

جامعة قاصدي مرباح - ورقلة -

كلية المحروقات والطاقات المتجددة وعلوم الأرض والكون

قسم: الطاقات المتجددة



مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات نيل شهادة ماستر أكاديمي

الميدان : علوم وتقنيات

الشعبة : الطاقات المتجددة

التخصص: الطاقات المتجددة في الميكانيك

بعنوان :

تثمين مخزون الطاقة الحرارية الأرضية للآبار الألبانية بولاية
تقرت مع امكانية تثمينها من خلال البحث الجيولوجي
وتطبيقات نموذجية.

من اعداد الطالبين

1- ميرود يوسف

2- نعيمي شايع

لجنة المناقشة مكونة من السادة :

(أستاذ، جامعة ورقلة) رئيسا

(أستاذ محاضر ب، جامعة ورقلة) مشرفا و مقررا

(أستاذ تعليم عالي "أ"، جامعة ورقلة) مناقشا

أ/ بوشكيمة بشير

د / بريج محمد الحافظ

أ د / درنوني محمد

السنة الجامعية: 2019-2020

إهداء

أهدي هذا العمل إلى من قال فيهما

"واخفض لهما جناح الذل من الرحمة وقل رب ارحمهما كما ربياني صغيرا" سورة الإسراء

الآية 24.

إلى الوالدين الكريمين حفظهما الله وأطال في عمرهما ،

إلى الإخوة والأخوات ، إلى كل الأهل والأقارب ،

إلى جميع الأصدقاء،

إلى كل من عرفته من قريب أو بعيد،

إلى من رفعوا رايات العلم والتعليم

أساتذتي الأفاضل،

إلى كل من سقط سهوا من قلمي ولم يسقط من قلبي.

شكر وتقدير

بعد أن من الله علينا بإنجاز هذا العمل ، فإننا نتوجه إليه الله سبحانه وتعالى أولاً وأخيراً بجميع ألوان الحمد والشكر على فضله وكرمه الذي غمرنا به فوفقنا إلى ما نحن فيه راجين منه دوام نعمه وكرمه ، وانطلاقاً من قوله صلى الله عليه وسلم : "من لا يشكر الناس لا يشكر الله "، فإننا نتقدم بالشكر والتقدير والعرفان إلى الأستاذ المشرف " الدكتور بريح محمد الحافظ." ، على إشرافه على هذه المذكرة وعلى الجهد الكبير الذي بذله معنا ، وعلى نصائحه القيمة التي مهدت لنا الطريق لإتمام هذه الدراسة، فله منا فائق التقدير والاحترام ، فله منا جزيل الشكر وفائق التقدير والاحترام. كما نتوجه بخالص الشكر إلى عضوي لجنة المناقشة والتقدير إلى الأستاذ الدكتور : بوشكيمة بشير الذي تفضل مشكوراً لقبوله رئاسة لجنة مناقشة المذكرة فله منا فائق الشكر والامتنان على ذلك. كما نتوجه بجزيل الشكر والتقدير إلى الدكتور : درنوني محمد على تفضله بمناقشة المذكرة . الشكر موصول أيضاً إلى الأستاذ بريح محمد الحافظ الذي قدم لنا يد المساعدة ولم يبخل علينا بمعلوماته أثناء انجازنا هذا

البحث .

كما نتوجه في هذا المقام بالشكر الخاص لأساتذتنا الذين رافقونا طيلة المشوار الدراسي ولم يبخلوا في تقديم يد العون لنا

وندين بالشكر أيضا إلى كل إطارات محطة تصفية و تبريد المياه بتقرت، الذين ساعدونا من خلال تقديم جميع التسهيلات ومختلف التوضيحات والمعلومات المقدمة من طرفهم لإنجاز هذا البحث .

وفي الختام نشكر كل من ساعدنا وساهم في هذا العمل سواء من قريب أو بعيد حتى ولو بكلمة طيبة أو ابتسامة عطرة

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على المخزون الطاقوي من الطاقة الحرارية الأرضية بالجنوب الجزائري من خلال التعريف بالمخزون الطاقوي للآبار الألبانية بولاية تقرت مع إمكانية تثمينها وتفعيل دورها المستقبلي في تحقيق التنمية المستدامة.

اعتمدنا في دراستنا على عمل ميداني من خلال الاتصال بوزارة الجوانب الجزائرية للمياه بتقرت للحصول على المعطيات الميدانية لأهم آبار المنطقة وكذا معطيات محطة تحلية وتبريد المياه الساخنة ، كما بعمل حسابي لدراسة بعض تطبيقات الطاقة الحرارية الأرضية المتمثل في إمكانية تركيب آلة امتصاص شمسي (SACM) في مناطق الجنوب الشرقي للجزائر، واتبعنا في كل الجانب الأول المنهج الوصفي و المنهج التحليلي بينما الجانب الأخير اقتصر على الحسابات وتحليل النتائج.

توصلنا في نهاية الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها، كمية الطاقة المهدورة في آبار تقرت تقدر تقريبا بـ حوالي (65.085 MW) و هـ كمية أكبر أكثر من أربع مرات (4.33 مرة) الكمية التي يرمجتها الدولة في البرنامج الوطني للطاقات المتجددة التي سيتم إنتاجها من طاها باطن الأرض المقدر بـ (15.000 MW).

الكلمات المفتاحية : الطاقة الحرارية الأرضية، الآبار الألبانية، التثمين الطاقوي، ، التنمية المستدامة، آلة امتصاص شمسي.
المستدامة

Résumé:

Cette étude vise à identifier la réserve énergétique de la géothermie dans le sud de l'Algérie en introduisant la réserve énergétique des puits albanais dans un état qui a été évalué avec la possibilité de la valoriser et d'activer son rôle futur dans la réalisation du développement durable.

Dans notre étude, nous nous sommes appuyés sur des travaux de terrain en contactant le Service *l'Algérienne Des Eaux* à Touggourt pour obtenir des données de terrain pour les puits les plus importants de la région, ainsi que des données pour la centrale de dessalement et de refroidissement à eau chaude, ainsi que des travaux de calcul pour étudier certaines applications de la géothermie représentées, dans la possibilité d'installer une machine à absorber solaire (SACM) dans les régions du l'Est sud. Dans chaque aspect, nous avons suivi l'approche descriptive et analytique, tandis que le dernier aspect se limitait aux calculs et à l'analyse des résultats.

Nous avons atteint un ensemble de résultats dont le plus important est la quantité d'énergie gaspillée dans les puits, estimée à environ (65,085 MW), soit plus de quatre fois (4,33 fois) la quantité que l'État a programmée dans le programme national des énergies renouvelables qui sera produite à partir de cette type d'énergie du sol. Classé (15 000 MW).

Mots clés: énergie géothermique, puits albanais, évaluation énergétique, développement durable, machine à absorption solaire.

Abstract:

This study aims to identify the energy reserve of geothermal energy in southern Algeria by introducing the energy reserve of Albanian wells in the state of Tougourt with the possibility of valuing them and activating their future role in achieving sustainable development.

In our study, we relied on field work by contacting the the Algerian Des water Service in Tougourt to obtain field data for the most important wells in the region, as well as data for a desalination plant and hot water cooling, He also worked on arithmetic to study some geothermal energy applications represented in the possibility of installing a solar absorber machine (SACM) in the southeastern regions of Algeria, and in each aspect we followed the descriptive approach and the analytical approach while the last aspect was limited to calculations and analysis of results.

At the end of the study, we reached a set of results, the most important of which are, The amount of energy wasted in wells has been estimated to be approximately **(65.085 MW)**, It is a quantity greater than four times **(4.33 times)** than the amount programmed by the state in the national renewable energy program that will be produced from the underground energy estimated at **(15,000 MW)**.

Keywords: geothermal energy, Albanian wells, energy evaluation, sustainable development, solar absorption machine.

فهرس المحتويات

رقم الصفحة	قائمة المحتويات
I	الشكر والعرهان
II	إهداء
III	ملخص الدراسة
V	فهرس المحتويات
X	قائمة الجداول
XI	قائمة الأشكال
XIV	قائمة الرموز
XV	قائمة المختصرات
ب	مقدمة العامة
الفصل الأول: معلومات عامة عن الطاقة الحرارية الأرضية	
2	1.1.المقدمة
4	2.1.الطاقة الحرارية الأرضية
4	1.2.1. نظرة عامة
4	2.2.1. تعريف الطاقة الحرارية الأرضية
5	3.2.1. مبدأ الطاقة الحرارية الأرضية
5	3.1. تاريخ الطاقة الحرارية الأرضية
6	4.1. طبقات الأرض
6	1.4.1. طبقة اللب (نواة)
6	1.1.4.1. طبقة اللب الداخلي
7	2.1.4.1. طبقة اللب الخارجي
7	2.4.1. طبقة الوشاح
7	1.2.4.1. طبقة الوشاح السفلي
7	2.2.4.1. طبقة الوشاح العليا

7	3.4.1.القشرة
9	5.1.التدرج الحرارية الأرضية
9	6.1.الرواسب الحرارية الأرضية
9	1.6.1.انواع الرواسب الحرارية الأرضية
9	1.1.6.1. الرواسب الحرارية الأرضية للمناطق البركانية
9	2.1.6.1. الرواسب المناطق قارية مستقرة و المغطاة بالتضاريس
9	3.1.6.1. الرواسب الحرارية الأرضية في المناطق القارية النشطة
10	2.6.1.تصنيف الرواسب الحرارية الأرضية
10	7.1.أنواع الطاقة الحرارية الأرضية
10	1.7.1.الطاقة الحرارية الأرضية عالية الطاقة
11	2.7.1.الطاقة الحرارية الأرضية متوسطة الطاقة
11	3.7.1.الطاقة الحرارية الأرضية منخفضة الطاقة
12	4.7.1.الطاقة الحرارية الأرضية ذات الطاقة منخفضة جدا
12	5.7.1.الطاقة الحرارية الأرضية الصخرية الجافة
13	8.1.طرق الاستكشاف المعتادة
13	1.8.1.طرق الجيولوجية
13	2.8.1.طرق الجيوكيميائية
13	3.8.1.طرق الجيوفيزيائية
13	9.1.مضخة الحرارية الأرضية
14	1.9.1.تعريف المضخة الحرارية الأرضية
15	2.9.1.طريقة العمل
15	3.9.1.مبدأ الديناميكية الحرارية
16	10.1.أشكال المبادل الحراري
16	1.10.1.مبادل حراري عمودي
16	2.10.1.مبادل حراري أفقي

17	3.10.1.مبادل الحراري الملفوف
18	4.10.1.مبادل الحراري الحلزوني
18	11.1.معايير التصميم الرئيسية
18	1.11.1.اجمالي تدفق الهواء
18	2.11.1.عدد و قطر الأنابيب
19	3.11.1.طول الأنابيب
19	4.11.1.المسافة بين الأنابيب
19	5.11.1.عمق دفن الأنابيب
20	6.11.1.طبيعة التربة و المحتوى الرطوبة فيها
20	7.11.1.المادة المصنعة للأنابيب
20	12.1.الطاقة الحرارية الأرضية في العالم
20	1.12.1.التطبيقات
21	2.12.1.سعة الطاقة
22	13.1.الإيجابيات و السلبيات الطاقة الحرارية الأرضية
22	1.13.1.الإيجابيات
23	2.13.1.السلبيات
23	خلاصة الفصل
الفصل الثاني : دراسة الطاقة الحرارية الأرضية في جنوب الجزائر	
24	1.2.المقدمة
24	2.2.الطاقة الحرارية الأرضية في الجزائر
24	1.2.2.تصنيف المناطق المناخية في الجزائر
25	2.2.2.الإستكشاف
26	3.2.2.الإستغلال
25	4.2.2.إمكانية الطاقة الحرارية الأرضية
27	3.2.الطاقة الحرارية الأرضية في جنوب الجزائر

27	1.3.2.لمحة العامة
29	2.3.2.تحليل البيبليوغرافي
29	أ. دراسة الطاقة الحرارية الأرضية في جنوب الجزائر
30	أ.1. البيانات
30	أ.2. المنحنيات البيانية
32	أ.3. تفسير خريطة التدرج الجيوحراري
33	أ.4. تفسير خريطة التدفق الحراري
34	ب. دراسة طبقة المياه الجوفية في جنوب الجزائر
37	4.2.تدفق الحرارة
37	5.2.تحديد الناقلية الحرارية
38	1.5.2.علم المعادن
38	2.5.2.المسامية (النفاذية)
39	3.5.2.درجة الحرارة
39	خلاصة الفصل
الفصل الثالث : الآبار الألبانية لولاية تڤرت و أهميتها الحياتية و الطاقوية	
40	1.3.المقدمة
40	2.3.مدخل العام
40	1.2.3.تقديم الولاية
41	1.1.2.3.الموقع الجغرافي
41	2.1.2.3.المساحة و السكان
41	3.1.2.3.التضاريس و المناخ
41	4.1.2.3.الطرق
42	5.1.2.3.الأهمية الإقتصادية
42	2.2.3.الإمكانيات المائية لولاية تڤرت
42	1.2.2.3.المياه السطحية

43	2.2.2.3. المياه الجوفية
45	3.2.3. الآبار الألبانية لولاية تقرت و أهميتها
46	4.2.3. مشاكل مياه الآبار الألبانية و بعض الحلول
51	3.3. محطة تصفية و تبريد المياه بتقرت
51	1.3.3. نشأة و أهمية المحطة
52	2.3.3. وصف المحطة و مبدأ عملها
54	4.3. إشكالية الطاقة
54	1.4.3. حساب الطاقة المهدورة في كل آبار
54	2.4.3. حساب الطاقة المهدورة في كل محطة
55	خلاصة الفصل
الفصل الرابع: قابلية تطبيق آلة التبريد بالامتصاص الشمسي في مناطق شبه الجافة و استنتاج التأثيرات على مبادل الحراري مع نتائج و المناقشات	
56	1.4. المقدمة
56	2.4. المشاكل و الحلول المقترحة لنظام التبريد
57	3.4. آلة التبريد بالامتصاص الشمسي مع مبادل الحراري التربة_الماء
59	4.4. الصياغة الرياضية
61	5.4. النتائج و المناقشات
63	1.5.4. تأثير الانتشار الحراري للتربة
64	2.5.4. تأثير التدفق
65	3.5.4. تأثير القطر
65	4.5.4. تأثير التوصيل الحراري للنايب
66	5.5.4. تأثير الحراري للانتشار للتربة له تدفق مختلف
67	خلاصة الفصل
68	الخاتمة
70	قائمة المراجع

فهرس الجداول

الصفحة	الجدول	رقم الجدول
ب	توزيع قدرة إنتاج الوطني للطاقات المتجددة حسب القطاعات التكنولوجية	1
8	مقارنة بين الطبقات الأرض وفقا لخصائصها الكيميائية	1-1
21	اهم استخدامات الطاقة الحرارية الأرضية في العالم	2-1
22	تطور الطاقة الحرارية الأرضية المثبتة في العالم لإنتاج الكهرباء بالـ MWe	3-1
25	الخصائص الفيزيائية - الكيميائية الرئيسية لبعض الينابيع الحرارية في شمال الجزائر	1-2
35	بيانات حفر هيدروليكي مختارة بجنوب الجزائر	2-2
35	سمك طبقة المياه الجوفية في بعض مدن جنوب الجزائر	3-2
38	الناقلية الحرارية للمكونات الرئيسية	4-2
46	معلومات حول الآبار الألبانية ولاية تقرت	1-3
58	خصائص المبادل الحراري الماء_التربة المقترح	1-4
61	معلومات المبادل الحراري	2-4

فهرس الأشكال

الصفحة	العبارة	رقم الشكل
3	فواره حارة في آيسلندا (مصدر: ويكيبيديا)	1-1
3	دخان الفومارول من إحدى براكين ألاسكا في 2006	2-1
3	الينابيع الحارة بولاية قالمه	3-1
6	مكونات طبقات الأرض	4-1
8	مقطع عرضي يوضح مختلف طبقات الأرض	5-1
10	الطاقة الحرارية الأرضية عالية الطاقة	6-1
11	الطاقة الحرارية الأرضية منخفضة الطاقة	7-1
12	الطاقة الحرارية الأرضية ذات طاقة منخفضة جدا	8-1
14	تشغيل مضخة حرارية	9-1
14	المكونات الرئيسية الثلاثة لنظام	10-1
15	مبدأ تشغيل المضخة الحرارية	11-1
16	رسم تخطيطي لآلية ديناميكية حرارية	12-1
16	مبادل حراري عمودي	13-1
17	مبادل حراري أفقي	14-1
17	مبادل حراري الملفوف	15-1

18	مبادل حراري حلزوني	16-1
27	الموقع الجغرافي لمنطقة الجنوب الذي تتوفر فيه مصادر لطاقة الحرارية الأرضية	1-2
28	مصادر المياه والبنية التحتية، مع تسليط الضوء على نظام الطبقات المائية في شمال غرب الصحراء الكبرى	2-2
29	نظام طبقات المياه الجوفية المشتركة في الصحراء الشمالية- الشرقية	3-2
30	خريطة توضح طبقات المياه الجوفية في جنوب الجزائر	4-2
31	لرسوم البيانية (درجة الحرارة - العمق) على مستوى التنقيب عن النفط، (AM-1 - ER-1 - TO-1 - CBM-1 -HBZ-1)	5-2
31	حفر ER-1	6-2
31	حفر AM-1	7-2
33	خريطة التدرج الجيوحراري لجنوب الجزائر	8-2
34	خريطة التدفق الحراري لجنوب الجزائر	9-2
36	موقع وهيكل ونقاط المياه في طبقة المياه الجوفية، جنوب الجزائر	10-2
36	خريطة عمق طبقة الالبانية لجنوب الجزائر	11-2
43	منظر لمقطع من خندق واد ريغ	1-3
45	مقطع هيدروجيولوجي لصحراء الجزائر	2-3
47	تركيز العناصر الكيميائية في مياه طبقتي المركب النهائي و قاري المتداخل	3-3
48	نسبة الأملاح المتركرة بمياه طبقة القاري المتداخل	4-3
49	تآكل قنوات جلب المياه عند الآبار بفعل الملوحة	5-3
49	تآكل منشآت التبريد المياه بفعل الملوحة	6-3

50	ترسب الكلس داخل قنوات توزيع المياه	7-3
50	ترسب الكلس داخل أحواض تخزين المياه	8-3
51	حجم الكلس المستخرج عند التنظيف أحواض التخزين	9-3
51	محطة تحلية و تبريد المياه الساخنة بعين الصحراء ببلدية النزلة بولاية تقرت	10-3
53	رسم تخطيطي للمحطة تصفية المياه _ تقرت	11-3
57	رسم تخطيطي لمبرد الامتزاز الشمسي يعمل ببرج تبريد بالهواء الجاف	1-4
58	مخطط لمبرد الامتزاز الشمسي يعمل مع مبادل حراري الماء_التربة كمبرد إضافي	2-4
60	التوازن الحراري للجزء الأولي من الأنبوب	3-4
63	التباين في درجة الحرارة الهواء على طول المبادل لمختلف الناقلية حرارية للتربة	4-4
64	التباين في درجة الحرارة الهواء على طول المبادل لمعدلات تدفق الهواء المختلفة	5-4
65	التباين في درجة الحرارة الهواء على طول المبادل لأقطار الأنابيب المختلفة	6-4
66	التباين في درجة الحرارة الهواء على طول المبادل لناقلية الأنابيب المختلفة	7-4
67	التباين في درجة الحرارة الهواء على طول المبادل لمعدلات التدفق المختلفة و الإنتشار الحراري للتربة	8-4

قائمة الرموز

الوحدة	العبرة	الرمز
$^{\circ}\text{C}$	درجة الحرارة	T
$[^{\circ}\text{C}/\text{m}]$	تدرج الحراري	G
m	العمق	Z
$[\text{mW}/\text{m}]$	تدفق الحراري	\vec{Q}
$[\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}]$	الناقلية الحرارية للوسط	λ
$[\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}]$	الناقلية الحرارية للمصفوفة	λ_m
$[\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}]$	التوصيل الحراري لمكونات الصخور	λ_a
%	نسبة الحجم لمكونات الصخر	P_a
S	الناقلية الكهربائية	λ_i
$[\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}]$	الناقلية الحرارية للسائل	λ_f
%	المعبر عن المسامية	θ
$[\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}]$	الناقلية الحرارية للتكوين	λ_T
m	سماكة مكونات الصخر	dzi
$[\text{J}/\text{jour}]$	كمية الحرارة المفقودة في اليوم	W
$[\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}]$	الحرارة النوعية	C_p
$[\text{m}^3/\text{jour}]$	التدفق الحجمي للماء الكلي	Q
K	الفرق بين درجة حرارة عند المنبع و عند الاستعمال	ΔT
$[\text{kg}/\text{s}]$	معدل التفق الشامل	\dot{m}
$[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$	معدل انتقال بالحمل الحراري	h
m	نصف القطر	r
$[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$	المقاومة الحرارية	R
m	المحيط	P_i

m	طول الانبوب	L
-	رقم نوسلت	N_u
-	عدد رينولدز	R_e
-	عدد برانتل	P_r

قائمة المختصرات

العبارة	الاختصار
Hot dry rock / الصخور الجافة الساخنة	HDR
Centre de Développement des Energies Renouvelables / مركز التنمية الطاقات المتجددة	C.D.E.R
Bottom Hole Temperature / درجة حرارة القاع السفلي	BHT
Agence nationale des ressources hydrauliques / الوكالة الوطنية للموارد المائية	ANRH
La tonne d'équivalent pétrole / طن نפט مكافئ	TEP
Solar Adsorption Cooling Machine / آلة تبريد بالامتصاص الشمسي	SACM
La tonne d'équivalent pétrole / برج التبريد الجاف	DCT
Earth-water heat exchanger / مبادل الحراري الماء_التربة	EWHE
High-density polyethylene / البولي إيثيلين عالي الكثافة	HDPE

مقدمة

المقدمة العامة:

إن إدماج الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الوطنية يمثل تحديا كبيرا من أجل الحفاظ على الموارد الأحفورية، وتنويع فروع إنتاج الكهرباء والمساهمة في التنمية المستدامة. بفضل البرنامج الوطني للطاقات المتجددة 2011-2030، تتموقع هذه الطاقات في صميم السياسات الطاقوية والاقتصادية المتبعة من طرف الدولة الجزائرية، لاسيما من خلال تطوير الطاقة الشمسية و طاقة الرياح على نطاق واسع، وإدخال فروع الكتلة الحيوية (تثمين استعادة النفايات)، الطاقة الحرارية والأرضية، و تطوير الطاقة الشمسية الحرارية.

إن سعة برنامج الطاقات المتجددة المطلوب إنجازه، لتلبية احتياجات السوق الوطنية خلال الفترة 2015-2030 يقدر ب 22 000 ميغاواط، حيث سيتم تحقيق 4500 ميغاواط منه بحلول عام 2020، ويتوزع هذا البرنامج، حسب القطاعات التكنولوجية كما في الجدول أسفله، علما أن هذا تحقيق هذا البرنامج سيسمح بالوصول في أفق 2030 لحصة من الطاقات المتجددة بنسبة 27% من الحصيلة الوطنية لإنتاج الكهرباء.

المجموع	التوليد المشترك	الحيوية	الحرارية الأرضية	الرياح	الشمسية الحرارية	الشمسية الكهروضوئية	مجال الطاقة
22000	400	1000	15	5010	2000	13575	الكمية ميغاواط
100	1.81	4.54	0.06	22.77	9.09	61.7	%

الجدول 1: توزيع قدرة إنتاج البرنامج الوطني للطاقات المتجددة حسب القطاعات التكنولوجية

إن ملاحظة بسيطة للجدول 1 يلاحظ أن قطاع الطاقة الحرارية الأرضية لم يحض باهتمام كبير ضمن هذا البرنامج (أقل قيمة بنسبة 0.06%) بالرغم من أن الجزائر تملك خزانات هائلة من المياه الساخنة في شمالها وجنوبها، علما أنه قد تطور استخدام هذه المياه في العالم حسب درجات حرارتها. في درجات الحرارة المنخفضة، يمكن استخدامها لتسخين المنشآت في المناطق التي تكون فيها ضرورية، وتستخدم درجات الحرارة المرتفعة لتوليد الكهرباء. في نهاية عام 1996، كانت القدرة المركبة للطاقة الحرارية الأرضية

العالمية 6.1 جيجاوات، بلغ إجمالي الطاقة الإنتاجية المركبة المثبتة 7 جيجاوات، وتوليد 42 تيرا واط ساعي (Thwh) كهرباء.

بالنسبة للجنوب الجزائري، على وجه الخصوص، وعلى الرغم من احتياطاته الهامة من المياه الحرارية المعروفة بطبقة المياه الجوفية الألبانية (أبار ولاية تقرت نموذجاً)، إلا أن الدراسات التي لقد تناولت موضوع تقييم إمكانات الطاقة الحرارية الأرضية للصحراء الجزائرية تكاد تكون منعدمة تقريباً. وحتى تلك الخرائط القليلة التي رسمت للمنطقة تغطي بشكل منفصل عن خرائط شمال الجزائر، ولا نتحدث هنا عن التثمين والاستغلال، حيث أن المياه الساخنة التي يتم استخراجها عن طريق الحفر العميق (الآبار الألبانية، التي تصل أحيانا درجة حرارة بعضها إلى أكثر من 70 درجة مئوية) لسوء الحظ، لا يتم استغلال هذه الحرارة ولكن في بعض الحالات يتم بذل جهود الطاقة لتبريد هذه المياه، والتي تعتبر خسارة مزدوجة.

ومن هذا المنطلق ولتسليط الضوء على بعض جوانب هذا تأتي دراستنا هذه والتي عنوانها: تثمين مخزون الطاقة الحرارية الأرضية للآبار الألبانية بولاية تقرت مع امكانية تثمينها من خلال البحث الجيولوجي وتطبيقات نموذجية.

وقد قسمنا هذه الدراسة إلى أربعة فصول خصصنا الفصلين الأول والثاني للدراسة النظرية والبحث الجيولوجي أو ما يعرف أيضا بالدراسة الفنية حيث تطرقنا في أولهما إلى معلومات عامة حول الطاقة الحرارية الأرضية. بينما الفصل الثاني خصصناه لدراسة الطاقة الحرارية الأرضية وتطبيقاتها في الجنوب الجزائري، بينما الفصلين الثالث والرابع خصص للدراسة التطبيقية، حيث تناولنا في الفصل الثالث تقديم موقع الدراسة وتناولنا بالشرح أهم الآبار الألبانية بولاية تقرت وأهم خصائص كل بئر وأهميتها الحياتية والطاقوية، أما تحليل اقتراح نموذج تطبيقي للتثمين الطاقوي للحرارة الضائعة من هذه الآبار من خلال دراسة قابلية تطبيق آلة التبريد بالامتصاص الشمسي مع استخلاص النتائج ومناقشتها، فتمت في الفصل الرابع. وفي الأخير، ختمنا الدراسة بخلاصة، أشرنا فيها إلى أهم النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة، تليها توصيات مفيدة للدراسات المستقبلية المحتملة فيما يتعلق بهذا الموضوع.

