الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وازرة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الفـــــيزياء

مذكرة ماستر أكاديمي
مجال: علوم المادة
شعبة: فيزياء
تخصص: فيزياء طاقوية والطاقات المتجددة
مقدمة من طرف الطالبة: غليسي بسمة
بعنوان

دراسة استخدام الطاقة الجيوحرارية للأغراض الفلاحية بواسطة المبادل الحراري فى منطقة ورقلة

نوقشت يوم 2021/06/17 أمام اللجنة المناقشة المكونة من:

الزين عبد الله	جامعة قاصدي مرباح _ ورقلة	أستاذ مساعد _أ_	رئيسا
محسن حسين	جامعة قاصدي مرباح _ ورقلة	أستاذ محاضر _أ_	مناقشا
سوداني محمد البار	جامعة قاصدي مرباح _ورقلة	أستاذ محاضر _أ_	مشرفا

الموسم الجامعي 2021/2020

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وازرة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الفـــــيزياء

مذكرة ماستر أكاديمي
مجال: علوم المادة
شعبة: فيزياء
تخصص: فيزياء طاقوية والطاقات المتجددة
مقدمة من طرف الطالبة: غليسي بسمة
بعنوان

دراسة استخدام الطاقة الجيوحرارية للأغراض الفلاحية بواسطة المبادل الحراري فى منطقة ورقلة

نوقشت يوم2021/06/17 م أمام اللجنة المناقشة المكونة من:

الزين عبد الله	جامعة قاصدي مرباح _ ورقلة	أستاذ مساعد _أ_	رئيسا
محسن حسين	جامعة قاصدي مرباح _ ورقلة	أستاذ محاضر _أ_	مناقشا
سوداني محمد البار	جامعة قاصدي مرباح _ورقلة	أستاذ محاضر _أ_	مشرفا

الموسم الجامعي 2021/2020

الإهداء

أهدي هذا العمل المتواضع والمتمثل في مذكرتي للتخرج والمعنونة ب:

" استخدام الطاقة الجيوحرارية لأغراض الفلاحية بواسطة المبادل الحراري في منطقة ورقلة "

إلى عائلتي الكريمة

وبكل فخر لأبي ولأمي العزيزين اللذان كانا نعم المرافقين لي

طيلة مساري الدراسي

قال تعالى "وبالوالدين احسانا " ومن خلالهم إلى كل عائلتي الكبيرة وكذا كل

الأحباب والأصدقاء

شكر وعرفان

بكل عبارات العرفان مني أتقدم بأسمى آيات الشكر والتقدير

إلى والدي الكريمين بمعية أساتذتي الأفاضل

أبي الغالي أحمد غليسي وأمي الحبيبة مباركة غليسي

وأستاذي المميز محمد البار سوداني

الذين بذلو قصارى جهدهم بل وكل ما في وسعهم لإسعادي ونجاحي.

فالله وحده القادر على مكافأتهم إنه بالإجابة جدير وعل كل شيء قدير

تحية كبيرة مني لهم

فهرس المحتويات

الإهداء	I
شكر وعرفان	II
فهرس المحتويات	III
قائمة الترميزات	VI
قائمة الاشكال	VIII
قائمة الجداول	X
مقدمة	أ
الفصل الأول	
تمهيد	3
1.1 تعريف الطاقة	4
2.1 تصنيف الطاقة	4
1.2.1 الطاقة الغير متجددة	4
2.2.1 الطاقة المتجددة	4
3.1 مصادر الطاقة	4
1.3.1 طاقة الرياح	5
2.3.1 الطاقة الهيدروليكية	5
3.3.1 طاقة الكتلة الحية	6
4.3.1 الطاقة الشمسية	6
5.3.1 الطاقة الحرارية الأرضية	7
خلاصة الفصل الأول	8
الفصل الثاني	
تمهيد	9
1.2 أصل حرارة الأرض	10
2.2 مبدا الطاقة الحرارية الأرضية	10
3.2 أنواع الطاقة الحرارية الأرضية	10
1.3.2 طاقة حرارية أرضية منخفضة للغاية	10

2.3.2 طاقة حرارية أرضية منخفضة	11
3.3.2 طاقة حرارية أرضية عالية	12
4.2 إيجابيات وسلبيات الطاقة الحرارية الأرضية	12
1.4.2 ايجابيات الطاقة الحرارية الأرضية	12
2.4.2 سلبيات الطاقة الحرارية الأرضية	12
5.2 الطاقة الحرارية الجوفية حول العالم	13
1.5.2 مجموعة الاستخدام المباشر	13
2.5.2 مجموعة توليد الطاقة	14
6.2 استغلال الطاقة الحرارية الجوفية في الجزائر	15
7.2 استغلال الطاقة الحرارية الجوفية في الجنوب الجزائري	17
8.2 التدرج الحراري	18
9.2 اهم استخدامات الطاقة الحرارية الجوفية في الجزائر	18
1.9.2 الصوبات الزراعية	18
خلاصة الفصل الثاني	20
الفصل الثالث	
تمهيد	22
1.3 تعريف المبادلات الحرارية	23
2.3 الأنواع الرئيسية للمبادلات الحرارية	23
1.2.3 المبادلات الانبوبية المختلطة	23
2.2.3 المجددات او المبادلات الحرارية دفعة	23
3.2.3 المبادلات المستمرة	24
1.3.2.3 المبادلات الأنبوبية	24
2.3.2.3 المبادلات الحرارية الصفائح	26
3.3.2.3 المبادلات الحرارية ذات الزعانف	26
4.3 مبادلات تغيير الطور	27
1.4.3 المكثفات	27
1.1.4.3 مكثف الهواء	27

2.1.4.3 مكثف الماء	27
2.4.3 المبخرات	28
1.2.4.3 مبخر الهواء	29
2.2.4.3 مبخر الماء	29
5.3 أنواع مختلفة من المبادلات الحرارية	29
1.5.3 المبادل الحراري الهواء الأرضي	29
2.5.3 المبادل الحراري الماء الأرض	30
1.2.5.3 المضخة الحرارية	30
2.2.5.3 المبادلات الحرارية العمودية	31
3.2.5.3 المبادلات الحرارية الافقية	32
4.2.5.3 أنظمة الحلقة المغلقة	33
5.2.5.3 انطمة الحلقة المفتوحة	33
خلاصة الفصل الثالث	35
الفصل الرابع	
1.4 المعادلات المعبرة عن الحراري الأرضي (ماء/تربة)	36
1.1.4 مقاومة التوصيل الحراري	37
2.1.4 مقاومة الحمل الحراري	38
2.4 المعادلات المعبرة عن لمبادل الحراري الأرضي (هواء/ ارض)	39
3.4 تأثير العوامل المختلفة على السلوك الحراري للمبادل الحراري	40
خلاصة الفصل الرابع	
الخاتمة	48
المراجع	50
الملاحق	53
ملخص الدراسة	

الترميزات

الرمز	التعريف	الوحدة
T	درجة الحرارة	[K]
T_{sol}	درجة حرارة التربة	[K]
T_{air}	درجة حرارة الهواء	[K]
T_{fe}	درجة حرارة السائل	[K]
$\dot{m}$	التدفق الحجمي	[kg/m^3]
R_{cd}	المقاومة الحرارية للتوصيل الحرارية	[m^2.K/W]
R_{cv}	المقاومة الحرارية للحمل الحراري	[m^2.K/W]
R_{tot}	المقاومة الحرارية الكلية	[m^2.K/W]
C_p	السعة الحرارية	[J/kg .K]
C_{pair}	السعة الحرارية للهواء	[J/kg .K]
C_{peau}	السعة الحرارية للماء	[J/kg .K]
ρ	الكثافة الحجمية	[kg/m^3]
ρ_{air}	الكثافة الحجمية للهواء	[kg/m^3]
ρ_{eau}	الكثافة الحجمية للماء	[kg/m^3]
λ	معامل التوصيل الحراري	[W/m^2 .K]
λ_{cu}	معامل التوصيل الحراري لمعدن النحاس	[W/m .K]
h	معامل الحمل الحراري	[W/m^2.K]
S	مساحة سطح التبادل	[m^2]
r_1	نصف قطر الانبوب الداخلي	[m]
r_2	نصف قطر الانبوب الخارجي	[m]
ϒ	اللزوجة الحركية	[m^2 /s]
M	اللزوجة الديناميكية	[kg/m .s]
Nu	رقم نوسالت	/

Pr	رقم برانتل	/
Re	رقم رينولدز	/
D	قطر الانبوب	[m]
L	طول الانبوب	[m]
e	سمك الانبوب	[m]
Z	العمق	[m]
V	سرعة المائع	[m/s]

قائمة الاشكال

الشكل	العنوان	رقم الصفحة
الشكل 1	استغلال طاقة الرياح في إنتاج الكهرباء باستخدام العنفات (مراوح)	5
الشكل 2	الطاقة الهيدروليكية	5
الشكل 3	خشب الطاقة أو الكتلة الحيوية الصلبة	6
الشكل 4	نموذج توصيل خلية شمسية لإنتاج الكهرباء	7
الشكل 5	طبقات الأرض التي منها نستمد بالطاقة الحرارية الأرضية	7
الشكل 6	طاقة حرارية أرضية منخفضة للغاية	11
الشكل 7	الشكل طاقة الحرارية الجوفية منخفضة الطاقة	11
الشكل 8	الشكل طاقة حرارية أرضية عالية الطاقة	12
الشكل 9	أفضل 10 دول في الاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الأرضية في العالم	14
الشكل 10	توزيع السعة المثبتة في جميع أنحاء العالم لتطبيقات الاستخدام المباشر	14
الشكل 11	أفضل 10دول في اعالم في مجال توليد الطاقة الحرارية الأرضية	15
الشكل 12	توزيع القدرة المركبة للاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الأرضية حسب البلد في إفريقيا	16
الشكل 13	توزيع إجمالي القدرة المركبة للطاقة الحرارية الجوفية في الجزائر	17
الشكل 14	خريطة التدرج الجيوحراري لجنوب الجزائر	18
الشكل 15	صور الدفيئة الزراعية في المزرعة	19
الشكل 16	المبادلات الحرارية الحالية المتوازية	24
الشكل 17	المبادلات الحرارية للتيار المعاكس	25
الشكل 18	رسم تخطيطي لمبادل حزم الأنبوب	25
الشكل 19	مبدا عمل المبادلات الحرارية للوحة	26
الشكل 20	رسم تخطيطي لمبادل حراري ذو زعانف	26

الشكل 21	مكثف هواء	27
الشكل 22	مكثف أنبوب متحدة المركز	28
الشكل 23	مكثف متعدد الأنبوب	28
الشكل 24	تبادل الحراري بين الأرض والهواء	30
الشكل 25	مبدأ عمل المضخة الحرارية	31
الشكل 26	مبادل حراري عمودي	32
الشكل 27	مبادل حراري افقي	32
الشكل 28	أنظمة الطاقة الحرارية الضحلة نظام الحلقة المغلقة Aنظام الحلقة المفتوحةB	34
الشكل 29	تغير درجة حرارة التربة كل ساعة كدالة عمق على التربة الرملية الطينية	43
الشكل 30	تطور درجة حرارة التربة كل ساعة كدالة على عمق التربة الطينية	43
الشكل 31	تطور درجة حرارة التربة كل ساعة كدالة على العمق للتربة الطينية الرملية	44
الشكل32	تغير درجة حرارة الماء على طول المبادل لمعدلات تدفق مختلفة للماء	45
الشكل 33	تغير درجة حرارة الماء على طول المبادل لمعدل تدفق$= \dot{m}$ $0.05kg/s$	45
الشكل 34	تغير درجة حرارة الماء على طول المبادل لمعدل تدفق$\dot{m} = 0.1kg/s$	46
الشكل 35	تغير درجة حرارة الماء على طول المبادل لمعدل $\dot{m} = 0.2\text{kg/s}$ تدفق	47

قائمة الجداول

الجدول	العنوان	رقن الصفحة
الجدول 1	يمثل قدرة الطاقة الحرارية الأرضية المثبتة للاستخدام المباشر في إفريقيا	16
الجدول 2	الخصائص الفيزيائية الحرارية لأنواع مختلفة من التربة	42
الجدول 3	جدول يدرس تغيرات درجة حرارة الماء على طول المبادل لمعدل تدفق $\dot{m} = 0.05$kg/s	45
الجدول 4	جدول يدرس تغيرات درجة حرارة الماء على طول المبادل لمعدل تدفق $\dot{m} = 0.1$kg/s	45
الجدول 5	جدول يدرس تغيرات درجة حرارة الماء على طول المبادل لمعدل تدفق $\dot{m} = 0.2kg/s$	45

مقدمة

مقدمة:

تعد الطاقة الحرارية الأرضية ثاني أكبر مصدر لإنتاج الكهرباء في العالم، ولكنها أيضاً مصدر لإنتاج الحرارة المستخدمة في تدفئة المناطق، والصوبات الزراعية، وتربية الأسماك هي نوع من الحرارة التي يوفرها اللب الداخلي للأرض. لقد أثار اهتماماً عالمياً لأنه نوع من الطاقة المتجددة التي يمكن أن توفر الوقود الأحفوري المستخدم من أجل بيئة أفضل يمكن استخدامه للحمام والسباحة وري الأراضي الزراعية وتربية المواشي وتدفئة المباني وتوليد الكهرباء تشجع العديد من البلدان على استخدام الطاقة الحرارية الأرضية.

يتطلب العملاء في المجالات الصناعية والسكنية والخدمية والتجارية والزراعية كلاً من التدفئة والتبريد وهذا من خلال دمج مصادر الطاقة المتجددة في إجمالي تكامل عملية الموقع يمكن تقليل استهلاك الطاقة وغازات الدفيئة والانبعاثات الأخرى بشكل كبير يمكن تلبية أحمال نظام التدفئة والتبريد عن طريق الغلايات والمبردات والمضخات الحرارية ان الأرض تحتوي على حرارة طبيعية مخزونة التي يمكن استغلالها، لهذا تم انشاء محطات للطاقة الجيوحرارية تضخ الماء الساخن إلى السطح وتحوله إلى حرارة وكهرباء،

توجد العديد من الاستصلاحات الزراعية في منطقة ورقلة التي تم تزويدها بآبار المياه الجوفية العميقة الحارة والتي تبلغ درجة حرارتها (70C°_60C°) وهي غير صالحة للسقي الزراعي مما يجعل المزارعين في حاجة الى تبريدها بطرق بدائية مكلفة ولا تستغل هذه الحرارة

في هذه الدراسة نقترح استخدام مبادلات حرارية (ارض–ماء)و(هواء–ارض)من اجل نقل حرارة الماء الى تدفئة البيت البلاستيكي او تدفئة التربة خاصة في فصل الشتاء حتى تكون وفق مقاييس الزراعة $T_{sol} = 25C°$ $T_{sol} = 40C°$ وتم تقسيم هذه الدراسة الى 4فصول : الفصل الأول: تقييم مصادر الطاقة

الفصل الثاني: الطاقة الحرارية الأرضية

الفصل الثالث: المبادلات الحرارية

الفصل الرابع: المحاكاة العددية ومناقشة النتائج

الفصل الأول

تقييم مصادر الطاقة

تمهيد:

تلعب الطاقة بمختلف مصادرها دورا هاما وأساسيا في تمكين الدول من التقدم والرقي، كما تساهم في رفاهية الإنسان، ومع حدوث التطور الصناعي في العصر الحديث زاد الطلب عن مصادرها خصوصا التقليدية منها (لنفط، الغاز والفحم)، مما أدى الى ظهور مشكل استنزاف بعض منها، بالإضافة الى الآثار السلبية التي نتجت عن استخدامه، كالتلوث البيئي، وتدهور الغطاء النباتي للأرض ومن هذا المنطلق فقد بدأ التفكير بشكل جدي في مصادر بديلة ونظيفة للطاقة.

