

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE  
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Boîte Postale 6009 - 45018 ORLÉANS CEDEX - Tél. (38) 63.80.01

---

LES RESSOURCES EN ENERGIE GEOTHERMIQUE

DE LA COMMUNAUTE URBAINE DE BORDEAUX

Perspectives de développement

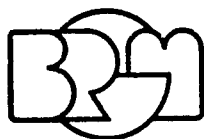
par

H. ASTIE \*

79 SGN 709 AQI

Pessac, le 26 novembre 1979

\* Directeur du Service géologique régional Aquitaine du B.R.G.M.



SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL AQUITAINE

Avenue Docteur-Albert-Schweitzer - 33600 PESSAC - Tél. (56) 80.69.00 - Téléx 550485

- R E S U M E -

-----

La nappe du Cénomanién située à une profondeur de 1 000 à 1 200 m sous le territoire de la Communauté urbaine de Bordeaux (C.U.B.) renferme une eau douce et chaude (45° C environ), susceptible d'être utilisée pour le chauffage urbain et la fourniture d'eau chaude sanitaire ; la capacité unitaire de production des puits géothermiques qui capteront ce "réservoir" sera de l'ordre de 100 à 150 m<sup>3</sup>/h.

En l'état actuel du prix des énergies conventionnelles, on peut considérer que l'économie immédiatement réalisable, grâce à la géothermie, est de l'ordre de 30 000 tonnes équivalent pétrole, au moyen d'une quinzaine de puits répartis sur le territoire de la C.U.B. Cette valeur devrait sensiblement augmenter dans les années à venir.

Après avoir rappelé l'état des connaissances concernant la ressource en eau chaude et le résultat des opérations réalisées à ce jour en Aquitaine, on examine les perspectives de développement de la géothermie dans la région bordelaise.

Le problème relatif aux modalités d'exploitation du "réservoir" céno-  
manien par "doublets" ou "puits uniques" est posé. Des solutions visant à gérer rationnellement la ressource énergétique dans la région bordelaise sont proposées ainsi qu'un objectif consistant à réaliser quinze puits géothermiques en trois ans sur le territoire de la C.U.B.

-----

## I N T R O D U C T I O N

-----

L'inventaire des ressources en énergie géothermique du Bassin d'Aquitaine a été réalisé en 1976 et 1977 par le Bureau de recherches géologiques et minières (B.R.G.M.) associé à la Société nationale Elf-Aquitaine (SNEA/P) avec le concours de l'Université de Bordeaux III, dans le cadre d'un contrat d'action concertée de la Délégation générale à la Recherche scientifique et technique (D.G.R.S.T.).

Le résultat des travaux effectués au titre de cet inventaire a été exposé en 1977 dans un ouvrage intitulé "Potential géothermique du Bassin aquitain" largement diffusé au niveau national et plus particulièrement dans les régions Aquitaine et Midi-Pyrénées.

Depuis, trois opérations géothermiques ont été effectuées en Aquitaine: à St-Paul-lès-Dax (transformation d'un forage pétrolier abandonné), à Mont-de-Marsan et plus récemment (été 1979) à DAX. Ces trois opérations qui ont été couronnées de succès devraient permettre une économie annuelle de l'ordre de 5 000 TEP\*.

Plusieurs projets sont maintenant à l'étude, en particulier sur le territoire de la Communauté urbaine de Bordeaux (CUB), où les ressources en énergie géothermique contenues dans les nappes du Cénomaniens et éventuellement de la Dolomie de Mano, à des profondeurs de l'ordre de 1 000 à 1 200 m, peuvent trouver un débouché dans le chauffage urbain et la fourniture d'eau chaude sanitaire.

