الحالة السائلة فإننا نواجه مشاكل كثيرة تتمثل في استخدام قدر كبير من الطاقة اللازمة للحصول على ضغط مرتفع لتحويل الغاز الى سائل، كما تتطلب إسالة الغاز الوصول الى درجة حرارة منخفضة للغاية **[25]** ويعبر الشكل **(13)** عن الطاقة الهيدروجينية.

الشكل رقم (13): الطاقة الهيدروجينية.

2.6.4.1 مميزات ومعيقات طاقة الهيدروجين:

1. المميزات:

- الهيدروجين عنصر قابل للاحتراق ذو محتوى حراري عال و لا ينتج عن احتراقه أي غازات ملوثة.
- إنه مصدر غير ناضب ومتوفر بكميات كبيرة في الطبيعة و خصوصا في مياه البحار و المحيطات، و هو دائم و متجدد إذ أن احتراقه يولد الماء النقي الذي يمكن أن نستخلص منه الهيدروجين مرات متتالية وغير محدودة.
- سهولة نقله وتخزينه، فالهيدروجين يمكن نقله بشكل سائل أوغاز سواء في صهاريج أوعبر شبكات الأنابيب و هو ما يجعله وقودا مقبولا للاستهلاك، كما يمكن خزنه لفترات طويلة واستعماله عند الحاجة دون أن يؤثر ذلك في خصائصه.
- يمكن استخدام الهيدروجين في البيوت السكنية بدلا من الغاز الطبيعي وبصورة خاصة لأغراض الطبخ والتسخين و التدفئة، كما يمكن استعماله كوقود لمختلف وسائل النقل دون إجراء تغييرات جذرية في أجهزة المحركات المعمول بها حاليا **[26]**.

2. المعيقات:

- الاعتماد الكبير على الغاز الطبيعي في إنتاج الهيدروجين وهذا لا يحل مشكلة نضوب الطاقات الأحفورية وكذا انبعاث الغازات السامة.
- انخفاض الطاقة في وحدة الحجم من الهيدروجين وهو ما يعني الحاجة إلى خزانات كبيرة للاحتفاظ به إلى وقت الحاجة.
- اختلاف البنى التحتية لطاقة الهيدروجين عن نظيرتها لمصادر الطاقة الحالية، مما يعني ضرورة إجراء تغيرات قد تكون مكلفة.
- ارتفاع تكاليف إنتاج الهيدروجين، فمن أجل إنتاج متر مكعب منه في معظم الأجهزة المنتشرة حاليا نحتاج من 4.5 الى 4.8 كيلواط / ساعة، ومن أجل خفض التكاليف تتركز الأبحاث على تحسين المردود لهذه الخلايا **[27]**.

3.6.4.1 استخدامات طاقة الهيدروجين:

- يمكن استخدام الهيدروجين في البيوت السكنية بدلا من الغاز الطبيعي و بصورة خاصة لأغراض الطبخ و التسخين و التدفئة.
- استعماله كوقود مستقبلي لمختلف وسائل النقل دون إجراء تغييرات جذرية في أجهزة المحركات المعمول بها حاليا.
- صناعة الأسمدة الكيميائية وتوليد الطاقة الكهربائية.
- يؤدي انتاج الهيدروجين باستخدام التحليل الكهربائي للماء إلى توافر الأكسجين الذي يستخدم في عدة استخدامات هامة مثل انتاج الفولاذ أو تنقية المياه الملوثة و غير ذلك **[28]**.

7.4.1 الطاقة الشمسية:

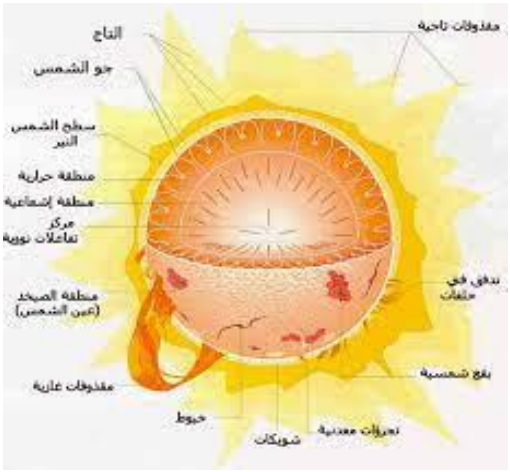
1.7.4.1 تعريف:

تعتبر الطاقة الشمسية ناتج التفاعلات النووية التي تحدث في الشمس، و تصل طاقتها الحرارية إلى الأرض على صورة طاقة إشعاعية مكونة من الاشعة فوق البنفسجية (التي حجب كمية كبيرة منها بواسطة

الغلاف الجوي)، و الأشعة المرئية و الأشعة تحت الحمراء (الأشعة الحرارية)، والمجموع الكلي للطاقة الشمسية الواصلة إلى الأرض كبير جدا، حيث أن 1 بالمئة فقط من مساحة الأرض يكفي لتجميع طاقة شمسية تغطي احتياجات العالم بأسره من الكهرباء، والجدير بالذكر أن استخدام الطاقة الشمسية لن يغير في المخزون أو في دورة الطاقة على الأرض، فإن المسطحات المائية واليابسة تمتص أشعة الشمس ومن ثم تقوم بتحويلها إلى طاقة حرارية وإعادة إشعاعها إلى الفضاء الخارجي، وكذلك النسبة البسيطة التي يمتصها النبات أثناء عملية التمثيل الضوئي يتم إطلاقها على شكل طاقة حرارية، والإنسان أيضا يقوم بتحويل حصته من الطاقة الشمسية أو فقدها على شكل حرارة و هكذا تبقى الطاقة الكلية محفوظة و لا خلل في دورتها وعليه فإن الشمس مصدر متجدد للطاقة و لن ينفذ **[29]**.

تعد الطاقة الشمسية مصدرا هاما يمكن له أن يساهم بشكل مباشر في تحسين نوعية الحياة على الأرض، وذلك إذا تم تسخيرها بالشكل المناسب والصحيح **[30]** ، تخترق أشعة الشمس الغلاف الجوي و يمتص بعضها من خلاله، **[31]**. تعبر الاشكال **(14)**،**(15)** عن الطاقة الشمسية المتجددة.

الشكل رقم(14): خلية الطاقة الشمسية.



الشكل رقم (15): طبقات الشمس.

7.4.1 مميزات ومعيقات الطاقة الشمسية:

1. المميزات:

تتميز الطاقة الشمسية بمزايا متعددة ينكن إجماله بما يأتي: **[32]،[33]،[34].**

- الطاقة الشمسية هي طاقة هائلة من حيث كميتها، وهي لا تنضب عمليا بالمقارنة مع مصادر الطاقة الأخرى كالوقود الأحفوري.
- طاقة مجانية حيث يعتمد استخدامها على التكلفة التأسيسية فقط.
- تتوزع على سطح الكرة الأرضية كلها وخاصة في مناطق العرض.
- يكون توزعها منتظم تقريبا عند خطوط عرض محددة وحتى المناطق القطبية القريبة.
- عملية من ناحية استخدامها ويمكن تحويلها إلى أشكال مختلفة من الطاقة (كهربائية، حرارية ...).
- طاقة نظيفة من حيث تأثيرها على البيئة وعدم خطورة استخدامها، على عكس الطاقة الناتجة عن احتراق الفحم والبترول والطاقة النووية المستخدمة حاليا.

2. المعيقات:

- ارتفاع التكلفة لمشاريع الطاقة المتجددة بصفة عامة، وأهمها مشاريع الطاقة الشمسية وذلك نتيجة لارتفاع التكلفة المبدئية للمعدات والمنظومات بصفة رئيسية بالمقارنة بنظم ومعدات الطاقة التقليدية والتي تنتج نفس الكمية من الطاقة.
- الدعم المقدم للطاقة التقليدية يخفض من أسعارها ويرفع من تكاليف استخدام الطاقة المتجددة.
- اختلاف درجة سطوع الشمس خلال ساعات الليل والنهار، فالأجهزة الشمسية لا تلتقط أشعة الشمس بفاعلية إلا لمدة ثمان ساعات أثناء النهار، بحيث تصبح مشكلة تخزين هذه الطاقة المفتاح إلى تطوير مستقبل استخدامه مع وجود بعض المشكلات المتعلقة بعملية التخزين نفسها.
- الافتقاد إلى الكوادر الفنية المدربة.

- رغبة بعض الجهات التي يعتمد اقتصادها على استخدام الطاقات التقليدية الأخرى سواء من الوقود الأحفوري أو الطاقة النووية كمصدر للطاقة، على تقييد التقدم في مجال الطاقة الشمسية والذي من شأنه أن يؤثر سلبا على اقتصادياتها.
- المساحة الكبيرة المطلوبة لوضع الأجهزة المجمعة لأشعة الشمس غير المركزة **[35]**.

3.7.4.1 استخدامات الطاقة الشمسية:

تتميز الطاقة الشمسية بإمكانية تحويلها واستخدامها في تطبيقات متعددة يمكن تصنيفها إلى:

1- تطبيقات حرارية: تشمل جميع التطبيقات التي تعتمد على إنتاج الحرارة باستخدام الطاقة الشمسية، والتي نميز فيها ما يأتي **[36]**،**[37]**:

- تسخين المياه للاحتياجات المنزلية و الإنتاجية (السخان الشمسي).
- تدفئة المباني السكنية والصناعية.
- التكييف و التبريد.
- تجفيف المنتجات الزراعية والصناعية.
- تقطير مياه البحر ومعالجة المياه المالحة.
- تخمير ومعالجة الفضلات العضوية لإنتاج الغازات الصناعية والغاز الحيوي.
- البرك الشمسية لتجميع و تخزين هذه الطاقة الحرارية و الطاقة الكهربائية.

2- تطبيقات كهربائية:

تشمل جميع التطبيقات التي تعتمد على إنتاج الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية، حيث يوجد نوعان من أنظمة تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية**[38]**،**[39]**:

- أنظمة التحويل المباشر والتي تتم باستخدام الخلايا الشمسية، وتتألف بصورة أساسية من مواد نصف ناقلة تستطيع تحويل طاقة الفوتونات الضوئية إلى طاقة كهربائية، تولد الخلايا الشمسية تيارا مستمرا ومباشرا تعتمد طاقته على سطوع ومستوى أشعة الشمس حيث كفاءة الخلية نفسها مساحة سطح الخلية الواحدة و عدد الخلايا.

- أنظمة التحويل غير المباشر و التي يتم فيها استخدام الطاقة الشمسية للحصول على طاقة حرارية ومن ثم تحويلها إلى طاقة كهربائية عبر أنظمة ترموديناميكية والتي يمكن أن تكون عنفات بخارية لإنتاج الطاقة الكهربائية.

5.1 إمكانات الجزائر من الطاقات المتجددة:

1.5.1 الطاقة الشمسية في الجزائر:

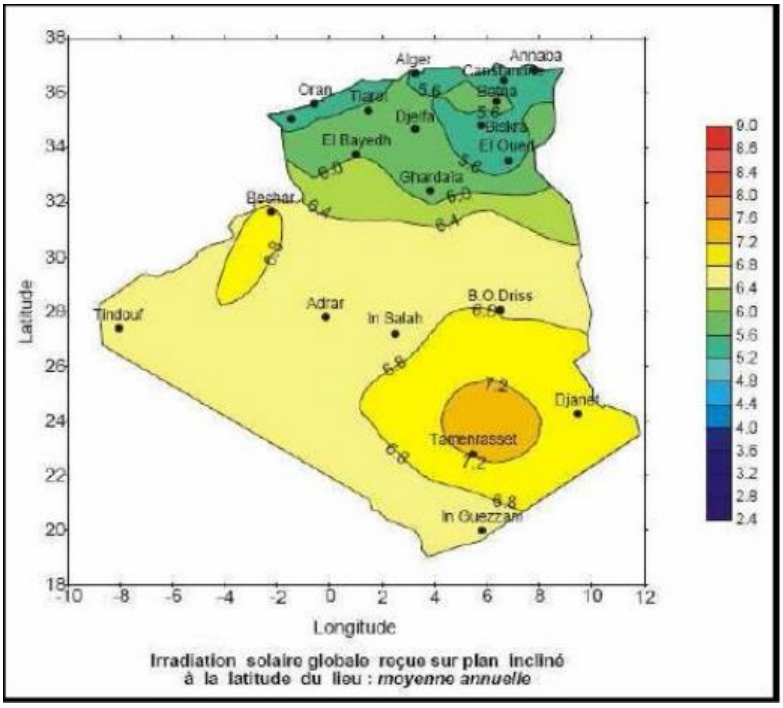
الصحراء الجزائرية هي واحدة من أكبر حقول الطاقة الشمسية في العالم مع سماء صافية و تقريبا دون غيوم، و الصحراء هي مجال الشمس، وقت التعرض للشمس حوالي 3500 ساعة / سنة هو الاكبر في العالم أكبر من 8 ساعات / يوم ما عدا في أقصى الجنوب، أوهي وصولا إلى 6 ساعات / يوم خلال فصل الصيف ويمكن ان تصل إلى أكثر من 12 ساعة / يوم وسط الصحراء.

تتوفر الجزائر جراء موقعها الجغرافي على أغلى الحقول و المناجم الشمسية في العالم، فمدة الشمس في كامل التراب الوطني تقريبا تفوق 2000 ساعة في السنة و يمكنها ان تصل الى 3900 ساعة (الهضاب العليا و الصحراء)، و الطاقة المتوفرة يوميا على مساحة عرضية قدرها 1 م ^{2} تصل إلى 5 كيلواط في الساعة على معظم أجزاء التراب الوطني، أي نحو 1700 كيلواط في الساعة / م ^{3} في السنة شمال البلاد و 2263 كيلواط في الساعة / م ^{2} جنوب البلاد، وهو ما يتيح إشعاعا سنويا يتجاوز 3000 كيلواط في الساعة للمتر المربع الواحد على مساحة تقدر ب 2.381.745 كلم ^{2} ، هذه الإمكانات الهائلة تسمح بتغطية 60 مرة احتياجات أوروبا الغربية، وأربع مرات الاستهلاك العالمي كما تسمح بتغطية 5000 مرة الاستهلاك الوطني من الكهرباء **[40]**.

ويوضح الجدول (1) القدرة الشمسية التي تزخر بها الجزائر على مستوى كل من المناطق الساحلية، الهضاب العليا، والصحراء.

المناطق	المناطق الساحلية	الهضاب العليا	الصحراء
المساحة %	4	10	86
المدة المتوسطة لإشعاع الشمس (الساعة/العام)	2650	3000	3500
الطاقة المتوسطة كيلو واط سا/م^2/السنة	1700	1900	2650

الجدول رقم(01): القدرة الشمسية الموجودة في الجزائر.