الفصل الأول:

معلومات عامة عن الطاقة

الحرارية الأرضية

مقدمة الفصل:

الطاقات المتجددة تأتي من الظواهر الطبيعية العادية أو المستمرة التي تسببها النجوم، وخاصة الشمس (الإشعاع) ولكن أيضا القمر (المد و الجزر) والأرض (الطاقة الحرارية الأرضية)[1] .

ومن بين أنواع الطاقات المتجددة هي الطاقة الحرارية الأرضية التي غالبا ما تعتبر متجددة، فهي ليست مستمدة من الطاقة الشمسية، ولكن من الحرارة الناتجة عن القشرة الأرضية، ويبدو أن أفضل الاحتمالات يتم توفيرها بواسطة الصخور الجافة والعميقة عند درجة حرارة عالية يتم فيها تدوير الماء كمبرد. يمكننا بعد ذلك توليد الكهرباء عن طريق التوربينات ، تستفيد هذه الطاقة الحرارية الأرضية العالية الطاقة من تطوير البحوث في نمذجة عمليات نقل السوائل، وكذلك من الرصد الجيوفيزيائي والجيوكيميائي للعمليات. وهي أيضا واحدة من الطاقات النادرة المتجددة التي يمكن استخدامها بدوام كامل [2].

حرارة الأرض التي تنتشر عبر القشرة القارية (وتسمى تدفق الحرارة) ليست متجانسة وبالتالي يختلف تدفق الحرارة من مكان إلى آخر. في ظل وجود حرارة عالية التدفق ، ترتفع حرارة المياه الجوفية وتتحول إلى مياه حرارية و تصبح المياه ساخنة وترتفع إلى السطح بأشكال مختلفة. هذه الأشكال يمكن أن تكون :

- **الفوارة الحارة:** هي عبارة نبع ماء حار يدفع الماء الساخن و البخار في الهواء من فتحات و شقوق في السطح الخارجي للقشرة الأرضية بشكل متكرر، لا توجد إلا في عدد قليل من الأماكن على الأرض (شكل 1-1).
 - **الداخنة:** (أو النافذة البركانية) هو دخان يخرج من فوق القشرة الأرضية و عادةً ما يخرج قرب البراكين، مصاحباً لبخار الماء و الغازات مثل ثنائي أكسيد الكربون و ثنائي أكسيد الكبريت و عادة ما يخرج من الينابيع في المناطق الباردة من ألاسكا و آيسلندا (شكل 1-2) [3].
 - **الينابيع الحرارية:** تنشأ الينابيع الحارة أصلاً عندما تتسرب المياه السطحية التي تنتج عن الأمطار والتلوج إلى باطن الأرض. ويتكون عدد كبير من الينابيع في المناطق البركانية حيثما تكون الصخور الحارة المنصهرة. تسيل المياه السطحية بالتدريج إلى أسفل خلال طبقات من الصخور، حتى يتم تسخينها بالصهارة. بعدئذ يرتفع الماء إلى السطح خلال القنوات الموجودة في الصخور [4].
- مثال: الينابيع الحارة في شمال الجزائر (شكل 1-3) .



شكل (1-1): فوارة حارة في آيسلاندا (مصدر: ويكيبيديا).



شكل (2-1): دخان الفومارول من إحدى براكين ألاسكا في 2006.[3].



شكل (3-1): الينابيع الحارة بولاية قالمية.

2.1. الطاقة الحرارية الأرضية:

1.2.1. نظرة عامة:

الطاقة الحرارية الأرضية (la géothermie) هي علم يدرس الظواهر الحرارية الداخلية للأرض واستخدامها كمصدر للطاقة [5]. تتميز الطاقة الحرارية الأرضية مقارنة بالطاقات المتجددة الأخرى بميزة عدم الاعتماد على الظروف الجوية (الشمس والمطر والرياح)، وبالتالي فهي مصدر طاقة مستمر تقريباً لأنها تتوقف فقط عن طريق الصيانة في محطة توليد الطاقة الحرارية الأرضية أو شبكة توزيع الطاقة [1].

2.2.1. تعريف الطاقة الحرارية الأرضية:

الطاقة الحرارية الأرضية هي كلمة يونانية تتكون من كلمتين : "geo" أي الأرض و "thermie" أي الحرارة في مجال التدفئة [6] ، هي الكلمة التي تحدد كل من العلم الذي يدرس الظواهر الحرارية الداخلية في الكرة الأرضية ، والتكنولوجيا التي تهدف إلى استغلالها. وبالتالي ، تشير الطاقة الحرارية الأرضية أحياناً إلى الطاقة الحرارية الأرضية من طاقة الأرض التي يتم تحويلها إلى حرارة [7] ، وهي مصدر طاقة بديل و نظيف و متجدد وهي طاقة حرارية مرتفعة ذات منشأ طبيعي مختزنة في الصحارة في باطن الأرض حيث يقدر أن أكثر من 99% من الكتلة الكرة الأرضية عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها 1000 درجة مئوية، و ترتفع درجة الحرارة بزيادة تعمقنا في جوف الأرض بمعدل نحو 2.7 درجة مئوية لكل 100 متر في العمق.

يتم نقل تدفق الطاقة الحرارية الأرضية عن طريق التوصيل من خلال قشرة الأرض. لكي يحدث هذا التدفق باتجاه سطح الأرض، فهذا يعني بالضرورة أن درجة الحرارة أعلى في العمق من درجة حرارة سطح الأرض. مع الأخذ في الاعتبار الوقت الطويل للغاية عموماً الذي ظل فيه تدفق الطاقة الحرارية الأرضية ثابتاً من الناحية العملية في منطقة معينة ، يمكن اعتبار ظروف النقل الحراري للتدفق الحراري الأرضي في حالة مستقرة [1].

تنتقل الحرارة في الأصل خطوة بخطوة عبر صخور قشرة الأرض عن طريق التوصيل الحراري. لذلك ، من السهل جداً ربط قياسات تدفق الحرارة بالظواهر الجيولوجية العميقة. ومع ذلك ، يصبح تفسير هذه القياسات أكثر صعوبة عندما تجتاز القشرة بواسطة دوران المياه. يمكن أن يقلل وجود طبقات المياه الجوفية من تدفق الحرارة ؛ وبالمثل فإن وجود الينابيع الساخنة والفورات الحارة يعقد هندسة التبادلات الحرارية [1].

3.2.1. مبدأ الطاقة الحرارية الأرضية:

يعني استخدام الطاقة الحرارية الأرضية تسخير هذا التدفق الحراري الطبيعي لتحويله إلى تدفئة أو كهرباء. لا تعتمد الطاقة الحرارية الأرضية على الظروف الجوية (بخلاف الرياح أو الطاقة الشمسية على سبيل المثال) ، مما يسمح باستخدامها بطريقة مستمرة ومستدامة عندما يتم استغلالها بشكل جيد [8].

بما أن طبقة وشاح الأرض كونها ساخنة، فإن قشرة الأرض تسمح لبعض الحرارة بالمرور من خلالها، ومع ذلك فإن معظم الطاقة الحرارية الأرضية التي يتم الحصول عليها على السطح (87%) تنتج عن النشاط الإشعاعي للصخور التي تشكل القشرة الأرضية (التفكك الطبيعي لليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم).

تهدف الطاقة الحرارية الأرضية إلى دراسة واستغلال ظاهرة زيادة درجة الحرارة كدالة في العمق (حتى لو انخفض تدفق الطاقة الذي تم الحصول عليه مع العمق)، حيث أن معظم هذا التدفق يأتي من النشاط الإشعاعي لصخور قشرة الأرض.

3.1. تاريخ الطاقة الحرارية الأرضية:

استخدمت الطاقة الحرارية الأرضية (الجوفية) قديماً خلال استغلال مياه الينابيع الحارة، حيث يرجح أن تاريخ استعمالها يعود إلى أكثر من 10.000 سنة عندما استخدم الهنود الحمر الينابيع الساخنة لطهي طعامهم [9]، وتواصل استخدامها الرجال من طرف الإنسان. ولكن "إعادة اكتشاف" هذه الطاقة وتطبيقها على نطاق صناعي لم يتم حتى نهاية القرن التاسع عشر، حيث يمثل هذا القرن البدايات الصناعية للطاقة الحرارية الأرضية. ولهذا التطور عدة عوامل يمكن أن نقسمها إلى شقين هما:

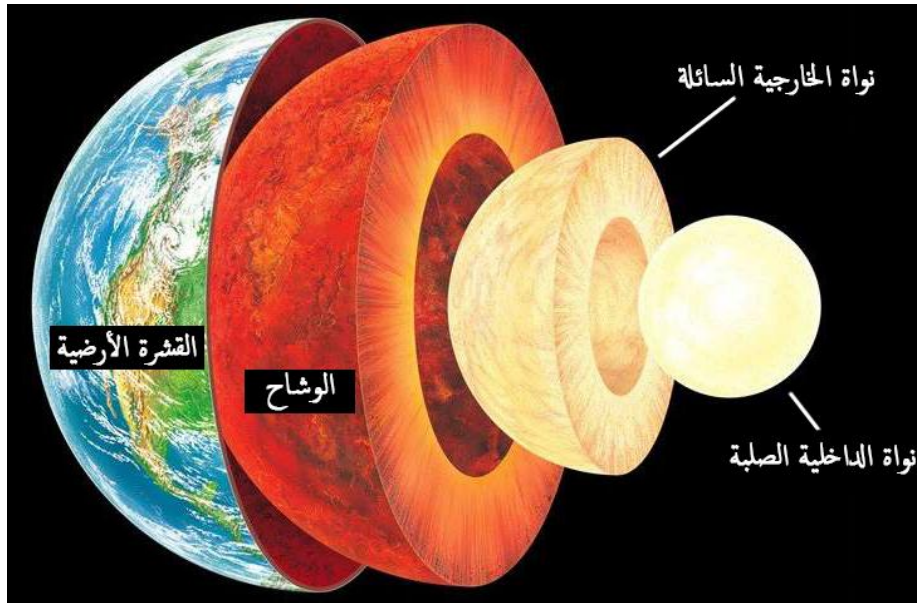
أ- من ناحية سمح التقدم العلمي بفهم أفضل لباطن الأرض،

ب- من ناحية أخرى، يسمح التقدم التكنولوجي بتطوير تقنيات الحفر وأنظمة استغلال الطاقة الجديدة. في السابق ، قبل عام 1800، كنا راضيين عن استغلال الحرارة عند وصولها إلى السطح، خاصة في الينابيع الساخنة. ولكن بعد تطوير الأجهزة المكيفة لاستغلال هذه الطاقة أو تحويلها بشكل أفضل. ففي إيطاليا مثلاً تم تطوير شبكات التدفئة الهامة باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية، ولاحقاً في فرنسا ، رومانيا ، تركيا ، جورجيا ، الصين ، الولايات المتحدة، و بعد عشر سنوات زادت أعمال الحفر من كمية البخار التي أدت لاحقاً إلى إنتاج الكهرباء.

تمتلك فرنسا أكثر الينابيع المعدنية حرارية في أوروبا (82 درجة مئوية) تشير الأرشيفات إلى شبكة قامت بتوزيع المياه الحرارية الأرضية على عدد قليل من المنازل. هذه الفترة تقابل ظهور تطبيقات صناعية للطاقة الحرارية الجوفية. تم إحراز تقدم كبير منذ بداية القرن في معرفة الهياكل تحت الأرض بفضل تحسين طرق الاستكشاف ، ولا سيما الجيوفيزيائية والجيو- كيميائية. من بداية القرن إلى عام 1960.

و فقد اعتمدت بعض البلدان سياسة استباقية لتطوير هذا النوع من الطاقة ، ولا سيما لأسباب بيئية. ، وبدأ الإنتاج العالمي للكهرباء الحرارية الأرضية في النمو بسرعة على مدى السنوات العشرين الماضية. حيث يقدر متوسط الزيادة السنوية تقدر ب 17,5%.

4.1. طبقات الأرض:



الشكل (1-4): مكونات طبقات الأرض [12].

حاول الإنسان على مر السنين معرفة طبيعة الأرض وشكلها و مكوناتها و اعتمد في البداية على أفكار و فرضيات لا تستند للعلم بل و أحياناً تكون مأخوذة عن الأساطير والمعتقدات الدينية، حتى ظهرت عدة نظريات تتناول طبيعة الأرض ومكوناتها شكلت أساساً بنى عليه العلماء خلال سنوات التالية حتى وصلوا إلى اكتشاف طبقات الأرض المكونة للكوكب (الشكل 1-4)، و خصائصها المتنوعة و المتميزة :

1.4.1. طبقة اللب (نواة): وهي قلب الكرة الأرضية ومركزها تقسم إلى طبقتين مختلفتين:

1. طبقة اللب الداخلي (نواة الداخلية الصلبة):

وهي طبقة صلبة تقع في مركز الأرض مكونة من الحديد و النيكل، تعد الأعلى حرارةً بين باقي الطبقات حيث تقدر بحوالي 5500 درجة على مقياس سلسيوس (درجة مئوية)، لذلك اعتبرها العلماء بمثابة غرفة المحرك بالنسبة للأرض بل ويعتقد أن درجة حرارتها قريبة من درجة حرارة سطح الشمس [10].

2. طبقة اللب الخارجي (نواة الخارجية السائلة):

وهي طبقة تحيط باللب الداخلي و تقع على مسافة 1800 ميل أسفل القشرة بسماكة تصل حتى 1400 ميل و تشبه هذه الطبقة كرة معدنية حرارتها مرتفعة جداً تقدر بين 4000-9000 درجة على مقياس فهرنهايت وهذا مائسيل المعادن داخلها. تتكون طبقة اللب الخارجي من الحديد و النيكل اللذان لا يتحركان كسائل بل يهتزآن كقطعة صلبة نتيجة للضغط و الحرارة الهائلين في هذه الطبقة، كما يُعتقد أنها المسؤولة عن إنتاج الحقل المغناطيسي للأرض [10].

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \div 1.8$$

$$\text{"درجة مئوية} = (\text{درجة فهرنهايت} - 32) \div 1.8$$

2.4.1. طبقة الوشاح: وتتواجد فوق طبق اللب الخارجي و تعتبر أثنى (أسمك) طبقات الأرض حيث تبلغ حوالي 1800 ميل وتُشكل ما يُقارب 85% من الأرض، كما تتكون في معظمها من الحديد لكن على هيئة صخور السيليكات (معادن تحتوي على عناصر السيليكون و الأوكسجين) التي تتحرك كالسوائل المائعة مثل المعجون، وتقسّم طبقة الوشاح إلى طبقتين هما [11]:

1. طبقة الوشاح السفلي: تقع هذه الطبقة على عمق يتراوح بين 660-2891 كيلومتر،

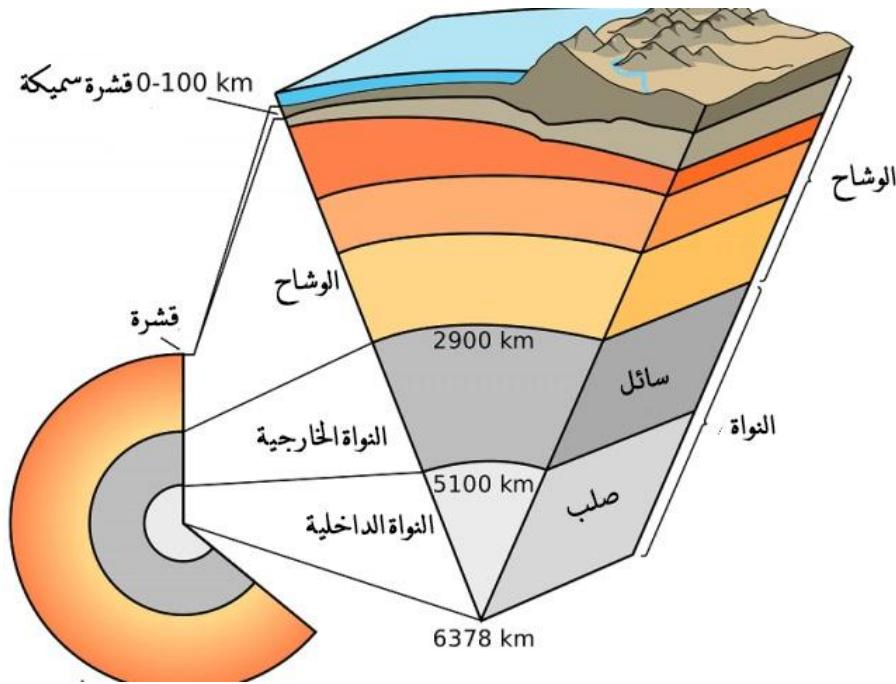
وتبلغ درجة الحرارة فيها قرابة 4000 درجة مئوية في الجهة القريبة من طبقة القشرة، حيث تفوق نقطة ذوبان الصخور في الطبقة، أما درجة اللزوجة و الانصهار فيها محدودة للغاية إذا ما قورنت بطبقة الوشاح العليا وذلك نتيجة للضغط الهائل المطبق عليها.

2. طبقة الوشاح العليا: تبدأ هذه الطبقة من نقطة موهوروفيتش (الحد الفاصل بين القشرة

و الوشاح) على عمق بين 7-35 كيلومتراً وتمتد حتى 410 كيلومتر باتجاه الأسفل وتكون مع طبقة القشرة العليا غلاف الأرض الصخري الذي يكون طرياً في بداية ثم يزداد صلابة كلما اتجهنا نحو الأعلى. تتراوح درجة حرارة طبقة الوشاح العليا بين 500-900 درجة مئوية، وتوجد منطقة إنتقال بينها وبين طبقة الوشاح السفلي يتراوح عمقها بين 410-660 كيلومتراً [10] [12].

3.4.1. القشرة: هي الطبقة الخارجية للأرض يمكن رؤيتها و دراستها مباشرةً و أقل طبقات الأرض سماكة حيث تبلغ حوالي 5-75 كيلومتراً، وتنقسم إلى قسمين هما القشرة المحيطية و القشرة القارية، أما القشرة المحيطية فتوجد في قاع المحيطات أو تحت القشرة القارية وتكون عادةً أقسى و أعمق وتتكون من صخور عالية الكثافة كصخور البازلت، بينما تتكون القشرة القارية من رواسب وصخور الجرانيت وتكون عادةً أكثر سماكةً على اليابسة.

✓ من الخطأ الاعتقاد أن القشرة هي قطعة واحدة صلبة لأنها في الحقيقة مقسمة إلى عدة صفائح تكتونية غير ثابتة تتحرك حركة نسبية فيما بينها، كما توجد وفقا للخصائص الجيولوجية و اتصالها مع بعضها ثلاثة أنواع من حدود بين الصفائح التكتونية هي المتقاربة التي تتحرك فيها الصفائح باتجاه بعضها والمتباعدة حيث تتحرك فيها الصفائح مبتعدة عن بعضها و الانتقالية تتحرك الصفائح فيها حركة جانبية.



شكل (1-5): مقطع عرضي يوضح مختلف طبقات الأرض [12].

اسم الطبقة	مكوناتها الكيميائية	سمك الطبقة بالكيلومتر
القشرة	تتكون من مستويات عالية من السيليكون الألمنيوم والأكسجين.	يتراوح ما بين (5-70) كم.
الوشاح	تتكون من مستويات مرتفعة من المغنيسيوم والحديد وكذلك إلى كميات معتدلة من السيليكون.	2900 كم تقريباً
اللب	تتكون من الحديد والنيكل.	3500 كم تقريباً

الجدول (1-1): مقارنة بين الطبقات الأرض وفقاً لخصائصها الكيميائية [12].

5.1. التدرج الحراري الأرضية:

تعد خريطة التدرج الحراري الأرضية خطوة مهمة في الطاقة الحرارية الأرضية. ويبين اختلاف درجة الحرارة كدالة على العمق عند كل نقطة في منطقة الدراسة. بشكل عام ، يختلف التدرج الحراري الملاحظ اختلافًا كبيرًا من مكان إلى آخر، في بعض الأحيان لا تتجاوز 1 درجة مئوية / 100 م.

تزداد درجة حرارة الصخور في المتوسط بمقدار درجة حرارة كل 30 مترًا بعمق: هذا هو متوسط التدرج الحراري الأرضي. في نقاط معينة من الكرة الأرضية ، وخاصة في المناطق البركانية ، التي تتوافق مع تدخلات الصحارة في قشرة الأرض ، يكون التدرج الحراري الأرضي أعلى (10 درجة مئوية لكل 100 متر في الزاس (فرنسا) وحتى بشكل استثنائي 100 درجة مئوية لكل 100 متر عند لارديريلو في توسكانا في وسط إيطاليا ، 1 درجة مئوية فقط لكل 100 متر بالقرب من مقاطعة بادوفا_شمال إيطاليا) ومياه الأمطار التي تعبر الصخور تسخن أكثر فأكثر [1].

6.1. الرواسب الحرارية الأرضية :

1.6.1. أنواع الرواسب الحرارية الأرضية:

في جميع أنحاء العالم، هناك ثلاث فئات من الرواسب الحرارية الأرضية [13]:

1. الرواسب الحرارية الأرضية للمناطق البركانية: يتميز هذا النوع من الرواسب بوجود عمق غرفة الصحارة شديدة الحرارة (1300 درجة مئوية) والتي تمثل المصدر الطبيعي للحرارة، تعطي حجرة الصحارة حرارتها للطبقات الجيولوجية السطحية. في هذه الحالة، تكون المياه شديدة الحرارة ؛ هم أكثر ملاءمة لإنتاج الكهرباء، من بين الدول المعنية بهذا النوع من الرواسب ، هي نيوزيلندا وأيسلندا [13].

2. الرواسب مناطق قارية مستقرة، والمغطاة بالتضاريس الرسوبية: في هذا النوع من الرواسب لا يوجد مصدر حرارة معين في العمق، ولكن الحرارة ترجع فقط إلى التدرج الحراري الجوفي. في هذه الحالة ، تكون الاحتياطات عميقة جدًا بشكل عام ويتطلب استغلالها الحفر، و يوجد هذا النوع من الودائع في فرنسا (أحواض باريس) وفي الجزائر (حوض الصحراء الشمالية) [13].

3. الرواسب الحرارية الأرضية في المناطق القارية النشطة: في هذه الحالة الثالثة ، تنجم المياه عن دوران المياه الحرارية من خلال الأعطال والانقطاعات الجيولوجية (الحدود بين تكوينين صخريين تختلف خصائصهما بشكل واضح للغاية) وتصل إلى السطح في شكل ينابيع، ونجد هذا النوع في الجزائر من خلال الينابيع الحرارية المختلفة التي تظهر في الشمال (مثال: حمام بوحجر ولاية عين تموشنت) [13].

2.6.1. تصنيف الرواسب الحرارية الأرضية:

وفقاً لحرارتها، يتم تصنيفها إلى نوعين من حقول الطاقة الحرارية الأرضية:

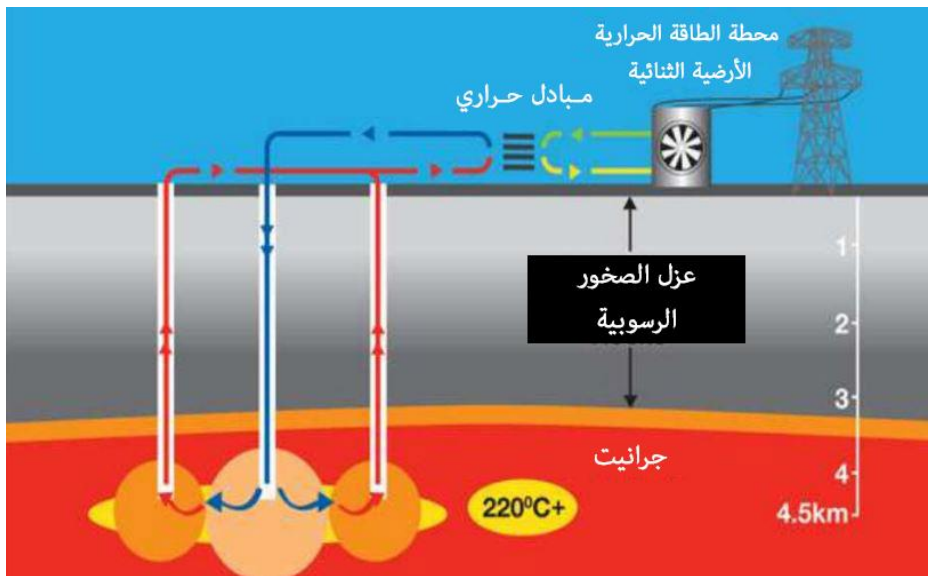
- ❖ **الحقول شديدة الحرارة:** تتعلق بالفئة الأولى، من الرواسب المقابلة للرواسب الحرارية الأرضية للمناطق البركانية. [13]
- ❖ **الحقول شبه الحرارية:** يتعلق بالفئة الثانية والثالثة من الرواسب المقابلة لرواسب مناطق المنصة القارية المستقرة، والمغطاة بالتضاريس الرسوبية والرواسب الحرارية الأرضية للمناطق القارية النشطة. [13]

7.1. أنواع الطاقة الحرارية الأرضية:

أدى تطور الطاقة الحرارية الأرضية إلى ظهور قطاعين يتميزان بتقنيات وتطبيقات مختلفة : إنتاج الكهرباء لدرجات حرارة عالية (فوق 150 درجة مئوية) ودرجات حرارة متوسطة (بين 100 و 150 درجة مئوية) ، وإنتاج الحرارة من درجات حرارة منخفضة (بين 100 و 30 درجة مئوية) ودرجات حرارة منخفضة جداً (بين 30 و 10 درجة مئوية).

1.7.1. طاقة حرارية أرضية عالية الطاقة:

الطاقة الحرارية الأرضية العالية الطاقة، مخصصة لاستغلال الرواسب العميقة ذات درجات الحرارة العالية وفوق 150 درجة مئوية بشكل عام. يتم إنتاج الكهرباء عن طريق البخار الحراري (شكل 1-6)، و الحفر إلزامي للوصول إلى خزانات الحرارة، وعمقها أكثر من 1500 متر [6].



الشكل (1-6): الطاقة الحرارية الأرضية عالية الطاقة [14].

2.7.1. طاقة حرارية أرضية متوسطة الطاقة:

طاقة حرارية أرضية ذات طاقة متوسطة (عند درجات حرارة تتراوح بين 100 درجة مئوية و 150 درجة مئوية) حيث يتطلب إنتاج الكهرباء تقنية باستخدام سائل وسيط ، تتواجد مصادر هذه الطاقة في أجزاء كثيرة من العالم في نفس البيئة الجيولوجية مثل الطاقة الحرارية الأرضية العالية الطاقة [1].