رغم الدور الهام للطاقات المتجددة والاهتمام الذي حظيت به إلا أنه ما تم تجسيده على أرض الواقع لا يزال بعيدا عن التطلعات والأهداف المنشودة للتنمية الاقتصادية إضافة إلى ما تحظى به هذه الطاقات من مزايا استغلالها فقد وجدت معيقات لا يمكن تفاديها في الوقت الراهن

- فما هي هذه الطاقة وما مصادرها؟

1 .1 تعريف الطاقة Définition De L'énergie :

الطاقة مفهوم عالمي موجود في العديد من التخصصات الفرعية للعلوم، بدءاً من الفيزياء إلى الكيمياء إلى علم الأحياء، ولكن غالباً ما يتم تقديمه لأول مرة في دورات الفيزياء التمهيدية والكيمياء خاصة بين الفيزيائيين فهي تعني القدرة على أداء العمل حيث يعبر عن العمل المستخرج أو المطبق على المادة أي انه يمكن أن تتحول المادة إلى طاقة وبالعكس أيضا يمكن أن تتحول الطاقة إلى مادة.[1]

2.1 تصنيف الطاقة Energie évaluée :

يتم تصنيف الطاقة ومصادرها إلى مدى امكانيه وقدرة تلك الطاقة واستمراريتها والتي تصنف الى صنفين هما:

1.2.1 الطاقة الغير متجددة (التقليدية)Énergie non renouvelable :

والتي تعرف بالطاقة التقليدية والمتمثلة في النفط والغاز الطبيعي والفحم وبعض الطاقات غير التجارية وهي مستنفذة ويمكن ان تنضب والتي من الصعب الحصول عليها مرة ثانية. [2]

2.2.1 الطاقة المتجددة او الطاقة البديلة L'énergie Renouvelable :

يقصد بالطاقات المتجددة هي تلك الطاقات التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي بمعنى انها الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد او التي لا يمكن ان تنفذ كما تعرف الطاقة المتجددة بانها الطاقة التي تولد من مصدر طبيعي لا ينضب وهي متوفرة في كل مكان على سطح الأرض كما يستعمل مصطلح الطاقة الخضراء أيضا كبديل لمصطلح الطاقات المتجددة ويشير المصطلح تحديدا إلى الطاقة المنتجة من مصادر لا تخلق اثار سلبية على البيئة.[3]

3.1 مصادر الطاقات المتجددة Sources d'énergie renouvelables :

ان الطاقة المتجددة هي الطاقة المكتسبة من عمليات طبيعية تجدد باستمرار وبالتالي فهي عبارة عن مصادر طبيعية دائمة وغير ناضبة وهي نظيفة لا ينتج عن استخدامها تلوث بيئي ومن اهم مصادرها:

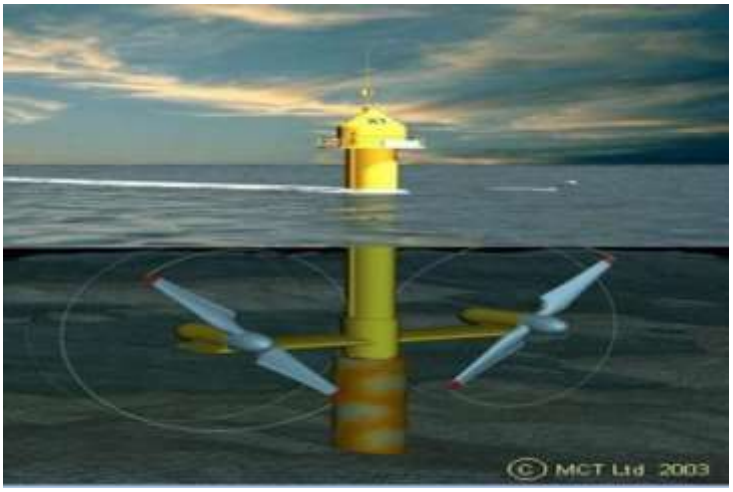
1.3.1 طاقة الرياح L'énergie éolienne :

او ما يعرف بتوربينات الرياح هي شكل قديم جداً من أشكال تسخير الرياح هي جهاز يستخدم قوة الرياح لتوليد الكهرباء، حيث تعمل علئ تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، فطاقة الرياح أحد أنواع الطاقة البديلة التي انتشر استخدامها كبديل من بدائل الطاقة.[4]

الشكل 1 استغلال طاقة الرياح في إنتاج الكهرباء باستخدام العنفات (مراوح) [4]

2.3.1 الطاقة الهيدروليكية Energie hydraulique :

الطاقة الهيدروليكية هي الطاقة المتضمنة في الإزاحة أو تراكم السوائل غير المضغوطة، مثل المياه العذبة أو المياه من البحر فيؤدي هذه الإزاحة إلى إنتاج عمل ميكانيكي يتم استخدامه مباشرة أو تحويله إلى كهرباء، ومن محاسن هذا المصدر من مصادر الطاقة انها امينة وغير مكلفة ومستدامة وعديمة التلوث.[4]



الشكل 2 الطاقة الهيدروليكية [4]

3.3.1 طاقة الكتلة الحية Energie biomasse :

في مجال الطاقة، يشمل مصطلح الكتلة الحيوية جميع المواد العضوية التي يمكن أن تصبح مصادر للطاقة وهي ما يتم تجميعه من مخلفات نباتية كانت او حيوانية ويعتبر توليد الطاقة الكهربائية والحرارية وإنتاج الوقود من طاقة الكتلة الحية تحديا كبيرا، في نماذج تحويل الطاقة الحديثة ومكسبا بيئيا يساهم في التقليل من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، من خلال استغلال عملية تعفن هذه المخلفات الحيوية، وكبح تأثيرها على الغلاف الجوي وهذا باستخدامها كطاقة بديلة.[3]

الشكل 3 خشب الطاقة أو الكتلة الحيوية الصلبة [4]

4.3.1 الطاقة الشمسية Energie Solaire :

تعتبر الشمس مصدر رئيسي لكثير من الطاقة الموجودة في الطبيعة، حيث يمكن تحويلها بطرق مباشرة او غير مباشرة إلى حرارة، برودة، كهرباء وقوة محركة وتستخدم الطاقة الشمسية بطريقتين: اما طاقة حرارية شمسية او طاقة كهربائية شمسية فالطاقة الحرارية الشمسية كانت تستخدم منذ القدم في التسخين والتجفيف، اما الكهربائية الشمسية هي عملية تحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية من خلال تراكيب الكترونية تسمى الخلايا الشمسية.[3]

الشكل 4 نموذج توصيل خلية شمسية لإنتاج الكهرباء [5]

5.3.1 الطاقة الحرارية الارضية Energie Géothermique :

الطاقة الحرارية الأرضية هي طاقة حرارية يتم توليدها وتخزينها في الأرض. الطاقة وهي الطاقة التي تحدد درجة حرارة المادة. تنشأ الطاقة الحرارية الأرضية للأرض بنسبة (20٪) من التكوين الأصلي للكوكب وبنسبة (80٪) من التحلل الإشعاعي للمعادن حيث تم استخدام الطاقة الحرارية الأرضية للاستحمام منذ العصر الحجري القديم، ولتدفئة المساحات منذ العصور الرومانية القديمة، لكنها الآن معروفة بشكل أفضل بتوليد الكهرباء. في جميع أنحاء العالم، يوجد حوالي 10715 ميغاوات من الطاقة الحرارية الأرضية متصلة بالإنترنت في 24 دولة. تم تركيب 28 جيجاوات إضافية من سعة التدفئة الحرارية الأرضية المباشرة لتدفئة المناطق، وتدفئة المساحات، والمنتجعات الصحية، والعمليات الصناعية، وتحلية المياه، والتطبيقات الزراعية.

الشكل 5 طبقات الأرض التي منها نستمد بالطاقة الحرارية الارضية[4]

خلاصة:

قمنا في هذا الفصل بتقديم لمحة عامة المتمثلة في تعريف عام للطاقة مع ذكر تصنيفاتها، إضافة إلى تقييم البعض من مصادرها المختلفة والمتعددة.

الفصل الثاني

الطاقة الحرارية الارضية

تمهيد:

الطاقة الحرارية الأرضية، التي تتكون من استخراج الطاقة الموجودة في الأرض لإنتاج الكهرباء أو الحرارة، والتي لها مزايا محددة مهمة: التوفير في الوقود الأحفوري، والموارد المستقرة، وحماية البيئة والطاقة والأداء الاقتصادي، وإنتاج الطاقة المحلية.

لقد وصلت الطاقة الحرارية الأرضية إلى مرحلة النضج التي تسمح الآن بتنفيذها في ظل الظروف الفنية والاقتصادية ذات الصلة تعتمد الطاقة الحرارية الأرضية منخفضة الطاقة على الاستخدام المباشر للحرارة من المياه المستخرجة من طبقات المياه الجوفية العميقة الأقرب إلى السطح التي تكون موجودة على أعماق تتراوح بين 10 و200 متر تكون درجة الحرارة بشكل عام أقل من 30 درجة مئوية، وهذه طاقة حرارية جوفية منخفضة للغاية يمكن استخدامه لضمان احتياجات الحرارة أو التبريد. في هذه الأعماق، تكون درجة الحرارة منخفضة جداً لاستخدام الحرارة مباشرةً، لذلك عليك استخدام مضخة حرارية وهي آلة حقيقية لاستخراج السعرات الحرارية وجعلها في درجة حرارة كافية لتدفئة المبنى.

1.2 أصل حرارة الأرض

تأتي بعض الحرارة في القشرة الأرضية من داخل الأرض يتم تخزين كمية كبيرة من الحرارة في قلب وعباءة الكرة الأرضية يتم تبديد جزء ضئيل فقط من هذه الحرارة على السطح، خاصة في المناطق البركانية والزلزالية من ناحية أخرى، تأتي معظم الحرارة في القشرة من النشاط الإشعاعي لبعض الصخور التي تتكون منها يمثل اضمحلال العناصر المشعة وحدها أكثر من 90٪ من تدفق حرارة الأرض، ويبدو أن نسبة 10٪ المتبقية من تدفق الحرارة ترجع إلى:

- الحرارة المنبعثة من تفاعل كيميائي طارد للحرارة داخل القشرة .
- الاحتكاك بالصدوع الناتجة عن التوترات التكتونية .
- الحرارة الناتجة عن التبلور أو تصلب الصخور المنصهرة أثناء التبريد.

2.2 مبدأ الطاقة الحرارية الارضية :

الطاقة الحرارية الأرضية هي الطاقة المستخرجة من الحرارة في الأرض لإنتاج الكهرباء أو توفير الحرارة مباشرة، إنها صديقة للبيئة ومتجددة واقتصادية وقبل كل شيء آمنة لصحة الإنسان، الأسباب التي سمحت لمختلف تطبيقات الطاقة الحرارية الأرضية، بما في ذلك التدفئة وتكييف الهواء، بتجربة التطور السريع في العديد من البلدان ومع ذلك، لا تزال مثل هذه التطبيقات غير معترف بها في الجزائر والعديد من البلدان الأخرى ذات الإمكانات الغنية بالطاقة الحرارية الأرضية، الحرارة الجوفية أو البرودة هي عملية استعادة الحرارة الحرارية من الماء أو التربة لاستخدامها في مجموعة متنوعة من التطبيقات السكنية والصناعية والتجارية.[6]

3.2 أنواع الطاقة الحرارية الارضية:

الطاقة الحرارية الأرضية تتكون الطاقة الحرارية الأرضية من تكييف الحرارة الموجودة في قشرة الأرض لإنتاج التدفئة أو الكهرباء نحن نميز ثلاثة أنواع من الطاقة:

1.3.2 طاقة حرارية أرضية منخفضة للغاية:

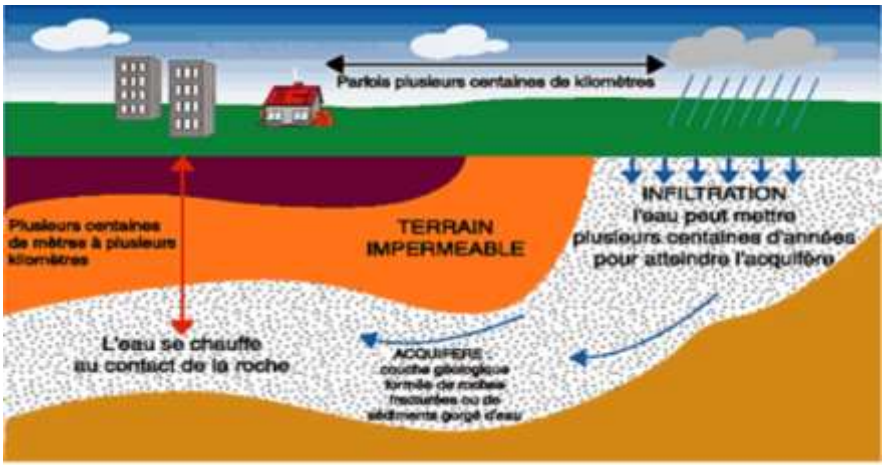
يتعلق باستخدام الحرارة من التربة الجوفية أو طبقات المياه الجوفية السطحية من 0 إلى 600 متر، مع درجة حرارة أقل من 30 درجة مئوية، إنها تستخدم بشكل أساسي للتدفئة

أي لتكييف الهواء وإمدادات المياه الساخنة المحلية، تعتمد التقنية على إضافة مضخة حرارية مرتبطة بأجهزة الاستشعار أو الآبار، يمكن استخدامه في جميع أنحاء العالم، وخاصة في الجزائر.[6]

الشكل 6 طاقة حرارية أرضية منخفضة للغاية [6]

2.3.2 طاقة حرارية أرضية منخفضة الطاقة :