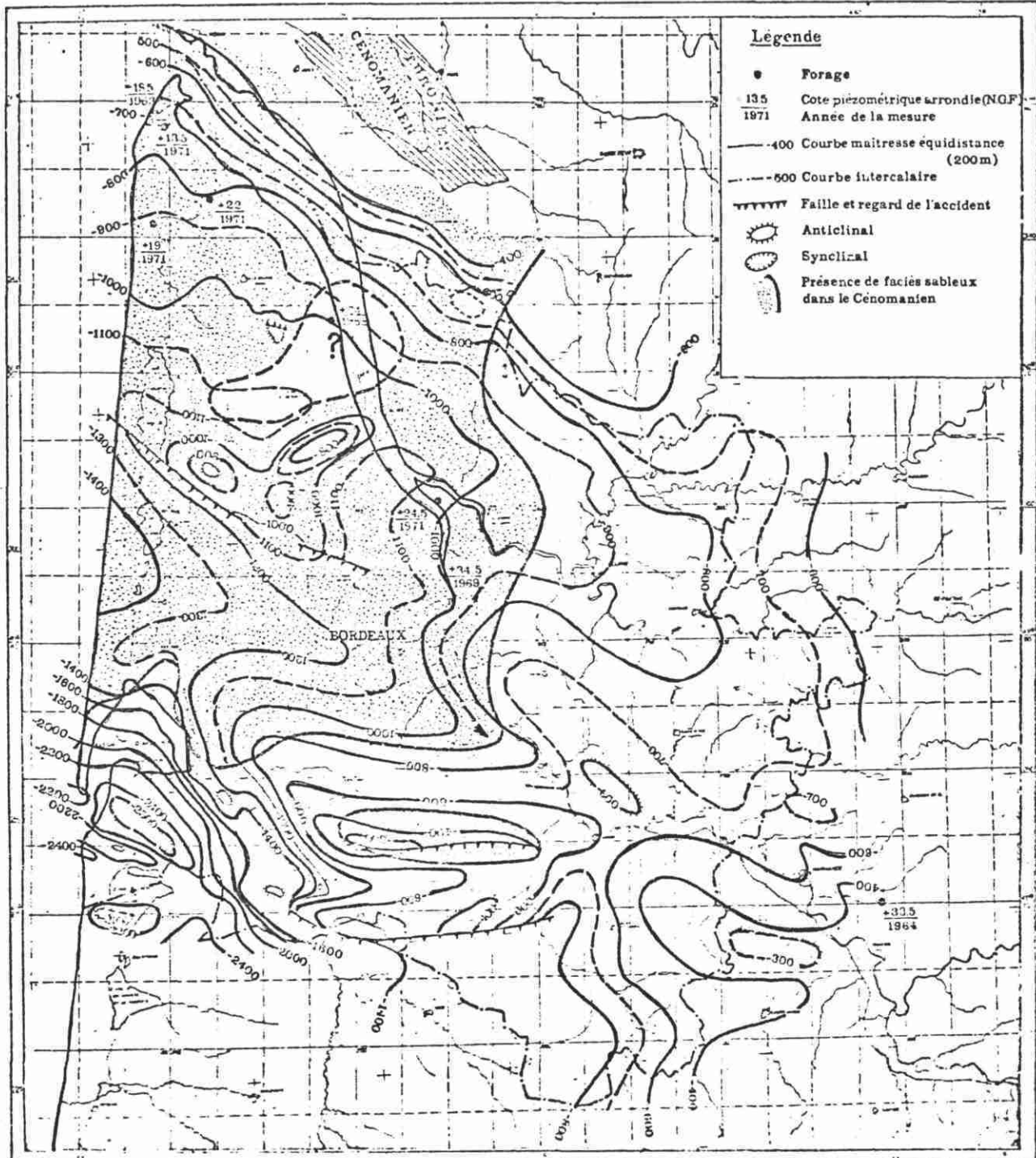
Il convient d'examiner maintenant quelles sont les opérations techniquement et économiquement réalisables dans la région bordelaise, d'en rechercher le financement en prenant en considération les aides susceptibles d'être accordées, notamment par l'Etat (Comité Géothermie et Agence pour les économies d'énergie), d'établir un programme opérationnel et d'étudier les modalités d'une gestion rationnelle de la ressource énergétique disponible.

-----

\* TEP = Tonne équivalent pétrole.

