



BRGM



BRGM

**LES EAUX CHAUDES
DU BASSIN DE LODEVE**

par

J.L. TEISSIER

88 SGN 1001 LRO

**BUREAU DE RECHERCHES
GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

établissement public
à caractère industriel
et commercial

Siège : Tour Mirabeau
39-43, quai André-Citroën
75739 Paris cedex 15, France
Tél.: (33) 1 45.78.33.33
Télex : BRGM 780258 F
Télécopieur : (33) 1 45.78.34.38 (GR 3)
R.C. 58 B 5614 Paris
SIRET : 58205814900419

Service Géologique Régional
Languedoc-Roussillon
1039, rue de Pinville
34000 Montpellier, France
Tél.: (33) 87.85.81.13
Télécopieur : (33) 87.85.81.13

Montpellier, le 9 janvier 1989

RESUME

La nappe d'eau souterraine contenue dans l'aquifère carbonaté du monoclinal cambrien du bassin de Lodève constitue une ressource géothermique importante dont la genèse est due à la fois, à des effets structuraux, monoclinal s'enfonçant vers le Sud, et à l'existence d'apports hydrothermaux d'origine profonde.

Cette ressource, découverte lors de la réalisation des premiers sondages de prospection de gites uranifères fait actuellement l'objet d'une exploitation géothermique (permis d'Olmet).

L'hydrodynamisme de la nappe et la répartition des températures des eaux souterraines résultent de la conjonction des apports profonds et des effets engendrés par la géométrie de l'aquifère.

Une campagne de prospection des teneurs anormales d'anhydride carbonique dans le sol, effectuée à titre expérimental sur deux secteurs, a permis de déceler les failles génératrices des venues ascendantes. L'extension de cette prospection à l'ensemble du bassin permettrait d'y déceler l'existence d'autres accidents tectoniques, vecteurs de venues hydrothermales.

L'extension de l'exploitation de la ressource géothermique est possible et peut même dépasser les possibilités actuellement offertes en mettant en oeuvre un dispositif de recharge de l'aquifère.

SOMMAIRE

	page
RESUME	
SOMMAIRE	
LISTE DES ANNEXES	
INTRODUCTION	1
1 - LOCALISATION DE L'ETUDE	4
2 - GEOLOGIE DU RESERVOIR	5
2.1 - RESERVOIR CARBONATE DU CAMBIEN	5
2.1.1 Lithostratigraphie	5
2.1.2 Géométrie du monoclinale	6
3 - HYDROGEOLOGIE	8
3.1 - HYDRODYNAMISME DE LA NAPPE	8
3.2 - CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DU MAGASIN - PERMEABILITE - POROSITE - COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT	9
3.3 - ECOULEMENT SOUTERRAIN - DEBITS - RESERVE	10
3.3.1 Ecoulement souterrain	10
3.3.2 Débits souterrains	11
3.3.3 Réserves en place	11
3.4 - TEMPERATURES DES EAUX SOUTERRAINES	11
3.5 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX	12
4 - PROSPECTION DES TENEURS ANOMALES D'ANHYDRIDE CARBONIQUE DANS LE SOL	14
4.1 - BUT DE L'OPERATION	14
4.2 - MOYENS MIS EN OEUVRE	15
4.3 - COMMENTAIRE DES CARTOGRAPHIES OBTENUES	15
4.3.1 Secteur Nord-Ouest du bassin	15
4.3.2 Secteur de la faille de Rabieux	16
5 - EXPLOITATION DE LA RESSOURCE - POSSIBILITES DE DEVELOPPEMENT.	17
5.1 - ETAT DE LA NAPPE AVANT SA MISE EN EXPLOITATION	17
5.2 - EXHAURE HYDRAULIQUE DES EXPLOITATIONS MINIERES	18
5.3 - PERMIS D'EXPLOITATION DE GITE GEOTHERMIQUE A BASSE TEMPERATURE DIT "PERMIS D'OLMET"	19
5.3.1 Etat actuel de l'exploitation géothermique	19
5.4 - POSSIBILITES DE DEVELOPPEMENT DE LA RESSOURCE	19
5.4.1 Evolution de l'état de la nappe	19
5.4.2 Possibilités d'extension de l'exploitation de la ressource	19
CONCLUSION	21
BIBLIOGRAPHIE	22

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 - Aquifère du conglomérat autunien et des dolomies du Cambrien - Extrait de la carte géologique de Lodève portant les isohydrohypes de la nappe et les courbes isothermes de l'eau ; échelle 1/50 000.
- Annexe 2 - Prospection des teneurs anormales d'anhydride carbonique dans le sol - Secteur du Puech - Carte des teneurs exprimées en volume %.
- Annexe 3 - Prospection des teneurs anormales d'anhydride carbonique dans le sol - Secteur de la faille de Rabieux - Carte des teneurs exprimées en volume %.