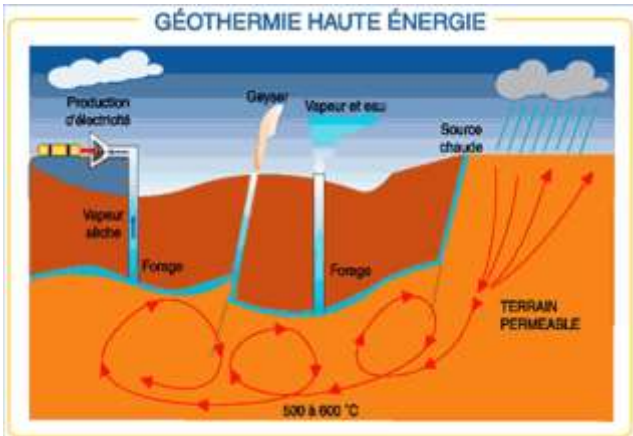
يتعلق باستغلال الرواسب الموجودة في أحواض رسوبية يتراوح عمقها بين 1500 و2500 متر وتتراوح درجة حرارتها بين 30 و90 درجة مئوية، يتم استخدامه في التدفئة المنزلية وبعض التطبيقات الصناعية، يمكن استخدامه في شمال الصحراء الجزائرية (ورقلة، غرداية، بسكرة)[6]



الشكل 7 طاقة الحرارية الجوفية منخفضة الطاقة [4]

3.3.2 طاقة حرارية أرضية عالية الطاقة :

يتعلق باستغلال الرواسب العميقة الواقعة على عمق يتراوح بين 1500 و3000 متر، مع درجة حرارة أعلى من 150 درجة مئوية. توجد في المناطق النشطة جيولوجيًا (المناطق البركانية أو الزلزالية). يتم ضخ مائع حرارة الأرض (بخار جاف أو رطب) من الخزان الجيوحراري العميق إلى السطح لاستخدامه في إنتاج الكهرباء هذا النوع من الطاقة الحرارية الأرضية غير موجود في الجزائر[6]



الشكل 8 طاقة حرارية أرضية عالية الطاقة[4]

4.2 إيجابيات وسلبيات الطاقة الحرارية الأرضية:

1.4.2 إيجابيات الطاقة الحرارية الأرضية :

طاقة متجددة فهي مصدر من مصادر الطاقة التي لا تنفذ للأجيال القادمة، طاقة نظيفة غير مضرة بالبيئة ولا تسبب أي تلوث سواء في استخراجها او تحويلها او استعمالها متوفرة بكميات كبيرة وفي مساحات الشاسعة ولأغلب بلدان العالم[7]

2.4.2 سلبيات الطاقة الحرارية الأرضية:

ارتفاع تكلفة إقامة محطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية، صعوبة حفر ابار سحيقة وسط درجات حرارة مرتفعة جدا خطر انبعاثات الغازات الضارة أو السامة[7]

5.2 الطاقة الحرارية الجوفية حول العالم:

تعد الطاقة الحرارية الأرضية واحدة من أهم أولويات العالم كمصدر بديل لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري في جميع أنحاء العالم والقضايا البيئية مثل انبعاثات غازات الدفيئة العالمية حيث قدر تقييم موارد الطاقة الحرارية الأرضية في العالم أن حوالي 68٪ من إجمالي الموارد بها درجات حرارة أقل من 130 درجة مئوية، وهي مناسبة لتطبيقات الاستخدام المباشر، وبقية الحصة 32٪ بها درجات حرارة أعلى من 130 درجة مئوية، وهي مناسبة للطاقة حيث يُصنف استخدام الطاقة الحرارية الأرضية بناءً على درجة حرارة إلى مجموعتين .[8]:

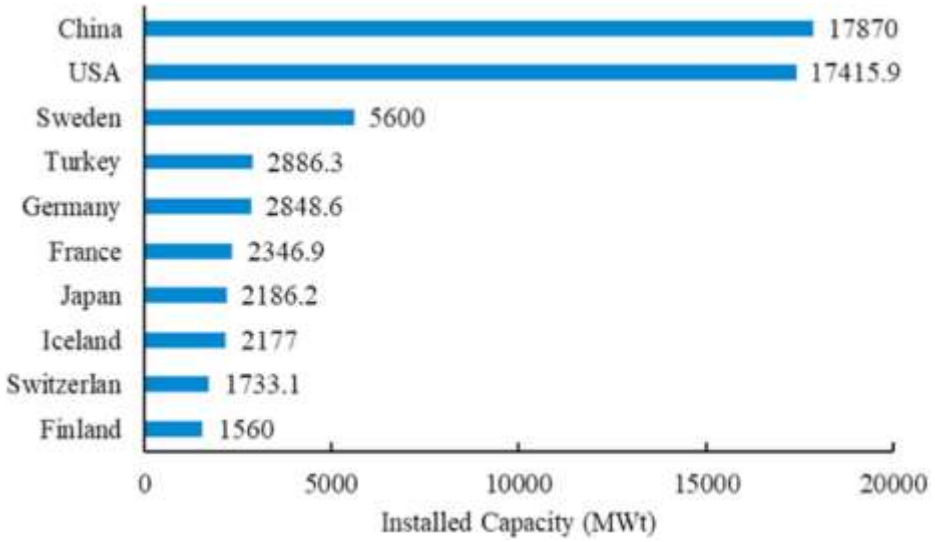
1-الاستخدام المباشر

2-توليد الطاقة

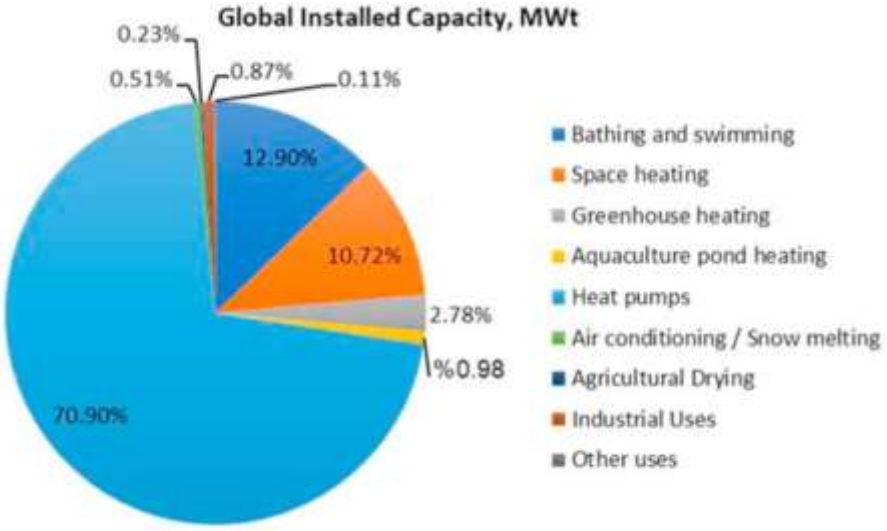
1.5.2 مجموعة الاستخدام المباشر:

تتشكل من 82 دولة أبلغت عن استخدام مباشر للطاقة الحرارية الأرضية بقدرة مركبة تقدر بـــ 70.885 ميغاوات على مستوى العالم، بمعدل نمو 7.9٪ سنوياً. إن استخدام الطاقة الحرارية في جميع أنحاء العالم، المقدر بـــ 592،638 تيرا جول / سنة، ينمو بمعدل مركب يبلغ 6.9٪ سنوياً.

الدولة الرائدة في الاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الأرضية هي الصين بقدرة حرارية مركبة تبلغ 17،870 ميغاوات تمثل 25.2٪ من السعة العالمية حيث تم تحديد تسع فئات للاستخدام المباشر، وهي المضخات الحرارية، والاستحمام والسباحة، وتدفئة المساحات، وتدفئة البيوت الزجاجية، وتربية الأحياء المائية، والاستخدامات الصناعية، وتبريد المساحات، وذوبان الجليد، وتجفيف المحاصيل الزراعية، واستخدامات أخرى. يظهر في الشكل أكبر 10 بلدان في الاستخدام المباشر وتوزيع تطبيقات الاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الأرضية في جميع أنحاء العالم. [8]



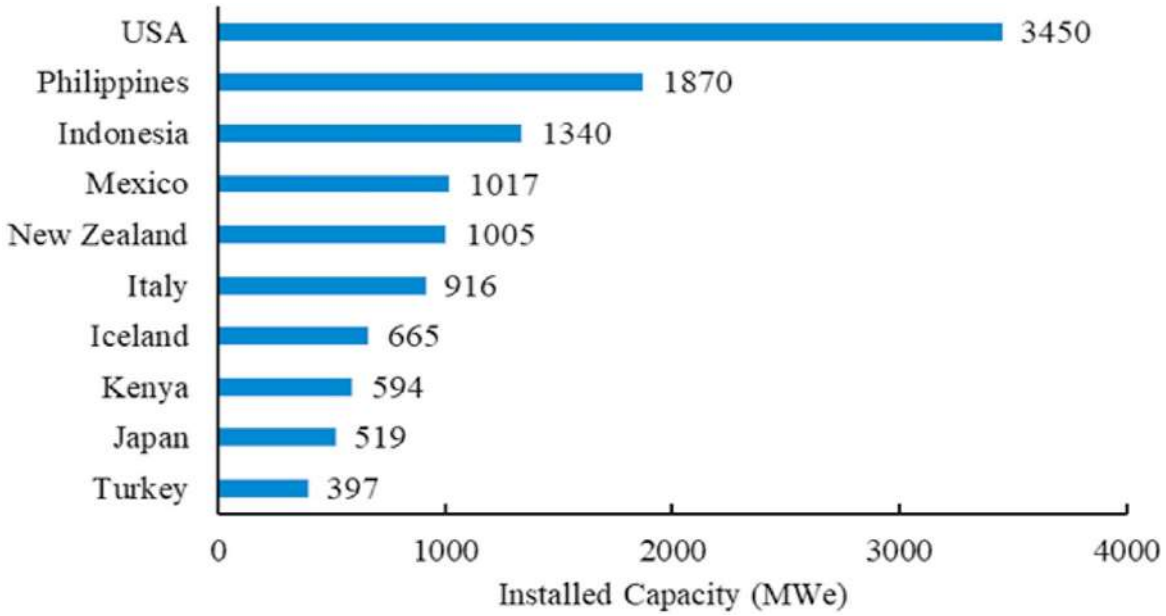
الشكل 9 أفضل 10 دول في الاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الأرضية في العالم[8]



الشكل 10 توزيع السعة المثبتة في جميع أنحاء العالم لتطبيقات الاستخدام المباشر[8]

2.5.2 مجموعة توليد الطاقة:

هناك ما يقارب من 26 دولة تستخدم الطاقة الحرارية الأرضية لإنتاج الكهرباء مع قدرة تقديرية عالمية لتوليد الطاقة الحرارية الأرضية تبلغ 12.729 ميغاوات كهربائية. الدولة الرائدة في إنتاج الطاقة الحرارية الأرضية هي الولايات المتحدة الأمريكية بقدرة مركبة 3450 ميغاواط تمثل 28.8٪ من السعة العالمية. [8]



الشكل 11 فضل 10دول في اعالم في مجال توليد الطاقة الحرارية الارضية[8]

6.2 استغلال الطاقة الحرارية الجوفية في الجزائر:

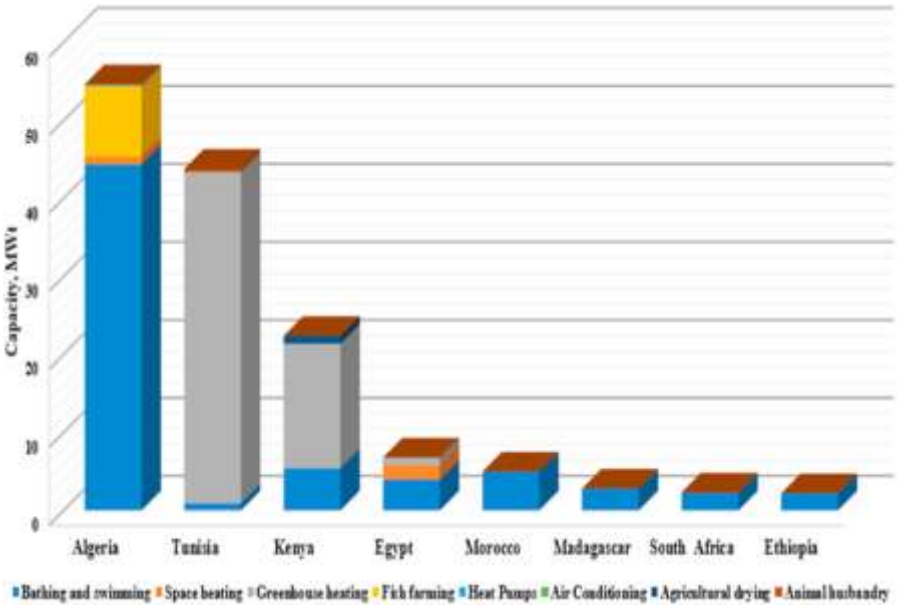
تتمتع الجزائر بإمكانيات كبيرة في مجال الطاقة الحرارية الأرضية على الرغم من أن معظم موارد الطاقة الحرارية الأرضية ذات محتوى منخفض نسبياً، وهو غير مناسب لتوليد الكهرباء، إلا أنه لا يزال مناسباً لأغراض التسخين المباشر.

الجزائر هي الدولة الرائدة في الاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الجوفية في أفريقيا، كما هو موضح في الجدول، مع 54.64 ميغاوات.