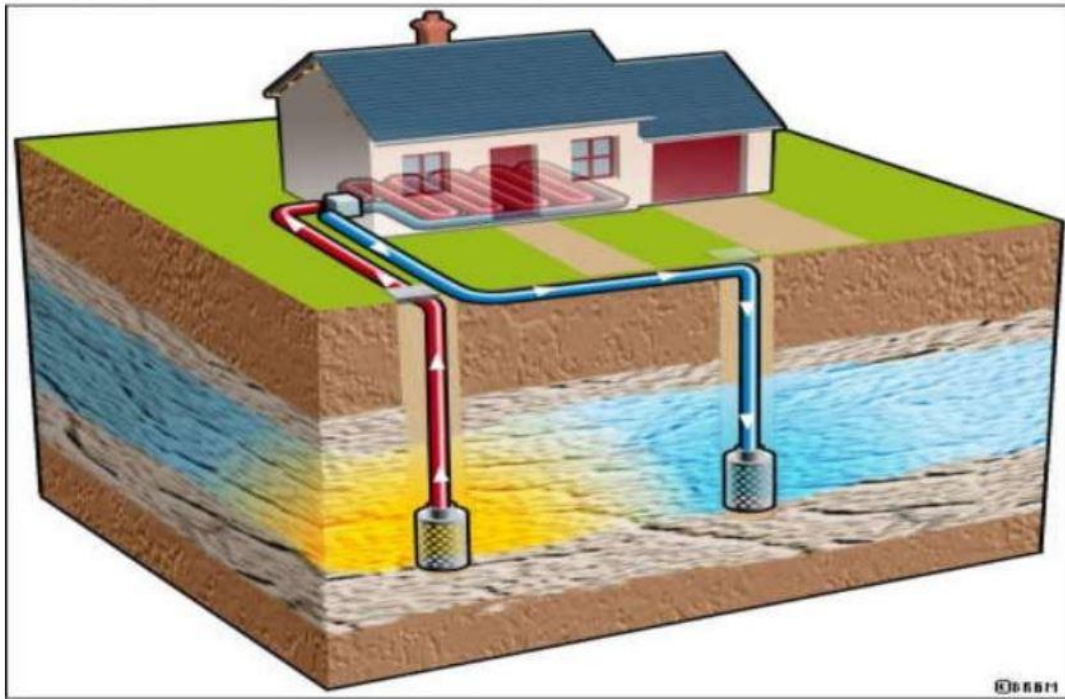
3.7.1. طاقة حرارية أرضية منخفضة الطاقة:

نتحدث عن "الطاقة الحرارية الأرضية المنخفضة الطاقة" عندما يسمح الحفر بالحصول على درجة حرارة مياه تتراوح بين 30 درجة مئوية و 100 درجة مئوية في رواسب تقع بين عمق 1000 و 3000 متر (حوض باريس وغيره) ، تُستخدم هذه التقنية بشكل أساسي للتدفئة الجماعية عن طريق شبكة التدفئة وبعض التطبيقات الصناعية (شكل 1-7)، تتمتع الطاقة الحرارية الأرضية العميقة (الطاقة العالية والمنخفضة) بميزة عدم الاعتماد على الظروف الجوية (الشمس والمطر والرياح). وبالتالي فهي مصدر شبه مستمر للطاقة لأنها لا تنقطع إلا من خلال عمليات الصيانة في محطة الطاقة الحرارية الأرضية أو شبكة توزيع الطاقة ، يبلغ عمر الرواسب الحرارية الأرضية عدة عقود (30 إلى 50 سنة في المتوسط) [15].



الشكل (1-7): الطاقة الحرارية الأرضية منخفضة الطاقة [14].

4.7.1. طاقة حرارية الأرضية ذات طاقة منخفضة جداً: وهي طاقة حرارية أرضية تستخدم للتسخين الفردي للأعماق الضحلة (شكل 1-8) من 30 إلى 120 متراً ، وتتعلق عموماً بطبقات المياه الجوفية ، تتراوح فيها درجة الحرارة بين 10 و 30 درجة مئوية في هذه الحالة ، لا تأتي الحرارة من أعماق قشرة الأرض ، ولكن من الشمس وجريان مياه الأمطار ، تلعب التربة على الأرض دور الجمود الحراري [15].



شكل (1-8): الطاقة الحرارية الأرضية ذات طاقة منخفضة جداً [14].

5.7.1. الطاقة الحرارية الأرضية الصخرية الجافة (HDR):

وقد تم استخدام تقنيات حرارية أرضية أخرى، وهي الطاقة الحرارية الجوفية الصخرية الساخنة أو الصخور الساخنة الجافة HDR.

تعتمد هذه التقنية أولاً على استكشاف مواقع الطاقة الحرارية الأرضية المواتية، والتي هي مواقع تحتوي على صخور جافة عميقة (أقل من 6 كم) مثل الغرانيت، يتم بعد ذلك حقن الماء البارد تحت الضغط العالي عميقاً في الآبار، يوسع الماء الشقوق في كتل الصخور، وبالتالي فإنه يكتسب كمية كبيرة من الحرارة ، ثم يرتفع إلى السطح عن طريق حفر . قبل إعادة حقن هذه المياه في البئر، يتم استرداد السرعات الحرارية واستغلالها على مستوى محطة الطاقة الحرارية الأرضية.

يمكن للدارة التي تشكلت بذلك، أن تنتج كمية كبيرة من الطاقة الحرارية الأرضية على مدار خمسة وعشرين عاماً . لقد تم تنفيذ العديد من المشاريع البحثية في هذا المجال، خاصة في الولايات المتحدة واليابان وأوروبا ، ومن بين هذه المشاريع مشروع الاتحاد الأوروبي الذي يهدف إلى إنشاء محطة للطاقة الحرارية

الأرضية في ألزاس (فرنسا)، ومع ذلك لا يزال يتعين إحراز تقدم آخر من أجل التحكم في هذا النوع من الرواسب ، والذي يمكن أن يمثل الجزء الأكبر من إمكانات الطاقة الحرارية الأرضية في العالم نظراً للتوزيع الكبير للصخور الساخنة في العمق.

8.1. طرق الاستكشاف المعتادة:

طرق استكشاف الطاقة الحرارية الجوفية هي بشكل عام تلك المستخدمة في التنقيب عن البترول أو الجيولوجيا المائية [16]:

1.8.1. الطرق الجيولوجية:

تعتمد على استخدام البيانات الميدانية والصور الجوية وصور الأقمار الصناعية، والهدف هو تحديد الهياكل الجيولوجية وموقع المناطق والهياكل البركانية والتغيرات الحرارية المائية [16].

2.8.1. الطرق الجيوكيميائية:

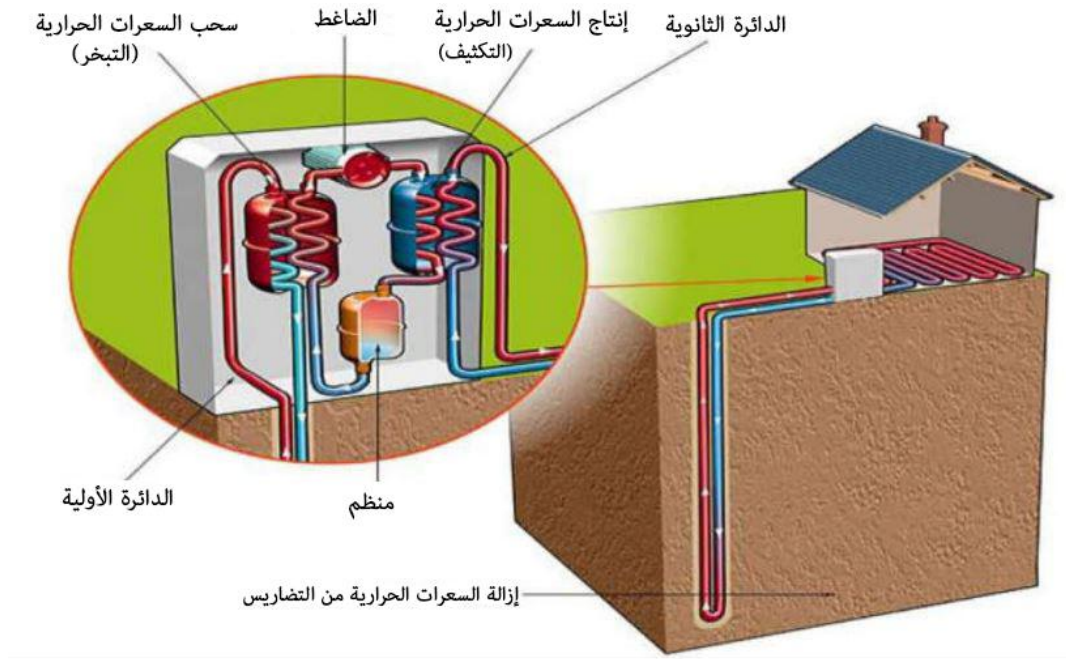
تعتمد على أخذ عينات من القياسات والتحليلات على المياه والغازات والرواسب الحرارية المائية، من المتوقع أن تحدد هذه الطرق الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه مثل درجة الحرارة، ودرجة الحموضة ، ومعدلات التدفق إلخ. ، هذه الطرق هي الأقل تكلفة بشكل عام [16].

3.8.1. الطرق الجيوفيزيائية:

هي بشكل عام تلك المستخدمة في البحوث الهيدروجيولوجية أو البحثية البترولية، ولكن تم تحسين طرق معينة وتم تطوير تقنيات لتلبية احتياجات التنقيب عن الطاقة الحرارية الأرضية [16].

9.1. المضخة الحرارية الأرضية

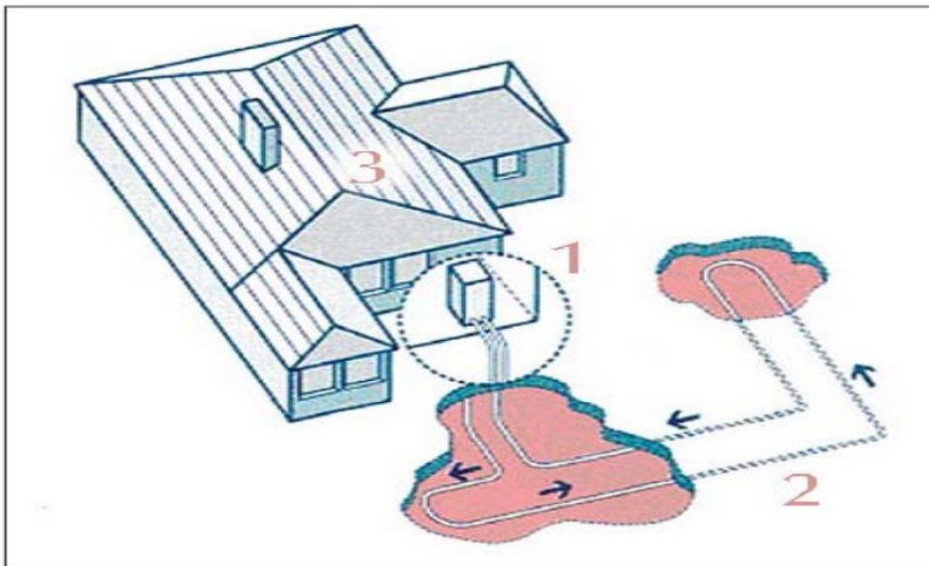
يؤثر إشعاع الشمس والظروف المناخية على درجة الحرارة الأرضية للمتر الأول من باطن الأرض، وبالتالي يتم تسخين التربة والمياه التي توجد داخل هذه التربة، و لكن هذه الحرارة ليست كافية لتسخين المنزل، وبالتالي يتطلب أن نقوم بتهيئة مضخة حرارية أرضية، وهي عبارة عن معدات تعمل تماماً مثل الثلاجة في المطبخ، ولكنها مقلوبة حيث تلتقط المضخة الحرارية الأرضية، الحرارة من الأرض لإعادتها إلى داخل المباني ، و للحصول على نتائج جيدة على مدار العام يجب تهيئتها في منطقة تكون فيها درجة حرارة القبو مستقرة (أي أنها تظل كما هي طوال السنة). في النهاية تظل النتائج مثيرة للاهتمام لأنه حتى إذا كانت تتطلب القليل من الكهرباء لتشغيلها، فإن المضخة الحرارية الأرضية يمكن أن توفر ما يصل إلى 60% من الطاقة التي نحتاجها لتدفئة المنزل [17].



الشكل (1-9): تشغيل مضخة الحرارة [17].

1.9.1 تعريف المضخة الحرارية الأرضية:

المضخة الحرارية هي جهاز قادر على نقل الطاقة من بيئة "باردة" إلى بيئة "ساخنة" ويكون هذا عبر أخذ سعرات الحرارة من البيئة الطبيعية (الهواء أو التربة أو الماء) لحقنها داخل المبنى الذي نريد تسخينه، حتى الهواء "البارد" والتربة والماء تحتوي على حرارة يمكن استخراجها من خلال استهلاك الطاقة الأولي [18].

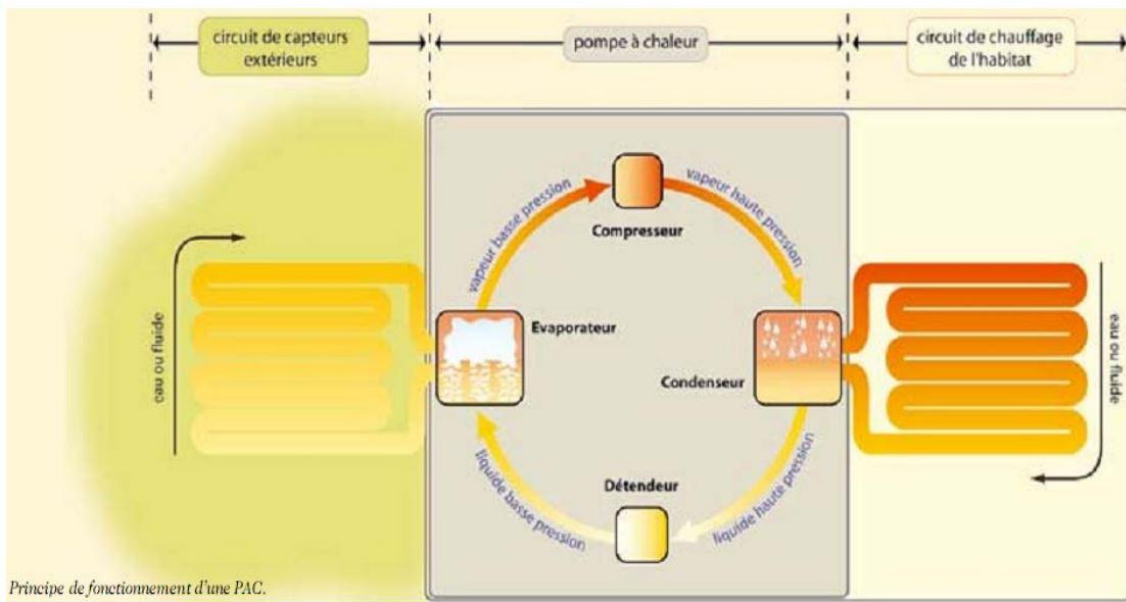


الشكل (1-10): المكونات الرئيسية الثلاثة لنظام PCG [18].

(1) مضخة حرارية. (2) مبادل حراري مع الأرض. (3) نظام التوزيع الحرارة و البرودة الداخلية.

2.9.1. طريقة العمل:

- كما هو موضح في شكل (1-11)، يتم من اليسار إلى اليمين على المخطط البياني:
1. يتم التقاط الحرارة المأخوذة من البيئة الطبيعية بواسطة مائع نقل الحرارة في المبخر.
 2. يتغير السائل ويتحول إلى بخار.
 3. يضغط الضاغط هذا البخار ، وبالتالي يزيد من درجة حرارته.
 4. على مستوى المكثف ، يقوم البخار عن طريق التكثيف بنقل حرارته إلى الوسط ليتم تسخينه ثم تنخفض درجة حرارة السائل في المنظم ، مما يجعله جاهزاً لدورة جديدة [18].

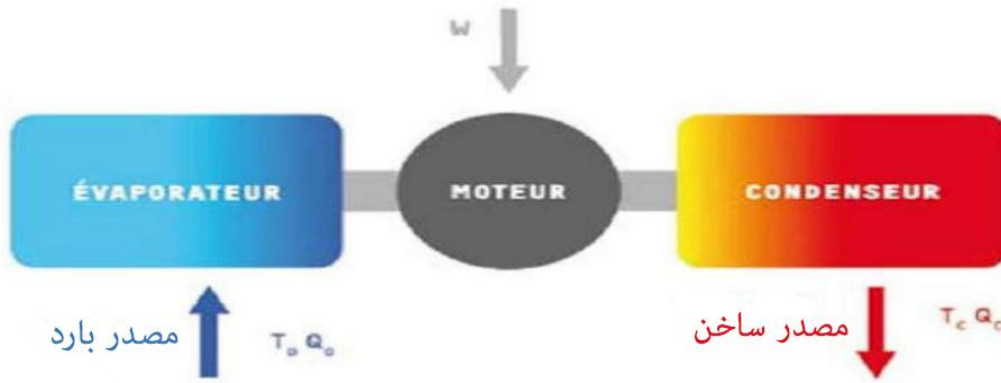


شكل (1-11): مبدأ تشغيل المضخة الحرارية [18].

3.9.1. مبدأ الديناميكية الحرارية:

مبدأ المضخة الحرارية (PAC) معروف منذ فترة طويلة، بواسطة العالم كارنو (1824)، الذي أسس تكافؤ العمل والحرارة.

المضخة الحرارية هي نظام ديناميكي حراري يعمل بين مصدرين: مصدر بارد ومصدر ساخن، و يتكون المبدأ من نقل السرعات الحرارية من المصدر البارد إلى المصدر الساخن ، وبالتالي عند درجة حرارة أعلى يحدث هذا النقل عن طريق مائع نقل الحرارة (المبرد) ولا يمكن تحقيقه إلا إذا كان هناك دخل للطاقة في شكل عمل (في حالة مضخات الحرارة المضغوطة) [19].

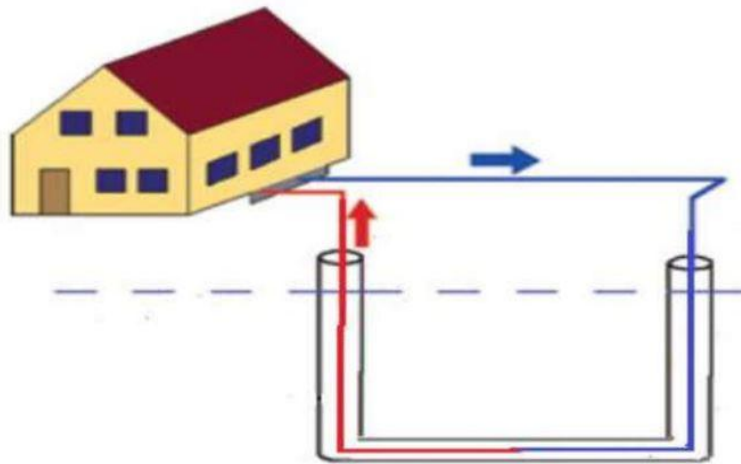


شكل (1-12): رسم تخطيطي لآلية ديناميكية حرارية [19].

10.1. أشكال المبادل الحراري:

1.10.1. مبادل حراري عمودي:

حيث يتم تثبيت المجسات (المسابر) عموديا في بئر ومثبتة بالإسمنت كما هو موضح في الشكل (1-13) و يمكن أن يصل العمق إلى عدة مئات من الأمتار، حيث تكون درجة حرارة التربة مستقرة طوال العام حيث يتم تداول ماء الجليكويز في دائرة مغلقة [20].

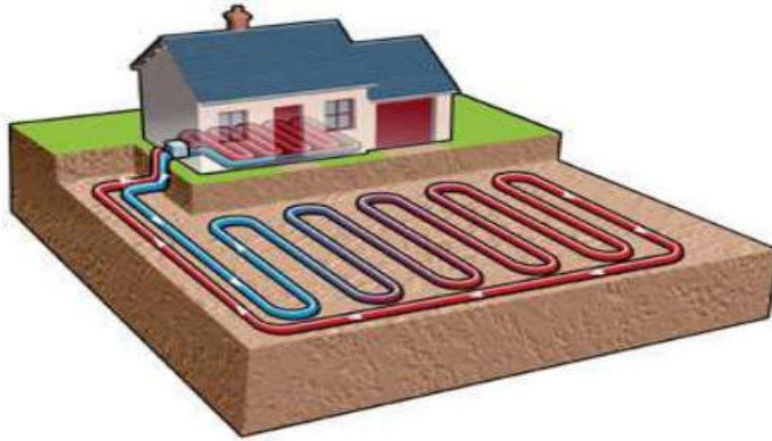


شكل (1-13): مبادل حراري عمودي [20].

2.10.1. مبادل حراري أفقي:

لا توجد حالياً لوائح أو المعايير المتعلقة بتنفيذ أجهزة الاستشعار الأفقية المستخدمة في المنشآت الحرارية الأرضية، تتوفر فقط التوصيات و النصائح العملية متاحة [20].

الشكل (1-14) يوضح نموذج لمبادل حراري أفقي.



الشكل (1-14): مبادل حراري أفقي [20].

3.10.1. مبادل حراري الملفوف:

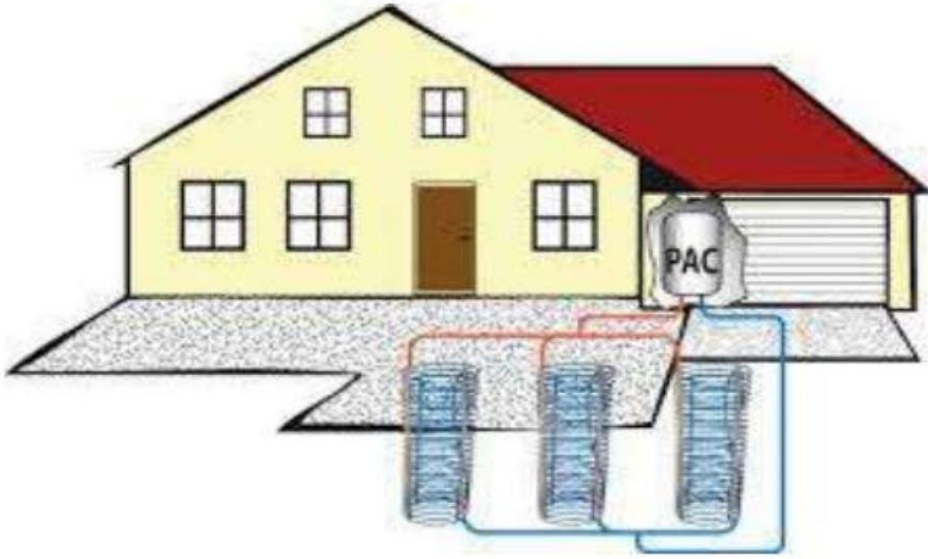
يتم دفن طبقات الأنابيب (شكل لفائف) على مستوى أفقي يصل إلى عمق 3 م كحد أقصى في الأرض، و نظرًا لأن صفائح الأنابيب يتم وضعها عادةً على عمق 0.5 إلى 3 أمتار ، فإن المناخ يلعب دورًا لهذا النوع من استغلال الحراري، وفي هذه الحالة تعمل الأرض كمراكم للطاقة الشمسية ثم تلعب الطاقة الحرارية الأرضية المناسبة دورًا ثانويًا فقط، (الشكل 1-15) [20].



الشكل (1-15): مبادل حراري الملفوف [20].

4.10.1. مبادل حراري حلزوني (اللولبي):

يتكون المبادل الحراري اللولبي من قناتين متحدتي المركز، مكونة من صفحتين معدنيتين ملفوفتين بشكل حلزوني، يتم من خلالهما وضع فواصل الملحومة بالارتفاع المطلوب للقناة مع الأخذ في الاعتبار معدلات التدفق وحجم الجسيمات للسوائل المشحونة وانخفاض الضغط ، تعزز هذه الفواصل التدفق المضطرب في كل قناة وبالتالي تحسين معامل التبادل، (الشكل 1-16) [20].



شكل (1-16): مبادل حراري حلزوني [20].

11.1. معايير التصميم الرئيسية:

أتاحت المعلومات و التحليل العلمية التي تم الرجوع إليها تحديد العوامل التي تؤثر على السلوك الحراري للمبادل الحراري بين الهواء والأرض وتمييز الأكثر شيوعاً. [21]

1.11.1. إجمالي تدفق الهواء:

يجب أن يلبي إجمالي معدل تدفق الهواء المتداول في المبادل جميع احتياجات تجديد الهواء للغرف المراد تهويتها. قد يختلف نظام التهوية حسب وضع التشغيل. [21]

2.11.1. عدد و قطر الأنابيب:

يجب أن يحدد عدد و قطر الأنابيب المقطع الإجمالي للأنابيب التي يدور الهواء من خلالها، فهي تؤثر على سرعة تدفق الهواء و سطح التلامس بين الهواء والتربة. يتم تعديل هذه المعلومات وفقاً لمعدل تدفق التهوية ،

من الناحية العملية يتراوح القطر الأنابيب المستخدمة في التركيبات المنزلية بين 16 سم و 20 سم ، ولكن يمكن أن يكون أكبر بكثير في التركيبات الكبيرة ، و يتم تحديد عدد الأنابيب حسب مساحة المتاحة لتركيب المبادل.[21]

3.11.1. طول الأنابيب:

يحدد طول الأنابيب سطح التبادل ووقت بقاء الهواء في الأنابيب. لذلك يوجد طول مثالي للمبادل مرتبط بالطول المميز للتبادل الحراري [21]، عادة ما يكون في حدود 30 إلى 50 متراً للحد من خسائر الضغط. و يتم حساب الطول الإجمالي للقناة وفقاً لتدفق الهواء المطلوب، وطبيعة التربة، والمنطقة الجغرافية (درجة الحرارة الخارجية طوال العام) ونوع التركيب المختار. [22]

4.11.1. المسافة بين الأنابيب:

يتم توفير وظائف التخزين وامتصاص الصدمات الحرارية للأرض من خلال حجم التربة الموجودة حول كل أنبوب، يتناسب سمك التربة المعنية مع عمق اختراق الإشارة الحرارية، والتي تعتمد على فترة اختلاف الظواهر المعنية. وبالتالي ، إذا كانت المسافة بين الأنبوبين من نفس الحجم أو أقل من عمق الاختراق ، تتأثر درجة حرارة جزء التربة الموجود بين هذه الأنابيب في وقت واحد بهذين الأنبوبين ، مما يقلل محلياً من سعة تخزين التربة.