INTRODUCTION

A l'origine, l'existence d'eaux chaudes dans le bassin de Lodève ne se signalait que par la présence de quelques sources, exutoires naturels de faible débit, à températures modérées, connues uniquement par les habitants du lieu et n'ayant pas fait l'objet, de mémoire d'homme, d'une utilisation, ne serait-ce que pour le thermalisme. Ce n'est qu'à partir de la décennie 1960-70 que des forages d'exploration pétrolière mais surtout des sondages de recherche d'uranium mettent en évidence l'existence d'une nappe d'eau chaude, cette dernière donnant alors lieu à une manifestation spectaculaire et attractive : le forage artésien du Puech, vite dénommé "le Geysier".

Par la suite, au fur et à mesure de la progression des travaux de prospection de la COGEMA, la reconnaissance de cet aquifère s'étendait jusqu'aux confins orientaux du bassin. Seule, la partie méridionale restait vierge d'investigation, le magasin s'y trouvant à une trop grande profondeur.

Lors de la première flambée des cours des produits pétroliers, en 1974, le parti que l'on pouvait tirer de cette ressource au niveau des économies d'énergie attirait l'attention d'un maraîcher local, M. BELLET, qui, moyennant quelques forages peu profonds, créait des serres horticoles, fondait la Société "Les Serres du Lodévois" et demandait l'octroi d'un permis d'exploitation géothermique.

Cette activité, à bien des égards exemplaire, s'étendait ensuite jusque sur le territoire de la commune de Le Puech, à proximité de l'ancien "Geysier" aujourd'hui tari par obstruction naturelle.

En 1985, la commune de Le Puech commandait au Service Géologique Régional Languedoc-Roussillon du BRGM une étude synthétique des ressources en eau chaude du territoire communal.

Cette étude concluait à l'existence de secteurs privilégiés d'investigations et de mises en exploitation tout en soulignant les contraintes inhérentes au permis d'exploitation géothermique des Serres du Lodévois.

Afin de respecter les directives imposées par la législation, l'étude orientait les éventuelles investigations et mises en exploitations futures hors du permis pour ne pas engendrer d'interférences hydrauliques préjudiciables aux forages d'exploitation existants. Toute mise en production nouvelle devrait être précédée d'une phase d'essai qui permettrait de définir les caractéristiques hydrauliques du réservoir carbonaté.

Si la géométrie du toit de l'aquifère et les failles qui le fractionnent sont assez bien connues, tout au moins dans la partie Nord du bassin, grâce aux nombreux sondages de prospection d'uranium, il n'en est pas de même de son épaisseur, de sa nature en profondeur et de ses caractéristiques hydrodynamiques, éléments indispensables à des simulations hydrogéologiques.

Ce rapport constitue d'ailleurs la première phase d'une étude, financée par les fonds "Service Public" du BRGM, qui avait été programmée pour résoudre ces inconnues.

. Dans une première phase d'étude, il avait paru souhaitable de mieux connaître les processus d'ascension des eaux chaudes d'origine profonde et d'étudier notamment, le rôle et la répartition des failles génératrices de ces venues ascendantes.

Une partie des travaux a porté sur la détection des accidents drainants par la prospection des teneurs anormales d'anhydride carbonique dans le sol, méthode d'investigation possédant ici un caractère expérimental et pouvant être étendue par la suite à l'ensemble du bassin en fonction des résultats obtenus.

La seconde partie des travaux a consisté à analyser et synthétiser les données, aimablement communiquées par la COGEMA, concernant les sondages de recherche d'uranium ayant reconnu soit le conglomérat autunien, soit les dolomies du Georgien, aquifère bi-couche, siège des circulations d'eaux chaudes.