الطاقة الحرارية المركبة واستخدام الطاقة السنوي 1699.65 تيرا جول / السنة كما يوضح الشكل توزيع الاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الأرضية حسب البلد في إفريقيا، مشيراً إلى أن أكثر من 39٪ من السعة الحرارية المركبة تقع في الجزائر. [9]

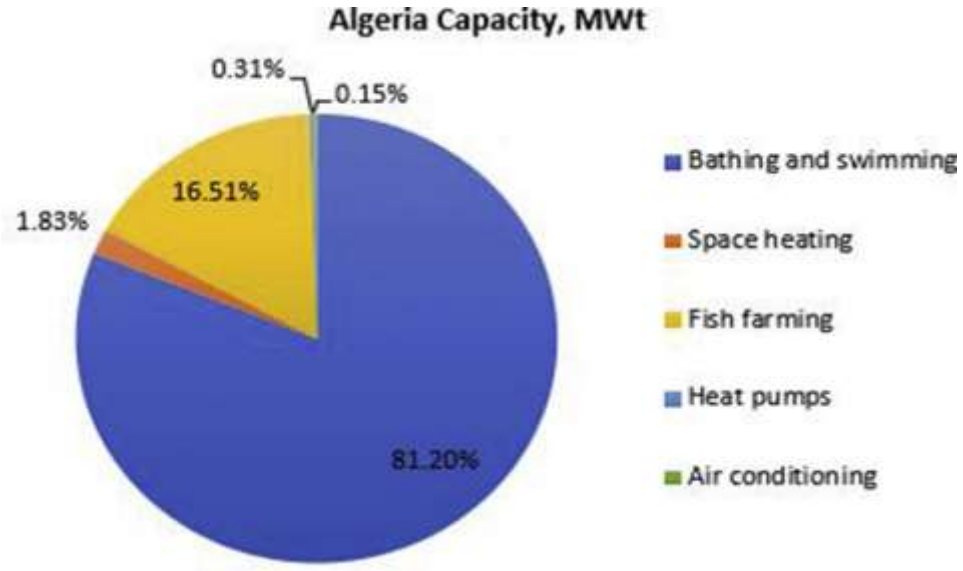
الجدول 1 يمثل قدرة الطاقة الحرارية الأرضية المثبتة للاستخدام المباشر في إفريقيا[8]

TJ / السنة	MW	دولة
1699.65	54.64	**الجزائر**
88.00	6.80	**مصر**
041.6	2.20	**أثيوبيا**
182.62	22.40	**كينيا**
75.59	2.81	**مدغشقر**
50.00	5.00	**المغرب**
37.00	2.30	**جنوب أفريقيا**
364.00	43.80	**تونس**
2538	140	**المجموع**



الشكل 12 توزيع القدرة المركبة للاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الأرضية حسب البلد في إفريقيا[8]

ان مجال الاستخدام الرئيسي للطاقة الحرارية الجوفية في الجزائر هو العلاج بالمياه المعدنية والذي يمثل حوالي 82٪ (44.37 ميغاوات طن) من إجمالي استخدام الطاقة الحرارية الأرضية (54.64 ميغاوات طن)، لذلك يتم استخدام 18٪ فقط (10.28 ميغاوات طن) لتطبيقات أخرى مثل الفضاء التدفئة والمضخات الحرارية وتربية الأسماك كما هو مبين في الشكل توفر الأقسام الفرعية التالية مزيداً من التفاصيل حول استخدام الطاقة الحرارية الأرضية في الجزائر لكل فئة



الشكل 13 توزيع إجمالي القدرة المركبة للطاقة الحرارية الجوفية في الجزائر[8]

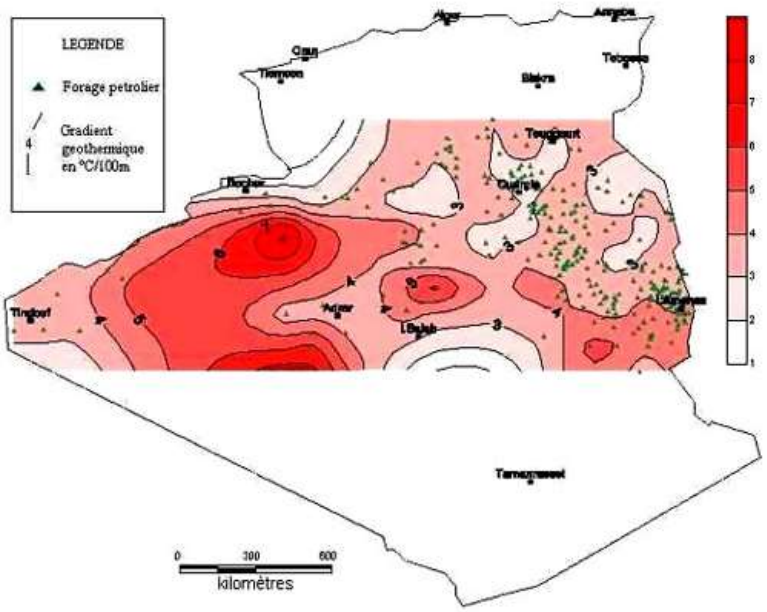
7.2 استغلال الطاقة الحرارية الجوفية في الجنوب الجزائري:

في عام 1992، تم اختيار موقعي ورقلة وتقرت الواقعين في شمال شرق الصحراء الجزائرية، من أجل التحقيق التجريبي في أنظمة التدفئة الحرارية الأرضية في البيوت البلاستيكية. تم تنفيذ هذا المشروع بإشراف باحثين من مركز تنمية الطاقات المتجددة الجزائري. تم تركيب 18 صوبة بمساحة إجمالية لزراعة البطيخ والطماطم. $7200m^2$ تم استخدام المياه الحرارية الجوفية في ألبان عند 57 درجة مئوية لتسخين الدفيئات، وللحفاظ على درجة الحرارة الداخلية عند 12 درجة مئوية على الأقل. ومع ذلك، لا يزال استغلال الطاقة الحرارية الأرضية لتدفئة الدفيئة محدوداً للغاية مقارنة بالإمكانيات الكبيرة لموارد الطاقة الحرارية الأرضية في منطقة الصحراء.[8]

8.2التدرج الجيوحراري:

كثافة التدفق هي التدفق الحراري لكل وحدة مساحة وبصفة عامة فإن التدفق الحراري يعادل كثافة التدفق ويختلف هذا التدفق مع:

سماكة الصفيحة: عندما تكون اللوحة رقيقة، يزداد التدفق عمر الغلاف الصخري: كلما كان الغلاف الصخري أصغر سناً، كان التدفق أعلى بإنتاج الحرارة في القشرة: يزداد التدفق مع تركيز العناصر المشعة.[9]



الشكل 14 خريطة التدرج الجيوحراري لجنوب الجزائر[9]

9.2 أهم استخدامات الطاقة الحرارية الجوفية في الجنوب الجزائري:

1.9.2 الصوبات الزراعية:

تستخدم الصوبات الزراعية في زراعة النباتات للوصول إلى جودة أفضل وحمايتها من التأثيرات البيئية الطبيعية مثل الرياح أو الأمطار، اذ يعتبر الإنتاج الزراعي في الصوبات الزراعية أحد أكثر القطاعات ربحية نظراً لإنتاجه المرتفع جداً، والذي يزيد بمقدار 10 إلى 20 مرة عن البستنة الخارجية. لهذا فان استخدام الطاقة الكهربائية لأنظمة التدفئة والتبريد

للتحكم في درجة الحرارة في مجال إنتاج الصوبات الزراعية مرتفع جداً يؤدي إلى ارتفاع تكاليف الإنتاج وتكاليف المنتج.

فعند التفكير في الزيادة المستمرة في تكلفة الطاقة، يجب تقليل الطلب الخارجي على الطاقة إلى خفض إجمالي تكلفة التشغيل السنوية لحل هذه المشكلة، تم استخدام مصادر الطاقة المتجددة لأنظمة تكييف الهواء، ويستمر تطوير العديد من أنظمة تكييف الهواء الموفرة للطاقة في الصوبات.[10]

الشكل 15 صور الدفيئة في المزرعة[10]

خلاصة الفصل الثاني:

في هذا الفصل تحدثنا المصدر الوحيد للطاقة المتجددة الذي يمكن استخدامه لتوليد الكهرباء وتوفير الحرارة من خلال تلبية معايير أساسية معينة، تعد الطاقة الحرارية الأرضية مصدراً للطاقة المتجددة، والتي، وفقًا للمتخصصين ضرورية لمواجهة تحديات الطاقة القادمة في الواقع، فهي طاقة متوفرة بشكل مستمر (ليلاً ونهاراً) ولا تعتمد على العوامل المناخية ، وبيئية لأنها لا تنتج غازات الدفيئة، على عكس الغاز أو الفحم أو النفط والتي يمكن أن تكون متقلبة للغاية اليوم، تعد الاستثمارات في تركيب أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية هي الأكثر ربحية مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى.

الفصل الثالث

المبادلات الحرارية

تمهيد:

المبادلات الحرارية عبارة عن أجهزة تهدف إلى تعزيز التبادل الحراري بين سائلين، دون اختلاط السوائل. يتمثل المبدأ الأكثر عمومية في جعل سائلين يدوران عبر قنوات تضعهما في اتصال حراري. بشكل عام، يتم وضع السائلين في تلامس حراري من خلال جدار غالبًا ما يكون معدنيًا، مما يعزز التبادل الحراري. لدينا بشكل عام سائل ساخن يبعث الحرارة إلى سائل بارد

لضمان هذا التبادل الحراري بشكل فعال، يتم تشغيل واحد على الأقل من السوائل (مضخة، مروحة). لزيادة هذا التبادل، وبالتالي نقل الطاقة، قد يكون من الضروري استخدام تغيير الطور (المكثفات، المبخرات، الغلايات، إلخ) وهو نظام شائع الاستخدام في الآلات الحرارية أو أنبوب الحرارة.

1.3 تعريف المبادلات الحرارية:

المبادلات الحرارية هي الأجهزة التي يحدث فيها التبادل الحراري بين سائلين عند درجات حرارة مختلفة دون خلط. داخل المبادل الحراري، يمكننا أن نجد الأنماط الثلاثة للتبادل الحراري، التوصيل الحراري وهو انتشار الحرارة، من جزيء إلى جزيء، في الجسم أو في عدة ذرات متراكبة وغير عاكسة؛ الحمل الحراري، والذي يتميز بانتشار ونقل الحرارة عن طريق تحريك الجزيئات التي تسخن عند ملامستها لجسم ساخن وتنقل هذه الطاقة الحرارية لإعطائها لجسم بارد والإشعاع حيث يتم نقل الحرارة بواسطة الاهتزازات الكهرومغناطيسية التي تنتشر في خط مستقيم دون أي وسيط. [11]

2.3 الأنواع الرئيسية للمبادلات الحرارية:

يمكن تصنيف المبادلات الحرارية إلى ثلاث عائلات رئيسية مذكورة أدناه :[11]

1.2.3المبادلات الحرارية المختلطة:

هي عبارة عن مبادلات حرارية يكون فيها السائل مختلط بشكل وثيق أي يحدث علئ مستواها اتصال مباشر كما تتضمن بعض التطبيقات شكلاً من أشكال "خلط" السائلين أجهزة إزالة الحرارة بالبخار

مزيلات الغاز

أبراج التبريد بالحمل الحراري الطبيعي أو القسري

تطهير بالونات [12]

2.2.3 المُجددات أو مبادلات حرارية دفعة:

يعمل سطح التبادل بالتناوب مع السائل البارد والسائل الساخن، بحيث تنتقل الحرارة من غاز ساخن إلى غاز بارد من خلال أسطوانة دوارة من صفائح معدنية مُجمّعة بكثافة.

يتم تجميع هذه الشرائح في حاويات وتدور ببطء في تيار غاز واحد والآخر يتدفق الغاز الساخن على سطح الصفائح المعدنية، مما يرفع درجة حرارتها عندما يدور الدوار دورة واحدة في الدقيقة، تتحرك الزعانف الم هذه مبادلات يتم فيها تنظيم التخزين المؤقت لحرارة

مائع التسخين قبل نقلها إلى السائل المسخن، يتم فيها ملام سخنة في تيار الغاز البارد، مما يزيد من درجة حرارته، هذا النوع من المبادلات الحرارية مخصص للتطبيقات على نطاق واسع

3.2.3 المبادلات المستمرة:

يدور السائلين يدوران بشكل مستمر على جانبي سطح التبادل والمتمثلة فيما يلي

المبادلات الأنبوبية

المبادلات الحرارية الصفائح

المبادلات الحرارية ذات الزعانف

3.2.3. 1/ المبادلات الأنبوبية:

يتكون المبادل الحراري الأنبوبي البسيط من أنبوبين أسطوانيين متحدي المحور بحيث يدور سائل واحد (عادة ما يكون ساخناً) في الأنبوب الداخلي، والآخر في الفراغ بين الاثنين أنابيب يحدث انتقال الحرارة من السائل الساخن إلى السائل البارد من خلال الجدار الذي يتكون منه الأنبوب الداخلي. وهي تتكون من أنابيب يشكل جدارها سطح التبادل. إما أن يكون لديهم أنبوب مفردة (ملف)، إما أنبوبان متحد المحور (مبادلات ثنائية الأنبوب)، أو حزمة من الأنابيب[12]

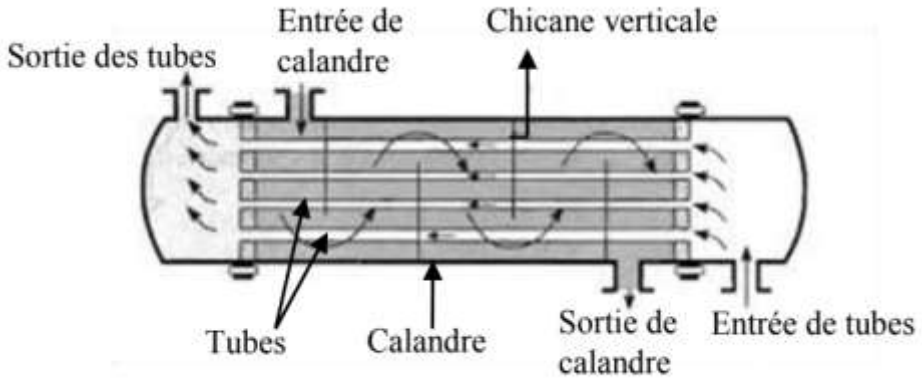
المبادلات الحرارية المزدوجة

الشكل 16 مبادلات الحرارية الحالية المتوازية

الشكل 17 مبادلات الحرارية للتيار المعاكس

المبادلات الحرارية ذات الحزمة الأنبوبية:

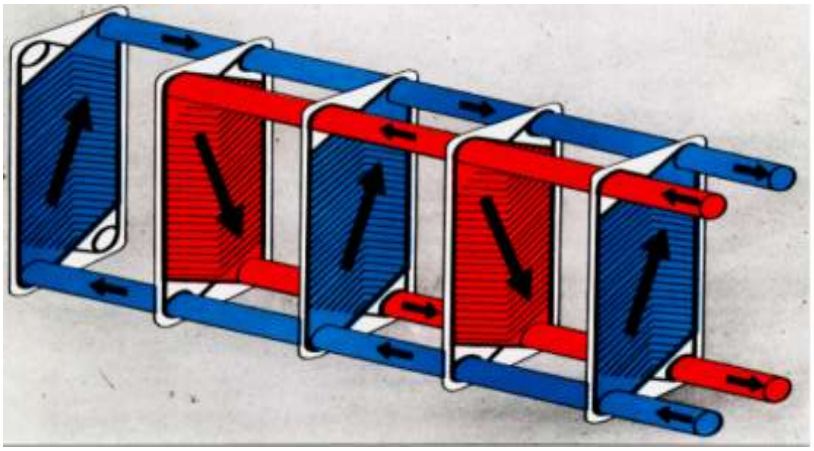
من الترتيبات الأكثر شيوعاً استشهد بالحزمة المستقيمة والحزمة والأخيرة مناسبة بشكل أفضل لتدرجات درجات الحرارة المرتفعة لأنها تسمح بالتمدد الحر للأنابيب. مسار السائل في الغلاف وإلى زيادة التدفق المتبادل لا توجد قواعد عامة لتحديد الترتيب النسبي للدوائر الساخنة والباردة، بل سيتم تدوير السائل الساخن في الأنابيب إذا أراد المرء الحد من فقد الحرارة؛ وبالمثل، يوصى بالدوران في الأنابيب إذا كان سائلًا عدوانيًا. غالبًا ما تكون المواد المستخدمة في تصنيع الأنابيب معدنية (فولاذ، نحاس أصفر). يتطور السيراميك في دوران السوائل عند درجات حرارة عالية، كما يتم استخدام الأنابيب البلاستيكية (عادة ما تكون صغيرة جدًا في القطر)، إما في حزم أو مدمجة في ألواح رفيعة تعمل بمثابة مواد تقوية. [11]