CARTE EN ISOHYPSES (Courbes d'égaies profondeurs)  
DE LA BASE DE LA NAPPE DU CENOMANIEN  
ET DONNEES PIEZOMETRIQUES

0 20 40km



SUR LA CARTE EN ISOHYPSES DE LA BASE DU CENOMANIEN AQUIFERE, SOUVENT EN CONTINUITÉ HYDRAULIQUE AVEC LES CALCAIRES DU TURONIEN, LE DOMAINE A FACIÈS SABLEUX A ÉTÉ INDIVIDUALISÉ. IL COUVRE PLUS DE LA MOITIÉ DU DÉPARTEMENT AU NORD DU PARALLÈLE D'ARCACHON ET À L'OUEST DU MÉRIDIEN DE ST-AOURE-DE-CUBZAC. IL REAPPARAÎT À L'APLÔMB DE LA STRUCTURE DE VILLAGRAINS-LANDIRAS, ET AFFLEURE AU CŒUR DE L'ANTICLINAL DE JONZAC EN CHARENTE-MARITIME. LA BASE DE L'AQUIFERE S'ENFONCE VERS L'OCCÉAN AVEC UNE FAIBLE PENTE COMPRISSE ENTRE 0,8 ET 1,6 ‰ ; AU SUD-OUEST DU BASSIN D'ARCACHON CETTE PENTE AUGMENTE BRUSQUEMENT ET DÉPASSE 10 ‰.

QUELQUES FORAGES QUI EXPLOITENT CETTE NAPPE DANS LE DÉPARTEMENT, NOTAMMENT EN BORDURE DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE ET DE LA GARONNE, ONT PRODUIT LORS DE POMPAGE D'ESSAI DES DÉBITS ALLANT DE 60 À 205 M<sup>3</sup>/H, AVEC DES DÉBITS SPÉCIFIQUES GÉNÉRALEMENT FAIBLES ET DE L'ORDRE DE 2 M<sup>3</sup>/H/M (MOYENNE) ; SAUF, À SOULAC-SUR-MER OÙ L'ON A OBTENU 10 M<sup>3</sup>/H/M. LES TRANSMISSIVITÉS SONT EN MOYENNE DE 10 M<sup>2</sup>/H ET LA SEULE VALEUR DU COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT ( $7 \cdot 10^{-5}$ ) A ÉTÉ CALCULÉE SUR LE FORAGE DE LA ZIP DE LORMONT, PENDANT L'EXPLOITATION DU FORAGE DE LA CENTRALE THERMIQUE D'AYBES.

LA MINÉRALISATION TOTALE DES EAUX EST GÉNÉRALEMENT COMPRISE ENTRE 500 ET 1 300 MG/L POUR DES TENEURS EN IONS CL<sup>-</sup> TRÈS VARIABLES (17 À 30 MG/L). LES TENEURS EN FLUOR DES EAUX DÉPASSENT LA NORME DE POTABILITÉ DE 1 MG/L ET SONT COMPRISSES ENTRE 2,5 ET 4,2 MG/L. LA TEMPÉRATURE DE L'EAU DES FORAGES EST COMPRISE ENTRE 34° ET 45° C.

. Le potentiel géothermique du Bassin aquitain (cf. réf. biblio n° 1) a montré que la géothermie était caractérisée dans notre région par :

- une intense fracturation ou karstification des réservoirs carbonatés d'où l'on peut espérer exploiter des débits thermiques importants, généralement supérieurs à 10 000 thermies/heure (équivalent à une tonne de pétrole à l'heure),
- une abondance de nappes renfermant de l'eau douce, contrairement au Bassin de Paris où les eaux sont salées ce qui implique de les réinjecter systématiquement dans la nappe d'où elles ont été extraites,
- des températures parfois élevées, susceptibles de dépasser 200° C, malgré des gradients géothermiques souvent inférieurs à la moyenne,
- une assez mauvaise coïncidence entre ressources et besoins, contrairement à la région parisienne.

. Une évaluation des réserves géothermiques en place dans le bassin d'Aquitaine a été tentée en 1977 par le B.R.G.M. (cf. réf. biblio n° 3). Il s'agit de la ressource économiquement exploitable au moyen de forages, à une profondeur donnée, pour les usages non électriques (basse énergie) et pour la production d'électricité (haute énergie). La valeur obtenue est égale à  $3.10^{18}$  calories soit l'équivalent de 300 millions de TEP, ou encore 3 millions de TEP par an pendant un siècle.