الشكل رقم (16): المتوسط السنوي بشدة الإشعاع الشمسي في مختلف مناطق الوطن (كيلواط/سا/م^2)

2.5.1 طاقة الرياح في الجزائر:

تتميز الجزائر بمناطق غنية بسرعة رياح جيدة و اقتصادية تبلغ أكثر من 5م/ثا كمنطقة تندوف، كما نلاحظ أن أكثر المناطق ذات سرعة رياح عالية مثل منطقة أدرار تيميمون و عين صالح، بحيث تبلغ أكثر من 6 م/ ثا هذه الحقول مناسبة لإنشاء مزارع رياح لإنتاج الطاقة الكهربائية.

كما تمتلك قدرات هائلة في صورة أزيد من 1622.8 كلم في السواحل و 1500 كلم تفصل شمال البلاد عن جنوبها **[41]**، يتغير المورد الريحي في الجزائر من مكان لآخر نتيجة الطبوغرافية وتنوع المناخ حيث تنقسم الجزائر إلى منطقتين جغرافيتين:

- الشمال الذي يحده البحر المتوسط، و يتميز بساحل يمتد على 1200 كلم و بتضاريس جبلية تمثلها سلسلتي الأطلس التلي والصحراوي، وبين هاتين السلسلتين توجد الهضاب العليا والسهول ذات المناخ القاري ومعدل السرعة في الشمال غير مرتفع جدا.

- منطقة الجنوب التي تتميز بسرعة رياح أكبر منها في الشمال خاصة في الجنوب الغربي بسرعة 4م/ثا وتتجاوز6م/ثا في منطقة "أدرار" وعليه يمكن القول أن سرعة الرياح في الجزائر تتراوح ما بين 2 إلى 6م/ثا وهي طاقة ملائمة لضخ المياه خصوصا في السهول المرتفعة **[42]**.

3.5.1 الطاقة المائية في الجزائر:

تحتوي الصحراء الشمالية على خزانين من المياه الجوفية يتواجدان في منطقتين عملاقتين، تقع الأولى على الحدود الجزائرية التونسية والليبية وتعد أكبر الطبقات المائية في العالم، أما الثانية والمسماة بالعرق الشرقي الكبير تقع وسط الصحراء الجزائرية فحصة قدرات الري حظيرة الإنتاج الكهربائي هي 5 بالمئة أي حوالي 286 جيغاواط، و ترجع هذه الاستطاعة للعدد غير الكافي لمواقع الري وإلى عدم استغلال مواقع الري الموجودة، وفي هذا الإطار فقد تم تأهيل المحطة الكهرومائية بزيامة منصورية لولاية جيجل بقدرة 100 ميغاواط، إن كميات الأمطار الكلية التي تسقط على الإقليم الجزائري هي كميات مهمة وتقدر بحوالي 65 مليار م^3 سنويا، لكن لا تستغل منها إلا نسبة قليلة تقدر ب 5 بالمئة على عكس بعض البلدان الأوروبية (استغلال 70 بالمئة من هذا المورد في توليد الطاقة الكهرومائية)، إن عدد الأيام التي تهطل فيها الأمطار تتجه نحو الانخفاض كما أنهذه الأمطار تتركز في مناطق محدودة بالإضافة إلى تبخر هذه المياه بفعل الحرارة، ناهيك عن تدفقها بسرعة نحو البحر أو نحو حقول المياه الجوفية **[43]** يوضح الجدول (2) محطات الطاقة الكهرومائية في الجزائر .

المحطة	القدرة الطاقوية	المحطة	القدرة الطاقوية	المحطة	القدرة الطاقوية	المحطة	القدرة الطاقوية
درقينة	71.5	سوق الجمعة	8.08	قوريت	6.42	ارقان	16
اغيل مدى	24	تيزي مدن	4.58	بوحنيفة	5.7	غريب	7
منصورية	100	اقزرنشبال	2.712	واد الفضة	15.6	تسيالة	4.228

الجدول رقم (02): محطات الطاقة الكهرومائية في الجزائر(الوحدة الجيجيواط).

4.5.1 الطاقة الحرارية الأرضية في الجزائر:

تتوفر الجزائر على أكثر من 200 مصدر حراري تتمركز في الشمال الشرقي و الشمال الغربي للوطن، تتجاوز درجة حرارتها 40 ° وترتفع الى 98 ° في حمام المسخوطين بقالمة لتصل إلى 118 ° ببسكرة، حيث يتم الحصول على أكثر من 12 م ^{3} / الثانية من الماء الساخن والذي تتراوح درجة حرارته بين 22 و 98 درجة مئوية، وهو ما يسمح بإنشاء محطات لتوليد الكهرباء، إلا أنه لا يتم استغلالها حاليا سوى في تجفيف المنتجات الزراعية وتكييف البنايات إضافة إلى تدفئة البيوت الزراعية والاستشفاء بصفة أساسية وبالتالي إهدار إمكانات نظيفة لإنتاج الطاقة الكهربائية كما تتوفر الجزائر على طبقة جوفية من المياه الحارة (الطبقة المائية) يحدها من الشمال بسكرة و من الجنوب عين صالح و من الغرب أدرار، أما من الجهة الشرقية فإنها تمتد إلى الحدود التونسية وتقدر درجة حرارتها بحوالي 57 درجة مئوية و بالتالي تشكل خزانا واسعا من حرارة الأرض الجوفية **[44]**.

5.5.1 الطاقة الحيوية في الجزائر:

يعتبر كل من الصنوبر البحري و الكاليتوس نباتين مهمين في الاستعمال الطاقوي، لكنهما لا يمثلان إلا 5 بالمئة من الغابات الجزائرية. وتجدر الإشارة إلى أن استغلال النفايات والمخلفات العضوية خاصة الفضلات الحيوانية من أجل إنتاج الغاز الطبيعي، يمكن أن تعتبر كحل اقتصادي من شأنه أن يؤدي إلى تنمية مستدامة خصوصا في المناطق الريفية، وتتمثل هذه المخلفات في: النفايات المنزلية أو حال محطات تطهير المياه القذرة الحضرية أو الصناعية، النفايات العضوية الصناعية، نفايات الفلاحة و تربية المواشي (الجلود فضلات الحيوانات...) **[45]**.

6.5.1 الطاقة النووية في الجزائر:

عملت الجزائر على استيعاب هذه التكنولوجيا في مجال الطاقة النووية من خلال تعاونها مع بعض الدول مثل ألمانيا، الأرجنتين، وكوريا الشمالية. من أجل تنمية استخدامها في الأغراض السلمية خاصة في إنتاج الطاقة الكهربائية من النووي.

تحتل الطاقة النووية مكانة مهمة في سوق الطاقة الجزائرية، وذلك لامتلاكها أهم مناجم اليورانيوم في سلسلة جبال الهقار وسلسلة جبال أغلاب (رقيبات)، و قد تكون في منطقة واسعة في سلسلة تاهيلي وعموما احتمالات وجود اليورانيوم في الجزائر تتراوح بين معتدلة و عالية.

وتتوفر البلاد على مفاعلين نووين "تور" و "سلام" في كل من دراية وعين وسارة مخصصين للاستخدام العالمي بمراقبة الوكالة الدولية للطاقة الذرية **[46]**.

7.5.1 طاقة الهيدروجين في الجزائر:

إن الهيدروجين في الجزائر الذي كان ولا يزال إن صح التعبير ذو طابع تصوري، هذا الأخير عرف مبادرات كبرى منذ 2003 ولكن لا يزال الوقت مبكرا لاستخلاص النتائج، ولكن اجتماع الرهانات الطاقوية البيئية و المناخية بالإضافة إلى فرص السوق على المدى القصير و المتوسط بالنسبة لخلايا الوقود يعطي نوعا من القوة لهذه الانطلاقة، إن تأثير استعمال هذا المورد الجديد على الحضارات، المؤسسات الاقتصادية، السياسية و الاجتماعية، يقودنا اليوم إلى رؤية واضحة للميادين الأساسية للبحث والتطوير التكنولوجي، والتي يمكن أن تدمج مراكز البحث و الجامعات الجزائرية بالتعاون مع البلدان الأكثر تطورا في هذا المجال.

تعتبر الجزائر حاليا من الدول الأساسية في العالم المنتجة للهيدروجين من خلال المحروقات (النفط الغاز الطبيعي)**[47]**، و لكن توافرها على طبقة مياه جوفية غير مستغلة كليا في الجنوب، ومياه البحر في الشمال بالإضافة إلى الحقل الشمسي الضخم **[48]**.

الفصل الثاني:

الأحواض الشمسية

1.2 تعريف الأحواض الشمسية:

تمثل البركة الشمسية واحدة من أبسط الطرائق المباشرة لجمع الإشعاع الشمسي و تحويله إلى طاقة حرارية، علاوة على ذلك هي مجمع طاقة شمسي يعمل على تجميع و تخزين الحرارة بمجال يتراوح من 50 °C إلى 120° C **[49]**.

تعتبر البركة الشمسية مجمع شمسي ذو مساحة كبيرة يستخدم الماء كوسط ناقل لثلاث عوامل أساسية:

- تجميع طاقة الاشعاع الشمسي، ومن ثم تحويلها إلى حرارة.
- تخزين الحرارة.
- انتقال الطاقة الحرارية إلى خارج المنظومة **[50]**.

و هي البركة المصممة بشكل اصطناعي (غير طبيعي)، مع إمكانية الحفاظ على درجة الحرارة الكبيرة في الطبقة المخزنة للحرارة (طبقة الحمل الحراري السفلية) بالطريقة التي يمنع فيها التركيز العالي للملح حصول الحمل الحراري ويوضح الشكل (17) صورة للأحواض الشمسية.

الشكل رقم (17): البرك الشمسية مصدر للطاقات المتجددة.

2.2. تاريخ الأحواض الشمسية:

لم تخترع البرك الشمسية، بل كان أول اكتشاف لها في أوروبا الشرقية (ترانسيلفانيا/المجر أوائل عام 1900 م على يد فون كاليسينسكي) الذي لاحظ ظاهرة ارتفاع درجة الحرارة بشكل طبيعي في بحيرة ميدف إلى 70 °C عند عمق (1.32 m) في نهاية الصيف و حتى بداية الربيع بلغت أدنى درجة حرارة مسجلة حواليC° 26. كتب ذلك في أول تقرير له عن بركة شمسية طبيعية عام 1902 م، وبعد هذا التقرير تلاه عديد من الدراسات على نفس البركة الطبيعية **[51]**، لاحظ فون كاليسنسكي أن درجات الحرارة المرتفعة في البركة تعود إلى وجود تدرج طبيعي في ملوحة البحيرة، سجلت كذلك درجات

حرارة وصلت إلى 50 °C وذلك على عمق 2 m في بحيرة ضحلة بولاية واشنطن/ الولايات المتحدة الأمريكية. أدى الإشعاع الشمسي المباشر في منطقة الأنتاركتيكا إلى فارق في درجة الحرارة بلغ 45 °C في بحيرة بوني وبحيرة فاندا على عمق 60 m **[52]**، وجد من هذه الملاحظات أن تدرج الملوحة يلعب دورا هاما في تخزين الطاقة الحرارية التي يتم جمعها من الإشعاع الشمسي و التي لفتت انتباه الدكتور رودولف بلوتش لأول مرة. الفكرة التي ألمح إليها فون كاليسينسكي (نظام تخزين الطاقة الشمسية) باستخدام البرك الشمسية الاصطناعية **[53]**. لم تكن هناك أي محاولات تذكر لتصميم برك شمسية بهدف تجميع و استخدام الطاقة الشمسية حتى منتصف القرن العشرين، حيث درست هذه الفكرة بوساطة رابل ونيلسن في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1947 م للاستفادة من تخزين الطاقة وكذلك التسخين باستخدام البرك الشمسية. أنشأت أول بركة شمسية عام (1959 م) بالقرب من البحر الميت، و كان طول البركة m 25 وعرضها 25 m، وتم طلاء قاعها باللون الأسود، وقد وضع الملح في هذه البحيرة بحيث يتزايد تركيزه كلما اتجهنا إلى قاع البحيرة، وبلغت درجة حرارة البحيرة على عمق (80cm) تسعون درجة مئوية، أما الرقم العالمي المسجل لأعلى درجة حرارة في البرك الشمسية فهو 109 °C عند عمق 2m في جامعة نيومكسيكو عام 1980 م. بدأت الأبحاث على البرك الشمسية تعود للواجهة بعد عام 1970 م، فقد صممت البرك الشمسية عموما لإنتاج الطاقة الكهربائية لكنها لم تكن قادرة على المنافسة من حيث التكلفة. زاد الاهتمام بالبرك الشمسية التي تم دراستها في العديد من البلدان مثل تشيلي والاتحاد السوفييتي و الهندو استراليا و الولايات المتحدة الأمريكية... و غيرها خلال العقود الثلاثة الماضية.

تعتبر البرك الشمسية الآن ذات شهرة واسعة في جميع أنحاء العالم، ومن أكثر البرك الشمسية شهرة (بركة **EL-PASO** التي صممت عام 1983 م في جامعة نيومكسيكو/تكساس، الولايات المتحدة الأمريكية)، حيث بدأت العمل كقدرة تشغيلية منذ عام 1985 م، واعتبرت أول بركة شمسية مصممة لتوليد الطاقة الكهربائية في الولايات المتحدة الأمريكية. وفي عام 1987 م قدمت كأول بركة شمسية بهدف تحلية المياه في الولايات المتحدة الأمريكية، إذ تعتبر تقنية البركة الشمسية طريقة جديدة نسبيا لتحلية المياه بالطريقة الحرارية. كانت درجات الحرارة المسجلة في هذه البركة (90 °C)، و لكن بعد وقت قصير من ذلك فإن الطبقات متدرجة الملوحة فقدت كفاءتها (دمرت) كنتيجة لارتفاع درجات الحرارة في المياه المالحة التي وصلت لدرجة غليان الماء. حيث أعيد تصميم البركة متدرجة الملوحة و تم تحسين المنظومة لتجنب مثل هذه المشاكل في المستقبل. ركزت أبحاث **EL-PASO** على دمج البرك الشمسية مع تقنيات التحلية الحرارية.

بنيت بركة شمسية بمساحة صغيرة خلال منتصف عام 1980 م، وصلت درجات الحرارة المسجلة فيها إلى أكثر من 80 درجة مئوية خلال فصل الصيف.

تعد بركة بوج الشمسية الأكثر شهرة في الهند ولاية غوجارات، حيث وصلت فيها درجات الحرارة المسجلة إلى أكثر من 90 °C تمثل الأشكال (**18**)،(**19**)،(**20**) كلا من برك: بوج وأل باسو وهيل برميدا.

الشكل رقم (18): بركة بوج الشمسية/الهند.

الشكل رقم (19): بركة أل باسو الشمسية.

الشكل رقم (20): بركة هيل برميدا.