لم تتم مناقشة تأثير المسافة بين الأنابيب على أداء المبادل إلا قليلاً في الأدبيات. ومع ذلك، يبدو من المهم ضمان حد أدنى للمسافة من أجل الحد من التفاعل بين أنبوبين متجاورين وبالتالي تحسين استغلال القصور الذاتي للأرض. لذلك، فإن مسافة 40 سم ستكون كافية للحفاظ على تأثير التخزين الحراري للتغيرات اليومية. من ناحية أخرى، يتطلب التخزين الحراري الموسمي تباعدًا بمقدار 3 أمتار، وهو أمر غير ممكن بشكل عام من الناحية العملية.[21]

5.11.1. عمق دفن الأنابيب:

بالنسبة لمبادل حراري هواء-أرض، تعمل الأرض كعازل وعازل حراري بين الغلاف الجوي و الأنابيب الموجودة تحت الأرض. يؤثر عمق الدفن على جودة هذا العزل [21]، يتراوح العمق الموصى به غالباً بين 1.5 و 3 م. في هذه الأعماق، تختلف درجة حرارة الأرض بدرجة أقل بكثير من درجة حرارة الهواء الخارجي بين الصيف والشتاء (بين 5 و 15 درجة مئوية في المتوسط في فرنسا). ومع ذلك، فمن الممكن دفن الأنابيب بعمق أكبر ولكن هذا يزيد من قيود أعمال الحفر وتمديد القناة.[22]

6.11.1. طبيعة التربة و محتوى الرطوبة فيها:

السعة الحرارية و ناقلية التربة لهما تأثير مهم على كفاءة النظام، يعتمدون على تكوين التربة ولكن أيضًا على محتواها الرطوبي و إنتقال الماء داخلها، تتوافق السعة الحرارية للتربة مع متوسط السعات الحرارية لمكوناتها المختلفة: المعادن والمواد العضوية والهواء والماء ، يتمتع الماء بقدرة وموصلية حرارية أعلى من مكونات التربة الأخرى. وبالتالي ، فإن الأرض الرطبة تخزن الحرارة بشكل أفضل من الأرض الجافة وتنقلها بسهولة أكبر إلى الهواء في أنابيب المبادل، يستخدم هذا التأثير لزيادة أداء المبادلات الحرارية بين الهواء والتربة مؤقتًا عن طريق ترطيب التربة عن طريق الري.[21]

7.11.1. المادة المصنعة للأنابيب:

يعد اختيار المواد أمرًا مهمًا لأن لها تأثيرًا مباشرًا على التبادل الحراري للتربة / البئر، يجب تفضيل استخدام الجدران المدمجة ذات الموصلية الحرارية العالية لأنها تزيد من التبادلات وبالتالي تقلل من طول البئر، يجب أن تتمتع المواد المستخدمة أيضًا بمقاومة جيدة للدفن.[18]

12.1. الطاقة الحرارية الأرضية في العالم:**1.12.1. التطبيقات:**

أقدم تطبيق الينابيع الحرارية هو العلاج بالمياه المعدنية. تم استخدامه من قبل اليونانيين والأتراك والرومان ... إلخ. بينما أهم عملية حرارية أرضية في مجال توليد الكهرباء لأول مرة في العالم، تمت في عام 1904 في إيطاليا، لذلك بفضل إيطاليا تم تحقيق زخم كبير من العمليات في مجال استغلال الطاقة الحرارية الأرضية.

بعد نصف قرن بدأت نيوزيلندا في إنتاج الطاقة الحرارية الأرضية ، وتبعها فيما بعد الولايات المتحدة في كاليفورنيا وبالتحديد في سان فرانسيسكو، ومنذ ذلك الحين استثمرت العديد من البلدان الأخرى في هذا المجال، مثل اليابان والمكسيك والسلفادور وأيسلندا وتركيا.[13]

إن استخدامات الطاقة الحرارية الأرضية في العالم عديدة، تم تلخيصها في الجدول التالي (الجدول 1-2) :

الجدول (1-2): أهم استخدامات الطاقة الحرارية الأرضية في العالم [13].

T(C°)	مجالات الاستخدام	
190	التبريد بالامتصاص	إنتاج الكهرباء بالطريقة التقليدية
180	تحضير لب الورق	
170	تصنيع المياه الثقيلة	
160	تجفيف الأسماك ، تجفيف الخشب	
150	تصنيع الألومنيوم	
140	تجفيف المنتجات الزراعية	
130	التبخير	إنتاج الكهرباء بواسطة دورة ثنائية
120	إنتاج المياه العذبة بالتقطير	
110	تجفيف الكتل الخرسانية	
100	تجفيف الخضروات	
90	الجفاف	
80	تدفئة الاحتباس الحراري / التدفئة المركزية	استعمالات اخرى
70	التبريد	
60	تربية الحيوانات	
50	العلاج بالمياه المعدنية	
40	تدفئة أرضية	
30	حمام سباحة / تخمير	

2.12.1. سعة الطاقة:

الطاقة الحرارية الأرضية هي مصدر طاقة متجددة تنتج نوعين من الطاقة، الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية من حيث الاستخدامات، تحتل المرتبة الثالثة في العالم بعد الكتلة الحيوية، اليوم تمثل 3% من إنتاج الطاقة العالمي بما في ذلك 0.4% في الطاقة الكهربائية.

يتم استخدام الطاقة الحرارية الأرضية اليوم في أكثر من ستين دولة، ولكنها تم تطويرها بشكل خاص في دول معينة فقط مثل الولايات المتحدة واليابان وأيسلندا ونيوزيلندا وجزر الأنتيل الفرنسية وسويسرا. آيسلندا (فهي

بلد بركاني، وغنية جداً بالمياه الحرارية. واليوم هذا البلد يلبي تقريبا كل هذه الاحتياجات للحرارة والكهرباء من الطاقة الحرارية الأرضية). كما يعتبر الفلبين مثال جيد للغاية في هذا المجال حيث تنتج 21.5% من طاقتها الكهربائية من الطاقة الحرارية الأرضية.

من أجل جعل هذا النوع من الطاقة مربحاً، من الضروري إجراء دراسة جيدة من الناحية الاقتصادية، والتي تتعلق بجميع الجوانب، مثل تكلفة التركيبات الحرارية الأرضية ، وكمية السعرات الحرارية الموردة ، وتحويل السعرات الحرارية إلى طاقة .. إلخ. (الجدول 1-3)

2002	2000	1995	المنطقة
2971	2983	3570	أمريكا الشمالية
416	407	231	أمريكا الوسطى والجنوبية
3387	3390	3801	مجموع أمريكا
3220	3075	1979	آسيا
883	805	641	الاتحاد الأوروبي
297	213	81	دول أوروبية أخرى
1180	1018	722	مجموع أوروبا
441	437	286	أوقيانوسيا
128	54	49	إفريقيا
8536	7974	6837	مجموع العالم

الجدول (1-3): تطور الطاقة الحرارية الأرضية المثبتة في العالم لإنتاج الكهرباء بالـ MWe (EurObserv'ER ، أغسطس 2003).

13.1. إيجابيات و سلبيات الطاقة الحرارية الأرضية:

1.13.1. الإيجابيات:

- مصدر طاقة متجدد يحافظ على البيئة.
- قدرات إنتاجية كبيرة مقارنة بالطاقات المتجددة الأخرى.
- الطاقة الأساسية بشكل عام مستقلة عن الظروف المناخية.
- مصدر طاقة قابل للاستغلال محليا.
- وتتميز بشكل خاص بوظيفتها المزدوجة كخزان لحرارة أنظمة التدفئة والتبريد في درجات الحرارة المنخفضة.

- يمكن استخدام حرارة الأرض بعدة طرق.

2.13.1. السلبيات:

- غالبًا ما يكون الحفر للوصول إلى هذا المورد مكلفًا للغاية، لأن إنتاج الكهرباء يتطلب درجات حرارة عالية جدًا، وبالتالي أعماق كبيرة جدًا.
- يمكن أن يكون الحفر في بعض الأحيان غير ناجح أو حتى خطير، نتحدث عن "خطر الانهيار الأرضي".
- قبل الحفر، يجب إجراء دراسات لتربة وأعمال الاستكشاف وما إلى ذلك ... لذا فإن إنشاء محطة للطاقة بالحرارة الأرضية الجوفية عملية طويلة جدًا.
- يجب الحرص على عدم استخراج طاقة أكثر مما يمكن أن تنتجه التربة، وإلا سيتم استنفاد القدرة الحرارية وقد تنخفض كفاءة المنشآت.

الخلاصة

في الفصل قدمنا بعض المفاهيم والتعريفات العامة للحرارة الجوفية من جهة، ومن ناحية أخرى، قدمنا عموميات حول المبادل الحراري للمياه الجوفية، وأنواع معينة من المبادلات، و مبدأ تشغيلها وخصائصها. و تطرقنا إلى مزايا و عيوب هذه الطاقة و إمكاناتها في العالم بشكل عام.

الفصل الثاني:

دراسة الطاقة الحرارية الارضية في جنوب

الجزائر

1.2. المقدمة:

تم استخدام الطاقة الحرارية الأرضية في العديد من البلدان في مجالات واسعة كإنتاج الكهرباء وتدفئة المنازل وفي الزراعة لتدفئة البيوت البلاستيكية حيث تم استغلال آبار المياه الساخنة التي كانت مخصصة لعدة عقود للاستهلاك البشري والري، بينما في بلدان أخرى بالرغم من امتلاكها لمخزون هائل من هذه الطاقة فإنه لم يتم استغلالها إلا في تطبيقات بسيطة مباشرة وكما هو الحال في الجزائر.

الجزائر هي واحدة من أكبر البلدان في إفريقيا والأكبر في شمال القارة من حيث المساحة، والموارد الحرارية الجوفية في الجزائر كبيرة ومتنوعة نسبياً، وتوجد في كل من الشمال والجنوب، و بسبب موقعها الجغرافي (منطقة ذات نشاط تكتوني مرتفع) فهي من الدول الغنية بالمياه المعدنية الحرارية، وخاصة الصحراء الجزائرية التي خضعت للعديد من الدراسات الهيدروجيولوجية والجيولوجية، بهدف استكشاف طبقة المياه الجوفية، وكذا تحديد خريطة الطاقة الحرارية الأرضية، وقبل التطرق إلى الطاقة الجوفية بالجنوب الجزائري بنوع من التفصيل، سنتطرق في بداية هذا الفصل إلى الطاقة الحرارية الأرضية بالجزائر بصفة عامة.

2.2. الطاقة الحرارية الأرضية في الجزائر:**1.2.2. تصنيف المناطق المناخية في الجزائر:**

الجزائر بلد كبير المساحة (2,381,741 كلم²) و يقع بين خطي عرض 18° و 38° شمالاً ، وبين خط طول 9° غرباً وخط طول 12° شرقاً (خط الطول الدولي 0 درجة غرينتش يمر بالقرب من مدينة مستغانم) .

في الجزائر تم إجراء التصنيف الأول للمناطق المناخية بواسطة CSTB (المركز العلمي والتقني للبناء) في عام 1962 ، والذي يعمل كأساس لحساب أبعاد التدفئة أو تكييف الهواء. التصنيف الثاني الذي يأخذ في الاعتبار البيانات المناخية الأكثر تمثيلاً للفترة (1974-1984) يجعل من الممكن تحديد المناطق المناخية في الجزائر بدقة أكبر. يتوافق هذا النطاق الإقليمي الواسع مع مجموعة متنوعة من المناطق المناخية التي يمكن تصنيفها إلى ثلاث فئات. [23]

- التل : مناخ البحر الأبيض المتوسط المعتدل الرطب.
- الهضاب العالية : مناخ قاري (شبه جاف).
- الصحراء : مناخ جاف و حار .

2.2.2.2. الاستكشاف:

في الجزائر ، يعد البحث عن الطاقة الحرارية الأرضية جزءًا من أنشطة مركز تنمية الطاقات المتجددة C.D.E.R. بوزريعة وكان موضوع البحث في سوناتراك (قسم البحث والتطوير ، 1980).

أجريت دراسات الطاقة الحرارية الأرضية بشكل أساسي في شمال الجزائر: تظهر هذه الدراسات أن شمال الجزائر به عدد كبير من الينابيع الحرارية ، ما يقرب من 200 مصدر وانتشرت عبر كامل الأراضي الجزائرية الشمالية ، الأغلبية في الشمال الشرقي ومن أهمها ، حمام المسخوطين (98°C) في قالمة، حمام بوطالب (52°C) في سطيف و حمام بوحنيقية (66°C) في معسكر. تتبع هذه الينابيع الحرارية العديدة بشكل رئيسي من الحجر الجيري الجوراسي في شمال الجزائر. تم تسليط الضوء على ثلاث مناطق ذات تدرج حراري جوي قوي؛ في الشمال الغربي والشمال الشرقي وشمال وسط الجزائر، ولا سيما في مناطق وهران و القبائل و قسنطينة. بالإضافة إلى العديد من الينابيع الحرارية في شمال البلاد، يوجد في الجنوب الجزائري وبالتحديد في الصحراء الشمالية احتياطي مهم من المياه الحرارية وهو طبقة المياه الجوفية [24].

الجدول (1-2): الخصائص الفيزيائية - الكيميائية الرئيسية لبعض الينابيع الحرارية في شمال الجزائر.

الينابيع الحرارية	منطقة	العناصر الكيميائية	بقايا جافة (mg/l)	درجة الحرارة ($^{\circ}\text{C}$)	التدفق (l/s)
حمام الشلالة	قالمة	كبريتات المغنيسيوم	1600	98	100
حمام بوحجر	عين تموشنت	كلوريد الصوديوم	3210	66.5	-
حمام بوحنيقية	معسكر	بيكربونات الصوديوم	1400	66	-
حمام بوطالب	سطيف	كلوريد الصوديوم	3416	52	-
حمام الصالحين	خنشلة	كلوريد الصوديوم	2082	70	-
حمام الصالحين	سكيكدة	كبريتات المغنيسيوم	2046	55	-
حمام سيدي بوعبد الله	غليزان	كلوريد الصوديوم	1194	51	-
حمام الضلعة	المسيلة	كبريتات المغنيسيوم	1980	42	-
حمام ربي	سعيدة	كلوريد الصوديوم	1542	47	-

–	46	2221	كلوريد الصوديوم	بجاية	حمام سيلال
10	42	3762	كلوريد الصوديوم	قسنطينة	حمام بن هارون

3.2.2. الاستغلال:

في الجزائر تُستخدم المياه الحرارية منذ فترة طويلة لفوائدها العلاجية، تشير التقارير التي تم اكتشافها في المناطق تواجد الحمامات أنه قبل فترة طويلة من وجود حمامات الاستحمام في العصر الروماني كانت موجودة في هذه الأماكن، لكن قبل كل شيء كان الرومان هم أفضل من طور تقنيات التقاط وتوجيه المياه الحرارية في كثير من الأحيان ، قاموا ببناء مدنهم بالقرب من المنشآت الحرارية من أجل الاستفادة القصوى من هذه الينابيع الحرارية. و اليوم على الرغم من أن الطاقة الحرارية الأرضية مهمة للغاية في بلدنا، إلا أن مجال استغلالها لا يزال محدودًا ويقتصر بشكل أساسي على العلاج بالمياه المعدنية والاستخدامات المنزلية.

منذ عام 1990، بدأ تطبيق الطاقة الحرارية الجوفية مؤخرًا في الصحراء الجزائرية في منطقة تقرت، يتم توفير أول تركيب لمعدات تدفئة البيوت الزجاجية من قبل فريق C.D.E.R (مركز تنمية الطاقات المتجددة) على الرغم من أن هذا التطبيق أعطى نتائج جيدة ، إلا أنه لم يتم تعميمه ولا يزال متواضعًا للغاية فيما يتعلق بإمكانيات الطاقة الحرارية الأرضية في جنوب الجزائر، ومع ذلك تجدر الإشارة إلى أن استغلال الطاقة الحرارية الجوفية يمكن تسهيله بشكل كبير في جنوب الجزائر بفضل الآبار النفطية العديدة التي تعبر الصحراء تحت الأرض [24].

4.2.2. إمكانية الطاقة الحرارية الأرضية:

وقد أتاح تجميع البيانات الجيولوجية والجيوكيميائية والجيوفيزيائية تحديد أكثر من مائتي (200) ينبوع ساخن تم جرده في الجزء الشمالي من البلاد. حوالي ثلثهم (33%) لديهم درجات حرارة أعلى من 45 درجة مئوية. هناك مصادر درجة حرارة عالية تصل إلى 118 درجة مئوية في بسكرة، و جعلت الدراسات على التدرج الحراري من الممكن تحديد ثلاث مناطق يتجاوز تدرجها 5 درجات مئوية لكل 100 م [25]:

- منطقة غليزان و معسكر.
- منطقة عين بوسيف وسيدي عيسى.
- منطقة قالمة و جبل العنق.

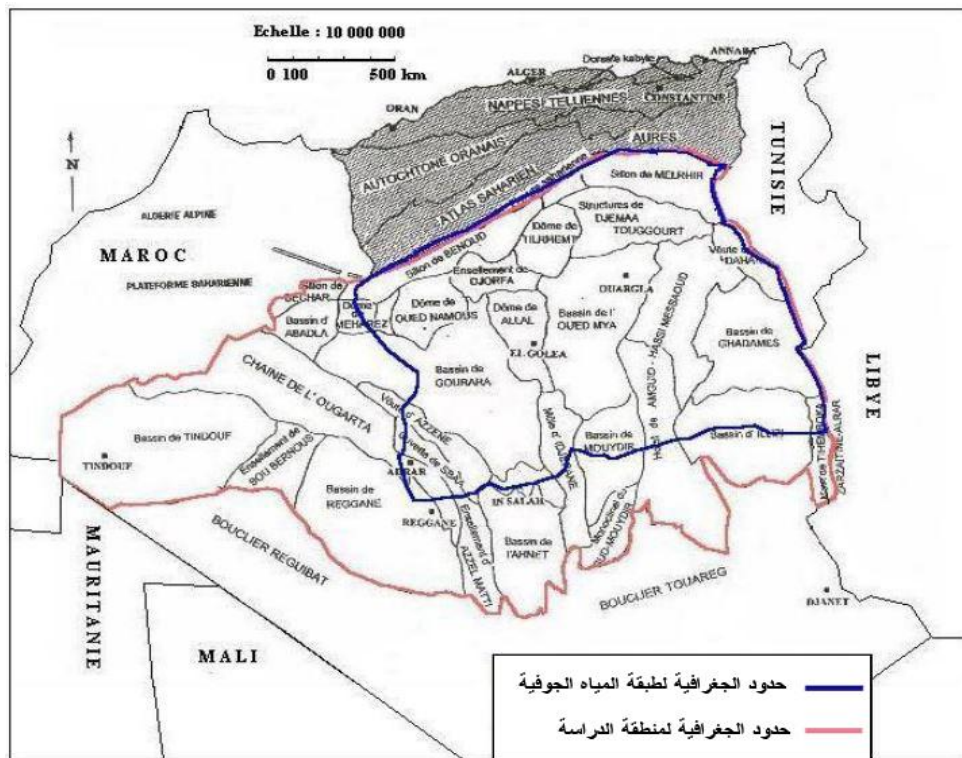
3.2. الطاقة الحرارية الأرضية في الجنوب الجزائري:

1.3.2. لمحة عامة:

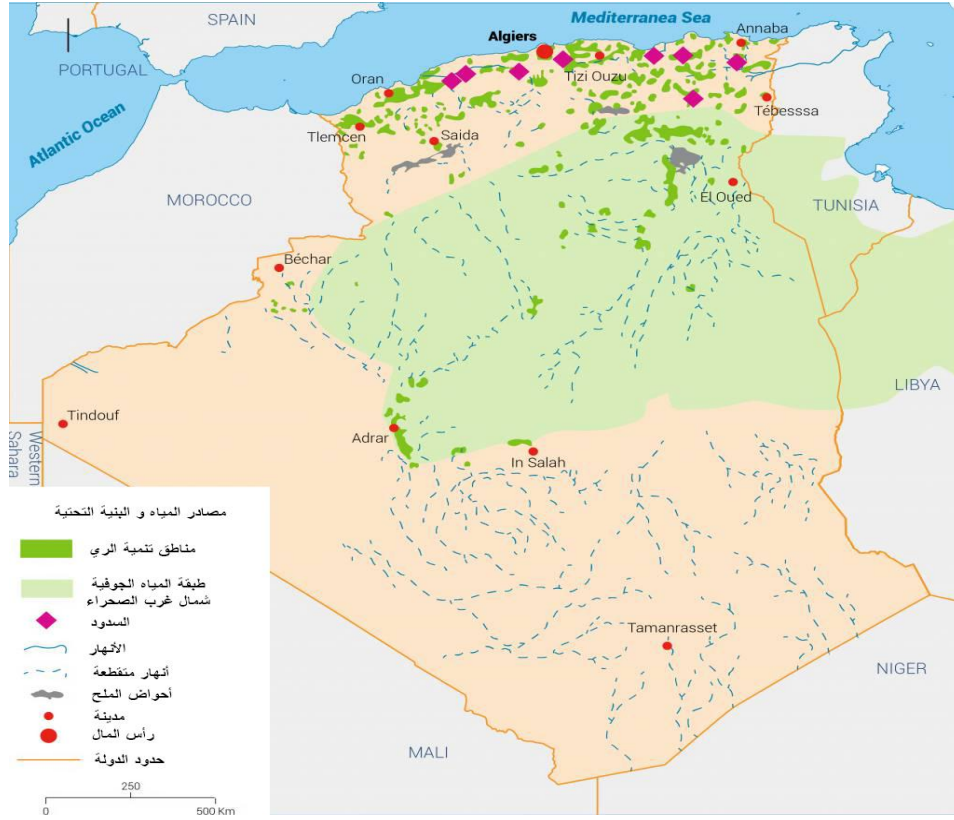
كان الجنوب الجزائري موضوع العديد من الدراسات الجيولوجية والمائية الجيولوجية التي حددت الخصائص الرئيسية لطبقة المياه الجوفية [26]، و تقع منطقة الدراسة في الصحراء الجزائرية (الشكل 2-1). تشير عمليات التنقيب عن النفط والتي تعبر الأراضي الصحراوية بوضوح إلى أن المياه شديدة الحرارة في مناطق معينة، وتتيح لنا هذه الملاحظات اعتبار الصحراء الجزائرية مواتية لإنتاج الطاقة الحرارية الأرضية.

في حين أن الإمكانيات الطاقة الحرارية الأرضية لشمال الجزائر محددة جيداً، فإن الدراسة التفصيلية لجنوب الجزائر ضرورية لتقييم إمكانيات الطاقة الحرارية الأرضية. [27]

يتم تغذية المياه الجوفية الحالية بشكل أساسي من خلال تسرب مياه الجريان السطحي للأنهار المنحدرة من جبال أطلس الصحراء في الشمال، وجبال الظاهر في شرق تونس، وأنهار غرب تادمايت (تمنراست) خلال اشهر الممطرة بشكل استثنائي (الشكل 2-2). [28]



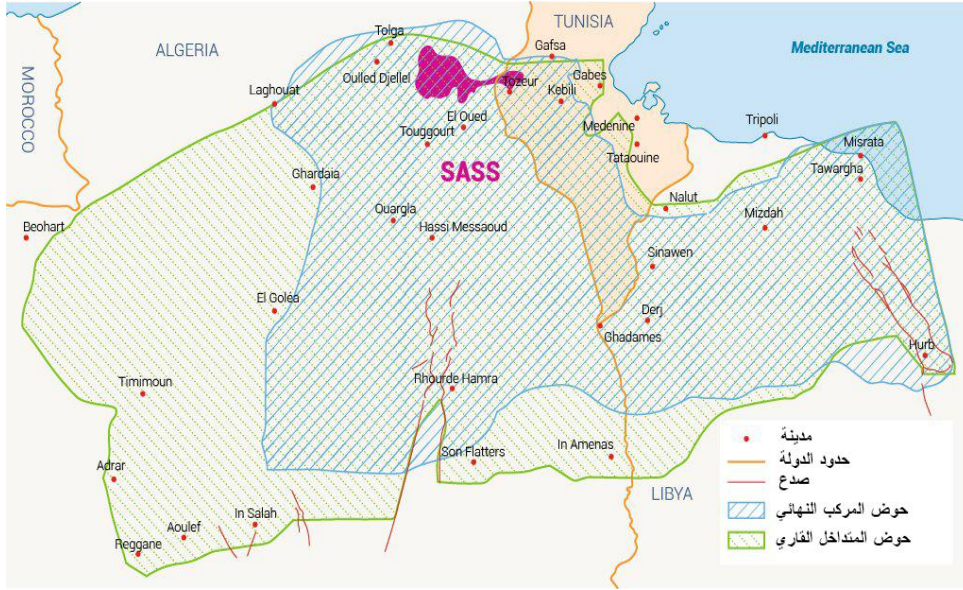
الشكل (2-1): الموقع الجغرافي لمنطقة الجنوب الذي، تتوفر فيه مصادر للطاقة الحرارية الأرضية [13].



الشكل (2-2): مصادر المياه والبنية التحتية، مع تسليط الضوء على نظام الطبقات المائية في شمال غرب الصحراء الكبرى (المصدر : Stratfor Worldview). (ترجمة الطالبين)

يغطي حوضا المياه الجوفية الكبيرين والمتداخلين في الجنوب الجزائري (شكل 2-3)، حوض المركب النهائي وحوض المتداخل القاري، مساحة تبلغ 600 ألف كيلومتر مربع ويوفران سنوياً ما يصل إلى 40,000 مليار متر مكعب من المياه. هذا المصدر المهم للمياه الجوفية هو جزء من واحد من أكبر المصادر في العالم، ويتم تقاسمه مع ليبيا (20%) وتونس (10%). يمتلك الحوضان قدرة إنتاج تبلغ 5 مليار متر مكعب/السنة، ولكن يتم استغلال 1,7 مليار متر مكعب/ السنة منهما فقط. [29]

ولا تشارك الجزائر أياً من مياهها السطحية مع أي من الدول، مما يمنحها السيادة على إدارة واستغلال وتوزيع هذا المورد.



الشكل (2-3): نظام طبقات المياه الجوفية المشتركة في الصحراء الشمالية- الشرقية.

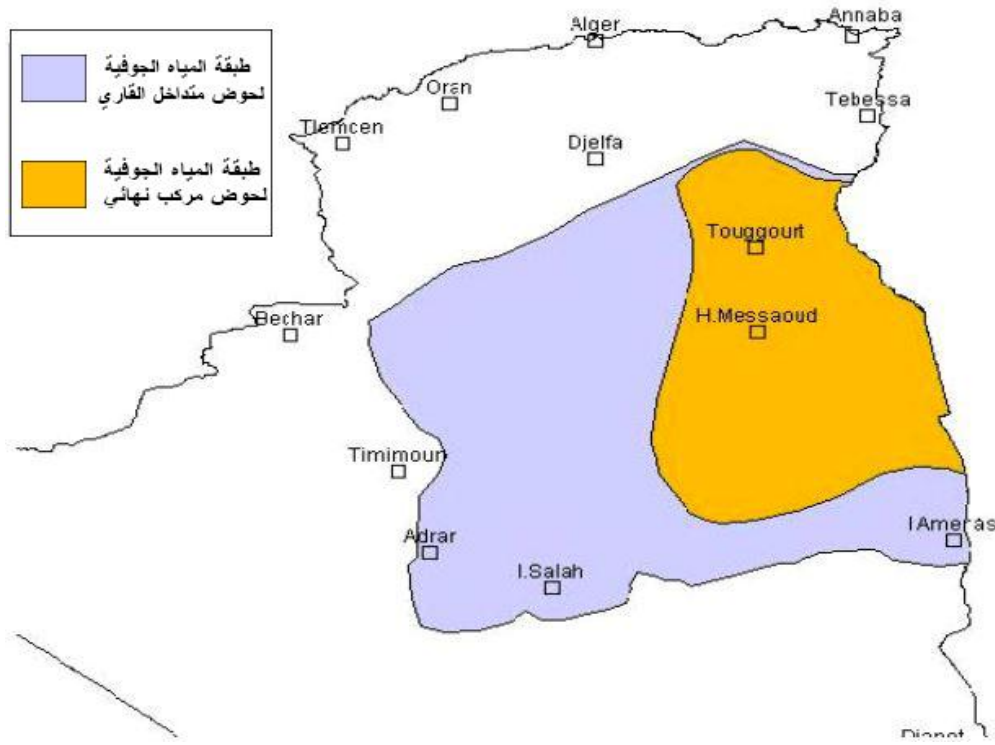
2.3.2. تحليل بيئيوجرافي:

دراسات قليلة هي تلك التي تناولت موضوع الطاقة الحرارية الأرضية في الجنوب الجزائري بما فيها دراسة الطاقة الحرارية للمياه الجوفية بهذه المنطقة. ونظرا لضيق الوقت، سنحاول في هذا المحور أن نقتصر على تلخيص دراستين لنفس الباحثين (S.Ouali et Al) وهما كما يلي:

أ. دراسة الطاقة الحرارية الأرضية في جنوب الجزائر:

في عام 2006، قدمت سليمة والي وآخرون (S.Ouali et Al) [27] دراسة حول الطاقة الحرارية الأرضية في جنوب الجزائر، الهدف الرئيسي من الدراسة هو عرض إمكانات الطاقة الحرارية الأرضية لجنوب الجزائر من خلال رسم تخطيطي للتدرج الحراري الأرضي (الشكل 2-8). يتم عرض النتائج في شكل خرائط ورسوم بيانية.