. Dans une deuxième phase d'étude ultérieure, les recherches devraient porter sur la détermination des caractéristiques hydrodynamiques du magasin et sur l'évaluation quantitative de la ressource. Cela appelle un financement complémentaire qui n'a pu être mis en place en 1989.

1 - LOCALISATION DE L'ETUDE

L'étude s'adresse à l'ensemble du bassin permien d'une superficie voisine de 160 km².

Etant donné l'approfondissement croissant du monoclinal vers le Sud, seule la partie Nord, lieu de nombreuses campagnes de prospection d'uranium, a pu faire l'objet d'une analyse synthétique des résultats obtenus.

La partie Sud-Est du bassin, vers la faille de Rabieux, n'a été reconnue que par trois forages d'exploration pétrolière, la reconnaissance totale du magasin permien n'ayant pas été, pour autant, réalisée.

La partie Sud-Ouest du magasin, quant à elle, est vierge de toute investigation. Un sondage d'exploration de la COGEMA, implanté à Malavieille, a été entrepris durant l'automne 1988 et doit être incessamment approfondi. Cet ouvrage, s'il touche le substratum cambrien, pourra peut être apporter de précieux renseignements en ce qui concerne le devenir des eaux souterraines profondes dans cette zone.

2 - GEOLOGIE DU RESERVOIR

Le réservoir est essentiellement constitué par l'ensemble carbonaté du Cambrien (Georgien) localement associé à des niveaux conglomératiques datés de l'Autunien, limités à des paléo-chenaux érodant le substratum cambrien. Ces conglomérats, à éléments d'origine cambrienne, sont peu épais, une dizaine de mètres au maximum. Leur rôle hydrogéologique est, de ce fait, secondaire, l'essentiel du réservoir étant constitué par la très importante masse des assises cambriennes sous-jacentes.

2.1 - RESERVOIR CARBONATE DU CAMBRIEN

2.1.1 Lithostratigraphie

Cet ensemble carbonaté peut être scindé en plusieurs séquences, de la base vers le sommet :

- séquence "dolomie de la Vierge"

- . schistes carbonatés gris-beige avec bancs de calcaire dolomitique ; puissance : 70 m,
- . dolomie marmoréenne massive, dolomie schisteuse et dolomie ; puissance : 150 m ;

- séquence "calcoschistes"

- . calcoschistes dolomitiques gris-fer avec quelques lentilles de calcaires noirs ; tuf volcanique à la base ; puissance : 180 m ;

- séquence "alternance schistes-dolomies"

- . dolomies rubanées, en gros bancs, alternant avec des schistes carbonatés ; puissance : 180 m ;

- séquence "schisto-dolomitique"

. grès fin feldspathique, schistes gris et jaunes et dolomies litées rubanées ; puissance : 65 m ;

- séquence des "dolomies litées rubanées"

. dolomies litées finement rubanées avec fins interlits schisteux verts,

. dolomies litées à fines laminations silto-micacées devenant plus massives vers le haut,

. dolomies zébrées,

. puissance : 275 m.

Ce réservoir multicouche épais donc de près de 1 000 m (920 m) comporte en fait deux assises franchement carbonatées, potentiellement aquifères : les dolomies de la Vierge, couche basale, et les dolomies rubanées, couche sommitale, soit une épaisseur cumulée de 425 m.

2.1.2 géométrie du monoclinal

Le bassin permien de Lodève occupe une vaste dépression sur le prolongement oriental de la zone axiale de la Montagne Noire (massif de l'Espinouse). Il prolonge vers l'Est le bassin houiller de Graissessac et forme un vaste monoclinal à pendage Sud (15° en moyenne), ouvert au Nord sur le Cambrien de la ride de Lodève, et sur les schistes de l'auréole métamorphique du massif du Mendic, et limité au Sud et à l'Est par les failles de la bordure des Monts de Faugères et du bassin tertiaire de Gignac. Les dépôts laguno-lacustres du Permien, toit imperméable du réservoir, transgressifs et discordants sur le Stéphanien, reposent au Nord, sur la ride cambrienne de Lodève et s'accumulent au Sud de celle-ci, dans un vaste bassin qui s'affaisse en bordure de la Montagne Noire.