Une récente réflexion (cf. réf. biblio n° 4) sur les possibilités de mise en valeur de l'énergie géothermique en Aquitaine à court terme, a abouti au chiffre de 50 000 TEP économisables par an, ce qui équivaut au chauffage de 25 000 à 30 000 logements. Cette économie peut être d'abord effectuée dans les zones où coïncident ressources et besoins en chaleur ; c'est-à-dire dans les principales agglomérations urbaines de notre région. Nous estimons ainsi qu'au seul niveau de la Communauté urbaine de Bordeaux, 30 000 TEP pourraient être économisées par an, grâce à un programme étalé sur trois ans.

. Trois opérations couronnées de succès ont déjà été réalisées en Aquitaine ; toutes les trois sont situées dans le département des Landes :

- la première a consisté à transformer, en 1975, un forage pétrolier abandonné SEBASTOPOL 1 bis, sur le territoire de la commune de St-Paul-lès-Dax, en captage géothermique pour la satisfaction des besoins en énergie d'un établissement thermal,
  - la seconde, effectuée à Mont-de-Marsan en 1976, consiste à exploiter l'aquifère cénomanien au moyen d'un forage de 1 850 m de profondeur GMM1, pour le chauffage et la fourniture en eau chaude sanitaire d'une résidence de 384 logements, d'une base aérienne et prochainement d'un hôpital. La satisfaction d'autres besoins est possible et envisagée,
  - la troisième, réalisée durant l'été 1979 à Dax (forage géothermique GDX1 de 2 350 m de profondeur) permettra d'alimenter à partir du réservoir cénomanien, le réseau d'eau chaude de la ville et de fournir chaleur et eau chaude sanitaire à une zone d'aménagement concerté et à un hôpital. D'autres développements sont actuellement examinés.
- . Dans la région bordelaise, deux forages profonds ont été creusés entre 1969 et 1970 à Lormont et Ambès pour l'alimentation en eau potable et pour la fourniture d'eau industrielle. Tous deux captent la nappe du Céno-manien à des profondeurs de 1 053 m et de 1 069 m . Ils ont fourni lors des pompages d'essai, des débits respectifs de 195 et 106 m<sup>3</sup>/h d'eau chaude à 45°5.

Le premier, abandonné en raison d'une teneur légèrement excessive de l'eau en fluor, pourra éventuellement être repris pour le chauffage de la ZUP de Lormont (Etude de faisabilité en cours).

D'autres projets sont actuellement étudiés à Mérignac (plateforme aéroportuaire) Bordeaux (La Benaugè, Mériadeck et Bordeaux-Nord), St-Médard-en-Jalles (Camp de Sougè, CAEPE, Poudrerie nationale) etc...

Très prochainement, une reconnaissance géothermique devrait avoir lieu sur le Campus universitaire de Talence-Pessac. Cette opération consistera à approfondir un forage existant (stadium de Pessac) pour reconnaître la nappe du Céno-manien et, le cas échéant, un deuxième niveau aquifère (Dolomie

de Mano) connu plus à l'Ouest. En cas de succès, le forage de reconnaissance sera transformé en puits d'exploitation pour le chauffage des installations situées sur le domaine universitaire.

- . On assiste donc, après une longue période de gestation, à un véritable développement de la géothermie dans la région bordelaise. Celui-ci sera possible à partir de la nappe du Cénomanién et peut-être, si son existence est démontrée, à partir de la Dolomie de Mano (Jurassique supérieur). D'autres aquifères plus profonds renfermant de l'eau salée, pourraient également être reconnus et exploités (Jurassique moyen-Lias et Trias), mais le risque géologique est infiniment plus élevé que dans la nappe du Cénomanién déjà reconnue et captée avec succès.
  
- . Une politique volontariste devrait permettre la réalisation d'une quinzaine de puits géothermiques en trois ans, dans la région bordelaise, représentant un potentiel de production de quelque 600 millions de thermies/an équivalant à 60 000 TEP et à une économie minimale de l'ordre de 30 000 TEP grâce à la géothermie.
  