3.2 تصميم وأداء الأحواض الشمسية:

يعتمد تصميم البرك الشمسية على تطبيق نوعي معين، فمن المهم و الضروري جدا تحديد مدى قابلية البركة للتطبيق العملي قبل مرحلة التصميم و البناء، فمثلا البركة الشمسية المصممة لتزويد المياه الساخنة بدرجات حرارة فوق **80 °C** وبهدف توليد الطاقة كذلك تتطلب معاملات مختلفة مقارنة بتلك التي توفر الماء الساخن بدرجات حرارة تبلغ 35 °C لتطبيقات الاستزراع المائي. علاوة على ذلك، يجب الأخذ بالحسبان درجة الحرارة المراد تسليمها لأي تطبيق، ومن هنا يمكن القول بأنه يجب الحفاظ على درجات الحرارة المخزنة في البركة الشمسية بمقدار أعلى ب **(3~5 °C)** من درجات الحرارة المستخرجة (المسلمة إلى خارج المنظومة)، وذلك من أجل تعويض خسائر نقل الحرارة.

4.2 أهمية التصميم و الحجم:

يعتمد حجم البركة الشمسية على توفر الإشعاع الشمسي جنبا مع درجة الحرارة المطلوبة للتطبيقات العملية، فبالنسبة للتطبيقات التجريبية ذات مساحة سطح أقل من $500\ m^2$ يفضل استخدام برك دائرية الشكل من أجل الأخذ بالحسبان عاملي فقدان الحرارة وأسباب عملية أخرى، حيث يوفر الشكل الدائري أقل حيز من الفراغ يمكن أن يشغله سطح معين، فيما يفضل أن تكون البرك مستطيلة الشكل عندما نتعامل مع برك شمسية أكبر وهنا لا يكون فقدان الحرارة للوسط المحيط عاملا هاما **[54]**.

5.2 المساحة السطحية والعمق:

تحدد المساحة السطحية و كذلك العمق الخصائص التطبيقية العملية للبركة الشمسية وأدائها، حيث تتبع طريقة بسيطة لتقدير المساحة اللازمة و المناسبة من خلال أخذ المعدل الوسطي للحمل الحراري السنوي وفق الآتي:

يؤخذ بعين الاعتبار المعدل السنوي للطاقة الشمسية الواردة إلى متر مربع واحد من سطح أفقي في موقع البركة الشمسية ثم تحسب المساحة السطحية الأفقية حيث يسقط الإشعاع الشمسي الوارد خلال السنة وهذا يساوي إلى الحمولة السنوية التي يتم توريدها للتطبيقات العملية ؛ فإذا كان الحمل السنوي**(2800 GJ)** تكون بناء عليه المساحة السطحية **($400\ m^2$ =2800/7)** ثم نضرب هذه القيمة بالعامل (من 5 إلى 10) لتقدير القيمة الحقيقية لمساحة السطح بما يتوافق مع تلبية و تحقيق الحمل السنوي.

و بالتالي نحتاج إلى مساحة سطح مقدارها ما بين **($2000\sim 4000\ m^2$)** للتزويد بحمل حراري سنوي يبلغ **(2800 GJ)** **[55]**.

6.2 اختيار الموقع:

يجب أن يتم اختيار موقع مناسب لبناء البركة الشمسية، وفيما يلي نورد أهم الخصائص الرئيسية لتحقيق ذلك:

- معدل اشعاع شمسي مرتفع.
- سرعة رياح منخفضة للحد من ظاهرة اختلاط الطبقة السطحية (حصول تموج) قد يعيق مرور الإشعاع الشمسي إلى الطبقات الداخلية.
- موقع مسطح أفقي (غير منحدر) مع امكانية عدم وجود أشجار أو نباتات لتحقيق سهولة البناء.
- توفر جدول مائي بعمق أكثر من (5m) قريب من منطقة التخزين للحد من الخسائر الحرارية.
- خصائص جيدة فيما يتعلق بتماسك واستقرار التربة **[56]،[57]،[58]**.

7.2 مزايا و عيوب الأحواض الشمسية:

1. المزايا:

- تعمل كخزان حراري كبير و ذلك بسبب كبر كتلتها وهو ما يجعل سعتها الحرارية كبيرة لذا فهي قد لا تفقد أكثر من 10 درجات مئوية في خلال عدة أسابيع حتى في غياب أي اشعاع شمسي.
- تعمل كمجمع شمسي مسطح يسمح بتخزين القاع إلى ما يقرب من 90 درجة مئوية.
- يقوم هذا النظام بتجميع الإشعاع الشمسي بغض النظر عن شدة هذا الإشعاع و درجة حرارة الجو حيث تسمح بتخزين حرارة النهار لاستخدامها ليلا.
- كلما كانت البركة أكثر عمقا أصبحت أكثر فاعلية و ذلك بسبب وجود كتلة مائية كبيرة وسعة حرارية كبيرة مصاحبة.
- باستخدام مواد عضوية يمكن توليد الكهرباء تعتمد على تلك المواد بدلا من الماء.
- تكلفتها أقل من المجمعات الشمسية المسطحة سواء من حيث التكلفة لوحدة السعة أو التكلفة لوحدة الطاقة المعطاة.

2. العيوب:

- استخدام بعض المواد الكيمياوية السامة لمنع نمو الطحالب.
- انخفاض فارق درجات حرارة التشغيل و ذلك لانخفاض الكفاءة إلى حوالي 2 بالمئة إجمالا.
- الحاجة إلى كميات كبيرة من المياه العذبة وذلك للحفاض على تدرج الملوحة وهذا أمر صعب وخاصة في المواقع الطبيعية المفضلة لهذه البحيرات و عادة تكون الصحاري ذو الشعاع الشمسي العالي، و التي أساسا تعاني من نذرة المياه العذبة فيها.
- الأحواض الشمسية تبطا خواصها عند التعرض للعوامل الخارجية و على الأخص التيارات الهوائية التي تؤدي إلى تقليب المياه المالحة و اختلاط طبقاتها **[59]**.

8.2 تصنيف الأحواض الشمسية:

يمكن تقسيم الأحواض الشمسية إلى نوعين أساسيين هما:

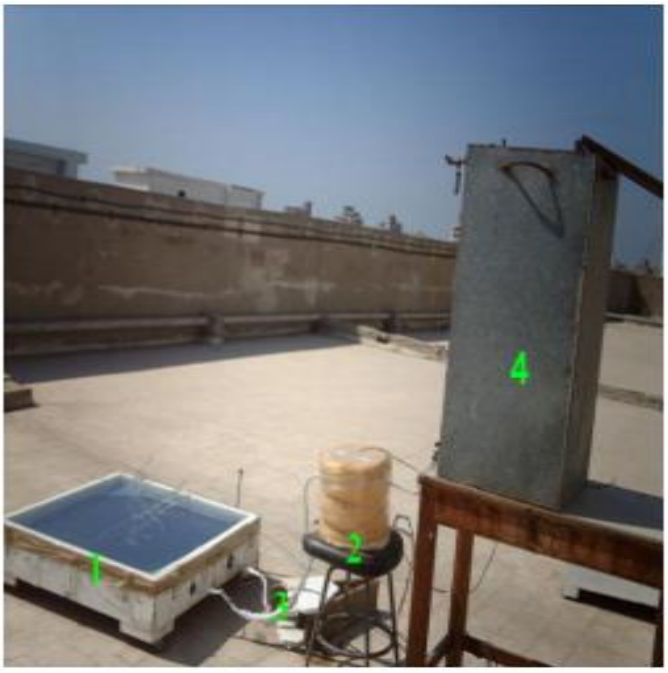
1.8.2 أولا: برك الحمل الشمسية:

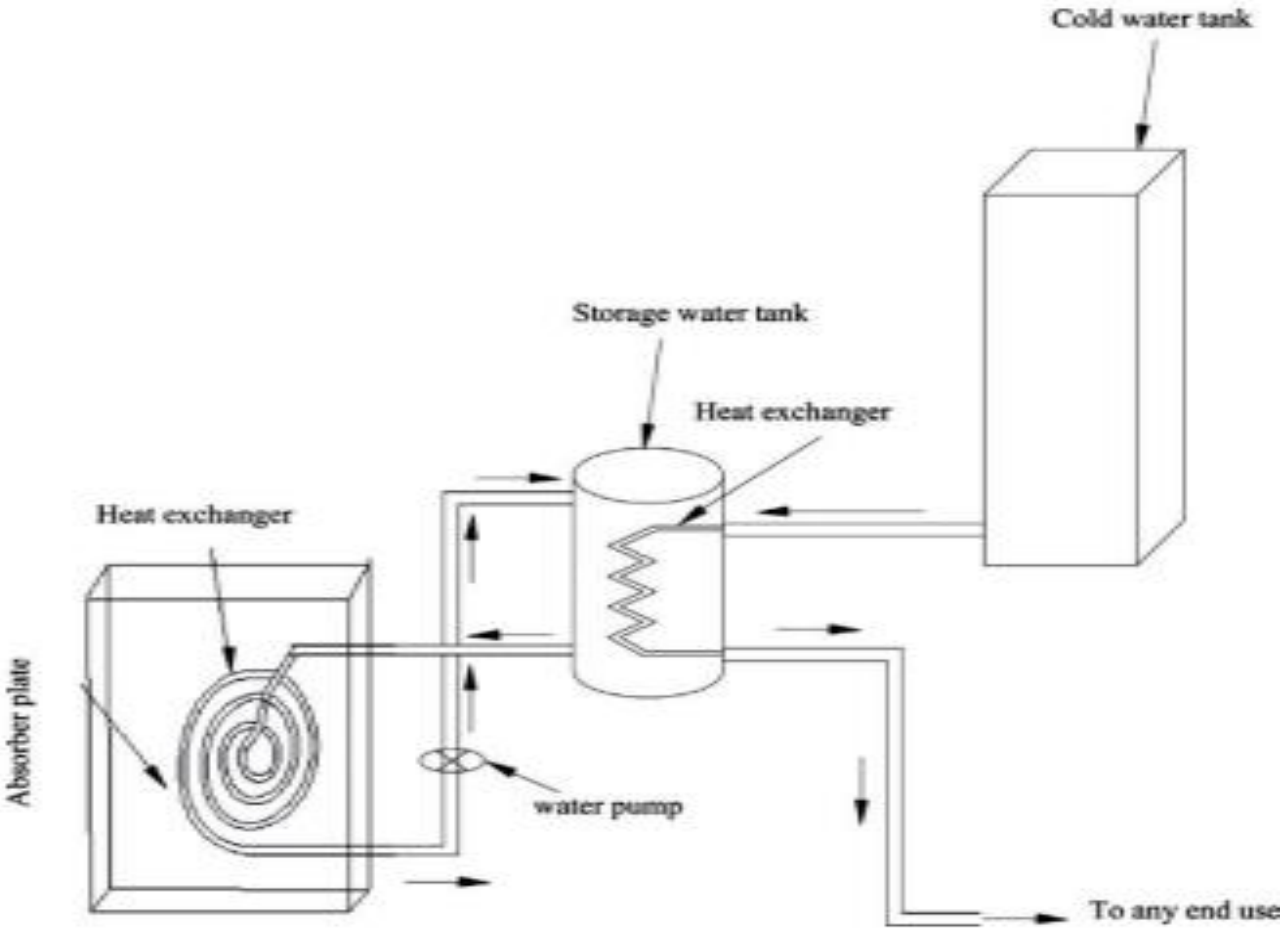
ويوجد هناك نوعين من هذه البرك هما:

1.1.8.2 البرك الشمسية الضحلة:

هذا النوع من البرك لا يحتوي على ما ماء مالح ، و إنما ماء صافي و عذب يحفظ بداخل حافظة كبيرة، و هذه الحافظة تسمح بانتقال الحرارة عن طريق تيارات الحمل، و لكنها تحد من كمية الماء التي يمكنها أن تتبخر، و في أسفل هذه الحافظة توجد منطقة سوداء، كما يمكن أن توجد رغوة عازلة بالقرب من القاع. أما في قمة الحافظة فتوجد شرائح رقيقة من البلاستيك المصقولة أو الزجاج.

في البرك الشمسية الضحلة تقوم أشعة الشمس بتسخين الحافظة و الماء بداخلها طوال النهار و تؤخذ الطاقة الحرارية ليلا . إن الماء الساخن يضخ إلى خزان كبير لحفظ الحرارة ، و تتجلى صعوبة العملية بسبب احتمالية فقدان الحرارة. إن مشاكل فقدان الحرارة جعلت من البرك الشمسية الضحلة ناقصة التطور تقنيا ويعبر الشكل (21) عن البركة الشمسية الضحلة.





الشكل رقم (21): البركة الشمسية الضحلة.

2.1.8.2 البرك العميقة غير المالحة:

إن الاختلاف الأساسي بين هذه البرك والبرك الشمسية الضحلة، هو أن الماء لا يضخ من وإلى وسط خزنه، و هدا يحدد من كمية الحرارة التي يمكن أن تفقد. يغطي البركة العميقة الخالية من الملح زجاج مزدوج في الليل أو عندما لا تتوفر الطاقة الشمسية يؤدي وضع مادة عازلة أعلى الزجاج إلى تقليل فقدان الحرارة **[60].**

2.8.2 ثانيا: برك اللاحمل الشمسية:

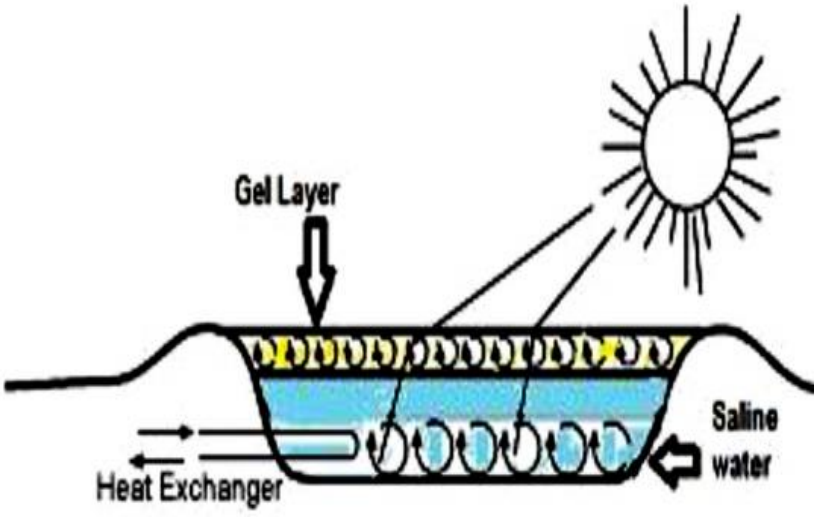
سميت بهذا الاسم بسبب وجود الطبقة المتوسطة اللاحملية التي تتشكل بين طبقة الحمل الحراري العليا و الطبقة السفلية المخزنة للحرارة. يمنع هذا النوع من البرك فقدان الحرارة عن طريق منع انتقال تيارات الحمل الحراري داخل كتلة المحلول، و عادة ما تتألف هذه البرك من ثلاث طبقات من المياه المالحة ، كما أن تركيز الملح يكون عال في الطبقة السفلية و بمستويات أدنى في الطبقة السطحية تقسم البرك الشمسية اللاحملية إلى نوعين هما: برك جل الشمسية ، برك الغشاء، وبرك شمسية متدرجة الملوحة و التي سنسلط الضوء عليها في بحثنا هذا **[61]**.