الجنوب الجزائري منطقة شاسعة ذات إمكانات حرارية أرضية و من أجل تحديد المناطق ذات الأهمية الحرارية الأرضية، تم تطوير خرائط درجة حرارة الأرض، تم تسليط الضوء على منطقتين حراريتين متميزتين من خلال هذه الخرائط، واحدة في الجزء الشرقي والأخرى في الجزء الغربي من الصحراء الجزائرية (الشكل 1-2)، يظهر في منطقة الدراسة، طبقة المياه حوض متداخل القاري في شكل منسوب مائي ارتوازي، ويشكل أكبر احتياطي للمياه الجوفية في الصحراء الجزائرية. يعلو هذه الصفيحة تلك الخاصة بالحوض مركب نهائي (شكل 2-4).



شكل (2-4): خريطة توضح طبقات المياه الجوفية في جنوب الجزائر. [27]

أ.1. البيانات:

كما تم من خلال البيانات إبراز أن التنقيب عن النفط هو الأعمق، إذ تعكس العملية بشكل أفضل التدرج الحراري الأرضي، حيث تغطي العديد من آبار النفط الصحراء الجزائرية من الشرق إلى الغرب، كما هو موضح في خريطة التدرج (شكل 2-8). تقع غالبية هذه الآبار بشكل أساسي في الجزء الشمالي من الصحراء الجزائرية، لأن هذه المنطقة الصحراوية هي من ناحية أخرى من أكثر المناطق الغنية بالموارد الأحفورية (النفط والغاز ، إلخ).

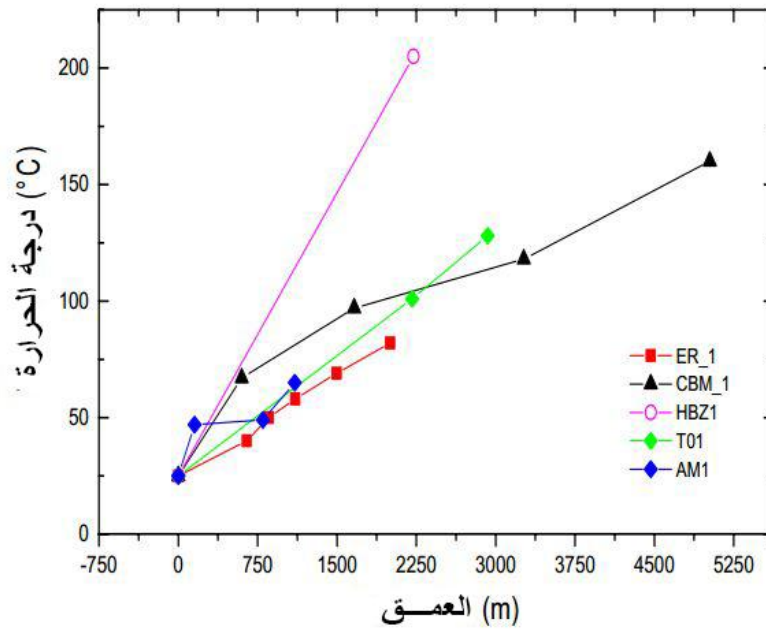
سمحت لنا قيم BHT (درجة حرارة القاع السفلي)، التي تمثل درجات حرارة الطين في قاع البئر بحساب التدرج الحراري الأرضي.

أ.2. المنحنيات البيانية (درجة الحرارة - العمق):

من أجل الحصول على فكرة عن تغير درجة الحرارة كدالة للعمق على المستوى الرأسي، يتم عمل الرسوم البيانية (شكل 2-5). و توضح جميع المنحنيات البيانية (شكل 2-5) بوضوح زيادة درجة الحرارة مع العمق، مما يشير إلى أن العمق هو أحد العوامل في تدرج درجة الحرارة.

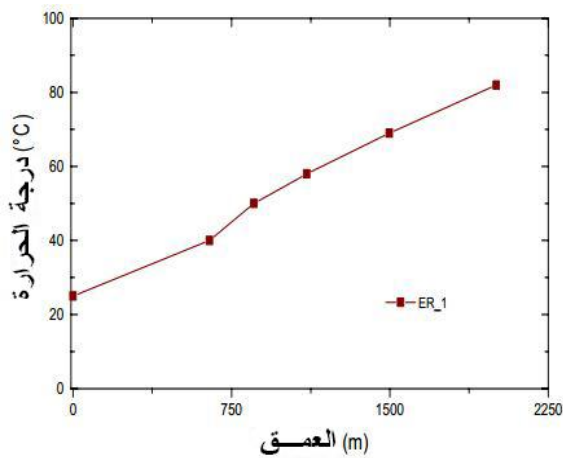
يبدو أيضًا من خلال هذه المنحنيات البيانية أن قانون التباين (درجة الحرارة ، العمق) خطي بشكل عام كما هو موضح (شكل 2-6)، ولكن على الرغم من أنه يمكن أن يكون غير خطي كما هو موضح في (شكل 2-7).

يتم تمثيل التدرج الحراري من خلال المنحنيات البيانية $T = f(P)$ وهي تختلف بشكل افقي من بئر إلى آخر، وفي بعض الأحيان بشكل عمودي على طول نفس البئر، توضح المنحنيات البيانية بشكل عام الطابع غير المتجانس للتربة الصحراوية.

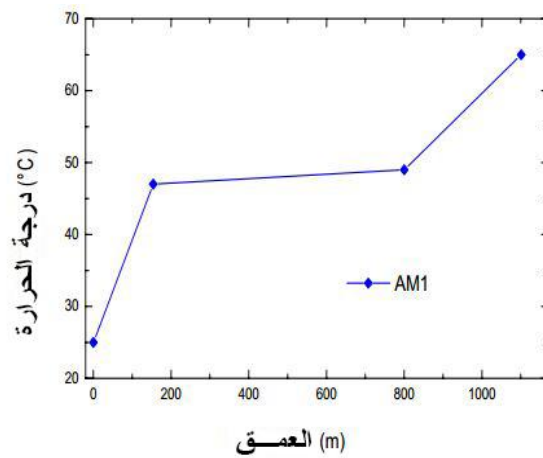


الشكل (2-5): الرسوم البيانية (درجة الحرارة - العمق) على مستوى التنقيب عن النفط،

(AM-1 - ER-1 - TO-1 - CBM-1 -HBZ-1) .



شكل (2-6): حفر ER-1.



شكل (2-7): حفر AM-1

$$G = D T / D Z \quad [^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}]$$

T : درجة الحرارة (°C)

z : العمق (m).

أ.3. تفسير خريطة التدرج الجيولوجي:

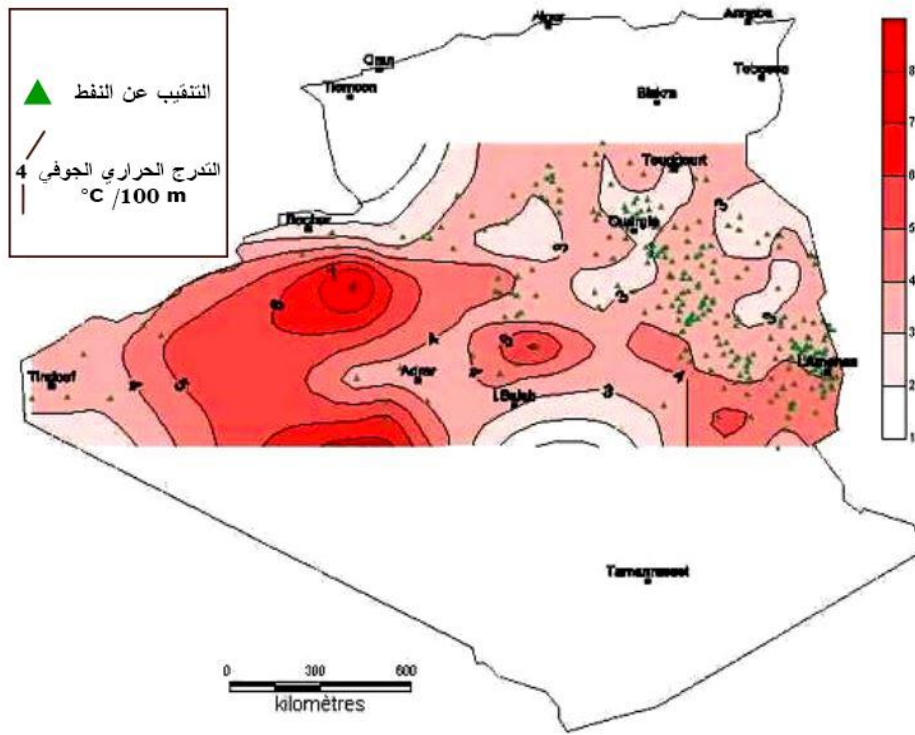
يبلغ متوسط التدرج الحراري الأرضي للصحراء الجزائرية ككل حوالي 4 درجات مئوية / 100 متر، في الجزء الشمالي من الصحراء يكون التدرج الحراري الأرضي في حدود 3 درجات مئوية / 100 متر. ويمكن أن يكون مجرد تأثير للعمق.

من الواضح أن هناك إضطراباً قوياً في الحرارة الجوفية في الجزء الغربي من الصحراء في مناطق بشار وبني عباس وتيميمون. تظهر سجلات حفر الآبار التي تم الرجوع إليها أن هذه المنطقة ساخنة بشكل غير طبيعي ، وخاصة على مستوى حفرة البئر HBZ -1 الواقعة في منطقة بني عباس حيث يصل التدرج إلى أكثر من 6 درجات مئوية / 100 متر.

من وجهة نظر النفط، يكشف التنقيب عن النفط أن الإقليم الغربي للصحراء الجزائرية فقير بالمحروقات السائلة، على الرغم من تلبية الشرط الرئيسي لوجودها بعمق (صخر المصدر: وهي صخور رسوبية تحتوي علي مواد عضوية مختلفة وهي عبارة عن بترول لم يصل بعد إلى مرحلته النهائية في التشكل). من ناحية أخرى، فإن المنطقة الشرقية غنية جداً بالمحروقات السائلة.

مع العلم أن الزيت يصل إلى درجة النضج في ظل ظروف ضغط ودرجة حرارة محددة جيداً، وبعد ذلك يفقد نضجه، إما أنه ينتقل إلى الطور الغازي أو في الظروف القاسية يحترق تماماً.

لذا فإن ارتفاع درجة حرارة الأرض في الصحراء الغربية يمكن أن يكون أحد العوامل المسؤولة عن هذا النقص في الهيدروكربونات السائلة في هذه المنطقة، ستكون النتائج التي تم الحصول عليها من خريطة الطاقة الحرارية الأرضية متوافقة مع نتائج التنقيب عن النفط (شكل 2-8).



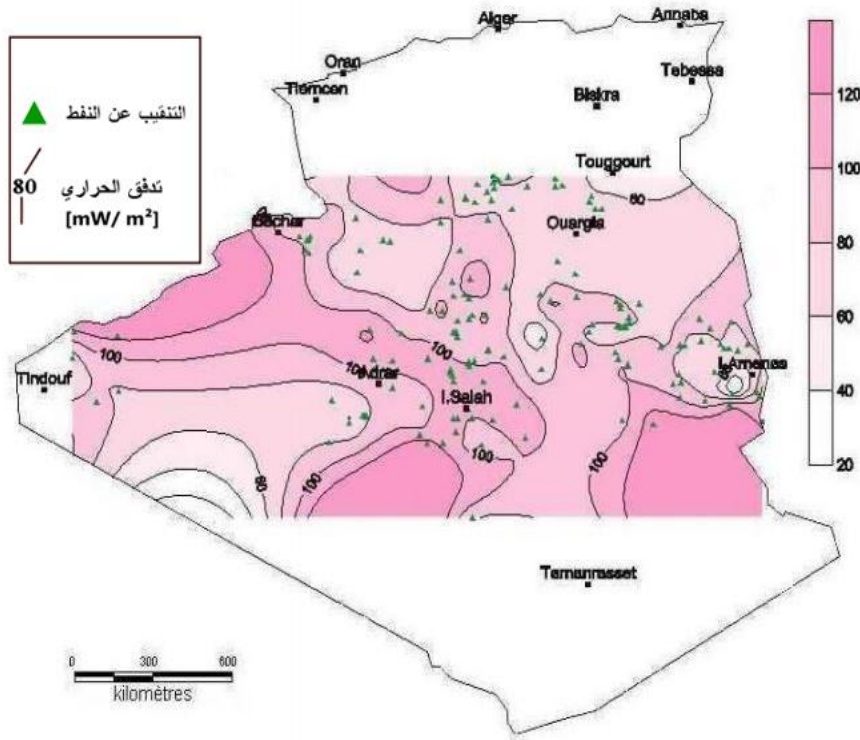
شكل (2-8): خريطة التدرج الجيوحراري لجنوب الجزائر.

أ.4. تفسير خريطة التدفق الحراري:

توضح خريطة التدفق الحراري لجنوب الجزائر أن قيم التدفق الحراري تختلف بين 60 mWm^{-2} و mWm^{-2} (100^2). لذا فإن التدفق الحراري المسجل في جنوب الجزائر مرتفع مقارنة بالمتوسط العالمي الذي يبلغ 60 mWm^{-2} . متوسط تدفق الحرارة 80 mWm^{-2} ، يتميز محور بشار - أدرار - عين صالح - اليزي بتدفق عالٍ قدره 100 mWm^{-2} ، على جانبي هذا المحور تتخفض القيم تدريجياً.

تسلط خريطة التدفق الحراري (شكل 2-9) الضوء على منطقتين شاذتين متميزتين :

- المنطقة الغربية ذات التدفق العالي من 90 mWm^{-2} إلى 110 mWm^{-2} .
- المنطقة الشرقية التي يبلغ متوسط تدفقها من 60 mWm^{-2} إلى 80 mWm^{-2} .



شكل (2-9): خريطة التدفق الحراري لجنوب الجزائر. [27]

ب. دراسة طبقة المياه الجوفية في جنوب الجزائر:

في عام 2016، قدمت سليمة والي وآخرون (S.Ouali et Al) [28] دراسة حول طبقة المياه الجوفية في جنوب الجزائر، الهدف الرئيسي من الدراسة هو تحديد الخصائص الهيكلية لخزان الجوفي في جنوب الجزائر مثل البنية والعمق والسمك، لهذا الغرض حققنا خرائط التوصيف باستخدام بيانات من التنقيب عن البترول في الشركة الوطنية لبحوث وإنتاج ونقل واستغلال الموارد البترولية (Sonatrach) والآبار الهيدروليكية (ANRH) الوكالة الوطنية للموارد المائية) في الجزائر.

كما أشارت الدراسة أن العدد الإجمالي للحفر الهيدروليكي بلغ 118، تم إجراء الحفر خلال الفترة من 1953 إلى 1987. وتتراوح أعماق التي تم الوصول إليها من 100 م إلى 2900 م، يبلغ الحد الأقصى للعمق 2937 متراً، و الجدول (2-2) يبرز نماذج من عمليات الحفر هاته كما ورد في الدراسة المشار إليها أعلاه.

الجدول (2-2): بيانات لعمليات حفر هيدروليكي مختارة بالجنوب الجزائري [30].

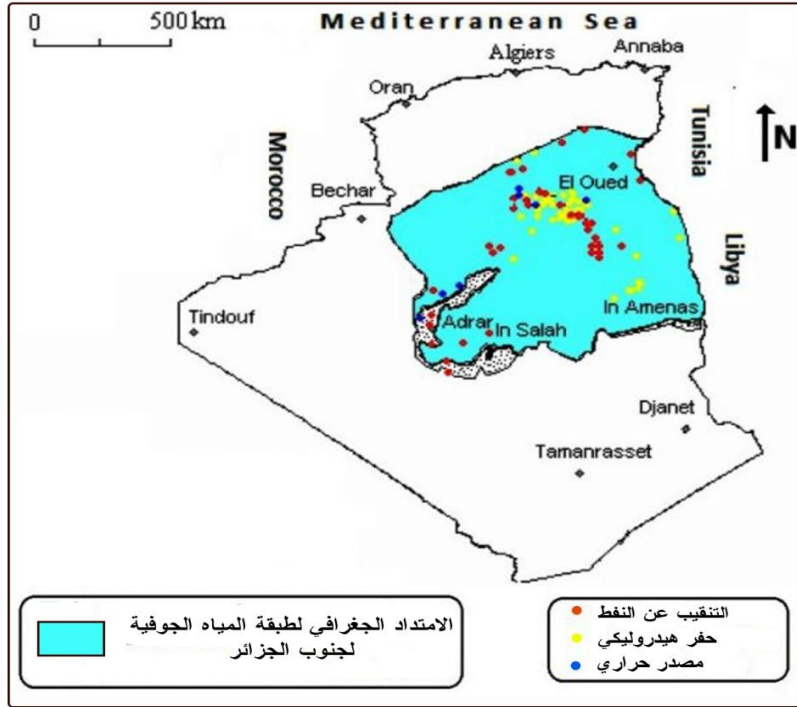
حفر	منطقة	عام	عمق (m)
H011-541	الوادي	1981	1615
J0010-583	ورقلة	1974	1122
J0011-8	ورقلة	1257	1272
H006-59	الأغواط	1968	210
G009-122	بسكرة	1982	1640
I009-55	غرداية	1973	640
18-0004	أدرار	1959	407.1

كجزء من الدراسات التي أجرتها اليونسكو UNESCO للنهوض بالمناطق القاحلة [31] [32] [33]، تم تحديد هندسة خزان الجوفي (الحدود الجغرافية ، العمق ، الامتداد ، السماكة ، إلخ) بواسطة طريقة المسح الزلزالي.

تمثل الخرائط التي تم إجراؤها في هذه الدراسات الوثائق المرجعية حول الخصائص الهيكلية لخزان الجوفي ، النتائج التي تم الحصول عليها من خلال هذه الدراسة معطاة في شكل خرائط وجدول (شكل 2-10 / شكل 2-11 ؛ الجدول 2-3).

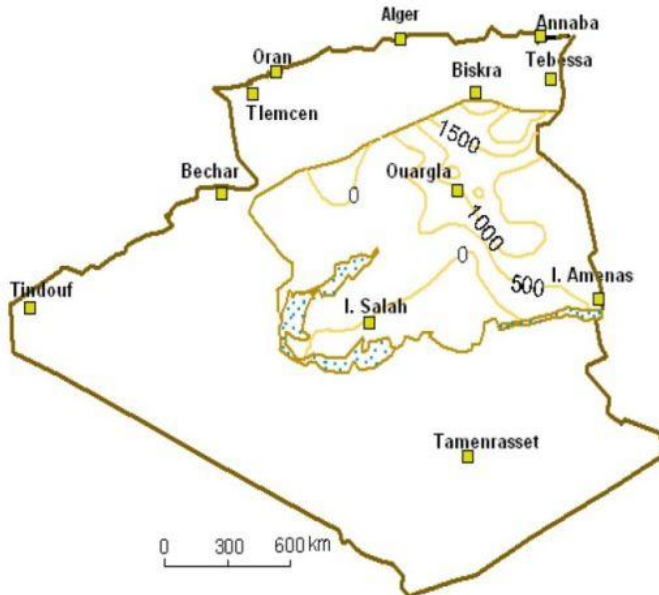
المناطق	سمك (m)
تقريت	500
الوادي	500
ورقلة	700
غرداية	800
المنيعة	600
أدرار	200
عين صالح	300

الجدول (2-3): سمك طبقة المياه الجوفية في بعض مدن الجنوب الجزائري.



شكل (2-10): موقع وهيكل ونقاط المياه في طبقة المياه الجوفية، جنوب الجزائر.

إن المنطقة الشمالية الشرقية بأكملها للحوض محدودة بمنحني متساوي العمق (500 م)، والذي يمثل أكثر من 40 في المائة من إجمالي سطح الخزان، تبلغ الأعماق التي تم الوصول إليها أكثر من 1000 متر، في هذه المنطقة تعد المياه الجوفية هي الأكثر إثارة للاهتمام لأنها عميقة بما يكفي لتوفير حرارة كافية للمياه.



شكل (2-11): خريطة عمق طبقة الالابانية لجنوب الجزائر [13].

4.2. تدفق الحرارة:

الأرض ساخنة، حرارة الأرض التي تنتقل عبر القشرة القارية (تسمى تدفق الحرارة) ليست متجانسة. لذلك فإن تدفق الحرارة يختلف من مكان إلى آخر (H. Cristopher كريستوفر وآخرون 1978) [34].

في حالة وجود تدفق حراري مرتفع، ترتفع درجة حرارة المياه الجوفية وتتحول إلى مياه حرارية. يتم تعريف التدفق الحراري على أنه مقدار الحرارة التي تتدفق لكل وحدة زمنية، وهو يعكس المعدل الذي تفقد به الأرض الحرارة.

كثافة التدفق هي التدفق الحراري لكل وحدة مساحة (Wm^{-2}) بشكل عام، يتم معادلة التدفق الحراري بكثافة التدفق، وحدة قياس التدفق الحراري هي واط (W)، يبلغ متوسط التدفق 60 ميلي واط / متر مربع، يختلف مع:

- سماكة الصفيحة : عندما تكون اللوحة رقيقة، يزداد التدفق.

- عمر الغلاف الصخري : كلما كان الغلاف الصخري أصغر سناً، كان التدفق أعلى.

- إنتاج الحرارة في القشرة : يزداد التدفق مع تركيز العناصر المشعة.

عندما يكون هناك تدرج في درجة الحرارة، ينتشر تدفق الحرارة بالتوصيل، هو نتاج التدرج الحراري الأرضي والتوصيل الحراري وفقاً لقانون فورييه (Fourier):

$$\vec{Q} = -\lambda \overrightarrow{\text{grad } T}$$

$$\vec{Q} : \text{تدفق الحرارة } [mWm^{-2}]$$

$$\lambda : \text{الناقلية الحرارية للوسط } [Wm^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}]$$

$$\overrightarrow{\text{grad } T} : \text{تدرج درجة الحرارة } [^\circ C m^{-1}]$$

5.2. تحديد الناقلية الحرارية:

تعتبر الناقلية الحرارية من أهم العوامل التي يجب تحديدها عند حساب التدفق الحراري، يميز الصخور قدرة على توصيل الحرارة. تختلف الناقلية الحرارية للصخر من 1 إلى $10 W/m^\circ C$ ، وهي أقل بنسبة 100 إلى 1000 مرة من تلك المعادن.

وفقاً للدراسات التجريبية التي أجراها بريغود و آخرون (F. Brigaud et Al 1989) [35]، يبدو أن الموصلية الحرارية للصخر تعتمد بشكل أساسي على التركيب المعدني (الجدول 2-3)، و على السائل الذي يشكل الصخر وعلى مسامية الصخر، وأخيراً على درجة الحرارة.

1.5.2. علم المعادن:

في المختبر ، ينتج عن هذا تغيير في النسب المعدنية في صخرة تحتوي على m عنصراً ، تخضع ناقلية للقانون التالي:

$$\lambda_m = \prod_{a=1}^m \lambda_a \times P_a$$

مؤشر a : [1 ، 2 ، 3 ، ... ، m] يمثل عدد مكونات الصخر.

λ_m : الناقلية الحرارية للمصفوفة.

λ_a : التوصيل الحراري لمكونات الصخور.

P_a : نسبة الحجم لمكونات الصخر.

المكون	توصيله حراري
المرو أو الحجر الكوارتز	1.2 ± 7.7
الكالسييت	0.3 ± 3.4
طين	0.7 ± 2.7
الدولوميت	0.5 ± 5.5
الأنهيدريت	0.4 ± 6.0
ملح	0.6 ± 6.6
جبس	0.1 ± 3.0
الماء	0.6
الهواء	0.03

الجدول (2-4): الناقلية الحرارية للمكونات الرئيسية [Wm⁻¹ °C⁻¹] [35].

2.5.2. المسامية (النفذية):

مسامية الصخر هي نسبة حجم الفراغ في الصخر إلى الحجم الكلي للصخر. يحدد النسبة المئوية للفراغ في صخرة. تؤثر مسامية الصخور بشدة على التوصيل الحراري وفقاً للعلاقة التالية :

$$\lambda_i = \lambda_m^{1-\theta} * \lambda_f^\theta$$

λ_i : الناقلية الكهربائية .

λ_f : الناقلية الحرارية للسائل (في حالة الماء $\lambda_{eau} = 0.6 \text{ Wm}^{-1} \text{ °C}^{-1}$).

θ : معبر عن المسامية في %.

3.5.2. درجة الحرارة:

الناقلية الحرارية تتناقص مع زيادة درجة الحرارة، يكون هذا الانخفاض سريعاً عندما تكون درجة الحرارة مرتفعة، لذلك تزداد الناقلية مع الضغط.

على أساس الصيغ السابقة، يتم تقدير التوصيل الحراري لكل عمود طبقي (تمثيل تخطيطي عمودي لسلسلة طبقية، تستخدم على نطاق واسع في علم الطبقات وعلم الرواسب) من بئر النفط. ينقسم العمود الطبقي أولاً إلى وحدة ليثولوجية متجانسة dZi. لكل وحدة ليثولوجية (ليثولوجية هو علم الخصائص الحجرية) يتم تحديد الناقلية الكهربائية.

على مستوى العمود الطبقي بأكمله، فإن الناقلية الكلية هي المتوسط الإحصائي لجميع الناقلية المحسوبة :

$$\lambda_T = \frac{\sum dZi}{\sum_{i=1}^k \lambda_i}$$

λ_T : ناقلية حرارية للتكوين.

dZi : سماكة مكونات الصخر (الحجر الجيري، الحجر الرملي، الطين) على كامل التكوين الذي عبره التنقيب عن النفط.

λ_i : الناقلية الكهربائية.

الخلاصة

في هذا الفصل تطرقنا إلى إمكانيات الطاقة الحرارية الأرضية في الجزائر بشكل عام و في الجنوب بشكل خاص، من ناحية أخرى قدمنا دراسة تفصيلية حول هذه الطاقة من خلال خرائط التوضيحية لجنوب الجزائر الغني بالمياه الجوفية.