Au Nord du bassin, le toit autunien affleure en discordance sur le Cambrien de la ride de Lodève. Il est recouvert au Sud par une épaisse série d'argilolites rouges saxoniennes individualisées à la base par un épisode conglomératique discontinu, n'intéressant que les paléochenaux et dont l'extension vers le Sud semble limitée.

L'épaisseur totale de la couverture permienne sur la bordure Sud du bassin atteint vraisemblablement 2 000 m. L'ensemble magasin et toit (Cambrien carbonaté et pélites, argilites permienes) est fréquemment injectée de dykes basaltiques qui ont une orientation générale Nord-Sud.

Ces montées magmatiques, d'age plio-quadernaire, sont à l'origine des épanchements tabulaires fossilisant la surface d'érosion de cette époque.

Outre les accidents de bordure déjà signalés, auxquels il convient d'adjoindre la faille majeure dite d'Olmet, orientée N-NE - S-SW, le magasin cambrien est affecté de nombreux accidents tectoniques sensiblement orientés Est - Ouest, décrochant les terrains en touches de piano et occasionnant localement des zones de discontinuité au niveau du conglomérat de base permien.

Le rôle hydraulique de ces failles transverses paraît complexe. Créant localement des barrières étanches au niveau des assises supérieures de l'aquifère, elles peuvent, par contre, dans certains cas, être à l'origine de venues d'eaux chaudes ascendantes ou, tout au moins, servir de drains diffuseurs préférentiels à des écoulements hydrothermaux à partir de leur interconnexion avec la faille d'Olmet. Cet accident majeur semble être le vecteur principal des venues d'eaux chaudes d'origine profonde.

3 - HYDROGEOLOGIE

3.1 - HYDRODYNAMISME DE LA NAPPE (cf. carte des courbes isohydrohypes de la nappe, annexe 1)

La carte des isohydrohypes de la nappe ne représente pas sa piézométrie réelle, les cotes du plan d'eau ayant été prises à partir de la surface du sol.

La carte piézométrique n'aurait pu être obtenue qu'à partir de mesures pressiométriques effectuées au droit du magasin, mesures prenant en compte la température et la minéralisation de l'eau, ainsi que la teneur en gaz.

La géométrie des courbes isohydrohypes de la nappe est le reflet de la répartition de ses zones d'alimentation et de la confluence des apports :

- à partir des affleurements de l'aquifère (conglomérat de base permien et assises carbonatées du Cambrien) sur la bordure Nord du bassin se traduisent par un apport d'eaux douces froides,

- à partir du socle profond anté-cambrien à la faveur de failles, failles majeures d'orientation cévennole (NE-SW) associées à des failles satellites, adjacentes, se traduisant par un apport d'eaux minéralisées, chaudes, chargées en gaz carbonique. Le résultat de cette conjonction est un écoulement souterrain général du Nord vers le Sud modifié dans la partie Ouest du bassin par les apports ascendants de la faille d'Olmet, et, à un moindre degré dans la partie centrale (faille de St Martin) et orientale (faille "Roches des Vierges - Salelles").

Cette situation d'origine a ensuite été perturbée par la mise en exploitation des deux groupes de forages géothermiques des Serres du Lodévois, l'exhaure des ouvrages se traduisant par une légère inflexion des courbes, essentiellement dans le secteur du Puech.

L'ancien axe de drainage préférentiel existant centré sur la rivière l'Aubaygues persiste et est même accentué par la dépression provoquée par le nouveau forage d'exploitation géothermique du Puech.

En aval, l'écoulement souterrain est axé sur la Lergue. il semblerait que le tracé de ces deux cours d'eau, Aubaygues et Lergue, soit régi par l'existence de zones plus intensément fissurées, dans de plus grandes perméabilités.

La pente de la surface des isohydrohypes est très forte (10 %) au droit des zones d'affleurement pour ensuite s'atténuer en aval-écoulement (1 %), valeur toujours forte pour une nappe d'eau souterraine.

L'artésianisme jaillissant de la nappe, captive sous les dépôts argilo-pélimitiques permien, a été mis en évidence lors de la réalisation des premiers sondages de prospection minière réalisés par la COGEMA dans la vallée de l'Aubaygues ou de la Lergue.

La genèse de cet artésianisme jaillissant n'est pas uniquement imputable à la pression hydraulique de la nappe, mais aussi à la température relativement élevée de l'eau et à un phénomène de "gas-lift", venues par émulsion liée à la présence de gaz carbonique.