1.2.8.2 برك جل الشمسية (البرك الشمسية المتوازنة اللزجة):

يتبع نفس الإجراء في هذا النوع إلا أنه يتم استخدام الجل كطبقة سطحية تنتشر فوق الطبقة المخزنة للحرارة مما يعيق الخسائر الحرارية، و متطلبات هذا الجل مرتفعة جدا كما يجب أن يكون ذو سماكة كافية لتجنب الحمل الحراري، و قبل كل شيء يجب أن يكون لديه نفوذية جيدة للإشعاع الشمسي بالإضافة لذلك يجب أن يتمتع بمقاومة فيزيائية جيدة للصمود أمام الأحوال الجوية السيئة و مقاومة تكاثف البخار. يخضع الجل المستخدم إلى عدة معايير يجب أن يحققها وهي كالآتي:

- ذو نفوذية عالية للإشعاع الشمسي الوارد.
- قابل للذوبان في الماء البارد قبل البلمرة، وعديم الذوبان في ما بعد.
- اللزوجة العالية.
- مستقر كيميائيا و فيزيائيا مع الأخذ بالحسبان محلول ملحي ساخن تصل درجة حرارته إلى حدود 100 درجة مئوية أو أكثر.

- رخيص الثمن.
- أن يتمتع بحرارة نوعية عالية و معامل تمدد حجمي منخفض.
- خامل كيميائيا و غير سام.
- غير قابل للتحلل طوال فترة عملية التجمد و التذويب و بالإشعاع فوق البنفسجي إلى جانب أنه قوي ميكانيكيا و له تركيب مستقر ثابت **[62]** ويعبر الشكل **(22)** عن بركة جل الشمسية.



الشكل رقم (22): بركة جل الشمسية.

2.2.8.2 بركة الغشاء:

و هذا النوع من البرك يكون مشابها لبرك التدرج الملحي ما عدا أن طبقات الماء تكون مقسمة فيزياويا، و تكون منفصلة بواسطة أغشية رقيقة وشفافة. إن انفصال الطبقات فيزياويا يمنع انتقال الحرارة بواسطة الحمل و في برك الغشاء يمكن أخذ الحرارة المتولدة من الطبقة السفلى للبركة، كما في برك التدرج الملحي.

3.2.8.2 البرك الشمسية متدرجة الملوحة:

1.3.2.8.2 تعريف:

في البرك ذات التدرج الملحي تكون الطبقة السفلى أو قاع البركة مكون من طبقة مظلمة يمكنها أن تمتص الحرارة، إذ أنها عادة ما تبطن بالمطاط الاصطناعي أو أي مادة مظلمة أخرى. وبالإضافة إلى مساعدتها الماء على امتصاص الحرارة فإنها تساعد على حماية التربة القريبة و المياه الجوفية من أن يكونا ملوثين بالماء المالح من البركة الشمسية. يوجد في البركة كمية هامة من الملح مستقرة قرب القاع، وأنواع الملح التي يشيع استعمالها هي ملح الطعام أو كلوريد المغنسيوم و يكون الماء مشبعا أو أشبع تقريبا بالملح. أما الأقرب إلى السطح فتوجد أقل كمية من الملح في الماء وتوجد في قمة البركة طبقة من الماء العذب الخالية من الملح. هذا التغيير في الملوحة يشكل طبقات في البركة، و إن هذا التغيير التدريجي في كمية الملح يدعى تدرج كثافة الملح. توقف طبقات الماء المالح الميل الطبيعي للماء الحار إلى الصعود إلى السطح. وهكذا، فإن الماء الذي تم تسخينه بواسطة الشمس يبقى في قاع البركة الشمسية، و أن الطبقات الأقرب إلى السطح تبقى باردة. هناك فرق هام في درجات الحرارة بين القمة و القاع للبركة الشمسية و مع ذلك فإن بعض الحرارة تكون قد خزنت على كل طبقة و يمكن الحصول على درجات حرارة تتراوح بين **(80-90)** درجة مئوية في قاع البركة.

تستخلص الحرارة من قبل مبدل حراري موجود في قاع البركة، و هذه الطبقة الحرارية يمكنها أن تشغل محرك أو تزود تدفئة مركزية، أو تنتج طاقة كهربائية من خلال مرجل بخاري واطئ الضغط. إن الماء المالح الساخن يمكن أن يضخ إلى حيث مكان الحاجة إليه. بعد أن تستعمل الحرارة، ينكن للماء أن يعاد إلى البركة الشمسية ليسخن ثانية **[63]**.

2.3.2.8.2 النظرية العلمية للأحواض الشمسية المتدرجة الملوحة:

الفكرة العلمية الأساسية للأحواض الشمسية متدرجة الملوحة تعتمد على إنشاء تركيز ملحي متدرج الكثافة، ولابد أن يكون هذا التدرج كبير نسبيا للتغلب على الدوران الطبيعي الذي يحدث عادة في الأحواض غير المعالجة بهذه الطريقة، وإذا صمم الحوض بحيث توجد منطقة حمل تحت طبقة العزل السطحية فإن طبقة العزل تستخدم لخزن الطاقة الحرارية المجمعة، ومن الممكن أن تزال الطاقة الحرارية من قاع الحوض وتستخدم لأي غرض كان.

تتدرج درجة تركيز محلول الملح في الحوض الملحي الشمسي بين صفر عند السطح إلى الحد الأقصى وهو 18 في المائة بالوزن في طبقة التخزين عند القاع، وهي تكافئ ميل في الكثافة مقداره 0.05 جرام لكل سنتمتر مكعب لكل متر، والذي يسمح بالتالي لميل حراري مقداره عشرين درجة مئوية لكل متر. وتحتاج مثل هذه الأحواض إلى حوالي نصف طن من الملح لكل متر مربع من مساحة السطح، ومن ذلك يتضح أن تكاليف الملح وتوفره تؤثر بدرجة عالية على اقتصاديات الأحواض الملحية الشمسية.

ويتم اختيار الأملاح المناسبة تبعا لقابلية الذوبان، وازديادها بازدياد درجة الحرارة، ونفاذية المحلول الملحي الكافية للإشعاع الشمسي الساقط، وتوافر الملح بسعر رخيص وأن لا تكون لهذه الأملاح أي خطورة على البيئة.

ولقد بنيت معظم الأحواض الملحية الشمسية باستخدام محاليل ملح كلوريد الصوديوم، و لكن محاليل بعض الأملاح الأخرى مثل مخاليط أملاح كلوريد الصوديوم وكلوريد الماغنسيوم الناتجة عن التبخير المباشر لمياه البحر؛ قد تؤدي نفس الغرض بتكاليف أقل، والاستخدام الأمثل على نطاق واسع للأحواض الشمسية يرتبط ارتباطا وثيقا بالمكان المناسب، وتوفر الملح أو الماء المالح، والنفاذية المحدودة لسطح الأرض المستخدمة.

وتستخلص الحرارة بواسطة سحب الماء الساخن من جهة عند منطقة الحمل الحراري السفلى، وإدخالها على مبادل حراري ثم إعادة إدخالها من الجهة الأخرى، وعلى ذلك تنقص درجة حرارتها عدة درجات مئوية ويكون معدل سرعة مرورها حوالي مائة متر في اليوم **[64]**.

3.3.2.8.2 توزيع الحرارة داخل طبقات الأحواض الشمسية :

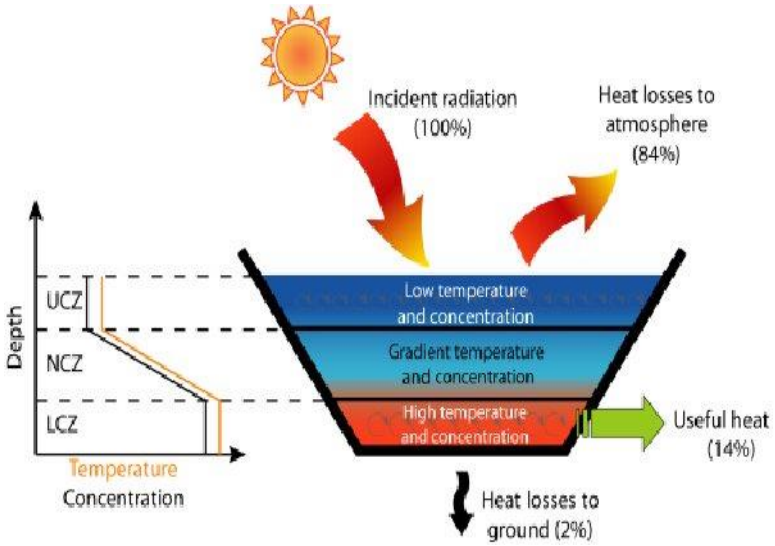
تتكون الأحواض الشمسية من ثلاث طبقات أساسية تزداد فيها درجة الحرارة باتجاه العمق تتمثل في:

الطبقة العلوية (UCZ)، والتي تعرف باسم منطقة الحمل الحراري العليا، تقع في الجزء العلوي من البركة التي تشترك في واجهة مع الهواء المحيط وتحتوي على المياه العذبة فقط، تتميز بأدنى درجة حرارة حول درجة الحرارة المحيطة، وكثافتها قريبة من كثافة المياه العذبة لتوفير نقاء البركة **[65]**، يتأثر استقرار UCZ بالرياح السطحية والتبخر. لذلك من المهم تعويض فقدان التبخر لحماية استقرار عمل الحوض الشمسي **[66]**.

الطبقة غير الحملية (NCZ)، والتي تعرف أيضا باسم الطبقة العازلة للحرارة، تزداد درجة الحرارة عند هذه الطبقة مع زيادة العمق. بمعنى آخر يكون تركيز الماء القريب من السطح أقل كثافة من الماء القريب

من الطبقة السفلية للحوض **[67]**. لا يمكن للماء في هذه الطبقة أن يرتفع أو ينخفض لأنه أخف من الطبقة السفلية، في حين أنه أثقل من الطبقة السطحية ، لذلك فإنه يمنع الحمل الحراري و يتصرف كعازل لمنع انتشار الحرارة من الطبقة السفلية إلى الطبقة العليا **[68]**، هذه المنطقة أكثر سمكا من منطقة السطح، بشكل عام يمثل أكثر من نصف عمق الحوض الشمسي. يجب تعديل سماكة السطح، إذا كان منخفضا جدا فقد يتسبب في فقد حرارة عالية **[69]**. تسمح للإشعاع الشمسي بالوصول إلى المنطقة السفلية، مع منع خروج الإشعاع الشمسي طويل الموجة.

طبقة الحمل السفلي(LCZ)، وهي الطبقة الأخيرة و التي تعرف أيضا باسم منطقة تخزين الحرارة، لديها أعلى درجة حرارة و كثافة التركيز فقط و لكن درجة الحرارة ثابتة من خلال هذه الطبقة يمكن ملاحظة ارتفاع أقوى تفاعل حراري في هذه الطبقة بسبب ارتفاع درجة حرارتها وبالتالي يمكن رؤية جزء كبير من تخزين الإشعاع الشمسي الوارد في هذا الجزء **[70]** يعبر الشكل (23) عن كيفية توزيع الحرارة داخل طبقات الحوض الشمسي.



الشكل رقم (23): توزيع الحرارة داخل طبقات الحوض الشمسي.

4.3.2.8.2 تخزين الحرارة في الأحواض الشمسية:

الأحواض الشمسية التي تتكون من المياه المالحة هي طريقة فعالة لتخزين الحرارة بداخلها أي تخزين الطاقة الشمسية ، وذلك على المدى القصير والطويل، يمكن شحن الطاقة الشمسية في الحوض مباشرة من السطح الخارجي للحوض أو باستخدام مجمعات الطاقة الشمسية.

في نظام تخزين حرارة الحوض الشمسي يتم استخدام المياه الصافية لزيادة تغلغل أشعة الشمس، كما أن قاع الحوض يكون أسود بشكل عام وذلك من أجل زيادة امتصاص أشعة الشمس. هناك ثلاث مناطق في الحوض الشمسي، منطقة السطح والانتقال، والتخزين، في منطقة السطح توجد مياه عذبة ودرجة حرارة الماء تكاد تكون مساوية لدرجة الحرارة المحيطة، المنطقة الانتقالية وهي عبارة عن طبقة بين منطقة التخزين المالحة ومنطقة السطح، تعمل كطبقة عازلة للحرارة كونها تمنع الماء من الارتفاع الى منطقة السطح أو الانخفاض إلى منطقة التخزين السفلية **[71]**.

يعد سمك كل من الطبقة السطحية و طبقة الانتقال (طبقة اللاحمل) عاملين مهمين يؤثران على المردود الحراري للحوض الشمسي (حجم منطقة التخزين الفعالة).

1. تأثير سماكة الطبقة السطحية:

إن طبقة الحمل السطحية (UCZ) هي طبقة قليلة الملوحة وتؤثر سلبا على تجميع الطاقة الشمسية وبالتالي على كمية الحرارة المخزنة فيما بعد، لأنها تعكس جزءا من الطاقة الشمسية الساقطة على السطح الأفقي للحوض الشمسي نتيجة حدوث تموجات بها **[72]**.

2. تأثير سماكة طبقة اللاحمل:

تتميز هذه الطبقة بوجود تدرج في الحرارة والملوحة **[73]**، لذا فإن سماكة هذه الطبقة تؤدي دورا مهما وهو لكي يستطيع المصمم تقسيم هذه الطبقة إلى عدد من المناطق وتوزيع المحلول بشكل مناسب فيها، و بالتالي كل منطقة من هذه المناطق تختلف عن الأخرى بدرجة تركيز الملح ،لذا لا بد من تحديد السماكة المثلى لهذه الطبقة **[74]**.