سمحت لنا المنحنيات البيانية (درجة الحرارة - العمق) برؤية الزيادة في درجة الحرارة مع العمق. يمكن أن يكون هذا الاختلاف خطياً أو غير خطي اعتماداً على المكان.

على أساس النتائج السابقة ومن أجل ضمان استغلال أفضل للموارد الحرارية الأرضية للصحراء الجزائرية يُقترح استخدام الطاقة الحرارية الأرضية المنخفضة الطاقة في الجزء الشمالي منها. يوصى بشدة بمجال تدفئة الدفيئة في هذه المنطقة.

الفصل الثالث:

الآبار الألبانية لولاية تقرت وأهميتها

الحياتية و الطاقوية

1.3. مقدمة أفصل:

تعتبر منطقة الجنوب قاطرة مشروع ترقية الطاقات المتجددة في الجزائر، كما بينا في الفصل السابق، لما حباها الله من مساحة وموارد طاقوية متجددة متنوعة، إلا لأن مجال استغلالها بقي مقتصرًا على الطاقة الكهروضوئية تقريبًا. لكن الأنواع الأخرى يمكنها أن تساهم في التقليل بشكل كبير من استهلاك الكهرباء كالفعالية الطاقوية في المباني والمنشآت الصحراوية، و النثمين الطاقوي لكل من الأحواض المائية الساخنة لمنطقة وادي ريغ ونخص بالذكر استغلال حرارة مياه الألبانية لولاية تڤرت (طاقة باطن الأرض)، التي ستقدم إضافة كبيرة للنهوض بهذا القطاع الحيوي والاستراتيجي للجزائر و بصفة خاصة للأجيال القادمة في إطار المفهوم العام للتنمية المستدامة.

في هذا الفصل سنتناول بالدراسة المحاور الثلاثة التالية:

- 1- مدخل عام: (تقديم الولاية - الامكانيات المائية لولاية تڤرت - الإبار الألبانية لولاية تڤرت وأهميتها - مشاكل وحلول)
- 2- محطة تصفية وتبريد المياه بتڤرت: (نشأة وأهمية المحطة - وصف و مبدأ عمل المحطة)
- 3- إشكاليات طاقوية: (حساب الطاقة المهدورة في كل الإبار - حساب الطاقة المهدورة في المحطة)

2.3. مدخل العام:

1.2.3. تقديم الولاية:

تعد ولاية تڤرت والتي تحمل عاصمتها نفس الاسم: مدينة تڤرت، إحدى أهم ولايات الجنوب الجزائري التي انبثقت حديثًا في التقسيم الإداري الأخير (26 نوفمبر 2019) حيث كانت سابقًا مقاطعة إدارية تابعة لولاية ورقلة وتضم إداريا كلا من بلديات تڤرت، النزلة، تيسبست و الزاوية العابدية. تماسين ، بلدة عمر، المقارين، سيدي سليمان، الطيبات، النقر، بن ناصر، الحجيرة، العالية، والبرمة.

تتميز هذه الولاية بطابع صحراوي، تغطي بساتين النخيل جزءا كبيرا من مساحتها، وتعتبر من أكبر التجمعات السكانية في منطقة وادي ريغ، والذي هو عبارة عن منخفض مستطيل الشكل يتراوح طوله حوالي 160 كلم، وعرضه ما بين 30 و 40 كلم، ويبدأ شمالا من بلدة أم الطيور، وينتهي جنوبا بقرية (القوق) قرب بلدة عمر جنوب تڤرت، هذا الوادي الذي انشئ له خندق يسمى باسم الوادي يمتد على مسافة 147 كلم انطلاقا من قرية قوق التابعة لبلدية بلدة عمر وصلا إلى مصبه بشط ملغيغ بالولاية الحديثة النشأة أيضا المغير.

كما تتميز هذه الولاية بعدة مميزات جغرافية وتاريخية واقتصادية تجعل منها ولاية استراتيجية بامتياز نذكر أهمها:

3.1.1.2.3. الموقع الجغرافي: تتوسط ولاية تفرت خمس ولايات جنوبية حيث تقاسم الولاية حدودها الجغرافية مع ولاية ورقلة من الناحية الغربية من الناحية الجنوبية الغربية ، و ولايتي غرداية والجلفة من الناحية الشمالية الغربية ، بسكرة و المغير من الناحية الشمالية ، الوادي من الناحية الشرقية و ولايتي إيليزي من الناحية الجنوبية الغربية . الجمهورية التونسية من الجهة الجنوبية الشرقية.

3.1.2.3. المساحة و السكان: تتربع ولاية تفرت على مساحة إجمالية تقدر بـ 73705 كلم مربع وبتعداد سكاني يقدر بحوالي 337217 نسمة.و ذلك أواخر 2017 على اساس إحصاء 2008.(الديوان الوطني للإحصاء) يتمركز أغلب السكان بشمال الولاية.

3.1.2.3. التضاريس والمناخ: تتميز تضاريس ولاية تفرت بمجموعة من المركبات الجغرافية من أهمها : العرق الشرقي الكبير، حمادة ، السهول ، الوديان ، المنخفضات.

أما بالنسبة للجانب الهيدرولوجي فالمياه الباطنية تمثل المورد الرئيسي للولاية وتتمثل في 04 طبقات مختلفة :

- المستوى الطيني: ذو سمك ضعيف يظهر في الجزء الأوسط من الصحراء الشرقية.
- مستوى الحجر الرملي _ رمل: ذو سمك منتظم و يمثل الأفق الثاني للطبقة المائية للمركب النهائي .
- مستوى الطين الجبسي: ذو سمك ضعيف لا يتجاوز 40 م وهو يمثل الطبقة نصف النفوذة التي تفصل بين الأفق الأول والثاني لطبقة المركب النهائي.
- المستوى الرمل: سمكه حوالي 200 م وهو يمثل الطبقة الرملية المائية النفوذة الأولى لطبقة المركب النهائي.

أما المياه السطحية فهي قليلة نظرا لقلّة كمية الأمطار إلا أنه يوجد بالولاية واد سبق ذكره وهو : وادي ريغ .
- و يمتاز المناخ السائد بولاية تفرت بالطابع الصحراوي الجاف والحر وبأمطار غير منتظمة وبالعوامف رملية متوسطة الحرارة في الربيع وأخرى جنوبية حارة تهب في فصل الصيف.

3.1.2.3. الطرق: تبعد مدينة تفرت عن مقر الولاية الأم ورقلة بـ: 160 كلم وعن عاصمة البترول حاسي مسعود 170 وعن مدينة الوادي 95 كلم وعن مدينة بسكرة 220 كلم، وعن الجزائر العاصمة بـ: 620 كلم، وتكتسي ولاية تفرت أهمية استراتيجية من حيث الطرق والنقل حيث يمر وسطها الطريق الوطني رقم 3 الذي يمتد على مسافة تقارب 2500 كلم من ولاية سكيكدة شمالا إلى حدود ولاية جانت مع دولة النيجر جنوبا و يعتبر شريان الاقتصاد الوطني إذا ينطلق من الساحل الشرقي للوطن حيث مصانع الببتروكيميا ومواني تصدير المحروقات مرورا بالحقول البتولية بالصحراء الجزائرية بكل تفرت ، ورقلة إيليزي وجانت، كما

ينتهي بها خط السكة الحديدية الذي أنشئته السلطة الاستعمارية في 2 ماي 1914م بحضور الحاكم العام لوطوا ووزير الحربية والمالية كما أنها تتوسط اربع ولايات جنوبية حيث يحدها شرقا ولاية الوادي.

5.1.2.3. الأهمية الاقتصادية: تتميز ولاية تقرت بعدة مقدرات اقتصادية تجعل منها منطقة جذب سكاني بامتياز بما توفره من خيرات باطنية لاسيما منها ثروة البترول والغاز القابعة في البرمة وغيرها من المناطق المكتشفة حديثا ضف إليها المناطق الصناعية المليئة بعشرات مصانع الأجر والسيراميك، إضافة إلى منتج التمر الذي يكتسي هو الآخر أهمية اقتصادية . نهيك عن المخزون الطاقوي المتجدد المتعدد الأنواع والذي لم يحض لحد الساعة بالاهتمام اللازم نلخصها فيما يلي:

أن ولاية تقرت كغيرها من ولايات الجنوب الشرقي كما حباها الله ا بمورد هائل من الطاقة الشمسية المتدفقة خلال السنة حيث تبلغ شدة تدفق الإشعاع الشمسي في ورقلة (7.5 – 8.5 KWh/m²) يمكن استغلاله في إنتاج الطاقة الكهربائية مثلا. بالإضافة إلى شدة التدفق الشمسي المعتبرة تتميز الولاية بدرجة الحرارة المرتفعة خاصة في فصل الصيف وهذا يزيد من فعالية مختلف تطبيقات استغلال الطاقة الشمسية.

كما حبا الله الولاية بأحواض ألبانية تتميز بطاقة مياه جوفية ذات درجات حرارة مرتفعة (طاقة باطن الأرض). بالإضافة لعدة مواد طاقوية متجددة (الكتلة الحيوية).

2.2.3. الإمكانيات المائية لولاية تقرت:

نقل بالمنطقة مصادر المياه السطحية ما عدا في السبخ التي لم تجف والمستنقعات والبحيرات المتواجدة على طول قناة واد ريغ وهذا ناتج عن قلة التساقط الذي يقدر بأقل من 100 ملم/ سنويا، ولكنها تتوفر على مصادر مائية باطنية هامة حيث تعتبر المورد الوحيد والرئيسي للمنطقة من المياه.

1.2.2.3. المياه السطحية:

تنتهي المنطقة إلى حوض الصحراء وبالتالي فان كل المياه السطحية تتجه إلى الشطوط و السبخات، وتعرف المنطقة بقلة المجاري السطحية.

أولا: المسطحات المائية:

تتمثل في مسطحات مائية منتشرة على طول قناة واد ريغ، تتميز بملوحتها العالية، وتوجد البحيرات التي تتصل مباشرة بالطبقة السطحية للمياه الجوفية و تعرف بدوام المياه على طول السنة.

ثانيا: قناة واد ريغ:

تعد القناة المجمع الأكبر للمنطقة حيث تجمع كل مياه المستعملة بمنطقة واد ريغ سواء المنزلية، الصناعية ومياه الصرف الزراعي وكذا مياه الأمطار ومياه السماط السطحي حيث تتصل القناة ببعض البحيرات كبحيرة مرجاجة ببلدية النزلة، فالمنطقة كانت عبارة عن عدة بحيرات قبل انجار القناة سنة 1924 إلى م غاية مصبها بشط ملغيغ، إن انجاز هذه القناة جنب المنطقة خطر الغمر وصعود المياه الجوفية، فهي المصرف الوحيد للمنطقة حيث تتميز بانحدار طفيف يسمح بتصريف المياه، لكن إهمال صيانة القناة يؤدي إلى حدوث ظاهرة الغمر.



الشكل (3-1) : منظر لمقطع من خندق واد ريغ.

2.2.2.3. المياه الجوفية:

تقع المنطقة ضمن نطاق الصحراء المنخفضة فهي تقع فوق أسمطة مائية مهمة ذات امتداد إقليمي وتمت دراستها من طرف اليونسكو (1972). الشكل رقم (3-2) و تصنف المياه الجوفية إلى أربع طبقات مائية حسب العمق :

أولاً: الطبقة الحرة:

تنتشر هذه الطبقة عبر كامل المنطقة على وتتواجد عمق يتراوح بين 1 و 8 م، وتتجه في صرفها العام من الجنوب نحو الشمال أين نجد الشطوط وتتغذى من مياه الصرف الزراعي والصحي وكذا مياه السقي بإضافة إلى مياه الأمطار الاستثنائية و تتواجد ضمن التشكيلات الرملية لوادي ميا.

ثانياً: طبقة المركب النهائي:

و تعود هذه الطبقة إلى حقبة الميوليوسان و التي تمتد على مساحة 35000 كلم²، تتميز بثلاث أسمطة رئيسية وهي:

- السماط الأول (CT_1): ونجده يتراوح بين 70 و 110 م، و هو مكون من الرمل الطين و يعود إلى حقبة البليوسين وهي طبقة محدودة تتميز بوجود عدد كبير من المعادن.
- السماط الثاني (CT_2): يتكون من الرمل الخشن و الحصى، و يعود إلى السينونيان الأعلى، يصل عمقه إلى 280 م في الشمال بينما في الجنوب يصل إلى 140 م وهذا السمات له الأفضلية في الاستعمال بالنسبة للسماطين الآخرين لأنه على صيبب أحسن إذا ماقورن بالسماطين الأول والثالث.
- السماط الثالث (CT_3): ويتكون من الكلس و الدولوميت الذي يعود إلى السينونيان الأسفل، ويتغير عمقه بين الشمال والجنوب إذ يتراوح سمكها بين 120 و 180 م ويصل عمقها في بعض المناطق إلى 500 م.

ثالثاً: طبقة الميوليوسان:

وهي طبقة مستغلة منذ القدم حيث كانت المصدر الرئيسي لمياه السقي الخاصة بالواحات، عمقها يتراوح بين 60 و 200 م و تبلغ درجة حرارة مياهها بين 23°C و 25°C ونسبة الملوحة تتراوح بين 1.8 غ/لتر و 4.4 غ/لتر وتتواجد هذه الطبقة على مستوى مساحة 6000 كلم² ولا نجدها عبر كامل الصحراء بل تمتد على مسافة محددة.

رابعاً: طبقة القاري المتداخل:

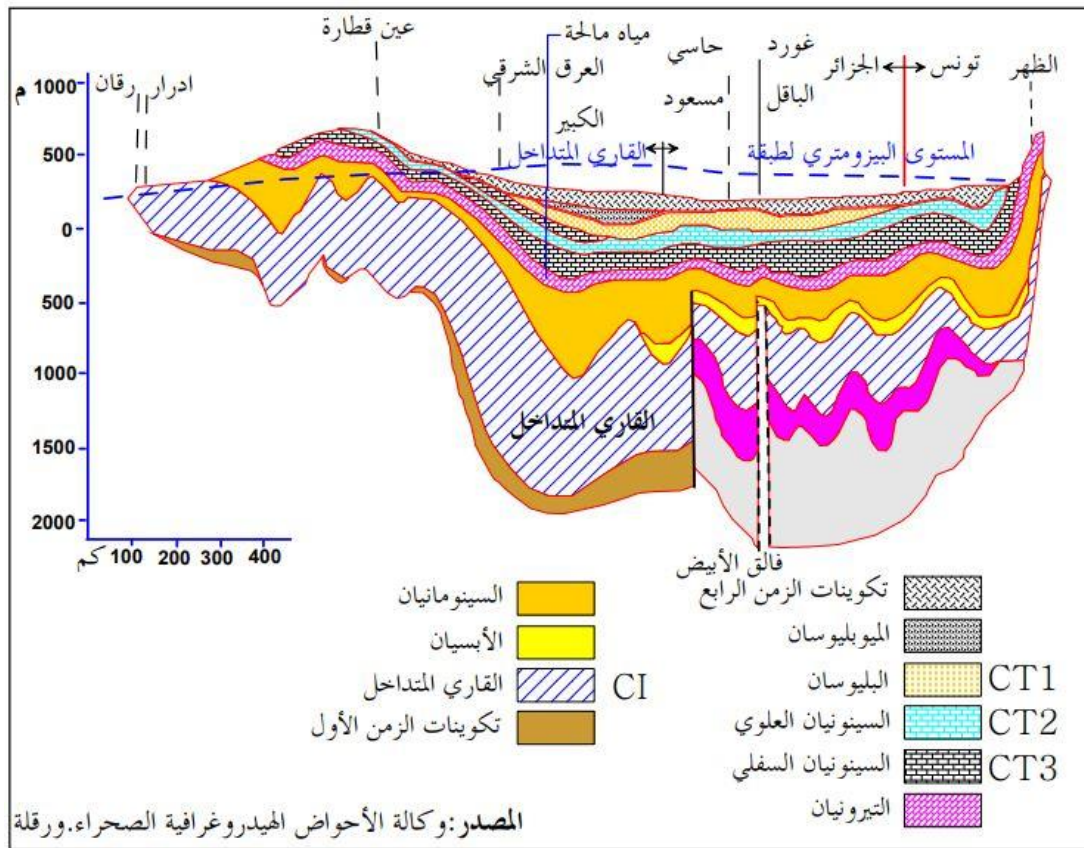
تمتد هذه الطبقة على مساحة قدرها 600000 كلم²، وسمكها الكبير (250 متر) وقد تصل إلى 1000 متر في مركز الحوض وهي طبقة متجانسة تشكل خزاناً متصلاً رغم وجود طبقات ذات مستويات مختلفة و هي محصورة بين طبقة من الدولوميت وأخرى من الكلس، وتعود في نشأتها إلى الزمن الألبى و تتكون من الرمل الخشن والحجر الرمل، يتغير عمقها من منطقة لأخرى، حيث نجده مثلاً في ورقلة يصل إلى 1058 م وفي جامعة إلى 1515 م. وتعتبر أهم خزان مائي في الصحراء لأنها تتميز بدرجة ملوحة ضعيفة

الفصل الثالث : الآبار الألبانية لولاية تقرت وأهميتها الحياتية و الطاقوية

(2غ/ل) كما تصل درجة حرارتها إلى 57°C ، يقدر الحجم النظري المقدر للمياه بها 60000 مليار م³ ولكن الحجم المتاح للإستغلال 5 مليار م³ (حساب اليونسكو 1972).

تنقسم إلى ثلاث أسمطة مائية وهي:

- السماط الأول: وهو السمات الأعلى، يتكون من الطين والرمل و الحجر الرملي، ويتراوح سمكه بين 100 و 150 م، م يعود إلى الكريتاسي الأسفل.
- السمات الثاني: ويتكون من الطين، الكلس والطين الدولوميتي، ويمثل الجزء الوسطي للطبقة حيث يتراوح سمكه بين 20 و 30 م في الجنوب وفي الشمال تضاف إليه طبقة من الدولوميت.
- السمات الثالث: هو الجزء الأسفل من الطبقة الألبانية، و يتكون من طبقة الطين الأحمر و يتراوح سمكها بين 100 و 200 م.



شكل (3-2): مقطع هيدرو- جيولوجي لصحراء الجزائر.

3.2.3. الآبار الألبانية لولاية تقرت وأهميتها:

تتربع ولاية تقرت على احتياطات الهامة من المياه الحرارية المعروفة بطبقة المياه الجوفية الألبانية، تم استغلال جزء منها كمياه للشرب من خلال حفر آبار عميقة كما هو موضح في الجدول 3-1، و الذي يبرز

بالإضافة موقع كل بئر ودرجة حرارته وتدفقه كذلك عمقه، حيث يتضح أن كل درجة حرارة كل هذه الآبار تصل 56 درجة ولا يتم التثمين الطاقوي لها، لسوء الحظ لا يتم استغلال هذه الحرارة، ولكن في بعض الحالات، يتم بذل جهود الطاقة لتبريد هذه المياه، و التي تعتبر خسارة مزدوجة، والذي سنوضحه ببعض الحسابات التقديرية البسيطة في الفقرات الموالية.

الجدول (3-1): معلومات حول بعض الآبار الألبانية لولاية تفرت (المصدر: أرشيف الجزائرية للمياه تفرت).

الرقم	البئر	التدفق ل/ثا	درجة الحرارة عند المنبع	العمر الافتراضي (السنة)	العمق (متر)
01	تماسين	110	57	50	1880
02	بلدة عمر	100	57	50	1780
03	عين الصحراء	90	57	50	1770
04	عين الصحراء 2	110	57	50	1860
05	المستقبل	120	57	50	1880
06	سيدي مهدي 2	110	57	50	1750
07	سيدي مهدي 3	110	57	50	1780
08	المقارين	100	57	50	1817
09	سيدي سليمان	120	57	50	1775
10	بئر العسل	110	57	50	1890
	مجموع التدفقات	1080			

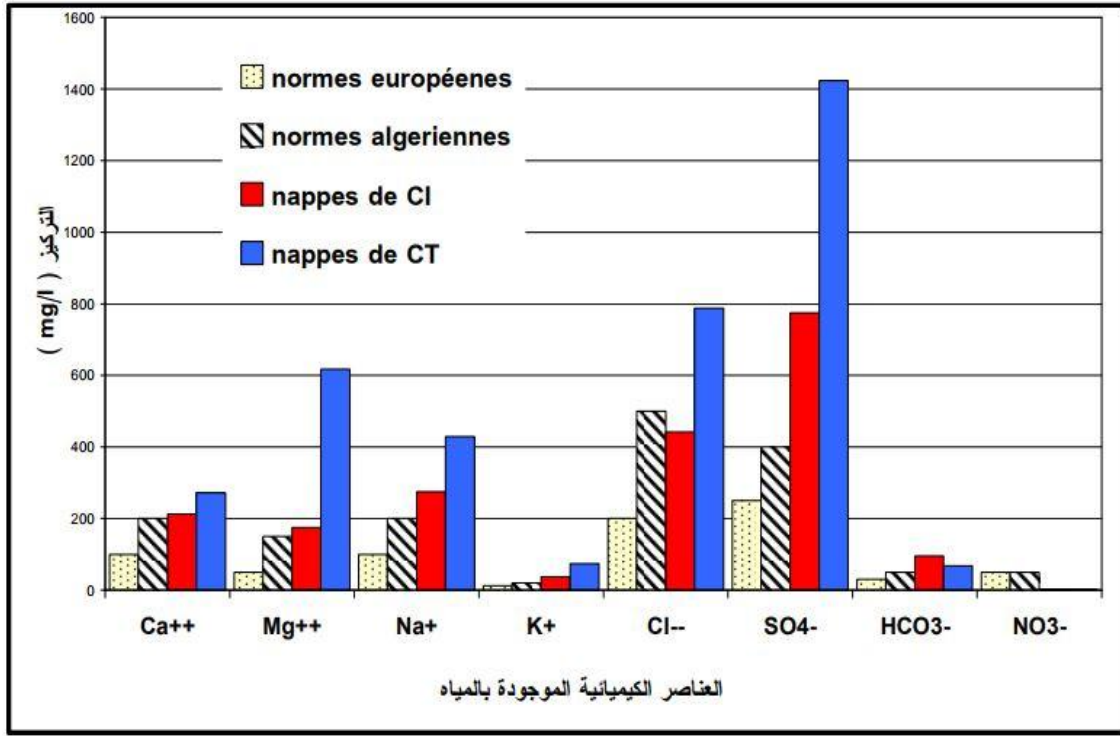
4.2.3. مشاكل مياه الآبار الألبانية و بعض الحلول:

إن نوعية المياه تختلف حسب نوع الطبقة المستغلة، حيث يعد عاملي الملوحة وترسب الكلس من أهم عوائق استغلال المياه في الصحراء حيث نجد الطبقة المائية الحرة تعاني من مشكل الملوحة وهو ما يعيق استغلال هذه المياه خصوصا للاستعمالات المنزلية.

أما مياه طبقة المركب النهائي تمتاز بالملوحة المرتفعة تتراوح بين 4 و 8 غ/ل، و بما أنها مكونة من ثلاث طبقات فكل طبقة تختلف عن الأخرى من حيث درجة الملوحة بحيث أن الطبقة الثالثة CT3 هي أكثر ملوحة.

أما نظام طبقة القاري المتداخل يتميز بانخفاض الملوحة حيث تتراوح بين 1.5-2.5 غ/ل وهو ما يستغل حاليا في الاستعمالات المنزلية و الصناعية.

و الشكل (3-3) يوضح لنا نسبة العناصر الكيميائية الذائبة في مياه الأسمطة الجوفية و عتبات استغلال المياه في قطاع الشرب.



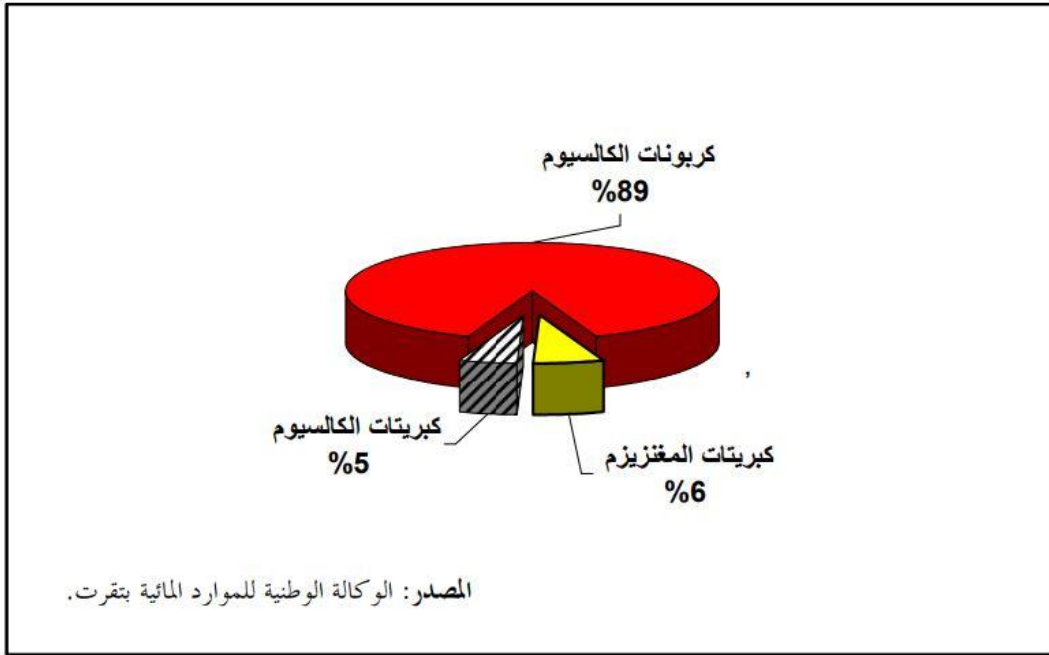
شكل (3-3): تركيز العناصر الكيميائية في مياه طبقتي المركب النهائي و القاري المتداخل.

من خلال هذا الشكل نلاحظ أن عتبات صلاحية المياه للشرب تختلف بين الجزائر والدول الأوروبية، فتركيز المواد يكون مرتفع في العتبات المحددة بالجزائر عكس أوروبا وتتساوى في تركيز النترات فقط ب 50 مغ/ل.

ونلاحظ من خلال الشكل أيضا أن مياه طبقة القاري المتداخل يرتفع بها تركيز كبريتات الماء (HCO_3) أكثر من تركيزه بطبقة المركب النهائي، وهذا العنصر يتفاعل مع جزيئات الكالسيوم الموجودة في الماء ليعطي كربونات الكالسيوم التي تترسب بدورها مشكلة لنا الكلس والذي نلاحظه دائما في القنوات أو خزانات المياه، والذي يعتبر من المشاكل التي تعيق التسيير الأمثل للمياه، وبالتطرق و الأملاح المترسبة من المياه نجد كربونات الكالسيوم بنسبة 89%، كبريتا المغزيوم 6% و كبريتات الكالسيوم 5% حسب وكالة الأحواض الهيدروغرافية بورقلة.