الشكل 18 رسم تخطيطي لمبادل حزم الأنبوب[12]

2.3.2.3 المبادلات الحرارية الصفائح:

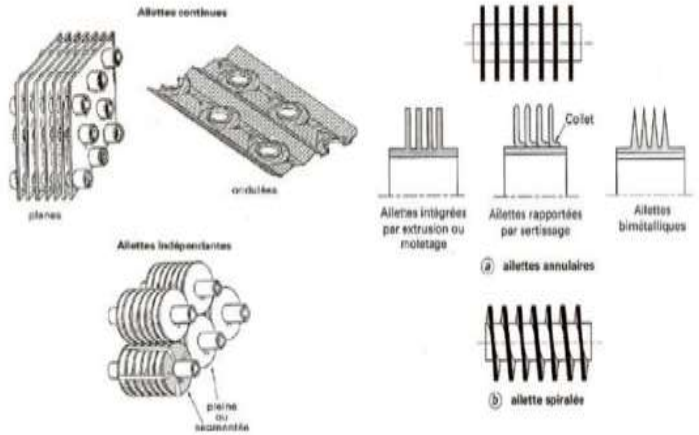
تتكون المبادلات الحرارية للصفائح من صفائح مشكلة تشكل خلاياها المسارات التي تسلكها السوائل. يتم تجميع الألواح بحيث يتدفق السائل بينها يتم ضمان توزيع السوائل بين الألواح بواسطة مجموعة من الأختام بحيث يتم إرسال كل من السائلين بالتناوب بين مسافتين متتاليتين وهكذا يمكن للسوائل أن تتبادل الحرارة من خلال الألواح الميزة الرئيسية لهذا النوع من المبادلات الحرارية هي انضغاطها في الواقع، يمكننا أن نرى بوضوح أن هذا الجهاز يسمح بسطح تبادل كبير بحجم محدود، وهو أمر مفيد بشكل خاص أثناء الاستخدامات التي تتطلب طاقة عالية



الشكل 19 مبدا عمل المبادلات الحرارية للوحة[12]

3.3.2.3 المبادلات الحرارية ذات الزعانف:

تعمل هذه الأنابيب على تحسين معامل التبادل الحراري حيث تم إعطاء رقم نوسالت من كما أنها تستخدم في المبخرات والمكثفات



الشكل 20 رسم تخطيطي لمبادل حراري ذو زعانف

4.3 مبادلات تغيير الطور "المرحلة":

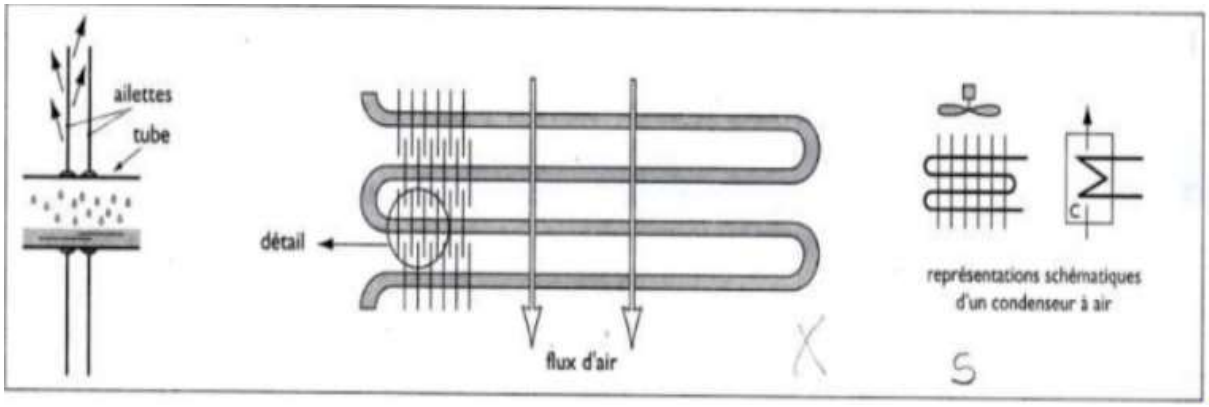
مبادلات تغيير الطور هي مبادلات تغير الحالة الفيزيائية للسائل هناك اثنان نذكر منهم المكثف والمبخر

1.4.3 المكثفات:

المكثفات هي في معظم الحالات أجهزة حزمة أنبوبية بنيت وفق نفس مخططات المبادلات، بحيث تظل جميع الخصائص الهندسية للأخيرة سارية. إنه مبادل يقوم فيه المبرد بنقل الحرارة المنبعثة من تغير الطور (التكثيف) إلى السائل المسؤول عن إزالة هذه الحرارة: يمكن أن يكون هذا السائل هواء أو ماء. [12]

1.4.3. 1/ مكثف الهواء:

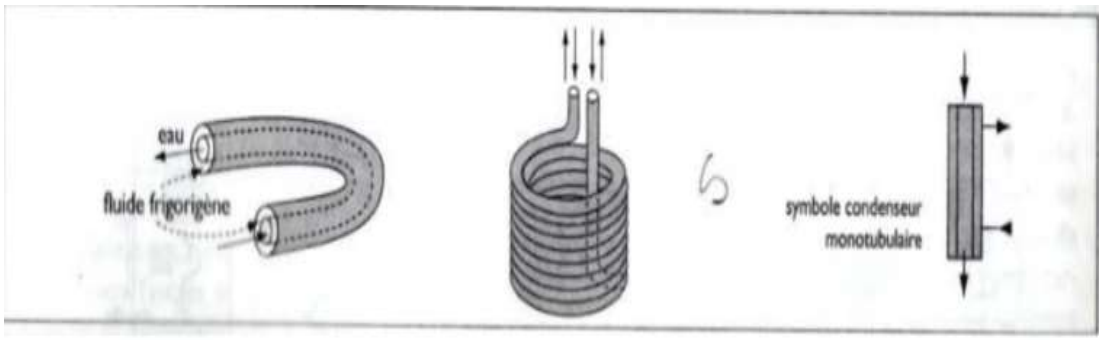
تبريد الهواء يقتصر التبادل الحراري بالحمل الحراري حيث يكون الأنبوب مزود بزعانف تزيد من سطح التبادل وبذلك ينبض تدفق الهواء بواسطة مروحة مما يخلق تدفقًا مضطربًا ملائمًا للحمل الحراري



الشكل 21 مكثف هواء

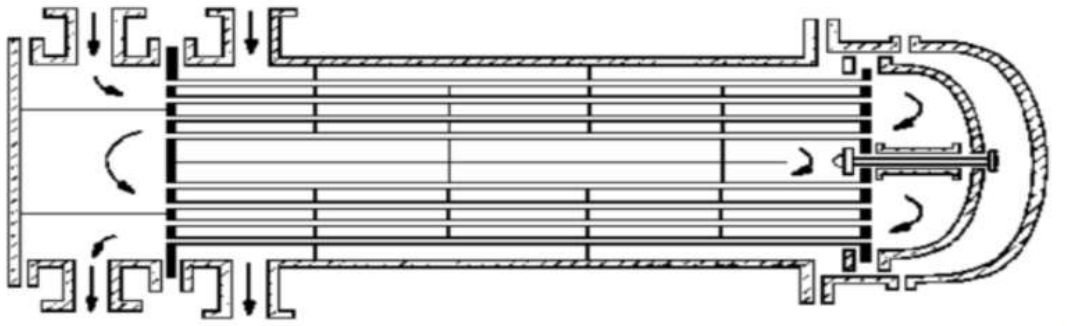
2.1.4.3 / مكثف الماء:

يحدث التبادل الحراري بين أنبوبين متحدي المركز حيث يتم عبور الأنبوب الداخلي بواسطة مادة التبريد، والأنبوب الخارجي عن طريق مياه التبريد يتم لف الأنبوبين حلزونياً لتوفير المساحة.



الشكل 22 مكثف أنبوب متحدة المركز[10]

في المكثف متعدد الأنبوب، يتم عبور حزمة الأنبوب بمياه التبريد حيث يتكثف المبرد على سطح الأنابيب ثم يتجمع في الجزء السفلي من الوحدة في المرحلة السائلة يمكن أن يكون الماء المستخدم لإزالة الحرارة الناتجة في المكثف عن طريق تغيير حالة المبرد ماء معاد تدويره ينقل الحرارة المنقولة: في مبرد جاف، يسمى أيضاً برج التبريد، يعمل في دائرة مفتوحة أو دائرة مغلقة، أو مبادل جاف (مبرد جاف) [12]



الشكل 23 مكثف متعدد الأنبوب[10]

2.4.3 المبخرات:

وهو عبارة عن مبادل حراري يأخذ الحرارة المنقولة بواسطة السائل المراد معالجته، لإعطاء، بعد نقله إلى مادة التبريد، تبخيراً لهذا الأخير هناك مبخرات الهواء والماء[12]

1.2.4.3 / مبخر الهواء:

وهو يتألف من أنبوب منحني (طاقات منخفضة)، أو بطارية من الأنابيب متصلة بجامع للحصول على طاقة أعلى. الأنابيب متداخلة في طبقات متتالية، وتعمل الزعانف على تعزيز التبادل وتضمن تدفق الماء الناتج عن تكثيف بخار الماء الموجود في الهواء المراد معالجته.

2.2.4.3 / مبخر الماء:

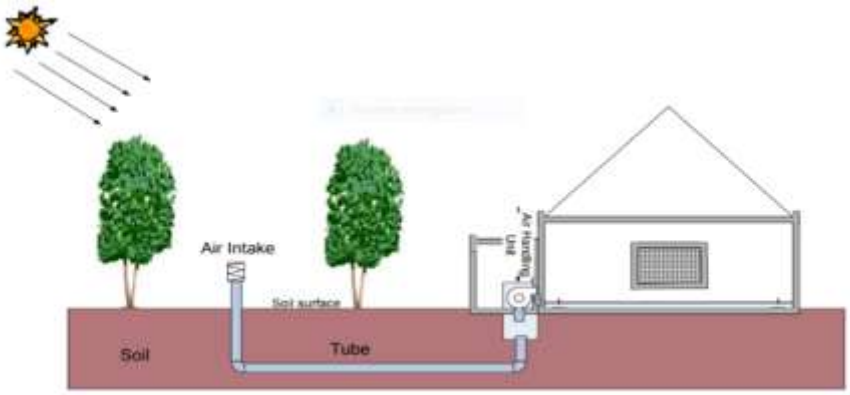
إنه من نوع حزمة الأنبوب، يتم اجتيازه إما بواسطة المبرد؛ في هذه الحالة، يدور السائل المراد معالجته في الظرف إما من خلال السائل المراد معالجته؛ في هذه الحالة، يدور المبرد في الظرف.

5.3 أنواع مختلفة من المبادلات الحرارية:

1.5.3 المبادل الحراري هواء / الأرض:

المبادل الحراري للهواء الأرضي هو نظام تبريد تحت الأرض يستخدم درجة حرارة الأرض للتبريد المسبق أو هواء التهوية المسبق في الصيف والشتاء على التوالي. أثبتت الأبحاث أن درجة حرارة التربة تحت السطحية أقل من درجة حرارة الهواء المحيط في الصيف وأعلى من درجة حرارة الهواء المحيط في الشتاء، وذلك نتيجة لارتفاع الكتلة الحرارية للتربة التي تخزن نسبة عالية من الحرارة المكتسبة على أساس يومي إلى أقل من 30 سم أدناه. يمكن استخدام فرق درجة الحرارة بين الهواء والتربة للتبريد المسبق أو التسخين المسبق لإمداد هواء التهوية باستخدام مبادل حراري أرضي هواء، والذي يتكون من أنابيب مدفونة تحت سطح الأرض يتم من خلالها تدوير هواء التهوية تم تحديد إمكانات المبادل الحراري الأرضي والهواء في المناخات المعتدلة في أوروبا، ولكن لم يتم إجراء الكثير من الأبحاث في المناخات الحارة بسبب الادعاء بأن الإمكانات منخفضة بسبب ارتفاع درجة حرارة التربة في الصيف ومع ذلك، يمكن تحسين إمكانات النظام في المناخات الحارة باستخدام

استراتيجيات تبريد التربة المختلفة لخفض درجة حرارة التربة تحت السطحية الطبيعية مثل التظليل والري وما إلى ذلك. [13]



الشكل 24 تبادل الحراري بين الأرض والهواء[13]

2.5.3 المبادل الحراري ماء/ الأرض:

تستخدم أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية الضحلة الحرارة من الأرض أو المياه السطحية كمصدر للطاقة، والمعروفة باسم الطاقة الحرارية الجوفية الضحلة هذا النوع من الأنظمة هو الأكثر انتشاراً في العالم وتشمل مجالات التطبيق تدفئة وتبريد المساكن الفردية أو الجماعية أو الثالثة تتطلب أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية الضحلة مزيجًا من مضخة حرارية وأجهزة استشعار أو مجسات لالتقاط الحرارة من الطابق السفلي[14]

1.2.5.3المضخة الحرارية :

تستخدم المضخة الحرارية الدورة الديناميكية الحرارية لسحب الحرارة من الأرض أو الماء أو الهواء. فينقل المستشعر الحرارة المسحوبة من الأرض إلى الفضاء المراد تسخينه عن طريق إمداد جهاز إرسال أو تدوير للسائل وهذا لنقل الحرارة كما تستخدم المضخات الحرارية بشكل أساسي لزيادة درجة حرارة مصدر الحرارة بفضل مادة التبريد التي تكون سائلة بشكل عام. بغض النظر عن مصدر الحرارة الطبيعي المستخدم، توجد مضخة حرارية مناسبة في الطاقة الحرارية الأرضية، من بين مضخات الحرارية المستخدمة نجد[12].