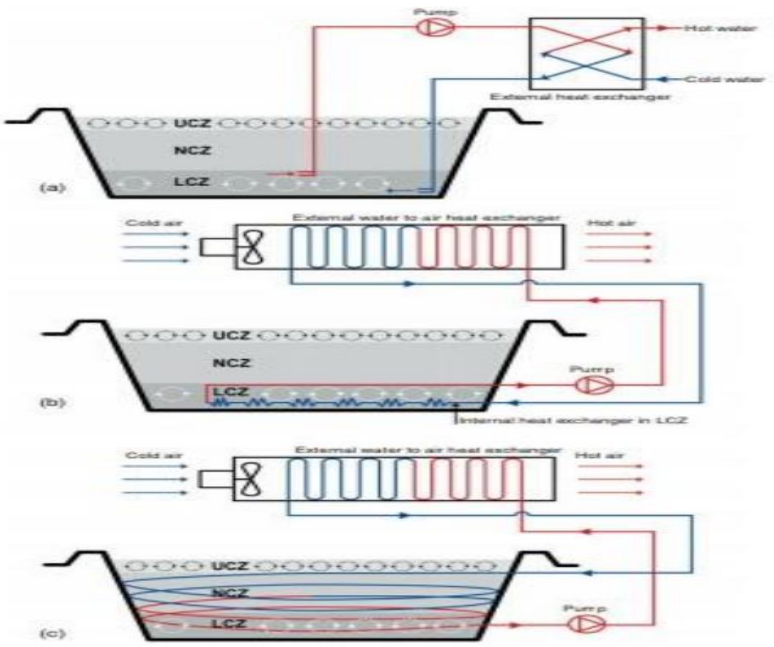
5.3.2.8.2 استخراج الحرارة من الأحواض الشمسية:

هناك طريقتان لاستخراج الحرارة، من منطقة الحمل الحراري السفلية للأحواض الشمسية:

1. وهي الأكثر شيوعا، وذلك بضخ محلول ملحي ساخن من خاتل ناشر لمنع السرعة والحركة الزائدة داخل الحوض وبالتالي تقليل تآكل منطقة التدرج، ويتم استخدام مبادل حراري خارجي لاستخراج الحرارة من المحلول الملحي، ويتم إرجاع المحلول الملحي المبرد إلى قاع البركة، تم استخدام هذه الطريقة بنجاح في محطة توليد الطاقة من الأحواض الشمسية بقدرة 5 ميغاوات بالقرب من البحر الميت، تم استخراج الحرارة من الجزء العلوي من منطقة التخزين وإعادة

المحلول الملحي البارد والأثقل إلى قاع البركة في نفس الجانب من البركة، نظرا لكونه أبرد من المحلول الملحي المخزن، فقد ظل في قاع البركة وانتشر على كامل المنطقة قبل أن يرتفع عند ملئ الحجم أو تسخينه خلال فترة الشحن **[75]،[76]**.

2. تتضمن هذه الطريقة مبادل حراري يتم وضعه في منطقة الحمل الحراري السفلية. وأنسب موقع لها هو أسفل منطقة التدرج مباشرة، بحيث يمكن إزالة الحرارة من تحفز الحمل الحراري في جميع أنحاء منطقة الحمل السفلي لإزالة الحرارة من حجمها لأنه مائع بالكامل والعمل عادة ما يكون ماء عذبا، يمكن بناء المبادل الحراري من مواد منخفضة التكلفة مثل البلاستيك. يتم تعويض الموصلية الحرارية المنخفضة للأنابيب البلاستيكية عن طريق زيادة مساحة نقل الحرارة بالأنابيب الموجودة في الحوض أي بتركيب المزيد من الأنابيب أو زيادة القطر **[77]،[78].**



الشكل رقم (24): طرق استخراج الحرارة من الأحواض الشمسية.

9.2 تطبيقات الأحواض الشمسية:

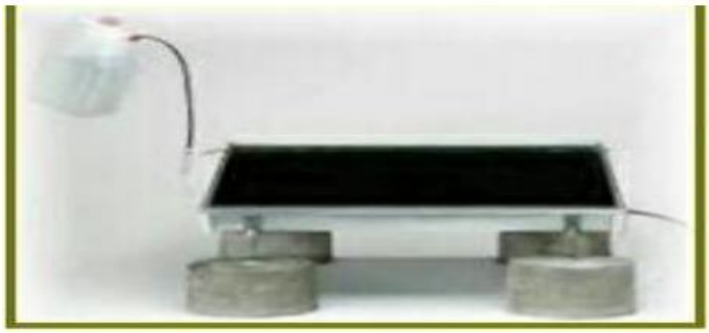
1.9.2 الزراعة والاستزراع:

يمكن استخدام الأحواض الشمسية لتلبية العديد من الاحتياجات الزراعية التي تتطلب درجات حرارة منخفضة **[81]،[80]،[79]**، حيث تزود الأحواض الشمسية بالطاقة الحرارية التي يمكن توفيرها بسهولة من درجات حرارة منخفضة وتعتبر مناسبة للدورات الزراعية السنوية مع إمكانية تعزيز القدرة على توفير الغذاء بشكل مستمر**[82]**.

2.9.2 إنتاج المياه العذبة:

يتيح استخدام الأحواض الشمسية في تحلية المياه تخفيض ظاهرة التلوث البيئي الناجم عن استخدام الوقود الأحفوري، حيث تعمل تقنية تحلية المياه متعددة المراحل**(MSF)** وتقنية التقطير **(MEF)** عند درجات حرارة تبلغ حوالي **(70 °C)**، مما يتيح الفرصة لاستخدام الحرارة المنتجة من الأحواض الشمسية في عمليات التحلية الحرارية منخفضة الضغط في المناطق التي يوجد فيها افتقار بالمياه العذبة بالتوازي مع وجود وفرة كبيرة من مياه البحر أو المياه المالحة**[83]،[84]** تعبر الأشكال (25)،(26) عن كل من بركة بوج ووحدة مصغرة لتنقية المياه .

الشكل رقم (25): بركة بوج لتنقية المياه.



الشكل رقم (26): وحدة مصغرة لتنقية المياه.

3.9.2 العمليات الصناعية الحرارية:

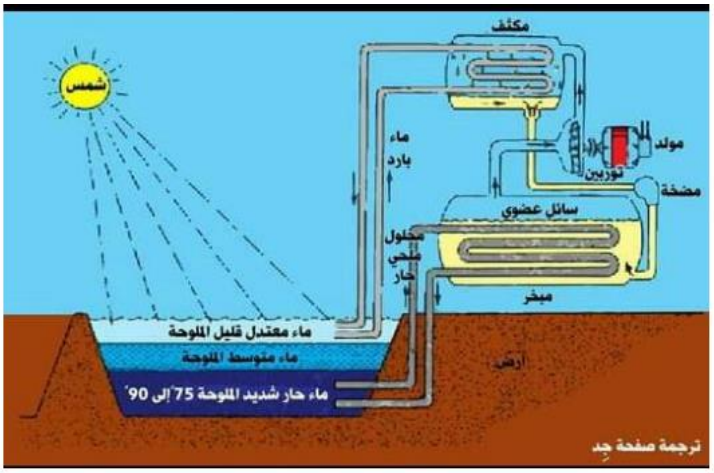
تعتبر الأحواض الشمسية مناسبة للتزويد بالحرارة اللازمة لتطبيقات عملية صناعية هامة مثل تجفيف الملح، صناعة الألبان مصانع تجهيز الأغذية، كما يمكن استخدام هذه الحرارة في تدفئة وتسخين المياه المقدمة للمدن بتكلفة اقتصادية، تنافسية وذلك عندما تبنى البرك الشمسية في موقع مناسب **[85]**.

4.9.2.إنتاج الطاقة الكهربائية:

يمكن تحويل الحرارة المنخفضة المنتجة من الأحواض الشمسية إلى كهرباء وذلك لتطبيقات يومية، حيث تم إنتاج طاقة كهربائية بنجاح باستطاعة بلغت **(5 Mw)** من حوض شمسي مساحته $250000\ m^2$ قرب البحر الميت، كما أنتجت الأحواض الشمسية الطاقة الكهربائية بمجال تراوح ما بين **(15 Kw~70 Kw)**.

في **Alice Springs** وأستراليا و**El –Paso** في الولايات المتحدة الأمريكية على التوالي، بشكل تقليدي وباستخدام محركات دورة رانكين العضوية **(ORC)** التي لديها القدرة على تحويل الحرارة المنخفضة المنتجة من الأحواض الشمسية إلى طاقة كهربائية، حيث تبين بالنتيجة أن لمحركات دورة رانكين العضوية القدرة على تحويل الحرارة إلى كهرباء بكفاءة طاقية بلغت حوالي 6 بالمئة **[86]**.

يمثل الشكل (27) رسم توضيحي لكيفية توليد الكهرباء من الاحواض الشمسية.



الشكل رقم (27): رسم توضيحي لكيفية توليد الكهرباء من الأحواض الشمسية.

5.9.2 إنتاج المواد الكيميائية:

تستخدم الأحواض الشمسية لإنتاج العديد من المنتجات الكيميائية مثل كبريتات الصوديوم **[87]**، وأملاح الكلوريد وكربونات الليثيوم ، والأسمدة، وغيرها من الصناعات الكيميائية، حيث توفر الحرارة المنخفضة من الأحواض الشمسية طريقة فعالة من حيث التكلفة على نطاق واسع في مجال صناعة المنتجات الكيميائية ويمثل الشكل (28) صورة توضيحية لإنتاج المواد الكيميائية.

الشكل رقم (28): صورة توضيحية لإنتاج المواد الكيميائية.

6.9.2 تخفيف الملوحة:

يتم التخلي عن العديد من الأراضي الزراعية وإهمالها كنتيجة لارتفاع مستويات الملوحة فيها في جميع أنحاء العالم حيث أنه من الممكن دمج خطط تخفيف الملوحة (تخفيض محتوى التربة من الأملاح) مع الأحواض الشمسية كتطبيق محتمل ومثير للاهتمام.

يمكن دمج الأحواض الشمسية بنجاح مع هذه الأحواض التبخيرية لإنتاج الحرارة أو الكهرباء، ومن ثم توفير الملح الذي تنتجه الأحواض التبخيرية إلى الطبقة المخزنة في الأحواض الشمسية، أما الماء المتبقي كمنتج ثانوي فيستخدم في تنظيف قاع الحوض قبل توجيهه مرة أخرى إلى الأحواض التبخيرية**[81]**،**[80]**،**[79]**ويعبر الشكل (29) عن كيفية تخفيف الملح.

الشكل رقم (29): صورة توضح تخفيف الملح.

10.2 حساب التدفق الإشعاعي في الأحواض الشمسية.

تم توجيه بصريات الأحواض الشمسية نحو دراسة العلاقة بين تخفيف الإشعاع الشمسي واستخراج الحرارة، علاوة على ذلك فإن الأداء الحراري للحوض الشمسي يعتمد بشكل أساسي على جزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى القاع، وهي منطقة سيتم فيها التخزين ومن ثم ستتم عملية الاستخراج. هذا الجزء من الإشعاع يعتمد على معامل الإرسال العام للحوض و الذي يعطى على الشكل:

$$T = T_A T_R$$

T_R و T_A هي معاملات الإرسال، مع مراعاة انعكاس و امتصاص الإشعاع الشمسي في الحوض.

يعتمد امتصاص الماء للإشعاع اعتمادا كبيرا على الطول الموجي.

λ يمكن التعبير عنه على أنه قانون بير **[88]**:

$$TA=\int_0^{\infty} \eta(\lambda)\exp\left[-\mu(\lambda)\left(\frac{z}{\cos(r)}\right)\right]d\lambda$$

حيث:

z: عمق طبقة الماء.

r: زاوية الانكسار.

الطول الموجي (μm)	سمك طبقة الماء النقي			
	1 cm	10 cm	1 m	10 m
0.2 – 0.6	23.7	23.6	22.9	17.2
0.6 – 0.9	35.3	30.5	12.9	0.9
0.9 – 1.2	12.3	0.8	-	-
λ >1.2	1.7	1.7	-	-

الجدول رقم (03): امتصاص الإشعاع الشمسي بواسطة المياه النقية.

وفقا للجدول (03)، بالنسبة للأطوال الموجية القصيرة يخترق الإشعاع عشرة أمتار، بينما يتم امتصاص الأشعة تحت الحمراء في السنتمترات الأولى ، الماء عمليا غير شفاف للأشعة تحت الحمراء. وبالتالي يمكن اعتبار الحوض الشمسي على أنه وسط شبه شفاف يعمل على حبس الحرارة **[89]**.

$$T_A = \sum_{i=1}^{4} \eta_i \, exp\left(-\mu_i \frac{z}{\cos(r)}\right)$$

η_i: جزء من الإشعاع له معامل امتصاص μ_i.

القيم η_i و μ_i من أجل المجالات الطيفية 0.2 -1.2 µm معطاة في الجدول **(04)** :

1	المجال الطيفي	$\mu_i(m^{-1})$	η_i
1	0.2 – 0.6	0.032	0.237
2	0.6 – 0.75	0.45	0.193
3	0.75 – 0.9	3	0.167
4	0.9 – 1.2	35	0.179

الجدول رقم (04): القيم $_i$ وμ_i من أجل مختلف مجالات λ للطيف الشمسي.

تم اقتراح معادلة التنعيم لنموذج Rabl و Nielsen بواسطة Bryant و Colbeck**[90]**:

$$T_A = 0.36\text{-}0.08\log\left(\frac{z}{\cos(r)}\right)$$

تبين الأشكال (30،31) التباين في امتصاص المياه كدالة لعمق الحدوث الطبيعي لكلا النموذجين:

Rable-Nielsen و Bryant-Colbeck على مستوى سطح الحوض، معامل الانتقال بواسطة الانعكاس يعطى على الشكل:

$$T_R = \frac{\text{اختراق الطاقة}}{\text{طاقة الحدوث على السطح}}$$

$$T_R = 1 - R$$

$$R = \frac{1}{2}\left[\frac{\sin^2(r-i)}{\sin^2(r+i)}\right] + \left[\frac{tg^2(r-i)}{tg^2(r+i)}\right]$$

حيث:

i: زاوية السقوط.

r: زاوية الانكسار.

مع الأخذ في الاعتبار معامل الإرسال الناجم عن الانعكاس والامتصاص، يمكننا حساب الإشعاع الشمسي الذي يخترق العمق z في طبقة الماء باستخدام العلاقة التالية **[92]** :

$$\phi_I(z,t) = \phi_I(0,t)\, T_R\, T_A = \phi_I(0,t)[1-R]\sum_{i=1}^{4}\eta_i\left(-\frac{\mu_i z}{\cos(r)}\right)$$

درس Wang و Yagoobi بشكل تجريبي تأثير صفاء المياه ودرجة التركيز على تغلغل الإشعاع الشمسي في المياه **[89]**.

$$\phi_I(0,t)T_A(\chi_i,z) = \phi_I(\chi_i,z,t)$$

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بأن تركيز الملح لا يؤثر إلا بشكل طفيف على تغلغل الإشعاع الشمسي ، من ناحية أخرى تلعب المياه التي تحددها درجة العكارة دورا مهما للغاية في قدرة الإشعاع الشمسي على المرور عبر طبقات كبيرة من الماء.