3.2 - CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DU MAGASIN - PERMEABILITE, POROSITE, COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT

Les caractéristiques hydrodynamiques du magasin n'ont pu être étudiées et calculées qu'à partir de rares essais de production effectués sur les sondages miniers ayant atteint le substratum aquifère des dépôts permien.

Toutefois, pour des raisons purement techniques, évaluation des débits d'exhaure prévisibles des mines, par exemple, l'opérateur a eu le souci permanent de connaître l'importance des afflux d'eau provenant de

l'aquifère sous-jacent et en a fait étudier les caractéristiques au fur et à mesure de l'avancement des travaux d'exploitation minière.

En fait, les sondages miniers réalisés pour cet objectif n'ont pénétré que très partiellement l'aquifère et s'avèrent, de ce fait, hydrogéologiquement imparfaits.

Les forages d'exploitation géothermique n'ont pas fait l'objet de pompages d'essai afin de déterminer les caractéristiques de l'aquifère. Même si cela avait été fait, les valeurs calculées n'auraient pas été représentatives, ces ouvrages, comme les sondages miniers, ne captant que sa partie sommitale.

Il doit être procédé, prochainement, à des tests de production et pompages sur un forage de reconnaissance géothermique réalisé par la commune de Le Puech, au lieu dit "Le Moulin".

Si cette opération est réalisée et peut être menée à bien, elle apportera les toutes premières informations, relativement fiables, sur les qualités hydrauliques de l'aquifère. Cependant, ici aussi, le magasin n'a pas été reconnu sur la totalité de son épaisseur (70 m seulement, de 230 à 300 m de profondeur). Les valeurs obtenues ne seront qu'approchées.

Une seule indication relativement fiable a été obtenue sur le forage d'exploration pétrolière Lodève 2 où le groupe KH extrapolé est voisin de 20 Dm^{*}.

3.3 - ÉCOULEMENT SOUTERRAIN, DÉBITS, RÉSERVE

3.3.1 Écoulement souterrain

Dans la partie septentrionale du bassin, les écoulements souterrains se font du Nord vers le Sud, sauf dans la partie Nord-Ouest où les apports de la faille d'Olmet associés à l'existence d'un axe

* Darcy-mètre.

drainant au droit de l'Aubaygues, puis de la Lergue, engendrent des écoulements sensiblement orientés NW - SE.

Au Sud d'une ligne Rabéjac-Fréchoux, le sens d'écoulement de la nappe n'est plus connu. Selon toutes vraisemblances, les eaux souterraines se dirigent vers le seuil de Rabieux, seuil hydraulique classique au-delà duquel elles se déversent dans les aquifères jurassiques de la dépression de St Félix-de-Lodez - St André-de-Sangonis.

3.3.2 Débits souterrains

Par suite d'une connaissance très imparfaite de la transmissivité de l'aquifère, il n'est pas possible de procéder à une évaluation du débit de l'écoulement souterrain par calcul à partir de la pente de la surface de la nappe,

3.3.3 Réserves en place

Ici aussi, trop de données sont inconnues pour pouvoir procéder à un calcul d'approche.

Seul un ordre de grandeur, très approximatif, peut être avancé. En estimant la porosité à 1 % et l'épaisseur moyenne de l'aquifère à 400 m, la réserve d'eau en place est de l'ordre de 650 millions de mètres cube.

3.4 - TEMPERATURES DES EAUX SOUTERRAINES

La répartition des températures des eaux souterraines au toit du réservoir résulte de la conjugaison des facteurs suivants :

- facteurs hydrodynamiques

. apports d'eaux froides (13 à 14° C) provenant de la zone

d'alimentation des affleurements de l'aquifère (conglomérat autunien et couches calcaréo-dolomitiques du Cambrien) ;

- . apports ascendants d'eaux chaudes à partir de la faille d'Olmet et de ses failles satellites ;

- . exhaure des eaux à partir des forages géothermiques existants ;

- **facteurs structuraux**

- . gain en température, du Nord vers le Sud, lié à l'approfondissement rapide du magasin (accroissement de la température de la roche réservoir et de l'eau par un flux géothermique supposé a priori normal) ;

- . distribution des failles secondaires pouvant diffuser le flux d'eau chaude empruntant les accidents d'orientation cévennole ou directement génératrices de venues d'eaux chaudes profondes.