- . Différents problèmes doivent être examinés et résolus pour atteindre cet objectif et en particulier les modalités d'exploitation de la nappe du Cénomanién et le calendrier des opérations à Bordeaux et dans les autres communes de la Communauté urbaine.
  
- . Deux types d'exploitation peuvent être envisagés pour extraire les ressources en énergie géothermique de la nappe du Cénomanién dans la région bordelaise :
  - une exploitation par "doublés" - Dans ce cas, il s'agit de réinjecter l'eau provenant d'un puits de pompage dans l'aquifère cénomanién, à partir d'un deuxième puits, droit ou dévié. Cette solution présente l'avantage de maintenir la pression du réservoir géothermique. Elle a été adoptée dans la région parisienne, à Creil notamment, où l'eau de la nappe dite du Dogger, très salée, ne pouvait être rejetée en surface. Elle présente néanmoins, l'inconvénient de doubler pratiquement l'investissement "puits" et de pénaliser ainsi l'économie des projets. Dans la région bordelaise, la réinjection ne s'impose pas pour des problèmes de pollution en surface

par les eaux refroidies, puisque l'eau de la nappe du Cénomaniens est douce. Il reste cependant, à résoudre la question du maintien de la pression du gisement d'eau chaude.

- Une exploitation par "puits uniques" - L'avantage de cette solution consiste à alléger l'investissement "puits" et donc de permettre la mise en oeuvre rapide de plusieurs opérations dont la rentabilité n'apparaîtrait pas actuellement si la réinjection était imposée immédiatement.

Mais, imaginons quelles pourraient être les conséquences d'une exploitation intensive de la nappe du Cénomaniens dans la région bordelaise au moyen de forages simples, c'est-à-dire, sans réinjection dans l'aquifère pour en maintenir la pression.

Les différents puits géothermiques interfèreraient et l'on assisterait à une chute de pression dans la nappe qui se traduirait, par un abaissement des niveaux d'eau dans les ouvrages de captage et à terme par une perte de productivité des ouvrages captant le Cénomaniens, préjudiciable à tous les exploitants.

L'ordre de grandeur de ces interférences peut être approché par la formule dite de Jacob et Cooper qui donne la valeur de l'interférence D exprime en m (rabattement) dans un système de deux ou plusieurs puits, en fonction du débit d'exploitation unitaire des captages (Q en m<sup>3</sup>/h), de la transmissivité de l'aquifère (produit de la perméabilité K en m/h par l'épaisseur E de la nappe en m, soit T = K.E en m<sup>2</sup>/h), du coefficient d'emmagasinement de la couche aquifère (S, sans dimension = fonction notamment de la porosité et de la compressibilité de la nappe), du temps de pompage (t en heures) et de la distance entre puits (R en mètres).

$$\text{Soit } D \approx \frac{0,2 Q}{T} \log \frac{2,25.T.t}{R^2.S}$$

Ainsi, l'interférence réciproque entre deux puits espacés de 1 km (1 000 m) et exploités à un débit moyen continu de 100 m<sup>3</sup>/h, dans la nappe du Cénomaniens, sous la Communauté urbaine de Bordeaux<sup>\*</sup>, serait au bout de

---

\* Nous avons adopté les caractéristiques hydrauliques suivantes : T = 10 m<sup>2</sup>/h et S = 10<sup>-4</sup>.



5 ans d'exploitation (43 800 h) :

$$D \approx \frac{0,2 \times 100}{10} \log \frac{2,25 \times 10 \times 43\,800}{(1000)^2 \times 10^{-4}} \approx 8 \text{ m}$$

Les interférences s'additionnant, on conçoit facilement que dans un système de plusieurs puits géothermiques, on puisse provoquer des chutes de pression de plusieurs dizaines de mètres.

On peut ainsi se livrer à un exercice consistant à calculer la valeur des interférences provoquées sur de futurs puits géothermiques à Mérignac et à Bordeaux, par l'exploitation d'autres captages de la région bordelaise dont la réalisation probable dans les prochaines années (une dizaine de captages ont été pris en compte).