نموذجهم المقترح الذي يعطي الإشعاع الشمسي في الماء موضح في الشكل التالي:

حيث:

دالة الإرسال هي:

$T_A(\chi_1, z)$

$T_A(\chi_1, z) = T_A(0.3, z)\ R(\chi_1, z)$

دالة الإرسال المرجعي هي:

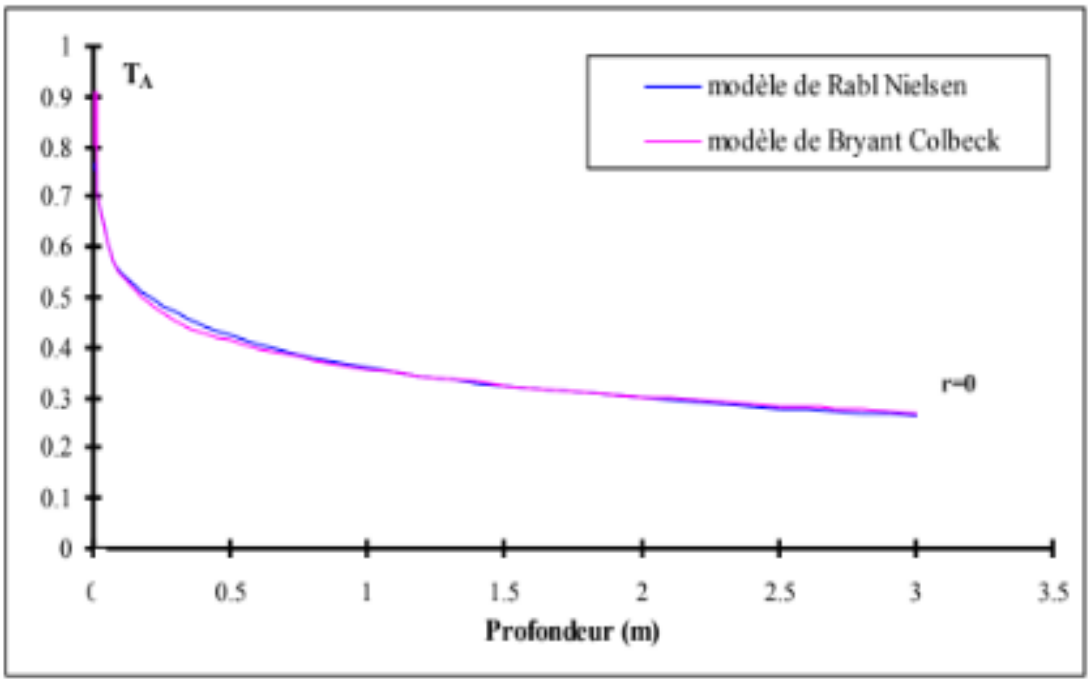
$T_A(0.3, z)\ 0.58 - 0.076\ Ln(100z)$

$R(\chi_1, z) 1 - 0.1975(\chi_1, 0.3) + 0.0144(\chi_1, 0.3)^2$

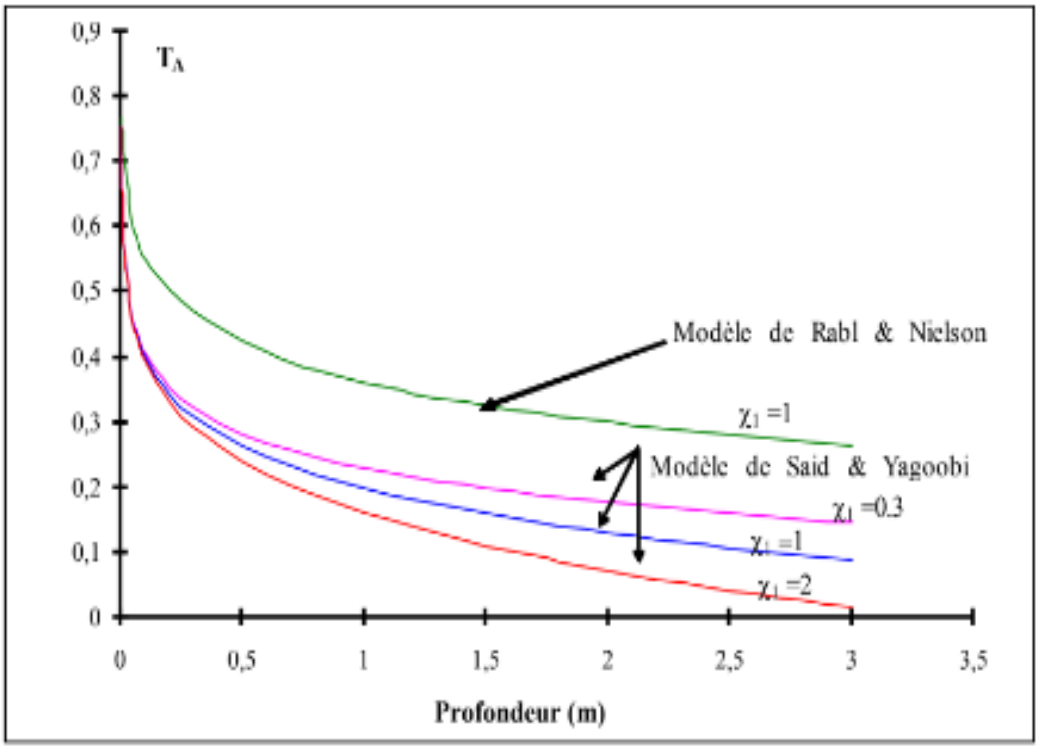
χ_1: درجة العكارة في وحدة العكارة الحلزونية NTU.

$(0.3 < \chi_1 < 5)$.

الأشكال رقم (30) ،(31) توضح تغير معامل الإرسال حسب امتصاص الماء بدلالة عمق الحوض وبدلالة قيم مختلفة لعكارة الماء.



الشكل رقم (30): تغير معامل الإرسال حسب امتصاص الماء بدلالة عمق الحوض.



الشكل رقم (31): تغير معامل الإرسال حسب امتصاص الماء بدلالة مع قيم مختلفة لعكارة الماء.

الفصل الثالث:

النمذجة العددية والرياضية

لتوزيع الحرارة

1.3 مقدمة:

إن الأحواض الشمسية من الأنظمة الجديدة المبتكرة التي ينصح بها لتخزين الطاقة الشمسية الحرارية في فترة الصيف، والاستفادة منها في الشتاء وفي فترات انخفاض الإشعاع الشمسي.

تم في هذا الفصل دراسة نموذج لحوض شمسي أسطواني الشكل عمقه H، وإجراء حوصلة طاقوية في كل من المناطق الثلاث لهذا الحوض والمتمثلة في منطقة اللاحمل حراري التي تلعب دور العازل عن طريق تثبيط الحمل الحراري، منطقة الحمل الحراري العليا التي تملك حدود ثابتة مع المنطقة اللاحملية ومنطقة الحمل الحراري السفلى التي تعمل كمنطقة تخزين للطاقة الشمسية على شكل محلول ملحي، كما قمنا بإجراء مقارنة بين درجات الحرارة التجريبية والمحاكاة العددية، ودراسة أداء ومردود الحوض الشمسي المدروس تحت شروط تجريبية بحتة.

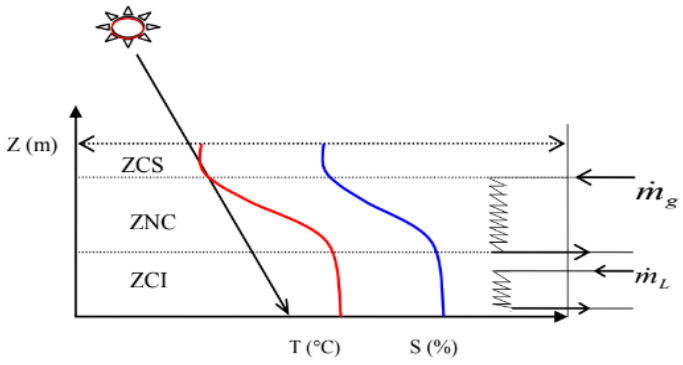
2.3 نموذج الحوض الشمسي:

الحوض الصغير الذي تمت دراسته أسطواني الشكل، وعمقه H، ونصف قطره R، يتكون من ثلاث مناطق:

- منطقة الحمل الحراري العليا (ZCS) ذات السماكة H1.
- المنطقة غير الحرارية (ZNC) ذات السماكة H2، والتي تنقسم إلى طبقات متساوية N سمك (dz).
- منطقة الحمل الحراري السفلية (ZCI) ذات السماكة H3.

يتم استخراج الحرارة من الحوض عن طريق مبادلين حراريين يوضعان داخل منطقة التدرج وداخل منطقة الحمل الحراري السفلية.

يمثل الشكل **(32)** رسم تخطيطي للحوض الشمسي المدروس:



الشكل رقم (32): رسم تخطيطي للحوض المدروس.

3.3 فرضيات الدراسة:

1. التحويلات أحادية البعد.

2. الحمل الحراري مثالي في كل من منطقتي ZCS و ZCI، مما يعني أن درجات الحرارة والتركيزات متجانسة في هاذين المجالين.

3. نقل الحرارة يتم بفضل تدرج التركيز (تأثير Dufour) والانتشار. ويتم إهمال تراكيز الملح بسبب تدرج درجة الحرارة (تأثير السخونة).

4. يفترض أن انعكاس قاع الحوض مهمل وأن الطاقة التي تصل إلى منطقة التخزين يتم امتصاصها بالكامل.

5. معامل انكسار الماء في الحوض ثابت ومستقل عن طول الموجة.

6. درجة حرارة الجدار تساوي درجة حرارة الوسط **[93]**.

7. درجة حرارة الماء في المبادلات عند كل موضع تساوي درجة حرارة الماء في الحوض عند هذا الموضع (مبادل مثالي).

4.3 الحوصلة الطاقوية(الحرارية) للحوض الشمسي:

منطقة الحمل الحراري العلوي ومنطقة الحمل الحراري السفلي هما عبارة عن منطقتين منفصلتين تفصلهما المنطقة غير الحرارية، يتم حساب درجة الحرارة من خلال التوازن الحراري في كل طبقة بالإضافة إلى انتشار الحرارة التي تحكمها المعادلة العامة للطاقة في منطقة الحمل الحراري.

1.4.3 منطقة اللاحمل حراري:

تلعب هذه المنطقة دور العازل الحراري لأن تدرج الملوحة يعمل على تثبيط الحمل الحراري، إضافة إلى أن الماء غير شفاف للأشعة تحت الحمراء. يتم نقل الحرارة في هذه المنطقة فقط وذلك عن طريق التوصيل.

تنقسم منطقة اللاحمل حراري إلى عدة طبقات ذات سماكة متساوية، في مركز كل طبقة يتم أخذ عقدة الطبقة المعنية، وفي هذه المرحلة يتم النظر في الخصائص المتوسطة للطبقة.

توازن الطاقة في هذه الطبقة يكتب على الشكل:

$$\rho C_{\mathrm{P}} \frac{\partial T}{\partial t} = \vec{\nabla}.(\vec{\nabla} k_T \,\mathrm{T}) + q_I - q_{PL} - \dot{m}_g C_{Pe} \nabla \mathrm{T}$$

$$\rho C_{\mathrm{P}} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(k_T \frac{\partial T}{\partial z}\right) \; q_I - q_{PL} - \dot{m}_g C_{Pe} + \left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)$$

q_I: يمثل مصدرا ومنبعا لامتصاص الإشعاع الشمسي في مياه البركة على عمق z.

للتعبير عن q_I: قمنا باختيار النموذج الذي اقترحه Rabel و Nielson**[94]** وصادق عليه Wang و gagoobiوتمت كتابته في حالة تباين أحادي البعد على طول المحور الرأسي z على الشكل:

$$q_I = \frac{\partial \phi_I(z,t)}{\partial z}$$

2.4.3 منطقة الحمل الحراري العليا:

منطقة الحمل الحراري العليا هي عبارة عن طبقة ذات سمك واحد H1، من المفترض أن يكون لها حدود ثابتة مع المنطقة اللاحملية (ZNC).

درجة الحرارة في هذه المنطقة تعطى بدلالة توازن الطاقة على الشكل:

$$H_1 \rho C_P \frac{\partial T_u}{\partial t} = \left(\sum \phi_{in}^{u} - \sum \phi_{out}^{u}\right)$$

$$\sum \left(\phi_{in}^{u}\right) = \phi_I + \phi_{cond} + \phi_{rain}$$

$$\sum \left(\phi_{out}^{u}\right) = \phi_{conv} + \phi_{evap} + \phi_{rad} + \phi_{pL}$$

3.4.3 منطقة الحمل الحراري السفلى:

تعمل هذه المنطقة كمنطقة تخزين للطاقة الشمسية على شكل محلول ملحي ساخن وهي عبارة عن طبقة ذات سمك واحد H3.

تعطى درجة الحرارة في منطقة الحمل الحراري السفلى بدلالة التوازن الحراري على الشكل:

$$H_3 \rho C_P \frac{\partial T_L}{\partial t} = \left(\sum \phi_{in}^{L} - \sum \phi_{out}^{L}\right)$$

$$\sum \left(\phi_{in}^{u}\right) = \phi_I$$

$$\sum \left(\phi_{out}^{u}\right) = \phi_{PB} + \phi_{PL} + \phi_{extL}$$

5.3 نتائج المحاكاة العددية:

الحوض الصغير المحاكي أسطواني الشكل مساحة سطحه 0.64 م وقطره 0.91 م، وهو معزول حراريا بطبقة من البوليريثان ذات توصيل حراري k=0.02W/m °C.

ينقسم هذا الحوض الصغير إلى ثلاث مناطق:

- منطقة الحمل الحراري العلوية (ZCS) ذات سمك 4 cm.
- المنطقة غير الحملية (ZNC) ذات سمك 42 cm.
- منطقة الحمل الحراري السفلى (ZCI) ذات سمك 40 cm.

قبل تعريض الحوض إلى الإشعاع الشمسي (الحرارة) توزيع الملوحة يكون خطي بنسبة قدرها 0.5% في السطح، و14% في منطقة الحمل الحراري السفلى (ZCI).

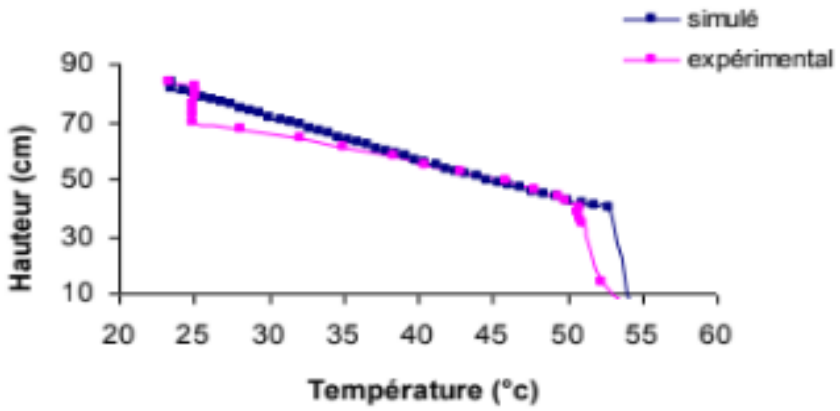
في بداية التسخين يفترض أن تكون درجة الحرارة متجانسة في جميع أنحاء الحوض الصغير ومساوية لدرجة الحرارة الوسط أي عند القيمة $T_0 = 20\ C°$.