المضخة الحرارية ماء/ماء:

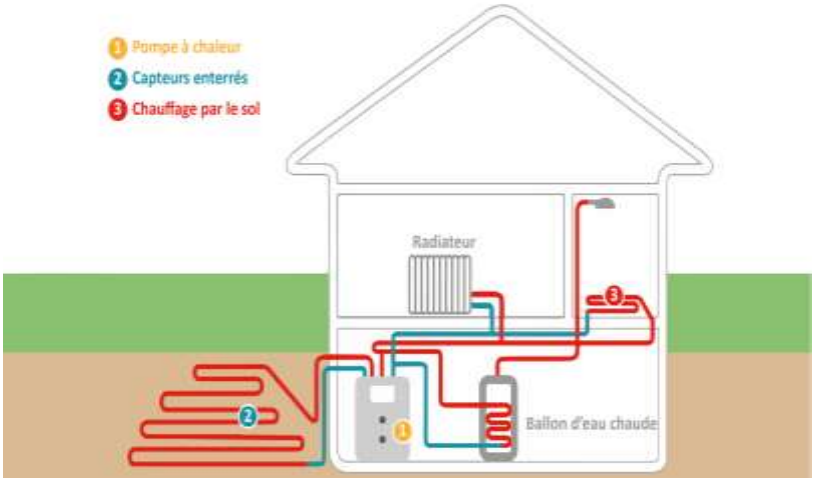
تسمى أيضاً مضخة حرارة السوائل الوسيطة في هذا النظام، يدور المائع عبر أجهزة الاستشعار وينقل السعرات الحرارية المستردة من الأرض إلى دائرة الإرسال التي تحتوي على المائع

المضخة الحرارية تربة / الماء:

تسمى أيضاً مضخة الحرارة المختلطة في هذا النظام، يدور المبرد (الغاز) في المستشعرات وينقل السعرات الحرارية المستردة من الأرض إلى الدائرة الباعثة التي تحتوي على الماء

المضخة الحرارية تربة/تربة:

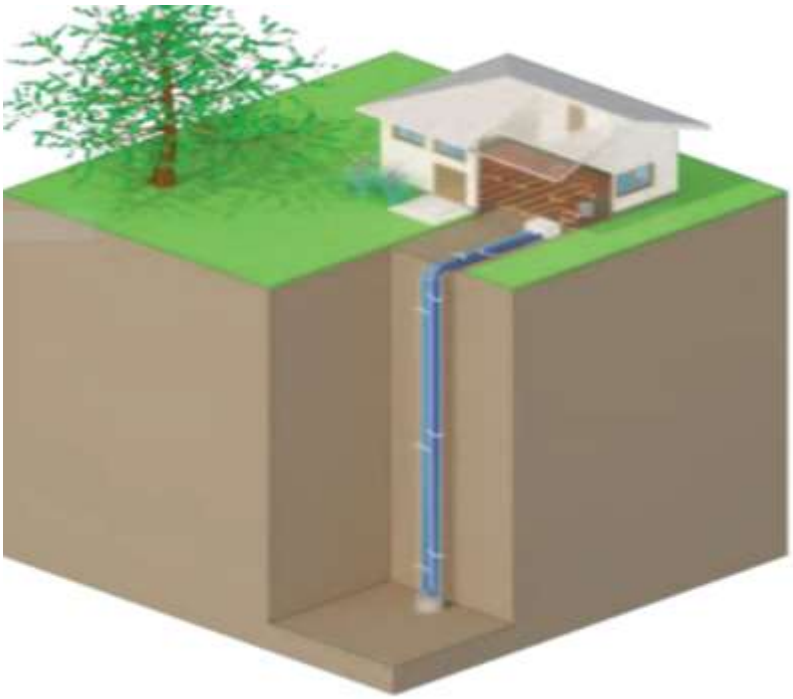
تسمى أيضاً المضخة الحرارية للتمدد المباشر. في هذا النوع من المضخات الحرارية، يدور المبرد (الغاز) في جميع أنحاء النظام، في أجهزة الاستشعار وأجهزة الإرسال.



الشكل 25 مبدأ عمل المضخة الحرارية[14]

2.2.5.3 المبادلات الحرارية العمودية:

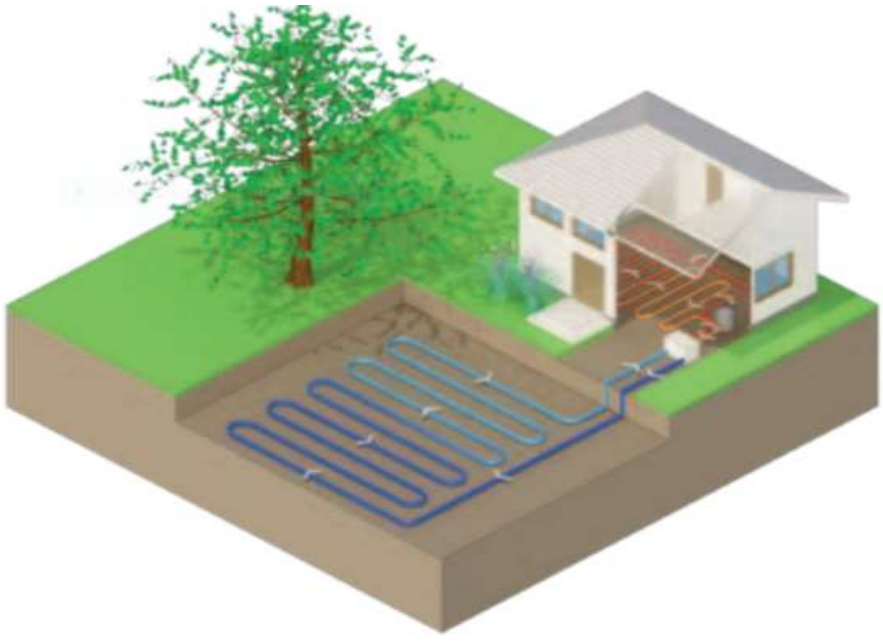
المبادل الحراري العمودي هو عبارة عن أنبوب على شكل حرف U، يحتوي على مائع نقل الحرارة، يتم إنزاله في حفرة بئر عادة ما تكون مختومة بالإسمنت. يختلف طول وعدد المبادل وفقًا للاحتياجات هذا النوع من التبادل مناسب للمنازل والمجمعات السكنية الصغيرة أو مباني المكاتب[14].



الشكل 26 مبادل حراري عمودي[14]

3.2.5.3 المبادلات الحرارية الافقية:

المبادلات الأفقية هي عبارة عن مجموعة من أنابيب مدفونة أفقياً على عمق معين يدور فيها سائل نقل الحرارة كما يختلف السطح المطلوب عموماً. هذه التقنية مخصصة في المقام الأول للمنازل. [14].



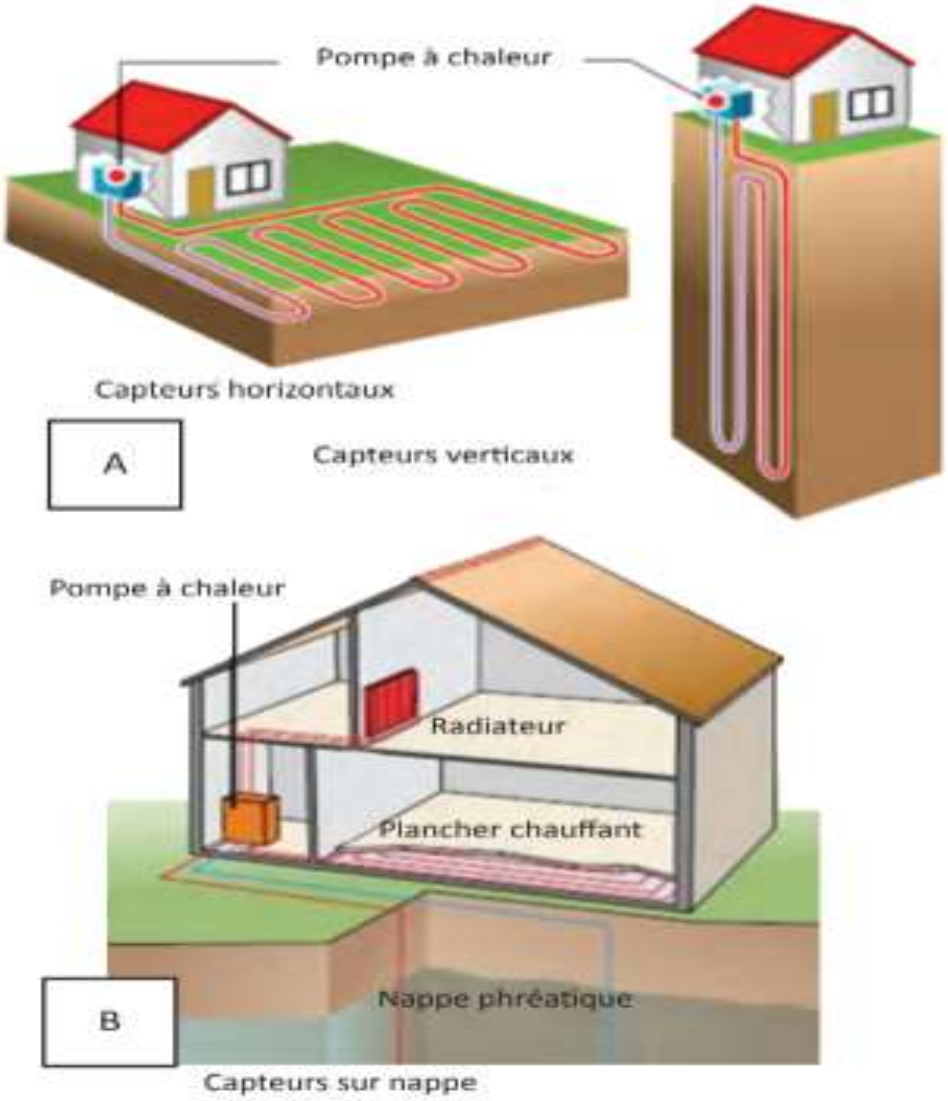
الشكل 27 مبادل حراري افقي[14]

4.2.5.3 أنظمة الحلقة المغلقة:

في أنظمة الحلقة المغلقة (A) توضع المستشعرات أفقياً ضحلة في الأرض (من عمق 1 إلى 2 متر) أو عمودياً في حفرة بئر (بعمق 50 إلى 250 متراً). يدور محلول ماء مضاد للتجمد عبر المستشعرات. وبالتالي، يتم التقاط الحرارة من الأرض في الشتاء وتنطلق هناك في الصيف على عكس المستشعرات العمودية، تعد المستشعرات الأفقية أكثر ملاءمة للمنازل التي توجد بها مساحات كبيرة قريبة. [12].

5.2.5.3 أنظمة الحلقة المفتوحة:

أنظمة الحلقة المفتوحة (B) تستخدم المياه الجوفية من طبقات المياه الجوفية الضحلة ذات درجة حرارة ثابتة (12 درجة مئوية) كمصدر للحرارة. تتطلب هذه التقنية بئرين للطاقة الحرارية الأرضية (أحدهما للضخ والآخر لإعادة الحقن) يمكن أن يبلغ عمق كل منهما عدة عشرات أو مئات الأمتار بعد المرور عبر المضخة الحرارية، يتم استخدام الحرارة الملتقطة لاحتياجات التدفئة أو التبريد. [12].



الشكل 28 أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية الضحلة نظام الحلقة المغلقة A نظام الحلقة المفتوحة B[14]

خلاصة الفصل الثالث:

تُستخدم المبادلات الحرارية بشكل أساسي في القطاعات الصناعية الكيماويات والبتروكيماويات والصلب والأغذية الزراعية وإنتاج الطاقة وما إلى ذلك في النقل السيارات والطيران، وأيضاً في القطاع السكني لأغراض (التدفئة، تكييف الهواء، إلخ)

ان اختيار مبادل حراري لتطبيق معين، يعتمد على العديد من الخصائص الفيزيائية نطاق ضغط ودرجة حرارة للسوائل الخصائص الفيزيائية وعدوانية هذه السوائل الصيانة والحجم من ومنه نتوصل إلى أن حقيقة وجود مبادل جيد التكييف وجيد الأبعاد حسن الإدراك والاستخدام يسمح بزيادة الكفاءة وطاقة العمليات.

الفصل الرابع

المحاكاة العددية ومناقشة النتائج

المعادلات المعبرة عن المبادل الحراري الأرضي (ماء/تربة)

هو عبارة عن مبادل حراري للمياه الجوفية / التربة، يتكون مبادل هذا من حلقة مغلقة من الأنابيب تحت الأرض على عمق Z= 45cm وطولL=20m وبقطرD=12mm. يدخل الماء إلى الأنبوب عند درجة حرارة.

$$.T_{fe}=54\,°C$$

يمكننا التعبير عن كمية الحرارة المنتقلة في المبادل الحراري على انها كمية الحرارة المفقودة من طرف الماء الساخن، وهي كمية الحرارة المكتسبة من طرف التربة.

تبسيط الافتراضات الهندسية والحرارية:

1- يعتبر تدفق الماء صفائحي وأحادي الاتجاه على طول القناة.

2- يحدث التبادل الحراري في حالة مستقرة.

3- تعتبر التربة المحيطة بالأنبوب متجانسة، مع توصيل حراري متجانس في جميع طبقات التربة.

4- بافتراض أن درجة حرارة التربة تساوي درجة حرارة مصدر الطاقة الحرارية الأرضية $T_{sol}=T_{source}$

$$\boldsymbol{Q=m\,C_P\,(T_s-T_{fe})} \qquad (1)$$

$$\boldsymbol{=\dot{m}\,\Delta t\,C_P(T_s-T_{fe})} \qquad (2)$$

$$\boldsymbol{=m\,C_P\big(T(x)+dT(x)-\,T(x)\big)=\frac{dx}{R_{COV}+R_{tube}}.T(z,t)+T(x)} \qquad (3)$$

فتصبح المعادلة من الشكل التالي

$$\frac{\mathbf{dT(x)}}{\mathbf{T(z,t)+T(x)}}=\frac{\mathbf{R}}{\dot{\mathbf{m}}\,.\,\mathbf{c_p}}.\mathbf{dx} \qquad (4)$$

بمكاملة المعادلة (4) نتحصل على

$$-Ln\big(T(z,t)-T(x)\big)=\frac{R}{\dot{m}\,.\,c_{p_{eau}}}\,.x\;+C^{te} \qquad (5)$$

$$\mathbf{T(0)=T_{fe}}\;\Longrightarrow$$

$$\mathbf{C^{te}\;=-Ln(T(z,t)-T_{fe})} \qquad (6)$$

$$\boldsymbol{Ln\left[\frac{T(x)-T(z,t)}{T_{fe}-T(z,t)}\right]=\frac{-R}{\dot{m}\,c_{p\,eau}}.x} \qquad (7)$$

$$\mathbf{T(x)=T(z,t)+(T_{fe}\;-T(z,t)).e^{\frac{R}{\dot{m}\,.c_{p\,eau}}.x}} \qquad (8)$$

لما

X=L

تصبح المعادلة من الشكل التالي:

$$\mathbf{T(L)=T(z,t)+(T_{fe}-T(z,t)).e^{\frac{R.L}{\dot{m}.c_{peau}}}} \qquad (9)$$

$$\mathbf{T(L)=T_{sol}+(T_{fe}-T_{sol})).e^{\frac{R.L}{\dot{m}.c_{peau}}}} \qquad (10)$$

من اجل حساب تدفق الحرارة من داخل الأنبوب إلى الخارج نعود إلى قانون فوريه

نعتبر التدفق ثابت والنظام مستقر

مقاومة التوصيل الحراري:

عبارة التدفق الحراري

$$\Phi=-\lambda S\frac{dT}{dr} \qquad (11)$$

نتحصل على معادلة تفاضلية بسيطة يمكن حلها بفصل المتغيرات

$$\Phi = -\lambda(2\pi rL)\frac{dT}{dr} \quad (12)$$

تعطي المعادلة (12)

$$T_{fe} - T_s = \Phi 2\lambda\pi L / Ln\left(\frac{r_s}{r_{fe}}\right) \quad (13)$$

ومنه نستنتج عبارة التعبير عن الموصلية الحرارية

$$R_{cd} = \frac{Ln(\frac{r_s}{r_{fe}}}{2\lambda\pi L} \quad \mathbf{(14)}$$

مقاومة الحمل الحراري:

$$\boldsymbol{R_{cv} = \frac{1}{h.s} = \frac{1}{h2\pi rL}} \quad (15)$$

هذه هي المعادلة التي تصف درجة حرارة الماء على طول المبادل

$$NU = \frac{h.D}{\lambda} \quad (16)$$

$$NU = 0.023Re^{0.8}.Pr^{0.4} \quad (17)$$

وبالتالي يتم تحديد عبارة معامل الحمل الحراري

$$\mathrm{h} = \frac{\mathrm{NU}.\lambda}{\mathrm{D}} \quad (18)$$

$$\mathrm{R_e} = \frac{\rho.\mathrm{V.D}}{\mu} \quad (19)$$

$$\upsilon = \frac{\mu}{\rho} \quad (20)$$

$$R_e = \frac{V.D}{\upsilon} \quad (21)$$

$$R_{tot} = R_{cd} + R_{cv} = \frac{Ln(\frac{r_s}{r_{fe}})}{\lambda 2\pi L} + \frac{1}{h2\pi L} \quad (22)$$

2.4 المعادلات المعبرة عن المبادل الحراري الأرضي(هواء/ارض) :

هو عبارة عن مبادل حراري للهواء /الأرض حيث يتم دفن المبادل الجوي–الأرضي بعمق كافٍ لتبقى درجة حرارة الأرض المجاورة للأنبوب أقل حساسية للظروف المناخية الخارجي

تبسيط الافتراضات الهندسية والحرارية :

- يحدث التبادل الحراري في حالة مستقرة.

