

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene  
Faculté des Sciences de la Terre, Géographie et Aménagement du Territoire

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat

en Sciences de la terre  
Spécialité : Géophysique

par

**OUALI Salima**

Thème :

**Contribution à l'étude de quelques  
réservoirs géothermiques en Algérie**

Soutenu publiquement le 21 février 2015, devant le Jury composé de :

Mr. Boutaleb A.	Prof.	USTHB/FST	Président
Mme Benaïssa Z. Hameg	Prof.	USTHB/FST	Directeur de thèse
Mr. Belhamlél M.	Dr.	CDER	Co-Directeur de these
Mr. Bourmate A.	MCA	USTHB	Examineur
Mr. Bentellis A.	MCA	USTHB	Examineur
Mr. Khellaf A.	Dr.	CDER	Examineur

# Résumé

Les ressources géothermiques de l'Algérie sont nombreuses. Ces dernières se manifestent sous forme de sources thermales qui sont très répandues sur tout le territoire nord algérien. Elles sont réparties d'est en ouest, mais elles sont de plus forte concentration dans la région est qui se caractérise par un gradient géothermique de plus de  $5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ . Au sud de l'Algérie, la formation géologique du Continental Intercalaire, connue aussi par « la nappe albienne », constitue une importante réserve d'eau thermale dans le Sahara algérien où elle s'étend sur une vaste superficie de plus de  $650\ 000\text{ km}^2$ .

A travers la présente thèse, on se propose d'étudier quelques réservoirs géothermiques de l'Algérie. Pour cela, dans un premier volet, quelques généralités sur la géothermie sont introduites. Celles-ci sont suivies d'une étude expérimentale consacrée à l'analyse des variations, à petite échelle, de la conductivité thermique en fonction de la porosité, relativement à la colonne stratigraphique. Des données récentes, acquises en 2009 dans les puits HS-36 situé à Reykjavík au sud-ouest de l'Islande ont été utilisées. Les résultats d'une étude détaillée, entre 400 et 600 m de profondeur, montrent une diminution de la conductivité thermique avec l'augmentation de la porosité. La relation entre la conductivité thermique et la porosité est proche de l'équation moyenne harmonique. Par ailleurs, la relation entre la résistivité et la porosité a également été étudiée dans ce même puits ; les résultats obtenus montrent que la résistivité décroît avec l'augmentation de la porosité.

Dans un troisième volet, une synthèse définissant les principales ressources géothermiques de l'Algérie à la base d'études géothermiques, géologiques, hydrogéologiques et géochimiques antérieures est réalisée. Celle-ci est suivie d'une étude de caractérisation de quelques réservoirs géothermiques du Nord de l'Algérie à savoir le réservoir albo-aptien de Hammamet (Tébessa), le réservoir crétacé de Hammam Meskhoutine (Guelma), le réservoir miocène de Mostaganem et, enfin, le réservoir albien du Sahara septentrional. Les réservoirs géothermiques de l'Algérie sont principalement constitués de calcaires au Nord et de grès au Sud. Ils sont pour la plupart situés dans le Mésozoïque supérieur et le Cénozoïque inférieur. Au nord, ces réservoirs géothermiques sont généralement très profonds (plus de 2000 m de profondeur) et de grande dimension (plus de 30 000 m d'extension).

Sachant que les ressources géothermiques de l'Algérie sont classées de basse et moyenne et enthalpie ( $T < 100 \text{ }^\circ \text{C}$ ), dans une dernière partie, une étude de faisabilité sur les possibilités d'exploitation des ressources géothermiques moyenne température dans la production d'énergie est discutée.

## **Abstract**

Geothermal resources of Algeria are numerous. They appear as hot springs, which are widespread throughout northern Algeria. They are spread from east to west, but they are more concentrated in west region, characterized by a geothermal gradient of more than  $5^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ . In southern Algeria, the geological layer called "Intercalary Continental" also known as "the Albian aquifer" is a large geothermal tank in the Algerian Sahara, where, it is sited on a wide area of over  $650\,000 \text{ km}^2$ .

Through this thesis, we will study some geothermal reservoirs of Algeria. For this, in a first stage, some generalities about geothermal energy are introduced. These are followed by an experimental study on the analysis of variations of the thermal conductivity as a function of porosity, relative to the stratigraphic column. Recent data acquired in 2009 in the HS-36 well located in Reykjavík southwest Iceland were used. Results of a detailed study, between 400 and 600 m deep, show a decrease in thermal conductivity with increasing porosity. The relationship between thermal conductivity and porosity is close to the harmonic average equation. Furthermore, the relationship between the resistivity and the porosity was also studied in the same well; the results obtained are relatively close to a theoretical relationship.