6.3 التحقق من صحة النموذج التجريبي:

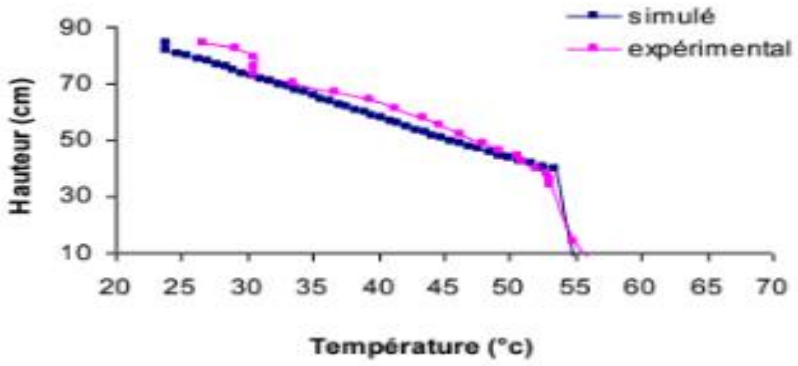
من أجل التحقق من صحة النموذج تم إجراء مقارنة بين النتائج النظرية والتجريبية.

يتم جمع بيانات الطقس خلال الفترة التجريبية وتستخدم لمحاكاة تشغيل الحوض الصغير خلال هذه الفترة.

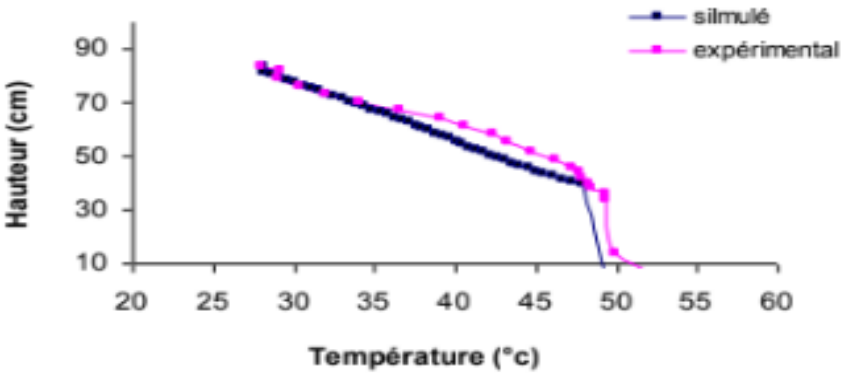
مقارنة درجات الحرارة التجريبية والمحاكاة



الشكل رقم (33): تغير درجات الحرارة المحسوبة والمقاسة بعد 10 أيام.



الشكل رقم (34): تغير درجات الحرارة المحسوبة و المقاسة بعد 20 يوم.



الشكل رقم (35) مقارنة درجات الحرارة المحسوبة و المقاسة بعد 25 يوم. .

تمثل الأشكال **(35،34،33)** البيانات الخاصة بالمحاكاة وقياس درجة الحرارة، حيث تظهر توافقا جيدا بين منحنيات المحاكاة والمنحنيات التجريبية باستثناء الإختلاف الطفيف بينها.

و يرجع هذا الاختلاف إلى الآثار التالية:

بالنسبة للمحاكاة (درجات الحرارة المحسوبة عدديا):

اعتبرنا شروط عمل الحوض الشمسي مثالية حيث تم:

- إهمال تأثير الرياح على أداء الحوض الشمسي.
- إهمال تأثير الحواف.

بالنسبة للتجربة (درجات الحرارة المقاسة تجريبيا):

شروط عمل الحوض الشمسي لم تكن مثالية حيث:

- تؤثر الرياح على استقرار الواجهة العليا مما ينعكس على أداء الحوض الشمسي.
- تؤثر الحواف على أداء الحوض الشمسي وذلك من خلال فقدان جزء من الحرارة إلى الخارج نتيجة التبادل الحراري الذي يحدث بين حواف الحوض والوسط الخارجي.

7.3 كفاءة الحوض الشمسي:

يعتمد مردود الحوض الشمسي على كمية الحرارة المستخرجة من الحوض ونوعية وجودة هذه الحرارة، في الأحواض كبيرة الحجم يمكن استخراج الحرارة بكميات كبيرة وفي درجات حرارة عالية مناسبة للاستخدام الصناعي. في حالة الأحواض الصغيرة فإن نوع التطبيق محدود بقدرة الحوض الصغير على توفير الكمية اللازمة من الحرارة.

بشكل عام يمكن أن توفر الأحواض الصغيرة كميات ضئيلة من الحرارة، وذلك عند درجات حرارة تتراوح ما بين

40 و 60 °C، هذه الكميات من الحرارة مناسبة للاستخدام في التدفئة المنزلية، والتسخين المسبق لمياه التقطير صغيرة الحجم.

نقترح هنا دراسة إمكانية تحسين مردود الحوض الصغير عن طريق اعتماد طريقة جديدة لاستخراج الحرارة من منطقة التدرج (ZNC)، باستخدام مبادل حراري مغمور داخل هذه المنطقة، ومقارنتها بطريقة استخراج الحرارة من المنطقة الحرارية السفلية (ZCI) حيث نختبر الشروط الآتية:

- استخراج الحرارة من المنطقة الحرارية السفلية فقط.
- استخراج الحرارة من منطقة التدرج فقط.
- استخراج الحرارة من منطقتين بشكل مشترك.

يتم استخراج الحرارة من **(ZCI)** بمعدل تدفق m_L، ومن **(ZNC)** بمعدل تدفق m_g، وبالتالي يمكن كتابة مردود الحوض الصغير على الشكل:

$$\eta = \frac{\dot{m}_g \ C_{pe}[T(H_2) - T_a] + \dot{m}_L \ C_{pe}[T_L - T_a]}{\phi_I}$$

كما هو مبين في العلاقة أعلاه :

$\dot{m}_g = 0$ و $\dot{m}_L \neq 0$ فإن:

الاستخراج يكون من منطقة الحمل الحراري السفلي فقط ومردود الحوض يكون كالآتي:

$$\eta = \frac{\dot{m}_L \, C_{pe}[T_L - T_a]}{\phi_I}$$

$\dot{m}_L = 0$ و $\dot{m}_g \neq 0$ فإن:

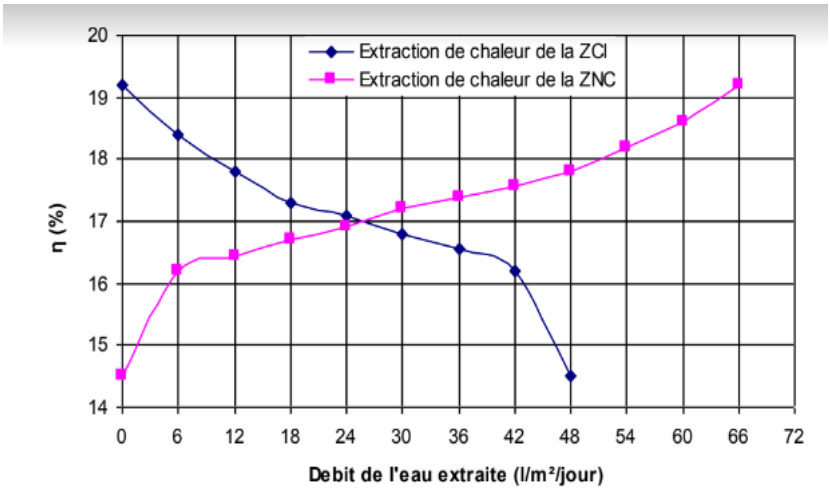
الاستخراج يكون من منطقة التدرج فقط ومردود الحوض يكون كالآتي:

$$\eta = \frac{\dot{m}_g \, C_{pe}[T(H_2) - T_a]}{\phi_I}$$

يوضح الشكل **(36)** أداء الحوض الصغير ليوم صيفي نموذجي بدلالة معدل التدفق في المبادل الحراري، في هذا المثال يتم استخراج الماء عند درجة حرارة **50 °C**، يظهر بأن الحد الأدنى من الكفاءة **14.5 %** وهو يتوافق مع حالة الاستخراج من منطقة الحمل الحراري السفلية فقط مع تدفق قدره: **m_L= 0.00055 kg /m_2/s** يعني **48l/ m2/jour.**

يمكن تحسين هذا الأداء من خلال تقليل كمية الحرارة المستخرجة من منطقة الحمل الحراري السفلية، وزيادة الحرارة المستخرجة من منطقة التدرج لتصل إلى حد أقصى 19.2% في حالة الاستخراج فقط من منطقة التدرج مع معدل تدفق قدره **0.00076 kg /m_2/s** يعني **66l/ m2/jour.**

لذلك نستنتج بأن استخراج الحرارة من منطقة التدرج وحدها يمكن أن تزيد من كفاءة ومردود الحوض الصغير بحوالي 30%، وذلك مقارنة باستخراج الحرارة من منطقة الحمل الحراري وحدها **[95]**.



شكل (36) أداء الحوض الصغير وفقا لتكوينات الاستخراج الحراري الممكنة ليوم صيفي نموذجي عند درجة حرارة ثابتة (T= 50 C°).

الخاتمة

الخاتمة:

الطاقة المتجددة هي بالفعل طاقة بديلة تستطيع حل العديد من المشاكل البيئية وذلك على اختلاف أشكالها وأنواعها من طاقة هيدروجينية، طاقة مائية، طاقة الرياح، طاقة نووية، طاقة حرارية أرضية، والطاقة الشمسية. وهي طاقة غير قابلة للنضوب على عكس الطاقات التقليدية مثل البترول والغاز الطبيعي.

وتعد الطاقة الشمسية من أهم الطاقات المتجددة نظرا لتطبيقاتها في مختلف التقنيات مثل الخلية الشمسية والأحواض الشمسية التي سلطنا عليها الضوء في بحثنا هذا حيث تطرقنا إلى كيفية انتقال الحرارة وتوزيعها داخل الأحواض الشمسية المتدرجة الملوحة هذا الانتقال الذي يخضع إلى معادلة انتشار الحرارة التي تحكمها المعادلة العامة للطاقة في منطقة الحمل الحراري والتي تملك حدودا ثابتة مع المنطقة اللاحملية.

كما قمنا في هذا العمل بإجراء مقارنة بين منحنيات لدرجات الحرارة المحسوبة والمقاسة وذلك على فترات زمنية مختلفة امتدت من 10 أيام إلى غاية 25 يوم حيث وجدنا توافقا جيدا بينها ما عدا بعض الاختلاف الطفيف والذي يرجع إلى جملة من العوامل.

قمنا أيضا بدراسة كفاءة الحوض الشمسي حيث وجدنا بان مردوده يعتمد على كمية الحرارة المستخرجة من الحوض ونوعية وجودة الحرارة في كل من الأحواض كبيرة الحجم والتي تستخرج الحرارة منها بكميات كبيرة وفي درجات حرارة عالية والأحواض الصغيرة التي توفر كميات ضئيلة من الحرارة .

التوصيات:

- ✓ تسليط الضوء على الطاقات البديلة باعتبارها بديلا ناجعا ودعم الأبحاث التي من شأنها أن تساهم في تطويرها.
- ✓ تعتبر الأحواض الشمسية من ضمن تطبيقات الطاقة الشمسية المتجددة لذا يوصى بإجراء دراسات تجريبية باستخدام هذه التقنية لتحسين كفاءة التخزين وبالتالي زيادة الإنتاجية.
- ✓ إجراء دراسات تجريبية على الأحواض الشمسية بأشكال هندسية مختلفة مع الأخذ بعين الاعتبار عاملين أساسيين هما: مساحة السطح والعمق.
- ✓ توفير الإمكانيات والمعدات اللازمة على مستوى مخابر جامعتنا من أجل إجراء تجارب ودراسات حول الأحواض الشمسية.

قائمة المراجع

قائمة المراجع العلمية:

[1]- CHITOUR Chams Eddine, 2008 , pour une stratégie énergétique de l'Algérie à l'horizon 2030, Office des publication universitaire, Algérie, P41.

[2]- محمد مصطفى الخياط، "الطاقة البديلة تحديات وآمال"، مجلة السياسة الدولية، العدد 164، أفريل 2011، ص 41.

[3]- رائد خضر سلمان الفهداوي، "محاضرات في الطاقات المتجددة"، قسم الفيزياء، جامعة الأنبار، 2016-2015، ص 04.

[4]- وسام نزيه عبد القادر، "تقييم عملية فصم الرابطة O-H القوية و الضعيفة و بوجود محفز بالإثارة الليزرية لتأمين الطاقة الهيدروجينية"، رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في علوم الليزر وتطبيقاته، قسم الفيزياء و تقانة الليزر، جامعة دمشق سوريا، 2014، ص 15.

[5]- رمضان محمد مقلد واخرون، "اقتصاديات الموارد البيئية الدار الجامعية الاسكندرية"، مصر، 2004، ص 204.

[6]- استخدامات الطاقة المائية قديما وحديثا.

https://www.almrsal.com/post/1021377

[7]- علي عبد الله العرادي، الطاقة المستدامة (المتجددة) "دراسات وقوانين" إدارة شؤون اللجان والبحوث مجلس الشورى، الاردن، 2012، ص 17.

[8]- محمد مصطفى محمد الخياط، "الطاقة مصادرها، أنواعها، استخداماتها"، القاهرة، مصر، 2006، ص50.

[9]- ماهي طاقة الرياح

https://mawdoo3.com

[10]- بوعشة اسمهان، " جدوى استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة وإمكانية استخدامها في التبادلات التجارية الخارجية (دراسة حالة الجزائر) "، مدكرة لنيل شهادة الدكتوراه الطور الثالث (LMD)

في العلوم التجارية، تخصص تجارة دولية، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة محمد خيضر، بسكرة، (2018-2019)، ص 92.

[11]- أمينة مخلفي، "أثر تطور أنظمة استغلال النفط على الصادرات دراسة حالة الجزائر بالرجوع الى بعض التجارب العالمية، رسالة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة الجزائر، 2013، ص 32.

[12]- Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese : Renewable Energy –Technology, Economics, and Environment, Springer-Verlag Berlin Meidelberg, Neu York, USA, 2007, P32.

[13]- روبرت ل. إيفانز، شحن مستقبلنا بالطاقة "مدخل إلى الطاقة المستدامة"، ترجمة فيصل حردان، سلسلة كتب التقنيات الاستراتيجية والمتقدمة، المنظمة العربية للترجمة، لبنان، 2011، ص 175-176-177.