C'est ainsi que la croissance de la température s'opère d'Est en Ouest dans la partie occidentale du bassin et du N-NW vers le S-SE dans la partie centrale et orientale .

La température des eaux souterraines atteinte 62° C au sein du nouveau forage d'exploration géothermique Le Moulin, l'isotherme "65° C" étant hypothétique mais vraisemblable.

3.5 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX

Les eaux souterraines de l'aquifère Autuno-cambrien résultent du mélange d'eaux minéralisées d'origine profonde et d'eaux douces provenant des infiltrations se produisant sur les zones d'affleurements.

A l'Ouest du bassin, les eaux se minéralisent en allant vers la faille d'Olmet.

Les eaux thermominérales du bassin de Lodève sont des eaux à faciès bicarbonaté sodo-potassique fortement chargées en anhydride carbonique. Les paramètres caractéristiques sont les suivants :

- . pH toujours inférieur à 7 (eaux acides),
- . résidu sec important (de 1 400 à 1 600 mg de sel par litre),
- . présence de silice,
- . potassium abondant : de 35 à 55 mg/l,
- . strontium relativement abondant : de 1,9 à 4,9 mg/l
- . présence de lithium : de 0,23 à 0,61 mg/l.

Ces eaux, de par leurs caractéristiques, sont identiques aux eaux thermales de Lamalou-les-Bains ; leur genèse et leur origine sont vraisemblablement identiques.

Sur le plan de leur utilisation, ces eaux génèrent rapidement des dépôts et minéralisations nuisibles aux captages et aux canalisations de transport. Seules des modalités d'emploi spécifiques peuvent permettre d'amoinrir ces méfaits.

4 - PROSPECTION DES TENEURS ANOMALES D'ANHYDRIDE CARBONIQUE DANS LE SOL

4.1 - BUT DE L'OPERATION

Il a été vu précédemment, dans le chapitre concernant l'hydrogéologie, que la température des eaux souterraines contenues dans l'aquifère bi-couche Autuno-cambrien, était en grande partie due à des venues ascendantes d'eaux d'origine profonde chargée en gaz carbonique. Dans la partie occidentale du bassin, le rôle de la faille d'Olmet, accident vecteur d'apports hydrothermaux, est établi. Il n'en était pas de même des failles adjacentes empruntant la vallée de l'Aubaygues et celle de la Lergue.

Par ailleurs, dans la partie centrale et méridionale du bassin, la rareté ou l'absence de sondages de reconnaissance ne permettent pas la détection d'éventuelles autres failles émettrices.

Le recours au radon étant exclu, à cause de la présence des gisements de minerais radioactifs, il a paru judicieux de prospecter les teneurs anormales de gaz carbonique dans le sol, ceci permettant, dans un premier temps, de vérifier si les accidents vecteurs connus d'eau chaude, pouvaient être détectés sur le terrain, puis en fonction des résultats obtenus, de déplacer la prospection dans les zones dépourvues de sondages, secteurs où la connaissance de la distribution des failles est beaucoup moins bonne.

Les résultats obtenus à l'issue de la première phase d'investigation, limitée au quadrilatère "Olmet-Mont Redon-Les Hémies-Tindoune", se sont avérés satisfaisants.

L'autre zone prospectée, à cheval sur la faille de Rabieux, révèle, elle aussi, l'existence de cet accident majeur et de ses failles satellites.

4.2 - MOYENS MIS EN OEUVRE

568 prélèvements ont été effectués, le taux d'anhydride carbonique étant déterminé à l'aide de tubes réactifs aux échelles "0,5 à 10 volumes %" et 1 à 16 volumes %".

4.3 - COMMENTAIRE DES CARTOGRAPHIES OBTENUES

4.3.1 Secteur Nord-Ouest du bassin

La faille d'Olmet apparaît très nettement (alignement Olmet-le champ de tir). Immédiatement au Nord du Plo de Gal (cote 268), s'amorce une zone à fortes teneurs. Sur le terrain, elle correspond à des dépôts de tufs, vestiges d'anciens exutoires d'eaux thermominérales.

La faille de l'Aubaygues, passant au Nord du village du Puech se distingue très bien.