- تعتبر التربة متجانسة.

نعتبر خصائص الهواء والتربة التالية (الكثافة، التوصيل الحراري، الحرارة النوعية ...) ثابتة –

$$\dot{m}.c_{pair}\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)=\frac{T_{sol}-T_{air}(x)}{R_{tot}} \qquad (23)$$

$$\dot{m}.c_{pair}\left(\frac{\partial T}{\partial t}-\frac{\partial T}{\partial x}\right)=\frac{T_{sol}-T_{air}\,(x)}{R_{cd}+R_{cv}} \qquad (24)$$

نعتبر ان النظام مستقر

$$\frac{dT}{dt}=0 \qquad (25)$$

$$\dot{m}.c_{pair}\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)=\frac{T_{sol}+T_{air}(x)}{R_{tot}} \qquad (26)$$

$$\dot{m}.c_{pair}\frac{dT}{T_{air}(x)-T_{sol}}=\frac{-d(x)}{R_{tot}} \qquad (27)$$

$$\frac{dT}{T_{air}(x)-T_{sol}}=\frac{-d(x)}{\dot{m}.c_{pair}.R_{tot}} \qquad (28)$$

ندمج التكامل

$$\int\frac{dT}{T_{air}(x)-T_{sol}}=\int\frac{-d(x)}{\dot{m}.c_{pair}.R_{tot}} \qquad (29)$$

$$Ln(T_{air}(x) - T_{sol}) = \frac{-x}{\dot{m}.c_{pair}.R_{tot}} + C \quad (30)$$

$$x = 0 \implies T(0) = T_e \quad \implies C = Ln(T_{air}(x) - T_{sol}) \quad (31)$$

$$Ln\left(\frac{T_{air}(x) - T_{sol}}{T_e - T_{sol}}\right) = -\frac{x}{\dot{m}.c_{pair}.R_{tot}} \quad (32)$$

$$\implies \frac{T_{air}(x) - T_{sol}}{T_e - T_{sol}} = e^{\frac{-x}{\dot{m}.c_{pair}.R_{tot}}} \quad (33)$$

$$T_{air}(x) = T_{sol} + (T_e - T_{sol}).e^{\frac{-x}{\dot{m}.c_{pair}.R_{tot}}} \quad (34)$$

$$x = l$$

تتم كتابة معادلة درجة الحرارة في الأنبوب على النحو التالي:

$$T_{air}(l) = T_{sol} + (T_e - T_{sol}).e^{\frac{-l}{\dot{m}.c_{pair}.R_{tot}}} \quad (35)$$

3.4 تأثير العوامل المختلفة على السلوك الحراري للمبادل الحراري:

إنشاء النموذج التحليلي:

بشكل عام تعتبر التربة كتلة صخرية شبه لانهائية، ويخضع التبادل الحراري بالتوصيل من سطحها إلى الداخل لمعادلة التوصيل العامة في هذه الدراسة نعتبر درجة حرارة الأرض ثابتة، التعبير التحليلي الذي يترجم تطور درجة حرارة الماء على طول المبادل وفقًا للمعايير التالية:

- درجة الحرارة الخارجية (المحيطة)
- تعتبر درجة حرارة التربة في العمق. الخصائص الحرارية الفيزيائية للتربة

هندسة وطبيعة القناة

- تدفق المياه

يتناسب التدفق الحراري ($\boldsymbol{\Phi}$) لكل وحدة مساحة عبر جدار مجرى الماء مع اختلاف درجة الحرارة بين السطح الداخلي والخارجي للأنبوب

$$\boldsymbol{\Phi} = \frac{\boldsymbol{T_{sol} - T_{fe}}}{\boldsymbol{R}} \quad (36)$$

يعطى عبارة المقاومة الحرارية لجدار أسطواني كما يلي

$$\boldsymbol{R = R_{cd} + R_{cv} = \frac{\ln\left(\frac{r2}{r1}\right)}{2\pi.\lambda.L} + \frac{1}{5.55 \times v^{0.8}}} \quad (37)$$

لدينا عبارة كمية الحرارة المتبادلة لكل وحدة زمنية

$$dQ = \phi \times S \times dt = \frac{T_{sol} - T_{fe}}{R} \times S \times dt = \frac{T_{sol} - T_{fe}}{R} \times 2\pi \times r \times \mathrm{Ldt} \quad (38)$$

يؤدي هذا التبادل الحراري إلى اختلاف في درجة حرارة الماء، وذلك من خلال

$$\boldsymbol{dQ = \rho \times c \times V \times dT_{fe} = \rho \times c \times \pi \times r^2 L\, dT_{fe}} \quad (39)$$

من جهة اخرى لدينا عبارة التدفق الحجمي من الشكل التالي

$$\boldsymbol{q_v = s \times v = \frac{\pi \times d^2}{4} \times v} \quad (40)$$

من المعادلات (39) و (40) ومع مراعاة سرعة التدفق التي يتم الحصول عليها من خلال

$$\boldsymbol{v = \frac{dL}{dt} \Longrightarrow dt = \frac{dL}{v}} \quad (40)$$

فنتحصل على

$$\boldsymbol{\frac{dT_{fe}}{-T_{fe} + T_{sol}} = \frac{2 \times dL}{\rho \times c \times r \times v \times R}} \quad (41)$$

نكامل المعادلة (41) على طول المبادل الحراري

$$\int_{T_{fe}}^{T_{fs}} \frac{dT_{fe}}{-T_{fe}+T_{sol}} = \int_{0}^{L} \frac{2\times dL}{\rho\times c\times r\times v\times R} \quad (42)$$

يعطي تكامل هذه العلاقة معدلة تعبر لنا عن درجة حرارة الماء في المبادل الحراري

$$T_{fs} = T_{fe}.exp^{\left(\frac{-2L}{\rho_f.c_{pf}.v_f.r.R}\right)} + T_{sol}\times\left(1 - exp^{\left(\frac{-2L}{\rho_f.c_{pf}.v_f.r.R}\right)}\right) \quad (43)$$

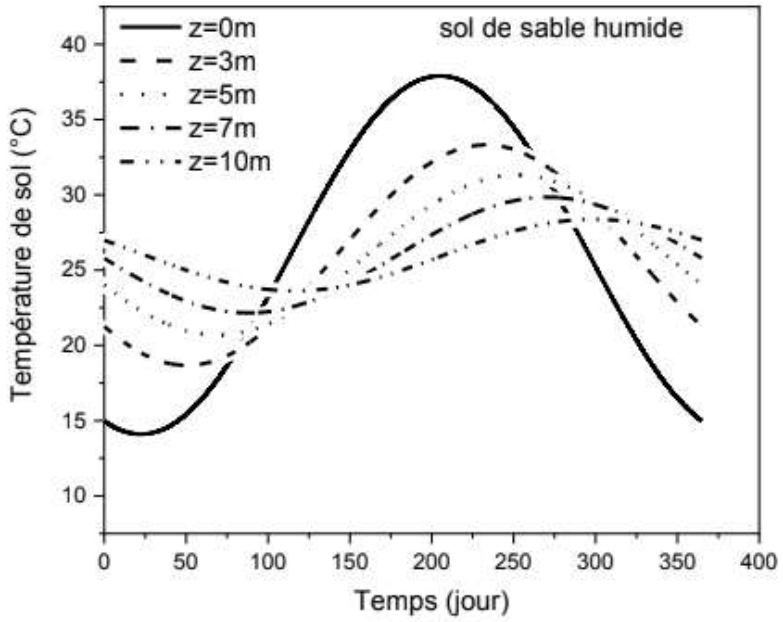
مناقشة النتائج النظرية:

1 تأثير درجة حرارة عمق التربة:

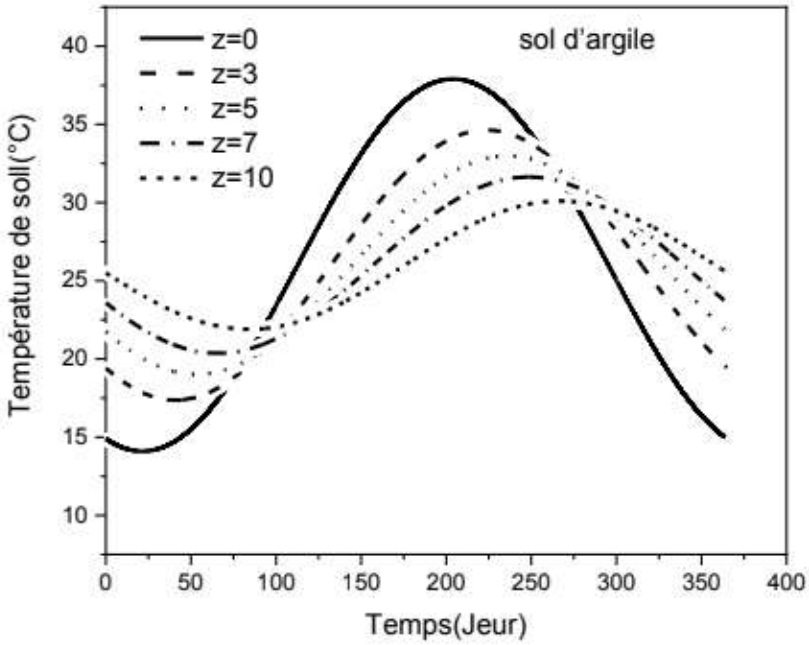
توضح الأشكال 33 و34 و35 تطور متوسط درجة الحرارة السنوية في عمق التربة لثلاثة أنواع مختلفة من التربة يمثل الجدول الخصائص الفيزيائية الحرارية المختلفة للأنواع الثلاثة للتربة المدروسة (الرمل الرطب والطين والتربة الطينية الرملية). نلاحظ في الأشكال (33,34,35) ان درجات حرارة التربة تستقر عندما يتغلغل الماء أكثر في التربة، وتستقر درجات حرارة التربة الرملية بسرعة مقارنة بالطبيعة الأخرى للتربة بسبب قلة انتشارها الحراري. سمح لنا ذلك باستنتاج أن التربة الرملية الرطبة هي أفضل تربة لدفن المبادل الحراري

الجدول 2 يمثل الخصائص الحرارية الفيزيائية لأنواع مختلفة من التربة

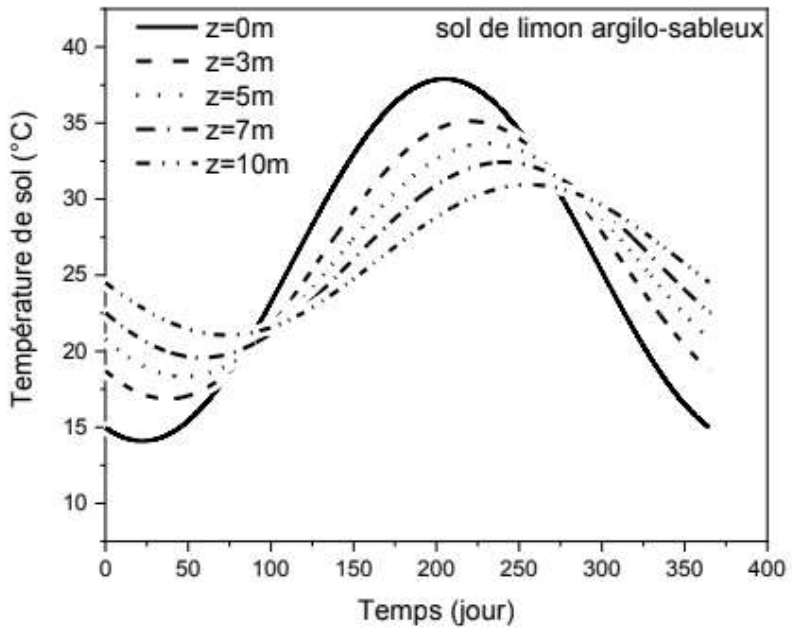
نوع التربة	الموصلية الحرارية (W/m.K)	السعة الحرارية (J/kg.K)	الكثافة الحجمية (Kg/m3)
رمل مبلل	0.58	1000	1750
طين	1.25	880	1450
للتربة الطينية الرملية	1.5	1340	1800



الشكل 29 تطور درجة حرارة التربة كل ساعة كدالة على عمق التربة الرملية الطينية



الشكل30 تطور درجة حرارة التربة كل ساعة كدالة على عمق التربة الطينية

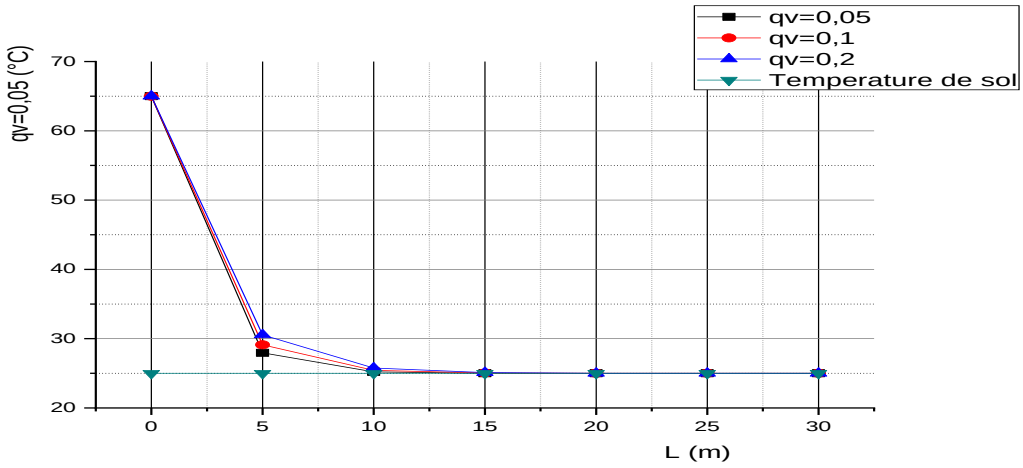


الشكل 31 تطور درجة حرارة التربة كل ساعة كدالة على العمق للتربة الطينية الرملية الطينية

2 تأثير درجة حرارة الماء لمعدلات تدفق مختلفة:

توضح المنحنيات التالية التطور وفقًا للمعادلة (29) المتحصل عليها وتطور درجة حرارة الماء في المبادل من المدخل إلى المخرج لمعدلات تدفق الماء المختلفة.