Comme précédemment, on a adopté les valeurs suivantes :

$$T = 10 \text{ m}^2/\text{h} \quad ; \quad S = 10^{-4}$$

$$t = 5 \text{ ans (43 800 h)} \quad ; \quad Q \text{ par puits} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$$

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant pour des durées de pompage t de 1 mois, 1 an, 5 ans et 10 ans :

Influence de l'exploitation à :		
Durée du pompage	BORDEAUX	MERIGNAC
1 mois	8 m	5 m
1 an	28 m	24 m
5 ans	40 m	37 m
10 ans	46 m	42 m

*On ne pourra donc développer rationnellement l'exploitation des ressources en énergie géothermique de la nappe du Cénomaniens, dans la région bordelaise, qu'en envisageant suffisamment tôt, de "regonfler" la nappe en y injectant de l'eau froide qui se réchauffera progressivement au niveau des roches chaudes constituant l'aquifère.*

Deux solutions sont envisageables :

- la réinjection s'opèrera à partir de puits voisins des ouvrages d'exploitation dans lesquels sera introduite l'eau du Cénomaniens, après récupération de la chaleur en surface (doublets). Chaque exploitant sera alors conduit à prendre en considération dans les comptes d'exploitation prévisionnels des opérations géothermiques à venir, l'investissement relatif aux puits de réinjection, mais il faut bien noter que dans chaque cas les délais séparant la réalisation du puits de pompage de celle du puits de réinjection seront fonction du développement de la géothermie dans la région bordelaise.
  
- la réinjection s'opèrera à partir de puits réalisés là et quand la gestion rationnelle de la nappe d'eau chaude le commandera. Dans ce cas, on peut envisager :
  - a) d'injecter dans la nappe du Cénomaniens, l'eau refroidie ou celle d'un aquifère moins profond,
  - b) de rentabiliser les opérations de géothermie en introduisant par exemple l'eau refroidie de la nappe du Cénomaniens dans le réseau d'alimentation en eau potable de la CUB.

*Dans ce deuxième cas, il faudrait envisager la constitution d'un organisme unique d'exploitation et de gestion de la géothermie dans la région bordelaise. Ce "mineur unique" bénéficierait alors d'un permis exclusif de recherche et d'exploitation au titre du Code minier et procéderait à la recharge de la nappe du Cénomaniens là et quand elle s'imposerait. Cette solution présenterait le double avantage de différer l'investissement "puits de réinjection" et de ne pas avoir à réaliser systématiquement des "doublets géothermiques", ce qui pénaliserait l'économie des projets et aboutirait, dans certains cas, à leur abandon.*

- C O N C L U S I O N -

-----

*Les ressources en énergie géothermique du sous-sol de la Communauté urbaine de Bordeaux devraient permettre d'économiser 30 000 tonnes équivalent pétrole par an (soit 600 000 TEP en 20 ans), à partir d'un dispositif de quinze forages de 1 000 à 1 200 m de profondeur, à inscrire dans un premier programme de développement étalé sur 3 ans. Le maintien de la pression des réservoirs d'eau chaude doit être cependant étudié assez tôt pour éviter tout gaspillage de la ressource énergétique.*

• •  
•

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - B.R.G.M.-S.N.E.A/P avec la collaboration de l'Université de Bordeaux III (1977)  
Potentiel géothermique du Bassin aquitain  
1 vol., 167 p., 38 planches en couleurs  
Compte rendu de fin de contrat d'une étude financée par la D.G.R.S.T.  
Comité géothermie - Contrat n° 76.7-1332
  
- 2 - H. ASTIE, J. CHAMAYOU (1977)  
Les eaux souterraines en Gironde.  
Rapport du B.R.G.M. 77 SGN 104 AQI, 42 planches
  
- 3 - J. LAVIGNE (1977)  
Les ressources géothermiques françaises - Possibilités de mise en valeur.  
Rapport du B.R.G.M. - 77 SGN 433 GTH
  
- 4 - H. ASTIE (1979)  
La géothermie en Aquitaine - Une nouvelle ressource énergétique régionale.  
Rapport du B.R.G.M. - 79 SGN 346 AQI, 16 pages.