يمثل الكلس 89% من البقايا الجافة في المياه وهو ما يعتبر إحدى المشاكل التي يعاني منها قطاع المياه بولاية تقرت (شكل 3-4). إن حدوث عملية ترسب الكلس في القنوات يعمل على سدها وبالتالي حدوث

نقص في التموين، و يظهر هذا المشكل جليا في عدادات المياه التي تتميز بضيق قنواتها، وبالتالي تحدث عملية انسدادها بسرعة، أحيانا تنسد تماما في أقل من سنة.



شكل (3-4): نسب الأملاح المتركزة بمياه طبقة القاري المتداخل.

كما يتجلى التركيز الكبير للأملاح بالمياه في تآكل القنوات وكذا تآكل مبردات المياه وترسب الكلس بها وبالقنوات وذلك ما تظهره الصور.

تظهر الصور (شكل 3-5) تأثير الملوحة على قنوات جلب المياه من الآبار وهي لبئر منجزة في سماط المركب النهائي، والذي يتميز بملوحته المرتفعة التي تصل حتى 8 غ/ل، وهذه الحالة نشاهدها في القنوات الحديدية المتواجدة بمحطة ضخ المياه بالمجمع المائي، وكذا قنوات توزيع المياه، كما أن شبكة التطهير لم تسلم من المشكلة حيث تتلف القنوات الإسمنتية في مدة لا تتعدى 6 أشهر أحيانا، وهو المشكل الذي يعرقل انجاز شبكة الصرف الصحي وكذا صيانتها المستمرة حيث عند التآكل التام للقنوات تظهر مياه الصرف في السطح، وتسبب انتشار الأوساخ والروائح الكريهة وما يرافقها من انتشار الحشرات الضارة. ويعتبر هذا تحديا لديوان التطهير الذي يحاول الوصول إلى تغطية شاملة للمدينة.



شكل (3-5): تآكل قنوات جلب المياه عند الآبار بفعل الملوحة.

تظهر الصور (شكل 3-6) تآكل منشآت التبريد وهو ما يؤدي إلى توقف المبرد عن العمل.

و تظهر الصور (شكل 3-7) مدى تأثير الترسيب على قنوات توزيع المياه، ونلاحظ هذه الظاهرة في اغلب القنوات حيث يتوجب استبدال القنوات كل مدة من الزمن تصل في أقصاها إلى 3 سنوات وفي مدة اقل من سنة في بعض الحالات.



شكل (3-6): تآكل منشآت التبريد المياه بفعل الملوحة.



شكل (3-7): ترسب الكلس داخل قنوات توزيع المياه.

تظهر الصور (شكل 3-8) حجم الرواسب بأحد أحواض التخزين الموجود على مستوى المجمع المائي لمدينة تڤرت حيث يصل سمكها إلى 20 سم عند طول الفترة بين عملية تنظيف وأخرى حيث يتم تنظيف الأحواض و الخزانات كل 3 سنوات.

و تظهر الصور (شكل 3-9) حجم الرواسب عند جمعها وحسب المؤسسة الجزائرية للمياه فان حجم الرواسب بالخزان الواحد يصل إلى 24 م³.



شكل (3-8): ترسب الكلس داخل أحواض تخزين المياه.



شكل (3-9): حجم الكلس المستخرج عند التنظيف أحواض التخزين بالمجمع المائي.

3.3. محطة تصفية و تبريد المياه بتڤرت:

1.3.3. نشأة و أهمية المحطة:

بغرض تحسين جودة المياه الموزعة للمواطنين للقاطنين بمدينة تڤرت الكبرى تم إنجاز محطة لتحلية المياه و تبريدها كما هو موضح أسفله



شكل (3-10): محة تحلية وتبريد المياه الساخنة بعين الصحراء ببلدية النزلة بولاية تڤرت.

الفصل الثالث : الآبار الألبانية لولاية تفرت وأهميتها الحياتية و الطاقوية

تم تدشين محطة لتحلية المياه بعين الصحراء ببلدية النزلة بدائرة تفرت الكبرى بولاية ورقلة في 04 أبريل 2015، وتغطي هذه المنشأة التي تتوفر على ثلاثة خزانات رئيسية حاجيات سكان البلديات الأربع التي تضمها دائرة تفرت الكبرى (تفرت والنزلة وتبسست والزاوية العابدية) بأكثر من 170 ألف نسمة.

وتصل القدرة التمويينية لهذه المحطة إلى معدل 400 لتر/ في الثانية. وسيسمح نظام المعالجة بها بتخفيض نسبة الملوحة من 2.5 غرام إلى 3.0 غرام فقط في اللتر الواحد.

ويتمثل التأثير الايجابي لهذه المحطة المزودة بنظام لتبريد المياه الحارة القادمة من أربعة آبار ألبانية من 56 درجة إلى 30 درجة مئوية في تحسين نوعية المياه الصالحة للشرب وكذا تحسين عملية توزيعها إلى جانب القضاء على إشكالية تآكل قنوات شبكة التوزيع مما سيساهم في تدعيم الموارد المائية وتأمينها.

2.3.3. وصف المحطة و مبدأ عملها:

تتربع هذه المحطة على مساحة واسعة والتي تضمن بالإضافة إلى معالجة وتبريد ما حجمه 34.560 متر مكعب يوميا من المياه. فإنها تقوم أيضا :

- تخزين المياه وتوزيعها.
 - تجميع المياه في أوقات الاستهلاك المنخفض.
 - معالجة المياه بالكلور قبل التوزيع.
- وتتكون من العناصر الرئيسية التالية:
- منشآت التخزين : خزانين كبيرين بسعة 2300 متر مكعب لكل واحد منهما.
 - أبراج التبريد.
 - مضخات بكل أنواعها (حسب الوظيفة).
 - مرشحات التصفية المياه: تسمح بتخفيض نسبة الملوحة.
 - شبكة توزيع و نقل المياه.

بالنسبة آلية عمل المحطة تتم حسب خطوات متتالية ومستمرة كما هو موضح في الرسم التخطيطي أسفله
(الشكل 3-11)

4.3. إشكالية طاقوية:

1.4.3. حساب الطاقة المهدورة في كل آبار (الواردة في الجدول 3-1):

باستعمال أبسط علاقات التيرموديناميك (الديناميكا الحرارية) طاقة الحرارة المحسوسة ... التي تسمح بحساب كمية الطاقة المفقودة يوميا في هذه الآبار.

$$W = C_p * 1000 * Q * \Delta T \quad \text{en J/jour (جول /اليوم)}$$

بحيث

W : كمية الحرارة المفقودة في اليوم (J/jour)

Cp : الحرارة النوعية (J/kg.k)

Q : التدفق الحجمي للماء الكلي (m³/jour)

ΔT : الفرق بين درجة حرارة عند المنبع وعند الاستعمال (المتوسط)

باعتبار ان الحرارة النوعية ثابتة (بالقريب) في مجال درجتي حرارة دخول الماء للمحطة و خروجه

$$T_1 = 57^\circ\text{C}, T_2 = 32^\circ\text{C}$$

$$C_p = 4185 \text{ J/kg.k}$$

$$Q = 53747,712 \text{ m}^3/\text{jour}$$

العمر الافتراضي للآبار تساوي 50 سنة

ومنه :

$$W = 4185 * 1000 * 53747,712 * 25 \quad \text{en J/jour (جول /اليوم)}$$

$$W = 5623,354368 \text{ giga J/jour} = 134.4 \text{ TEP (طن نفط مكافئ)}$$

✓ أي ما يعادل (بالقريب) : 143570 متر مكعب من الغاز الطبيعي الجزائري.

✓ طن نفط مكافئ TEP (La tonne d'équivalent pétrolier) : هي وحدة طاقة و تعريفها كالاتي:

هي كمية الطاقة الناتجة عن احتراق 1 طن من النفط الخام، وهي تعادل نحو 42 جيغا جول.

ملاحظة هامة :

إذا ما حولنا هذه القيمة إلى الوحدة الدولية للاستطاعة وجدناها تساوي: 65085120 واط (65.085 MW).

2.4.3. حساب الطاقة المهدورة في كل محطة:

باستعمال نفس العلاقات السابقة والمعطيات الواردة في جدول أسفله :

$$W = C_p * 1000 * Q * \Delta T \quad \text{en J/jour (جول /اليوم)}$$

بحيث ΔT : الفرق بين درجة حرارة الدخول و الخروج

تاريخ الدخول في الخدمة	سعة المحطة (لتر/ثا)	درجة الحرارة المتوسطة عند الدخول	درجة الحرارة المتوسطة عند التوزيع
2016	400	56	32

باعتبار ان الحرارة النوعية ثابتة (بالتقريب) في مجال درجتي حرارة دخول الماء للمحطة و خروجه

$$T_1 = 56^\circ\text{C} , T_2 = 32^\circ\text{C}$$

$$C_p = 4185 \text{ J/kg.k}$$

$$Q = 34560 \text{ m}^3/\text{jour}$$

باعتبار ان المحطة تعمل 24/24 سا (100%)

$$W = 4185 * 1000 * 34560 * 24 \quad \text{en J/jour (جول /اليوم)}$$

$$W = 3471206400 \text{ KJ/jour}$$

لكن الواقع ان المحطة تعمل بطاقة (17%) فقط

$$W = 590105088 \text{ KJ/jour}$$

$$W = 590,105 \text{ giga J/jour} = 14.09 \text{ TEP (طن نفط مكافئ)}$$

أي مايعادل (بالتقريب) : 15067 متر مكعب من يوميا من الغاز الطبيعي الجزائري.

للعلم بالإضافة إلى هذا الضياع للطاقة فإن المحطة تستهلك من أجل تبريد وتحلية الماء طاقة ثمنها يصل إلى حوالي 413527,384 دج (فاتورة مارس 2020 نموذجا بفرض أن 20% من طاقة توجه للإضاءة و التكييف و التدفئة المحطة).

خلاصة الفصل:

بين لنا هذا الفصل المكانيات الطاقوية والطبيعية التي حب الله بها ولاية والتي يمكن أن تجعل منها قطبا اقتصاديا بامتياز. وأبرز لنا على وجه الخصوص مخزونها الطاقوي المتجدد في مجال حرارة طاقة باطن الأرض إذا ما استغلت حرارة مياه أبارها الألبانية بحيث أن الطاقة المهدورة من حوالي عشرة أبار الألبانية يمكنها أن توفر حوالي (65.085 MW) و هي كمية أكبر أكثر من أربع مرات (4.33 مرة) الكمية التي برمجتها الدولة في البرنامج الوطني للطاقات المتجددة التي سيتم إنتاجها من طاقة باطن الأرض المقدر بـ (15.000 MW).

الفصل الرابع:

قابلية تطبيق آلة التبريد بالإمتصاص

الشمسي و استنتاج التأثيرات على مبادل

الحراري مع النتائج و المناقشات

1.4. مقدمة الفصل:

تعمل أنظمة تكييف الهواء والتبريد المنزلي في الجزائر حتى الآن بشكل أساسي بالطريقة التقليدية، والتي تتطلب إنفاقًا مهمًا من الطاقة الكهربائية، تستخدم هذه التقنيات مركبات الكربون الكلورية في تشغيلها، والتي يؤدي معظمها إلى استنفاد طبقة الأوزون، مما يتطلب استخدام أنظمة بديلة لمبردات آمنة للبيئة ولها أداء عالٍ، للتقليل كذلك من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وبالتالي تقليل تأثير الاحتباس الحراري.

أعطت المشاكل البيئية اهتمامًا متجددًا لنظام آخر (مجال) يسمى مبردات الامتصاص (الامتزاز والامتصاص)، خاصة وأن السوائل المستخدمة في هذه الأنظمة (الآلات البديلة) غير ضارة على البيئة مهما كانت، هذه التكنولوجيا جذابة بشكل خاص للبلدان التي لديها إمكانات شمسية مهمة للغاية.

يركز هذا العمل على إمكانية تركيب آلة امتصاص شمسي (SACM) في مناطق جنوب شرق الجزائر، يشمل هذا النوع من التركيبات مجموعة من الأنظمة الحرارية مثل: آلة التبريد، و نظام التسخين الشمسي ونظام التبريد (برج التبريد ، ومبرد الهواء ...).

نظرًا لحقيقة أن درجة حرارة الأرض دائمًا ما تكون أقل من درجة حرارة الهواء في الصيف، فإن نظام التبريد بمساعدة الطاقة الشمسية يزيد من كفاءة النظام ويجعله تقنية جذابة للغاية خاصة في المناطق الصحراوية.

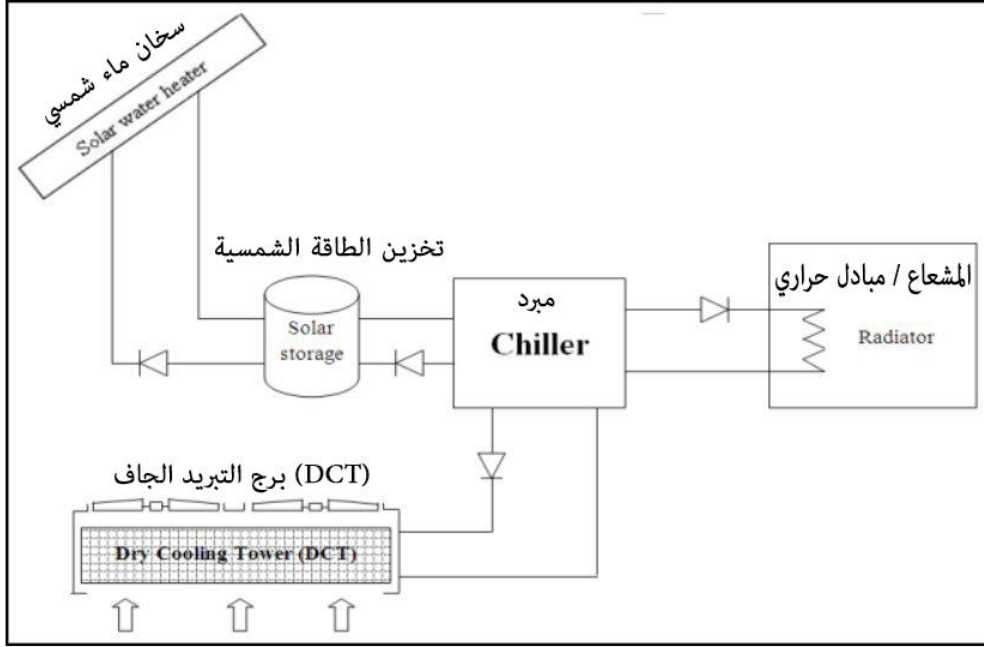
2.4. المشاكل و الحلول المقترحة للنظام التبريد:

أكبر مشكلة تعترض على النظام العامل في المناطق شبه الجافة والصحراء هي كيفية توفير الماء البارد لتبريد الممتزات، على عكس الماء الساخن الذي نحصل عليه بسهولة من سخانات المياه الشمسية. تم اقتراح الكثير من الأشكال الهندسية لتصميم المبردات في الأدبيات.

في المناطق شبه الجافة والصحراء، مثل تقرت (جنوب شرق الجزائر)، يمكن أن يتجاوز متوسط درجة الحرارة المحيطة 34 درجة مئوية في كل الصيف ويمكن أن تصل إلى 35 درجة مئوية في يوليو وأغسطس، وبالتالي تقل كفاءة برج التبريد الجاف (DCT)، مما يجعله غير قادر على تبريد مياه التبريد إلى درجة الحرارة المطلوبة. يمكن لبرج التبريد الهجين تحسين حدود تشغيل النظام، لكن هذا يجعل الأمر أكثر تعقيدًا دون أن ننسى ندرة المياه في هذه المناطق، وتجدر الإشارة إلى أنه في المبادل الحراري للمياه الأرضية لا يمكننا استخدام النحاس كمادة أنبوبية بسبب التآكل، لذلك استخدمنا أنابيب البولي إيثيلين عالي الكثافة.

الفصل الرابع : قابلية تطبيق آلة التبريد بالامتصاص الشمسي مع النتائج و المناقشات

في محاولة لحل هذه المشكلة, يقترح البحث الحالي استغلال الطاقة الحرارية الجوفية الضحلة باستخدام مبادل حراري الأرض_المياه (EWHE) كمبرد ليحل محل برج التبريد الجاف (DCT) (شكل 4-1) عندما تتجاوز درجة الحرارة المحيطة حدود التشغيل.



شكل (4-1): رسم تخطيطي لمبرد الامتزاز الشمسي يعمل ببرج تبريد بالهواء الجاف.

3.4. آلة التبريد بالامتصاص الشمسي مع مبادل حراري التربة_الماء :

تتكون آلة تبريد الامتزاز (المبرد) من مكثف ومبخر وجهاز امتزاز التي تحتوي على مادة الامتصاص، والتي تحل محل الضاغط في نظام التبريد التقليدي بضغط البخار. يمكن أن تتميز الآلة بثلاث درجات حرارة:

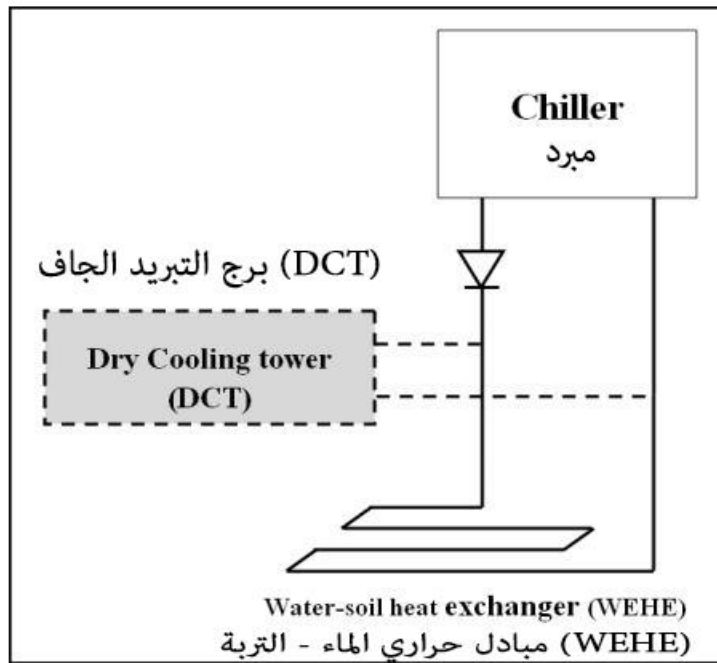
- (1) درجة حرارة عالية قادمة من سخان المياه الشمسي.
- (2) درجة حرارة منخفضة تتوافق مع درجة حرارة الإنتاج البارد.
- (3) متوسط درجة الحرارة التي يجب عندها تفرغ كمية الحرارة المسحوبة من الماء المبرد القادم من برج التبريد.

في المناطق الصحراوية وشبه القاحلة التي تتميز بارتفاع درجات الحرارة المحيطة، خاصة في فصل الصيف، يصعب توفير مياه التبريد لتبريد النظام.

الفصل الرابع : قابلية تطبيق آلة التبريد بالامتصاص الشمسي مع النتائج و المناقشات

نقترح في هذا الفصل استخدام الطاقة الحرارية الجوفية الضحلة لتبريد مياه باستخدام مبادل حراري الماء_الأرض مدفون على عمق 3 أمتار (تم تحديد هذا العمق مسبقاً من خلال دراسة تستند إلى البيانات المحلية للمنطقة) تحت سطح الأرض.

يحل المبادل الحراري الماء_التربة (EWHE) محل برج التبريد الجاف (DCT) في حالة تجاوز درجة حرارة الهواء المحيط حدود التشغيل لبرج التبريد الجاف (الشكل 4-2). يوضح الجدول 4-1 الخصائص الرئيسية لمبادل الحرارة هذا.



شكل (4-2): مخطط مبرد الامتزاز الشمسي يعمل مع مبادل حراري للماء - التربة كمبرد إضافي

إيثيلين غليكول 34 %	المائع
البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE)	طبيعة الأنابيب
0.46 W/(mK)	الموصلية الحرارية للأنابيب
3 متر	عمق الأنبوب المدفون

جدول (4-1): خصائص مبادل حراري الماء_الأرض المقترح.

4.4. الصياغة الرياضية:

تم وضع الافتراضات التالية في نمذجة النظام:

- (1) لا تتجاوز المدة القصوى للتشغيل المستمر لمبادل حراري الماء_التربة بضع ساعات فقط خلال درجات الحرارة القصوى.
- (2) يعتمد التحليل على ظروف الحالة المستقرة.
- (3) التربة حول المبادل الحراري متجانسة، (4) موصلية التربة ثابتة.
- (5) تدفق المياه منتظم على طول الأنابيب المدفونة.
- (6) افترضنا أن خصائص التربة متجانسة وأن هناك اتصالاً تاماً بين التربة والأنبوب.

$$mCp(T(x) - T(x+dx)) = \frac{(T(x) - T_s)}{R_{th}} dx \quad (1)$$

حيث R_{th} هي المقاومة الحرارية الإجمالية بين مياه الأنابيب والتربة المحيطة بالمبادل الحراري التربة_الماء يمكن التعبير عنها بالعلاقة (2):

$$R_{th} = R_w + R_t + R_s \quad (2)$$

المقاومة الحرارية R_w بسبب انتقال الحرارة بالحمل الحراري بين الماء في الأنبوب والسطح الداخلي للأنبوب محسوبة على النحو التالي:

$$R_w = \frac{1}{h_i P_i} \quad (3)$$

حيث

$$h_i = N_u \lambda_i / d_i \quad (4)$$

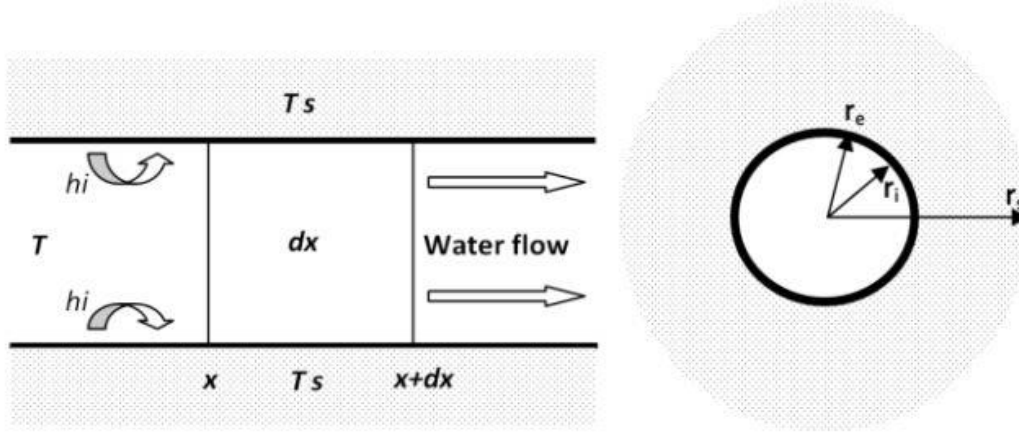
رقم نوسلت N_u لتدفق المياه داخل الأنبوب المعطى بواسطة المعادلة. (5) هي دالة لعدد رينولدز Re و عدد برانتل P_r

$$Re \geq 10^4, \quad 0.6 \leq P_r \leq 160$$

$$N_u = 0.023 Re^{0.8} P_r^{0.4} \quad (5)$$

المقاومة الحرارية للأنبوب R_t :

$$R_t = \frac{\ln(r_e/r_i)}{2\pi\lambda_t L} \quad (6)$$



شكل (3-4): . التوازن الحراري للجزء الأولي من الأنبوب.

يتم إعطاء المقاومة الحرارية R_s لحلقة التربة بواسطة المعادل (7).

$$R_s = \frac{\ln(r_s/r_e)}{2\pi\lambda_s L} \quad (7)$$

تطرت العديد من الأعمال المتاحة في الأدبيات, إلى السماكة المناسبة لحلقة التربة. والتي استخلصنا أن، سمك التربة يختلف باختلاف مدة تشغيل المبادل الحراري. في هذا الفصل، لا تتجاوز مدة تشغيل المبادل الحراري للتربة_الماء بضع ساعات. لذلك ، تم اعتبار سماكة حلقة التربة مساوية لنصف قطر الأنبوب ($r_s = 2r_i$).

بعد قسمة المعادلة (1) على dx ، يمكن كتابة هذه المعادلة على النحو التالي:

$$-mC_p \frac{dT}{dx} = \frac{(T(x) - T_s)}{R_{th}} \quad (8)$$

حيث

$$T(x) = A \exp\left(\frac{-x}{mC_p R_{th}}\right) + B \quad (9)$$

يمكننا تحديد الثوابت A ، B إذا أخذنا في الاعتبار شروط الحدود:

- For $x \rightarrow \infty$, $T(x) = T_s \implies B = T_s$;

- For $x = 0$, $T(x) = T_0 \implies A = T_0 - T_s$

$$T(x) = (T_0 - T_s) \exp\left(\frac{-x}{mCpR_{th}}\right) + T_s \quad (10)$$

كما يمكننا كتابة المعادلة. (10) ك:

$$T(x) = (T_0 - T_s) \exp\left(\frac{-x}{\rho C_p S_v R_{th}}\right) + T_s \quad (11)$$

PVC	مادة الأنابيب
60	طول الأنبوب (م)
3	عمق الأنبوب (م)
0.11	القطر الداخلي (م)
0.003	سمك الأنبوب (م)
155.43	معدل التدفق الحجمي (m^3 / h)

جدول (4-2): معلومات المبادل الحراري

5.4. النتائج والمناقشات:

حساب المقاومة الحرارية للأنبوب R_t : عند الطول 60 متر

استخدمنا أنابيب البولي إيثيلين عالي الكثافة مع التوصيل الحراري $\lambda = 0.46 \text{ W/(mK)}$

$$R_t = \frac{\ln(r_e/r_i)}{2\pi\lambda_t L} = \frac{\ln(0.113/0.11)}{2\pi \cdot 0.46 \cdot 60} = 1.53 \cdot 10^{-4} m^2 K/W$$

حساب المقاومة الحرارية R_s لحلقة التربة:

التوصيل الحراري للتربة (حالة العامة) $\lambda_s = 1.5 \text{ W/(mK)}$

$$R_s = \frac{\ln(r_s/r_e)}{2\pi\lambda_s L} = \frac{\ln(0.22/0.113)}{2\pi \cdot 1.5 \cdot 60} = 1.16 \cdot 10^{-3} m^2 K/W$$

الفصل الرابع : قابلية تطبيق آلة التبريد بالامتصاص الشمسي مع النتائج و المناقشات

باعتبار المقاومة الحرارية R_w بسبب انتقال الحرارة بالحمل الحراري بين الماء في الأنبوب والسطح الداخلي للأنبوب تساوي $R_w = 0.016 m^2 K/W$

ومنه المقاومة الحرارية الاجمالية هي

$$R_{th} = R_w + R_t + R_s = 0.016 + 1.53 * 10^{-4} + 1.16 * 10^{-3}$$

$$R_{th} = 0.017 m^2 K/W$$

ولدينا معادلة تغير درجة الحرارة بدلالة طول الانبوب

$$T(x) = (T_0 - T_s) \exp\left(\frac{-x}{\rho C_p S_v R_{th}}\right) + T_s$$

حسب الفصل السابق لدينا:

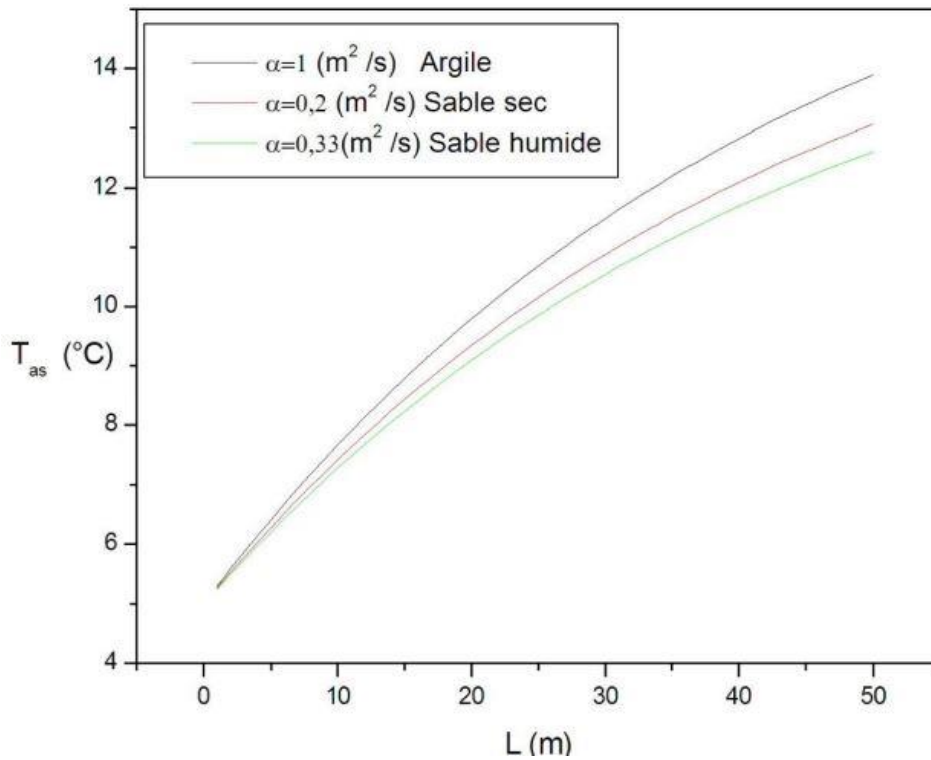
- درجة حرارة عند الدخول وهي ($T_s = 56^\circ C$)

- تدفق الحجمي ($S_v = 0.4 m^3/s$)

1.5.4. تأثير الانتشار الحراري للتربة:

توضح المنحنيات التالية التطور وفقاً للنموذج التحليلي ، وتطور درجة حرارة الهواء في المبادل من المدخل إلى المخرج (L = 0-50m).