نلاحظ أن درجة حرارة الماء تنخفض من مدخل المبادل إلى المخرج تم تسجيل فرق كبير (حوالي 40 درجة مئوية) هذا الاختلاف يتوافق مع مسافة 30متر من المدخل



الشكل 32 تغير درجة حرارة الماء على طول المبادل لمعدلات تدفق مختلفة للماء

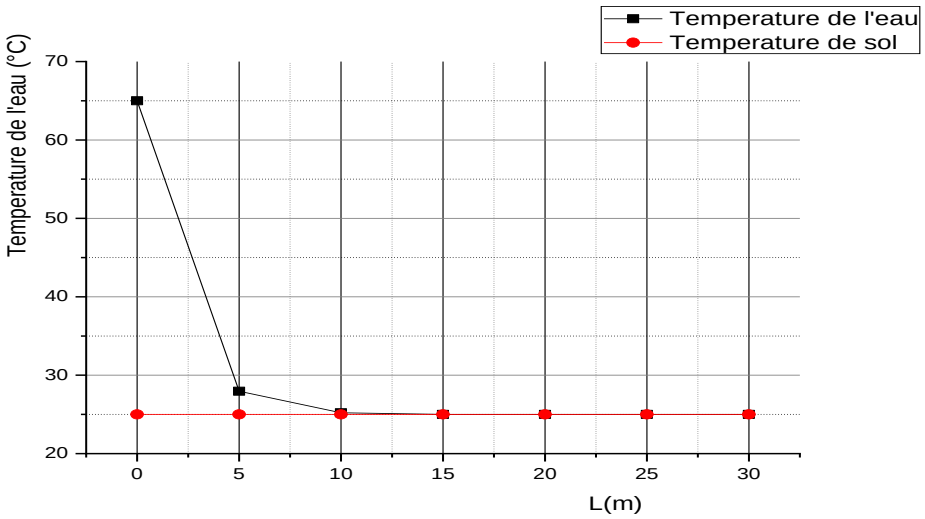
الجدول 3 يدرس تغيرات درجة حرارة الماء على طول المبادل $\dot{m} = 0.05kg/s$ لمعدل تدفق

L(m)	0	5	10	15	20	25	30
(°C)T_{fe}	65	27.96	25.21	25.01	25	25	25

$\dot{m} = 0.05\ kg/s$

$v_f = 0.442\ m/s$

R=0.346 m^2.K/W



الشكل 33 تغير درجة حرارة الماء على طول المبادل لمعدل تدفق $\dot{m} = 0.05kg/s$

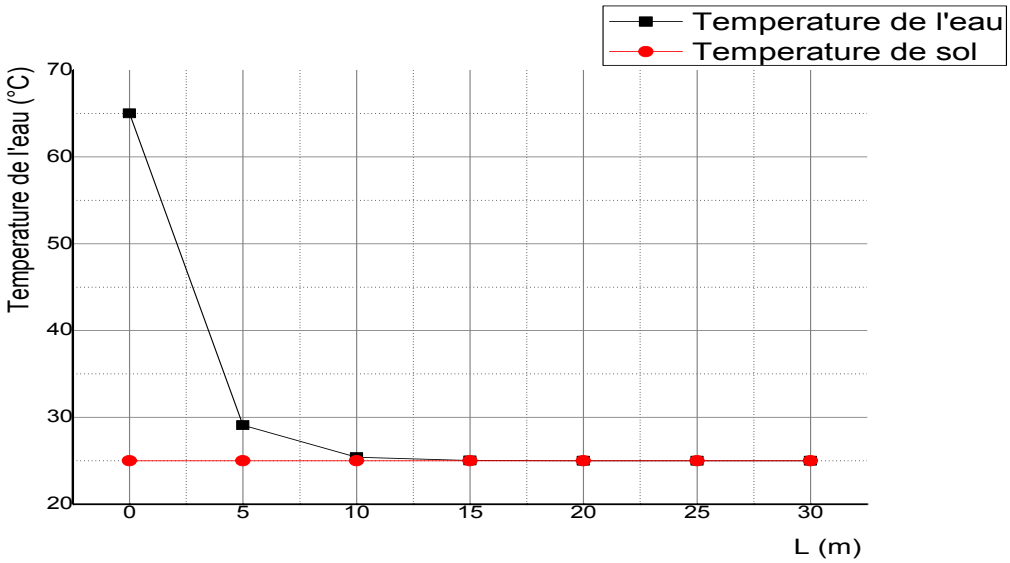
الجدول 4 يدرس تغيرات درجة حرارة الماء على طول المبادل $\dot{m} = 0.01kg/s$ لمعدل تدفق

L(m)	0	5	10	15	20	25	30
(°C)T_{fs}	65	29.11	25.42	25.04	25	25	25

$\dot{m} = 0.1\ kg/s$

$v_f = 0.884\ m/s$

R=0.198 m^2.K/W



الشكل 34 تغير درجة حرارة الماء على طول المبادل لمعدل تدفق$\dot{m} = 0.1kg/s$

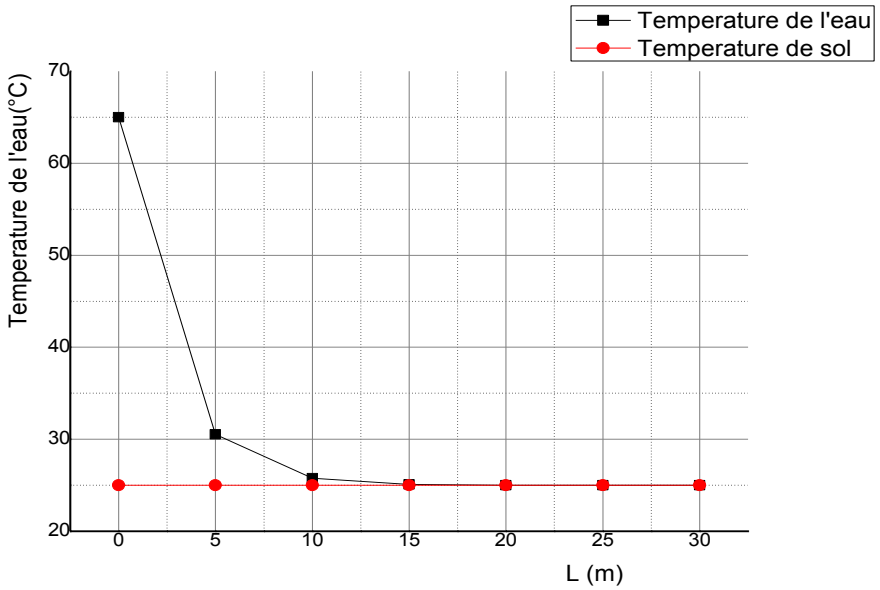
الجدول 5 يدرس تغيرات درجة حرارة الماء على طول المبادل $\dot{m} = 0.02kg/s$ لمعدل تدفق

L(m)	0	5	10	15	20	25	30
(°C)T_{fe}	65	30.54	25.76	25.10	25.01	25	52

$\dot{m} = 0.2$ kg/s

$v_f = 1.769\, m/s$

R=0.114 m^2.K/W



الشكل35 تغير درجة حرارة الماء على طول المبادل لمعدل تدفق $\dot{m} = 0.2$ kg/s

الخاتمة

الخاتمة:

في ظل الاستغلال الجيد لمصادر الطاقات المتجددة بصفة عامة وفي دراستنا هذه للمصدر الطاقوي المتمثل في الحرارة الباطنية لأرضية بصفة خاصة التي تعتبر منبع طاقوي حراري بيئي جيد وفعال يتم الاستفادة منه عن طريق استعمال بعض المبادلات الحرارية المختلفة حيث تم تمت الدراسة على تقييم عمل المبادلين الحرارين (ماء/تربة) و(هواء/ارض) تمت ترجمة الدراسة في شكل معادلات معبرة وبتأثير بعض الخصائص الفيزيائية توصلنا الى :

**انه يمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية الجوفية بواسطة المبادلات الحرارية في فصل الشتاء لغرض التدفئة لان حرارة الأرض تكون عالية مقارنة بالسطح الخارجي والعكس في فصل الصيف لغرض التبريد بحيث تكون حرارة الأرض منخفضة مقارنة بالسطح الخارجي

**تؤدي الزيادة في طول المبادل الحراري الى انخفاض درجة حرارة المائع ويتوقف هذا الانخفاض عند درجة الحرارة المساوية لدرجة حرارة الارض

** يؤدي الزبادة في التدفق إلى زيادة درجة حرارة الماء عند مخرج المبادل الحراري للماء / الأرض

** تلعب الموصلية الحرارية للأرض دوراً مهماً للغاية في دفن المبادل عندما تكون الموصلية أقل، فإن درجة حرارة التربة تستقر بسرعة في الاتجاه الرأسي مما يقلل التكاليف المالية وهذا الاستقرار يؤثر سلبا على درجة حرارة الهواء في مخرج المبادل فيتم رفع درجة الحرارة بالزيادة في سرعة التدفق

المراجع

المراجع:

[1]Compartmentalization of Energy Concepts–Definitions, Ontologies, Word Associations

[2] Renewable and non-renewable energy status in Iran: Art of know-how and technology-gaps

[3] Renewable energies as an alternative to face environmental security threats

[4] Dr. Marwan JARKAS .Les énergie renouvelables

[5]https://static.arageek.com/wp-content/uploads/2021/04/building-roof-collectors-energy-air-water-1.jpg . 21 mai 2021,

[6] Chauffage et rafraichissement par la géothermie OUALI Salima, Maître de Recherche B Division Thermique et Thermodynamique Solaire et Géothermie 27 avril 2021 E-mail : s.ouali@cder.dz

[7] الطاقة الحرارية الأرضية اعداد به لين محمد عباس معهد التدريب النفطي كركوك

[8] Lebbihiat, N., et al., *Geothermal energy use in Algeria: A* review *on the current status compared to the worldwide, utilization opportunities and countermeasures.* Journal of Cleaner Production, 2021: p. 126950.

[9] Ouali, S., A. Khellaf, and K. Baddari, *Etude géothermique du Sud de l'Algérie.* Revue des énergies renouvelables, 2006. **9**(4): p. 297-306.

[10] Le, A.T., et al., *Measurement investigation on the feasibility of shallow geothermal energy for heating and cooling applied in agricultural greenhouses of Shouguang City: Ground temperature profiles and geothermal potential.* Information Processing in Agriculture, 2020.

[11] Echangeurs de chaleur Cour et exercices corrigés Souheila Mellari Univesité Mentouri, Constantine 1,Algérie Département de Génie Climatique

[12] GENERALITES SUR LES ECHANGEURS DE CHALEUR

[13] Ahmed, A. and K. Gidado. *The use of Earth-air heat exchanger for improving building comfort conditions in the Tropical Climate*. in *The construction and building research conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors*. 2008.

[14] Guide technique La géothermie et les réseaux de chaleur Guide du Maître d'Ouvrage

الملاحق

PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBILC OF ALGERIA

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

UNIVERSITY OF KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTY OF MATHEMATICS AND MATTER SCIENCES

N° : TAM187/2021

1st International Conference on Sustainable Energy and Advanced Materials

IC-SEAM'21 April 21-22, 2021, Ouargla, ALGERIA (Virtual conference)

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

The organizing committee of the first International Conference on Sustainable Energy and Advanced Materials IC-SEAM'21 April 21-22, 2021, Ouargla, ALGERIA, certifies that:

Mohammed Chaabane Bougoffa

presented a Poster communication entitled:

An experimental study of the Geothermal energy exploitation in heating agricultural soil and greenhouse during the cold period by means of a heat exchanger (water-earth) in Ouargla region

Co-author (s): Mohammed Elbar Soudani, Hocine Mahcene, Abdallah Zine, basma ghlisi

Dean of the Faculty
Pr Djamel BECHKI

IC Coordinator of IC-SEAM'21
Dr. Elazhar BENMEBROUK

Chairman of the IC-SEAM'21
Dr. Hazrat MOHAMMEDI

الملخص:

الطاقة الحرارية المخزونة في جوف الأرض من الطاقات المتجددة النظيفة بيئيا وغير المكلفة والدائمة، والتي تعتبر واحدة من أكثر مصادر الطاقة المتجددة وفرة مع توفرها على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم

إذ يمكن الاستفادة منها بطرق مختلفة ولأغراض شتى في هذه الدراسة، نود التطرق لاستغلال هذه الطاقة في تكيف المنازل وتحسين حرارتها صيفا أو شتاء كما ندرس استغلال هذه الحرارة الجوفية في تكييف مياه السقي الحارة ونقل حرارتها للتربة أو للبيت البلاستيكي وهذا لتحسين المردود الفلاحي، وكل هذه العمليات تتم من خلال مبادل حراري (ماء – أرض) أو (هواء – أرض).

الكلمات المفتاحية: الطاقات المتجددة، الطاقة الجيوحرارية، تكيف المنازل، الزراعة

Résumé :

L'énergie thermique stockée sous terre provient d'énergies renouvelables propres, peu coûteuses et permanentes, qui est considérée comme l'une des sources d'énergie renouvelables les plus abondantes avec sa grande disponibilité dans le monde entier.

Elle peut être exploitée de différentes manières et à des fins diverses. Dans cette étude, nous souhaitons aborder l'exploitation de cette énergie pour adapter les habitations et améliorer leur chaleur en été ou en hiver. Nous étudions également l'exploitation de cette chaleur géothermique en conditionnement eau d'irrigation chaude et transfert de sa chaleur au sol ou à la maison en plastique, et ceci pour améliorer le rendement agricole, et tous ces processus Il est réalisé à travers un échangeur de chaleur (eau - terre) ou (air - terre)

Mots clés : énergies renouvelables, géothermie, climatisation domestique, agriculture