In a third part, a summary outlining the main geothermal resources of Algeria at the base of geothermal, geological, hydrogeological and geochemical previous studies is realized. This is followed by a characterization study of some geothermal reservoirs in northern Algeria namely Albo-Aptian reservoir of Hammamet (Tébessa), the Cretaceous reservoir of Hammam Meskhoutine (Guelma), the Miocene reservoir of Mostaganem and finally the Albian reservoir of the northwestern Sahara. The results obtained show that the geothermal reservoirs of Algeria are mainly made of limestones in the North and of sandstones in the South. They are mostly located in upper Mesozoic and lower Cenozoic. In the north, these geothermal reservoirs are usually very deep (more than 2000 m deep) and very large (more than 30,000 m of extension).

Knowing that the geothermal resources of Algeria are classified as medium and low-enthalpy type ( $T < 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ), in a final step, a feasibility study on the possibilities of the average temperature geothermal resources for energy production is discussed.

## ملخص

موارد الطاقة الحرارية الأرضية في الجزائر عديدة، حيث تظهر في شكل الينابيع الحارة المنتشرة في جميع أنحاء شمال الجزائر. وتنتشر هذه الأخيرة من الشرق إلى الغرب، ولكنها تتركز بشكل أكبر في المنطقة الشرقية التي تتميز بتدرج حراري أرضي يفوق  $0.05 \text{ }^\circ\text{C}$  م-1. بينما جنوب الجزائر يحتوي على أكبر مخزون للمياه الساخنة في الطبقة الألبية (La nappe albienne) يبلغ متوسط عمق هذه الطبقة حوالي 1500 م و تتربع على مساحة واسعة تبلغ أكثر من 650,000 كم<sup>2</sup>.

من خلال هذا البحث، سنقوم بدراسة بعض الخزانات الجوفية في الجزائر لهذا، في مرحلة أولى، يتم تقديم بعض العموميات حول الطاقة الحرارية الأرضية يلي هذا دراسة تجريبية على نطاق صغير للاختلاف بين التوصيل الحراري و المسامية، نسبة إلى العمود الطبقي. واستخدمت بيانات حديثة حصلت في عام 2009 في بئر (HS-36) الواقع في ريكيا فيك جنوب غرب ايسلندا . نتائج دراسة شاملة، ما بين 400 و 600 م عمق، تظهر انخفاضا في التوصيل الحراري مع زيادة المسامية. العلاقة بين الموصلية الحرارية و المسامية قريبة من المعادلة المتوسطة التوافقية و علاوة على ذلك، تمت دراسة العلاقة بين المقاومة و المسامية أيضا في نفس البئر. النتائج المتحصل عليها هي قريبة نسبيا إلى العلاقة النظرية.

في الجزء الثالث، نحاول تقديم ملخص حول موارد الطاقة الحرارية الأرضية الرئيسية للجزائر على أساس الدراسات السابقة الجيوحرارية الأرضية و الجيولوجية و الهيدروجيولوجية و الجيوكيميائية. و يعقب ذلك دراسة توصيفية لبعض الخزانات الجوفية في شمال الجزائر وهي في منطقة حمامات (تبسة)، و حمام مسخوطين (قالمة)، و مستغانم و المنطقة الصحراوية الشمالية الشرقية. النتائج المتحصل عليها تبين أن الخزانات الجيوحرارية في الجزائر تقع أساسا في الحجر الجيري الدهر الوسيط في شمال الجزائر و الحجر الرملي الطباشيري في الجنوب. هذه

الخرانات الجوفية عادة ما تكون عميقة جدا ( تصل إلى أكثر من 2000 م ) والكبيرة ( تمتد إلى أكثر من 30000 متر).

مع العلم أن موارد الطاقة الحرارية الأرضية في الجزائر مصنفة ذات المحتوى الحراري المتوسط والمنخفض (ح>100 م). في الجزء الأخير من هذا العمل، دراسة جدوى بشأن إمكانية موارد الطاقة الحرارية الأرضية خاصة تلك ذات درجات الحرارة المتوسطة في إنتاج الطاقة.