لاحظ أن درجة حرارة الهواء تزداد من مدخل المبادل إلى المخرج، مما يعني أن هناك تبادل حراري بين الهواء والأرض، كل شيء يعتمد على طبيعة الأرض. حيث تؤدي زيادة انتشار التربة إلى نقل أفضل للحرارة.

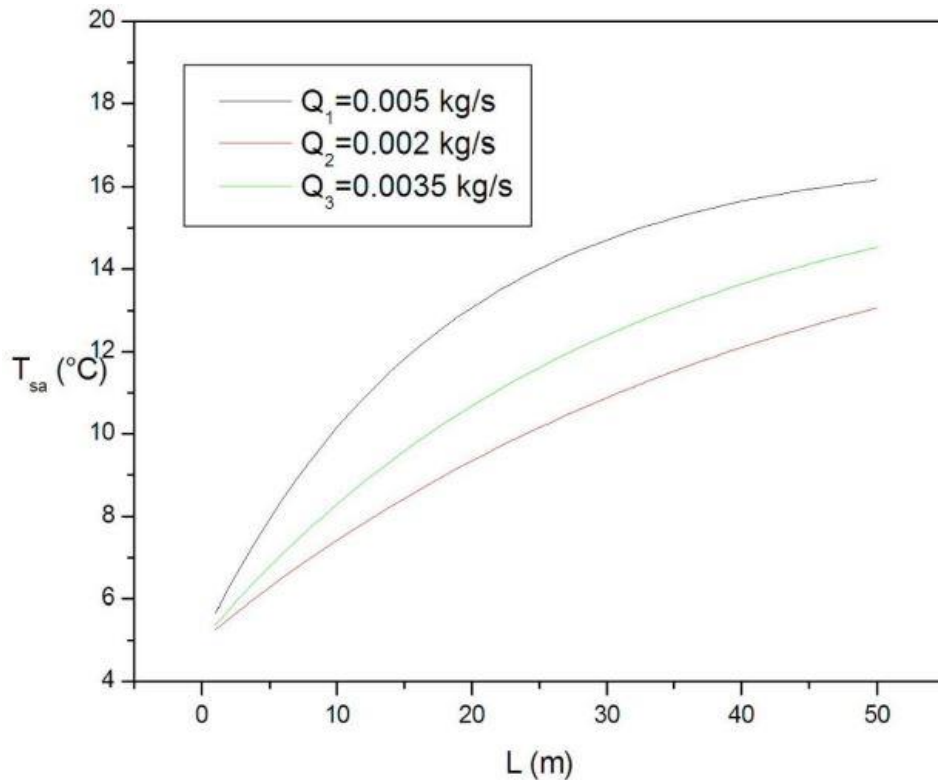


شكل (4-4): تباين درجة حرارة الهواء على طول المبادل لمختلف الموصلية الحرارية للتربة ، من اجل.

$$T_{ae} = 5^\circ\text{C} , Z = 5.5\text{m} , Q = 0.005 \text{ (kg/s)} , K_{\text{tube}} = 0.2 \text{ (W/m. }^\circ\text{C)}$$

2.5.4. تأثير التدفق:

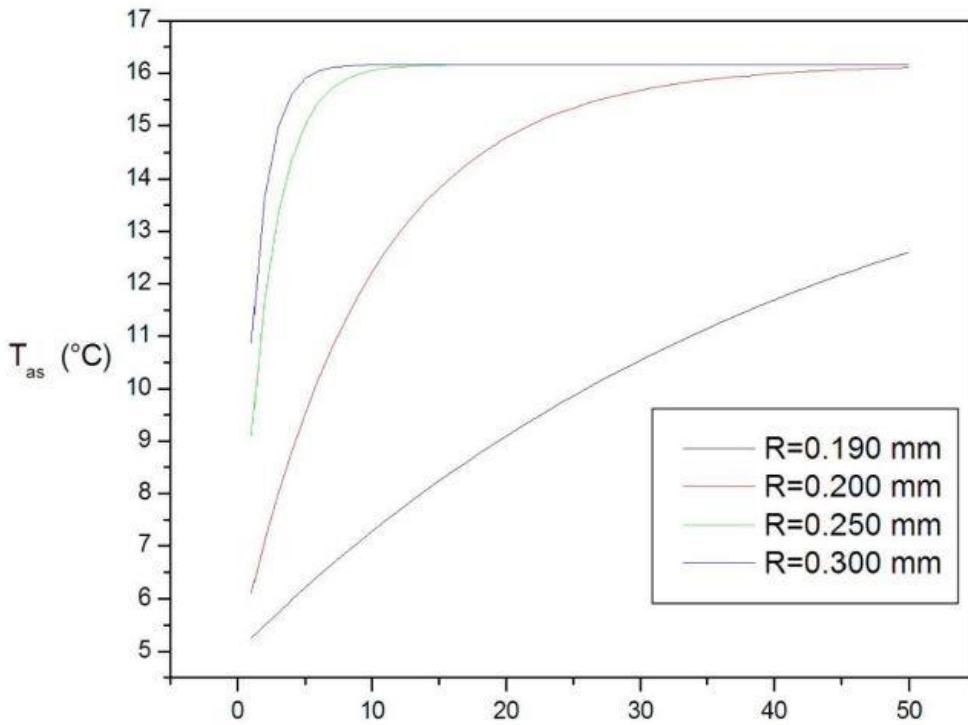
لمعرفة تأثير التدفق على درجة حرارة المخرج، نقدم في الشكل 4-5، تطور درجة الحرارة لمعدلات التدفق المختلفة. نرى نفس النمط، نلاحظ أيضًا أن درجة حرارة الهواء تزداد تدريجيًا بزيادة معدلات التدفق المختلفة التي تمت دراستها.



شكل (4-5): تباين درجة حرارة الهواء على طول المبادل لمعدلات تدفق الهواء المختلفة من اجل. $T_{ae} = 5^{\circ}\text{C}$, $Z = 5.5\text{m}$, $K_{\text{tube}} = 0.2(\text{W}/\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

3.5.4. تأثير القطر:

لمعرفة تأثير القطر على درجة حرارة المخرج، نقدم في الشكل 4-6، تطور درجة الحرارة لأقطار مختلفة. نلاحظ نفس النمط، أي زيادة في درجة حرارة الهواء لجميع الأقطار المختلفة التي تمت دراستها. ونلاحظ أيضًا أن درجة حرارة الهواء تزداد بزيادة القطر فتصل إلى 17 درجة مئوية لقطر 300 ملم. يتم الوصول إلى القيمة الدنيا (درجة حرارة التربة) لقطر 190 مم وهي تتوافق مع معدل تدفق بترتيب $Q = 0.005$ (كجم / ثانية).

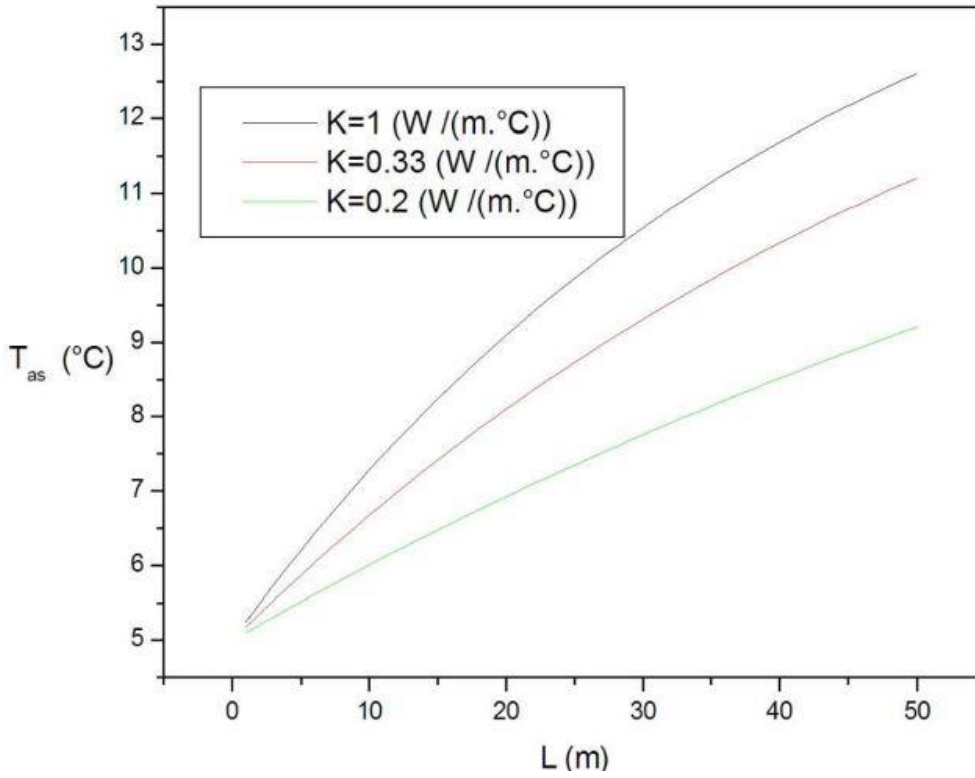


شكل (4-6): التباين في درجة حرارة الهواء على طول المبادل لأقطار الأنابيب المختلفة

من اجل. $T_{ae} = 5^{\circ}\text{C}$, $Z = 5.5\text{m}$, $K_{\text{tube}} = 0.2(\text{W}/\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

4.5.4. تأثير التوصيل الحراري للأنبوب:

لمعرفة تأثير الموصلية الحرارية للأنبوب على درجة حرارة الهواء عند مخرج المبادل، نقدم في الشكل 4-7 تطور درجة حرارة الهواء على طول الأنبوب من أجل التوصيل الحراري المختلف من الأنبوب. لوحظ نفس النمط، أي أن درجة حرارة الهواء تزداد بزيادة الموصلية الحرارية للأنبوب، فتصل إلى قيمة 13 درجة مئوية للتوصيل الحراري للأنبوب المدروس ($1\text{W}/\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}$) عند طول 50 م، وحوالي 9 درجات مئوية لموصلية تساوي ($0.2\text{W}/\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}$) عند نفس الطول.



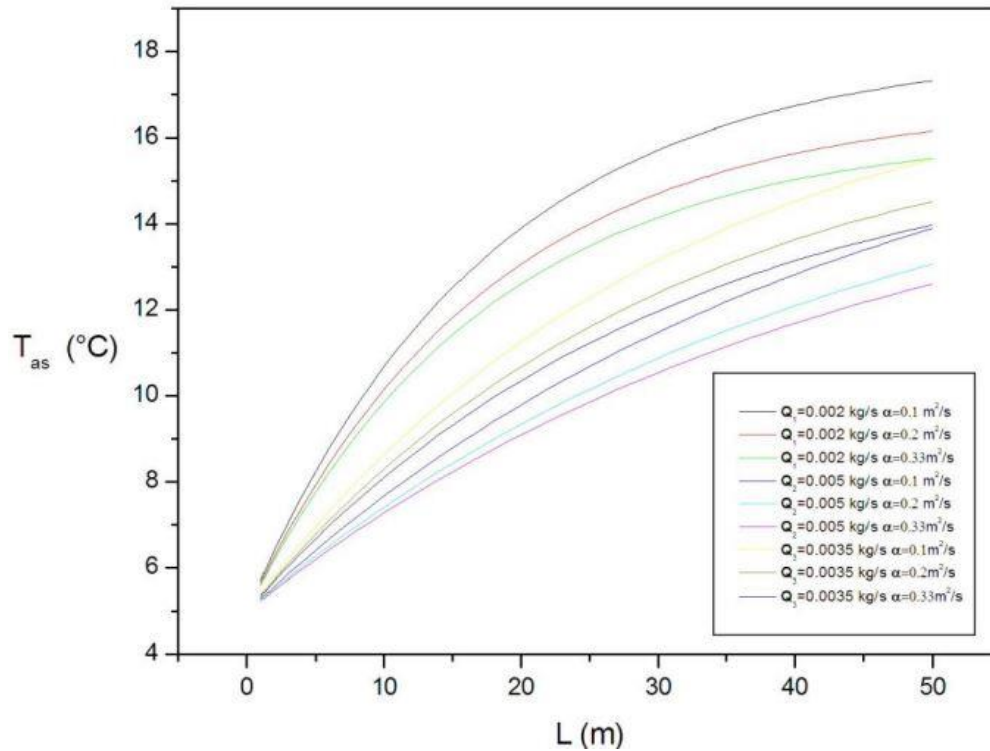
شكل (4-7): التباين في درجة حرارة الهواء على طول المبادل لناقلية (K) الأنابيب المختلفة من اجل. $T_{ae} = 5^{\circ}\text{C}$, $Z = 5.5\text{m}$, $Q = 0.005\text{ (kg/s)}$.

5.5.4. التأثير الحراري للانتشار للتربة له تدفق مختلف:

لمعرفة تأثير الانتشار الحراري لمعدل تدفق مختلف على درجة حرارة المخرج، نقدم في الشكل 4-8، تطور درجة الحرارة لمعدلات التدفق المختلفة.

هناك زيادة في درجة حرارة الهواء من أجل تدفق ثابت مع انتشار مختلف.

من خلال الشكل نلاحظ أيضًا أن درجة حرارة الهواء وصلت إلى أقصى قيمة عند معدل تدفق يساوي 0.005 كجم/ثانية وانتشار يساوي 0.1 متر مربع/ثانية.



شكل (4-8): تباين درجة حرارة الهواء على طول المبادل لمعدلات التدفق المختلفة والانتشار الحراري

للترية من اجل. $T_{ae} = 5^{\circ}\text{C}$, $Z = 5.5\text{m}$

خلاصة الفصل

نحن مهتمون في هذا العمل بإمكانية تطبيق نظام ترطيب الهواء بالامتصاص الشمسي في منطقة جنوب الجزائر، في هذا الفصل اقترحنا نظام تبريد مائي تكميلي للمبرد يعتمد على الطاقة الحرارية الجوفية الضحلة باستخدام مبادل حراري الماء_الأرض، يعمل المبادل الحراري التربة_الماء المقترح فقط خلال ذروة درجات الحرارة المحيطة لتجنب الخلل الوظيفي لبرج التبريد الجاف. من خلال عمل النمذجة لمبادل حراري للأرض والماء.

يؤدي الاستخدام المستمر للمبادل الحراري بين الأرض والماء إلى تشبع التربة بسبب الانتشار الحراري المنخفض لهذا الأخير، حيث تزداد درجة حرارة التربة في المنطقة المجاورة مباشرة للمبادل الحراري مما يؤدي إلى انخفاض كفاءتها. لذلك، يلزم إجراء دراسة أخرى لمعرفة تأثير المبادل الحراري المياه_التربة على التربة وتأثير التربة على المبادل الحراري كدالة للوقت لضمان استمرار تبريد المياه.

خاتمة

الخاتمة العامة

قمنا في هذا البحث بنثمين مخزون الطاقة الحرارية الأرضية للآبار الألبانية بولاية تقرت مع امكانية تثمينها من خلال البحث الببليوغرافي وتطبيقات نموذجية. اعتمدنا في البداية على تقديم معلومات نظرية أساسية, بعد ذلك قمنا بتحليل المعطيات الميدانية التي تحصلنا عليها من مصادرها الميدانية لنختم العمل ببعض التطبيقات الحسابية.

في البداية تطرقنا إلى معلومات عامة عن الطاقة الحرارية الأرضية, بتقديم تعاريف عنها وأهميتها وتواجدها في العالم وتاريخ تطورها , بالإضافة إلى شرح ومبدأ عملها وأنواعها مع ادراج بعض المفاهيم الجيولوجية عن طبقات الأرض وتركيباتها وحرارة كل منها, كما تطرقنا إلى أهم طرق الاستكشاف المعتادة وإلى المضخة الحرارية الأرضية و كذلك إلى أشكال المبادل الحراري. لنختم هذا المحور بتعريف معايير التصميم الرئيسية, وكذا التعرف إلى إيجابيات وسلبيات هذا النوع من الطاقة المتجددة.

بعدها تناولنا بالدراسة الطاقة الحرارية الأرضية في الجنوب الجزائري من خلال استعراض تواجدها عبر مختلف مناطق الوطن بصفة عامة وأهم مميزاتها الجيولوجية والحرارية في كل منطقة لنخصص بعدها الجزء الأكبر من هذا المحور إلى تحليل ببليوغرافي لهذه الطاقة في الجنوب الجزائري من خلال تحليل إحدى الدراسات.

بعدها تطرقنا إلى الجانب التطبيقي والذي تناولنا في جزئه الأول التطرق بنوع من الدراسة والتحليل إلى الآبار الألبانية لولاية تقرت و أهميتها الحياتية و الطاقوية حيث بدأنا بتقديم موقع الدراسة المتمثل في ولاية تقرت , من خلال تقديم لمحة مختصرة عن جغرافيا المنطقة مع الإشارة إلى بغض مميزاتها الطبيعية والمناخية, أضف إليها لمحة مختصرة عن أهم مواردها الاقتصادية وكذا المائية, نقطة أخرى استعرضناها هي أهم الآبار الألبانية المتواجدة بها وخصائص كل بئر (تدفقه, درجة حرارة مائه, عمره), أتبعناها بتحليل طاقي لهذه المعطيات والذي استخلصنا منه كمية الطاقة المهدورة المقدرة تقريبا ب حوالي (**65.085 MW**) و هي كمية أكبر أكثر من أربع مرات (**4.33 مرة**) الكمية التي برمجتها الدولة في البرنامج الوطني للطاقات المتجددة التي سيتم إنتاجها من طاقة باطن الأرض المقدرة ب (**15.000 MW**).

الخاتمة

وفي نهاية هذا البحث اتجهنا جانب آخر يتعلق ببعض تطبيقات الطاقة الحرارية الأرضية المتمثل في إمكانية تركيب آلة امتصاص شمسي (SACM) في مناطق جنوب شرق الجزائر, يشمل هذا النوع من التركيبات مجموعة من الأنظمة الحرارية مثل: آلة التبريد، و نظام التسخين الشمسي ونظام التبريد (برج التبريد ، ومبرد الهواء ...).

لنخلص مما تناولناه إلى مجموعة من التوصيات نلخصها في ما يلي:

- الاسراع في استغلال الطاقة المهدورة من المياه الساخنة للآبار الألبانية لمنطقة تقرت والمناطق الصحراوية الأخرى.
- من أجل ضمان أفضل استغلال ممكن لموارد الطاقة الحرارية الأرضية في الصحراء الجزائرية الشرقية، نوصي باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية متوسطة الطاقة من خلال طبقة المياه الجوفية القارية. في الواقع، درجة حرارة هذه المنطقة تقارب 60 درجة مئوية وأكثر، في مجال البيوت البلاستيكية مثلا.
- اعتماد أنظمة تبريد الهواء الحراري الأرضي، من خلال استعمال المبادل الجوي-الأرضي وهي تقنية تعتمد على القصور الذاتي الحراري للأرض، لتسخين أو تبريد الهواء الداخل إلى المباني لتحقيق الراحة الحرارية، مما سيساهم في التقليل من استهلاك الطاقة الكهربائية، لا سيما في المناطق ذات المناخ الحار.

قائمة المراجع والمصادر

قائمة المراجع :

[3] (معجم العلوم المصوّر الجديد) , مكتبة لبنان ناشرون. مؤرشف من الأصل. في 25 فبراير 2020, اطلع عليه بتاريخ 2020-03-2.

[4] (مجلة بيئتنا - الهيئة العامة للبيئة - العدد 119) , اطلع عليه بتاريخ 2020-03-2.

[9] (هيئة الطاقة الأمريكية،2008) نسخة محفوظة 05 أبريل 2014 على موقع واي باك مشين. ____ wikipedia

- [1] Djeridi, M. Niboua, N. (2010). Conversion de l'énergie géothermique en énergie électrique par un cycle binaire dans le Sud Algérien, Université Kasdi Merbah-Ouargla
- [2] Oussama Yedjour, Belkacem Boussaid "valorisation et étude des formes de conversion de l'énergie géothermique" mémoire de fin d'étude université Kasdi Merbah Ouargla (Algérie), juin 2008
- [5] Nebar, H. (2012). Etude théorique et expérimentale d'un échangeur air/sol destiné au rafraichissement des locaux par la géothermie, Université Mohamed Khider-Biskra.
- [6] ALAMI, A. (2018). Etude et modélisation d'un système thermique alimenté par énergie géothermique.
- [7] Bachiri, A. (2018). Etude d'une installation de chauffage géothermique, Université Mohamed Boudiaf-M'sila.
- [8] <https://www.edfenr.com/lexique/energie-geothermique/> (05/03/2020).
- [10] <https://www.arageek.com/l/%D9%85%D8%A7-%D9%87%D9%8A-%D8%B7%D8%A8%D9%82%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B1%D8%B6> (06/032020).
- [11] <https://study.com/academy/lesson/composition-of-earths-internal-layers-crust-mantle-and-core.html> (06/03/2020).
- [12] <https://phys.org/news/2015-12-earth-layers.html> (08/03/2020).
- [13] S. Ouali, 'Etude Géothermique du Sud de l'Algérie', Mémoire de Magister en Géophysique, Université de Boumerdès, Mars 2006.
- [14] Julien HEINTZ (CETIAT). Michaël BLAZY (ANJOS VENTILATION). Ivan BORDAS (VIM). " Les puits canadiens/ provençaux (Guide d informations) "janvier 2008.

قائمة المراجع

- [15] BENCHEMSA. I. (2017). L'Utilisation de l'énergie thermique pour le chauffage domestique, Université BADJI MOKHTAR ANNABA.
- [16] A. Fekraoui et A. Abouriche Centre de Développement des Energies Renouvelables. BP 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger.
- [17] Loubna Benyahya. Modélisation statistique de la température de l'eau en rivière et en régime non-hivernal.2007.
- [18] Belloufi Yousef .Modélisation D'un Echangeur Air/Sol Dont Le But De Rafrachissement Des Locaux. 2012, Université Mohamed Khider Biskra.
- [19] Jean Lemale. La géothermie. Le moniteur. © Dunod, Paris 2009. ISBN 978-2-10-052879-0.
- [20] Mouloud AISSANI.et ALL Simulation des Flux Thermiques lors du soudage TIG et prédiction de la taille des zones du cordon dans les tôles d'Acier 304L.
- [21] Satara Elbouti ,Mabrouki Abdelhakim , Etude D'un Echangeur De Chaleur Air/Sol 2016, Université Kasdi Merbah-Ouargla
- [22] [http://www.puitscanadien.com/wp-content/uploads/2018/06/guide CETIAT-puits_canadiens.pdf](http://www.puitscanadien.com/wp-content/uploads/2018/06/guide_CETIAT-puits_canadiens.pdf) (09/05/2020).
- [23] Corinne Martinet, Jean- pierre Meyer, Travail à la chaleur et confort thermique, INRS 1999.
- [24] Amirat Belkacem . (2018). Etude d'une installation de chauffage géothermique , Université de M'sila
- [25] D. SEMMAR Chargé de Recherche Université Saad Dahleb Blida, Bulletin des Energies Renouvelables, N°5 Juin 2004
- [26] J. Fabre, 'Introduction à la Géologie du Sahara Algérien', SNED, Alger, Algérie, 1976.
- [27] Ouali, S., A. Khellaf, et al. (2006). "Etude géothermique du Sud de l'Algérie." Revue des énergies renouvelables 9(4): 297-306.
- [28] Ouali, S. and A. Bouguern (2016). "Characterization study of the Albian reservoir of southern Algeria." Revue des énergies renouvelables 19(4): 525-531
- [29] Zella L, 2007. L'eau: pénurie ou incurie. Office des Publications Universitaires, Algeria.
- [30] Rapport Technique, Données de Base, ANRH, 'Inventory of the Hydraulic Drillings Having Reached the Intercalary Continental', ANRH database. 2001.
- [31] Rapport Technique, 'Les Eaux Souterraines de l'Algérie Septentrional et Occidental', UN Report, 1987.

قائمة المراجع

- [32] Rapport Interne, 'Système Aquifère du Sahara Septentrional', SASS Project, 2003.
- [33] Rapport Technique, PNUD, 'Actualisation de l'Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional', UNESCO Report, 1983.
- [34] H. Cristopher et H. Armstead, 'La Géothermie, Exploration - Forage - Exploitation', Edition du Moniteur, Paris, 1978.
- [35] F. Brigaut and G. Vasseur, 'Mineralogy, Porosity and Fluid Control on Thermal Conductivity of Sedimentary Rocks', Geophys. J. Vol. 98, pp. 525 - 542, 1989.