[14]- مميزات وعيوب الطاقة الحرارية الجوفية.

https://ma3lomatthaqafiah.com

[15]- https://buildex.techinfus.com/ar/otoplenie/istochniki-teplovoj-energii-

[16]- ما هي الطاقة الحرارية الأرضية.

https://mawdoo3.com

[17]- نصري ذياب خاطر،" جغرافية الطاقة "الطبعة الاولى، دار الجنادرية للنشر والتوزيع، الأردن، 2011، ص 37.

[18]- بوحنة منال، "الطاقات المتجددة كخيار استراتيجي للاستثمار في تحقيق التنمية المستدامة تجربة الجزائر والمغرب" مذكرة مقدمة استكمالا لمتطلبات نيل شهادة ماستر أكاديمي في العلوم الاقتصادية، تخصص اقتصاد دولي، جامعة محمد الصديق بن يحيى، جيجل، 2021/2020، ص 46.

[19]- https://www.renovablesverdes.com/ar/biomasa

[20]- الطاقة الحيوية واستخداماتها.

https://mawdoo3.com

[21]- هشام حريز، "دور البحث والتطوير في تحسين القدرة التنافسية لقطاع الطاقات المتجددة بالجزائر"، أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم في العلوم الاقتصادية، تخصص اقتصاد صناعي، جامعة محمد خيضر، بسكرة، 2015-2016، ص 118.

[22]- https://www.twinkl.co.uk/teaching-wiki/altaqt-alnwwyt

[23]- سلبيات الطاقة النووية.

https://sotor.com

[24]- توفيق محمد قاسم، "الإنسان والطاقة عبر التاريخ"، مهرجان القراءة للجميع الاعمال العلمية مكتبة الأسرة، مصر، القاهرة، 2004، ص 142.

[25]- نفس المرجع السابق ص131.

[26]- تريكي عبد الرؤوف، "مكانة الطاقة المتجددة ودورها في تحقيق التنمية المستدامة

(حالة الجزائر)"، مذكرة مقدمة ضمن متطلبات نيل شهادة الماجستير في العلوم الاقتصادية تخصص تحليل اقتصادي، جامعة الجزائر 03، كلية العلوم الاقتصادية العلوم التجارية وعلوم التسيير 2013-2014، ص 117.

[27]- نفس المرجع السابق ص 119.

[28]- حافظ برجاس ، محمد المجدوب، "الصراع الدولي على النفط العربي" بيسان للنشر والتوزيع والاعلام، بيروت، لبنان، 2000، ص 62.

[29]- المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، إدارة برامج العلوم والبحث العلمي "مصادر الطاقة النظيفة أداة ضرورية لحماية المحيط العربي" البحرين، جامعة البحرين.

[30]- Sozhan, N. ; Senthilvelan, T. ; Kaliyappan, T.; Vijayakrishna Rapaka, E. (2013). “Experimental investigation on a 0.25 m2 solar gel pond”. IJIRSET. 2(8), pp.3384- 3397.

[31]- Rashid, L. F.; Fayyadh, k. I.; Hashim, A. (2012). “ Design of solar pond forelectricity production”. British Journal of Science. 3(2), pp.104-110.

[32]- "Solar energy perspectives". Renewable Energy. (IEA) International Energy Agency. (2011). Paris, France.

[33]- صيدلي، هيثم؛ ملحم، جهاد (2011). فيزياء الطاقة، سورية، منشورات جامعة تشرين.

[34]- “Solar thermal systems”. Second edition. Earth scan (2001).

www. Earthscan.co.KN.

[35]- مها عيد عبد الستار سيد أحمد، "الطاقة الجديدة والمتجددة ودورها في التنمية المستدامة في المناطق الريفية"، رسالة لنيل درجة الماجستير في قسم الهندسة المعمارية كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر، 2013 ص 5.

[36]- Timilsina, R. G.; Kurdgelashvili, L.; Narbel, A. P. (2011). “A Review of Solar Energy: Markets, Economics and Policies”. Research Gate. pp. 1-52.

[37]- Timilsina, R. G.; Kurdgelashvili, L.; Narbel, A. P. (2012). “Solar energy: Markets, economics and policies”. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, pp. 449-465.

[38]- Timilsina, R. G.; Kurdgelashvili, L.; Narbel, A. P. (2011). “A Review of Solar Energy: Markets, Economics and Policies”. Research Gate. pp. 1-52.

[39]- Timilsina, R. G.; Kurdgelashvili, L.; Narbel, A. P. (2012). "Solar Markets , economics and policies". Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, pp. 449-465.

[40]- تريكي عبد الرؤوف، نفس المرجع السابق ص 164.

[41]- سمير بلعربي، واقع طاقة الرياح في الجزائر.

http://portail.cder.dz/ar/IMG/pdf/Article samir_bellarbi pdf - -2.pd

[42]- علقمة مليكة، كتاف شافية، الاستراتيجية البديلة لاستغلال الثروة البترولية في إطار قواعد التنمية المستدامة، المؤتمر العلمي الدولي، التنمية المستدامة والكفاءة الاستخدامية للموارد المتاحة، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة سطيف، ص 3.

[43]- سليمان كعوان، صورية ديب، إمكانيات وتحفيزات الجزائر في الطاقة المتجددة وآفاقها المستقبلية، ملتقى وطني حول فعالية الاستثمار في الطاقات المتجددة في ظل التوجه الحديث للمسؤولية البيئية، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة سكيكدة، 11-12نوفمبر ،2014ص 4.

[44]- تريكي عبد الرؤوف، نفس المرجع السابق ص 166.

[45]- عليوة علي، "دراسة وتحليل مقومات الاستثمار في الطاقات المتجددة في الجزائر كبديل للاستثمار خارج المحروقات"، الملتقى الدولي الثاني الطاقات البديلة خيارات التحول وتحديات الانتقال ، كلية العلوم الاقتصادية، العلوم التجارية وعلوم التسيير، جامعة ام البواقي، 18- 19نوفمبر ،2014 ص 54.

[46]- نفس المرجع السابق ص 58.

[47]- Centre de Développement des Energies Renouvelables,bulletin des énergies renouvelables, N°9, juin 2006, Bouzaréah, Algérie, p27.

[48]- Chems Eddine Chitour, les perspectives énergétiques à l'horizon 2020

dans un contexte de globalisation planétaire, 5eme Journée de l'énergie, école national, polytechnique, Algérie, 16 Avril 2001, P 78 .

[49]- Sathish, D.; Sathish Kumar, T. R. (2015). "Effective study on solar pond and its various performances". ICIRET. pp. 1-10.

[50]- Raj, V. D.; Bhoopathi, A.; Dr.Vijayachandrakala, M. R. K. (2016). "Effect of Salt Gradient Pond for Thermal Energy Storage". AJBAS. PP. 150-155.

[51]- Hull, J. R.; Nilesen, C. E.; Golding, P. (1989). "Salinity gardient solar ponds". CRC Press.

[52]- Pitchandi, P.; Dr. Rajendran, M. (2017). "A Temperature Gradient based Harvesting of Solar Energy using a TEG Device". Asian Research Consortium. 7(1), pp. 784-795.

[53]- Kalecsinsky, V. (1902). "Uber die ungarischen warmen und heissen Kochalzseen als naturliche Warmeaccumulatoren". Ann. Physik 7. pp. 408.

[54]- Nielsen, C. E. (1980). "Design and initial operation of a 400 m2 solar pond". International Solar Energy. pp. 381.

[55]- Sathish, D.; Sathish Kumar, T. R. (2015). "Effective study on solar pond and its various performances". ICIRET. pp. 1-10.

[56]- Singh, Baljit; Singh, Bhathal (2015). Power Generation from Solar Pond Using Thermoelectric Generators. School of Aerospace Mechanical and Manufacturing Engineering College of Science Engineering and Health, RMIT University.

[57]- Nielsen, C. E. (1980). "Design and initial operation of a 400 m2 solar pond". International Solar Energy. pp. 381.

[58]- Saifullah, A. Z. A.; Shahed Iqubal, M. A.; Saha, A. (2012). "Solar pond and its application to desalination". Asian Transactions on Science & Technology (ATST). 2(3), pp.1-25.

[59]- مها عيد عبد الستار سيد أحمد، نفس المرجع السابق ص 14-15.

[60]- سمير سعدون مصطفى، بلال عبد الناصر، "الطاقة البديلة مصادرها واستخداماتها"، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، 2010، ص 128.

[61]- Pitchandi, P.; Dr. Rajendran, M. (2017). "A Temperature Gradient based Harvesting of Solar Energy using a TEG Device". Asian Research Consortium. 7(1), pp. 784-795.

[62]- Sozhan, N.; Senthilvelan, T.; Kaliyappan, T.; Vijayakrishna Rapaka, E. (2013). "Experimental investigation on a 0.25 m2 solar gel pond". IJIRSET. 2(8), pp.3384- 3397.

[63]- سمير سعدون مصطفى، بلال عبد الناصر، نفس المرجع السابق ص 126-127.

[64]- الدكتور محمد رأفت إسماعيل رمضان، أستاذ مساعد فيزياء كلية العلوم جامعة طنطة و الدكتور علي جمعان الشكيل أستاذ مساعد الكيمياء كلية العلوم، جامعة صنعاء، " الطاقة المتجددة " ص83-84.

[65]- Dincer,I.,& Rosen, M.A.(2012).Exergy :Energy,transmission and sustainable development. Newnes.

[66]- Monjezi,A.A .,&Campbell,A.N.(2016) end Srinivasan,J.(1993).Solar pond technology.

[67]- Monjezi,A.A. &Campbell, A.N. (2016).A comprehensive transient model for the prediction of temperature in asolar pondunder Mediterranean conditions. Solar Energy, 135,297-307.

[68]- Valderramn,C., Cortina, J.L., & Akbarzadeh, A(2016).Solar Ponds.In Storing Energy pp273- 289.

[69]- Sukhatme,K.,& Sukhatme,S.P.(1996). Solar Energy: principles ofthermal collection and storage. Tata McGraw-Hill Education**.**

[70]- Dincer ,I.,& Rosen ,M.A.(2012).Exergy : Energy,transmission and sustainable development. Newnes.

[71]- Ibrahim Dincer, Dogan Erdemir, inHeat Storage Systems for Buildings, 2021.

[72]- Prasad R, Rao DP. Estimation of the thickness of the lower convective layer of solar ponds. Renew Energy 1996; 7(4): 401–7.

[73]- Weinberger, H. The Physics of Solar Ponds. Solar Energy, Vol. 8, 1964, pp. 45-56.

[74]-Rubin, H.; Benedict, B. A.; and Bachu, S. Modeling The Performance of a Pond as a Source of Thermal Energy. Solar Energy, Vol. 32, No. 6, 1984, pp.771-778.

[75]- Bronicki Y . Solar pond. Encyclopedia of Physical Science and Technology, 3rded .2002.p.149-166.

[76]- Tabor H ,Doron B .The Beit Ha'arava 5MW solar pond power plant. Presented at the International Conference on Solar pond, Cuernavaca Morelos, Mexico, 1987; Marech- April

[77]- Leblanc J, Akbarzadeh A Andrews J ,Lu H,Golding P . Solar Energy2011;85:3103-42.

[78]- S .Tundee ,Terdtoon,P.Sakulchangsatjatai,R.Singh,A. Akbarzadeh, Heat extraction from salinity-gradient Solar pond using Heat exchangers, Sol. Energy84,1706-1716.(2010).

[79]- Akabarzadeh, A.; Andrews, J.; Golding, P. (2005). "Integration of solar ponds in salinity mitigation schemes to produce low grade heat for industrial process heating, desalination and power". Solar World Congress Bringing Water to the World, Orlando, Florida.

[80]- Akbarzadeh, A.; Andrews, J.; Golding, P. (2005). "Solar Pond Technologies: A Review and Future Directions". Advance in Solar Energy. 16, pp. 233-294.

[81]- Akbarzadeh, A., J. Andrews and P. Golding (2005). "Solar Pond Technologies: A review and Future Directions. Advances in Solar Energy". Earth scan. 16, pp. 233-294.

[82]Hull,jR.; Scranton, A. B.; Mehta, J. M.; Cho, S. H.; Kasza, K. E. (1986). "Heat extraction from the ANL Research Salt Gradient solar pond". Argonne National Laboratory, Argone.

[83]- Singh, B.; Tan, L. P.; Date, A.; Akbarzadeh, A. (2014). "The Effects of Temperature Difference and Compressive Force to the Electrical Characterization of Peltier Cell for Artificial Concentrated Solar Power Thermoelectric Application". Journal of Mechanical Engineering. 11, pp. 15-30.

[84]- Orr, B.; Singh, B.; Tan, L. P.; Akbarzadeh, A. (2014). "Electricity generation from an exhaust heat recovery system utilizing thermoelectric cells and heat pipes". Applied Thermal Engineering. 73, pp. 588-597.

[85]- Reid, R. L.; Swift, A. H. P.; Boegli, W. J.; Castaneda, B. A.; Kane, V. R. (1986). "Design construction and initial operation of 3355m2 solar pond in El Paso". Solar Energy. pp. 304.

[86]- Collins, R. B. (1983). “Alice Spring solar pond project”. International Solar Energy. 102, pp. 281.

[87]- Lesino, G.; Saravia, L.; Galli, D. (1990). “ Industrial production of sodium sulfate using solar ponds”. Solar Energy 45(4), pp. 215-219.

[88]- M. Ouni, Modélisation et contrôle des basins solaires à gradient de sel. Thesis, Univ. Elmanar, Faculté des Sciences de Tunis, (2002)

[89]- A. Rabel, C.E. Nielsen, Solar ponds for space heating. Solar Energy, vol. 17 (1975) 1-12.

[90]- H.C Bryant, I. Colbeck, A solar pond for London. Solar Energy, vol. 19 (1977), pp. 321-322.

[91]- S.G. Sherman, Modelling and control of solar pond. PH.D Thesis, University of Western Australia, Department of Civil Engineering (1989).

[92]- J. Wang and J.S Yaagoobi, Effect of water turbidity on thermal performance of a salt gradient solar pond. Solar Energy 54 (1995), 243-248.

[93]- Mohamed El Mokhtar «ETUDE NUMERIQUE ET EXPERIMENTALE DE LA STABILITE DES ETANGS SOLAIRES A GRADIENTDE SEL »le 04 Mai 2010UNIVERSITE DE TUNIS EL MANAR .PP.61-62-63-64

[94]- A. Rabel, C.E. Nielsen, Solar ponds for space heating. Solar Energy, vol. 17 (1975) 1-12.

[95]- Mohamed El Mokhtar «ETUDE NUMERIQUE ET EXPERIMENTALE DE LA STABILITE DES ETANGS SOLAIRES A GRADIENTDE SEL »le 04 Mai 2010UNIVERSITE DE TUNIS EL MANAR .PP.76-84-85