En allant vers l'Est, entre les Panguets et les Rassols, elle semble être décalée vers le Sud pour donner lieu à un alignement de même direction allant du Capitoul aux Tourels. Il n'est pas impossible que ce décalage soit dû à une faille de direction NW-SE empruntant la vallée de La Lergue. Au Nord-Est des Hémies, en allant sur le Mas de Lavit, apparaît un alignement très contrasté, semblant orienté N 40. Enfin, une dernière zone, fortement positive, s'amorce près du lieu-dit "Les Vignes".

Dans les collines dominant la rive gauche de l'Aubaygues, les alignements sont soulignés par des valeurs moins élevées. Les orientations sont cévennoles, parallèles à la faille d'Olmet.

L'alignement de l'Aubaygues recoupe la direction cévennoise. S'il s'agit d'un accident, il serait alors plus récent que les grandes structures N 45.

4.3.2 Secteur de la faille de Rabieux

L'investigation, dans ce secteur, a été effectuée à titre expérimental, à la vue des résultats obtenus précédemment. La faille de Rabieux, mieux connue sous le nom de "faille des Cévennes" compte parmi les accidents tectoniques les plus importants du Languedoc-Roussillon. Au droit du bassin de Lodève, elle place en contact direct le Permien et son substratum cambrien avec les séries tertiaires et secondaires du bassin de Gignac.

Les taux de gaz carbonique relevés y sont moins importants que dans la zone précédemment prospectée mais sont suffisamment contrastées pour pouvoir cartographier des zones anormales qui s'avèrent être de même direction que l'accident majeur.

Ces résultats confirment l'intérêt de la méthode et prouvent qu'elle est susceptible d'apporter des informations importantes sur la structure du bassin.

5 - EXPLOITATION DE LA RESSOURCE POSSIBILITES DE DEVELOPPEMENT

5.1 - ETAT DE LA NAPPE AVANT SA MISE EN EXPLOITATION

Avant la réalisation des premiers sondages de prospection minière, la présence d'eaux thermominérales dans le bassin de Lodève ne se signalait que par l'existence d'exutoires naturels ou occultes de la nappe, telles les sources de Nérac, Robinson et St Fulcran parmi les plus importantes et des venues plus ou moins diffuses et occultes dans le lit de la Lergue.

Ces venues correspondaient à des sources de débordement situées dans les zones topographiquement basses.

Seules les sources de Nérac Sud, de la Grande Baraque, du Pont de Bramefan et de la Galerie, émergences de très faible débit, se signalaient par une température de leurs eaux légèrement supérieure à la normale (de 17 à 20,5° C).

Le débit global des sources connues était de l'ordre de 80 à 120 m³/h, ces variations de débit étant vraisemblablement liées aux fluctuations de l'alimentation de l'aquifère à partir de ses affleurements.

A partir des premières années de la décennie 1960-70, la reconnaissance de la nappe et la mise en évidence de ses principales caractéristiques sont effectuées d'une façon presque simultanée par les premiers sondages de prospection minière et par les forages de recherche pétrolière Lodève 1, 2 et 3. C'est ainsi que dans la zone du Puech, dans la vallée de l'Aubaygues, quatre des sondages miniers effectués se révélaient artésiens jaillissants : S1, S4, S5 et S6, le plus productif étant le S1 débitant près de 55 m³/h d'eau à une température de 50° C. C'est ce dernier ouvrage qui, sommairement équipé, sera dénommé "Le Geysier".

5.2 - EXHAURE HYDRAULIQUE DES EXPLOITATIONS MINIERES

L'exhaure hydraulique des exploitations de gisements d'uranium n'a intéressé, jusqu'à ce jour, que les parties centrales et Est du bassin. Il s'étend actuellement vers l'Ouest au fur et à mesure de la progression des travaux miniers du Capitoul et de Tréviels.

Ce pompage des eaux souterraines, absolument nécessaire à la poursuite de l'extraction, ne s'adresse qu'aux terrains décelant les concentrations uranifères, à savoir les dépôts argilo-pélitiques du toit imperméable de l'aquifère. Les travaux de prospection et d'extraction revêtent un caractère confidentiel ; il ne peut être tenu compte, dans cette étude, que des connaissances ayant pu être divulguées, la confidentialité ne couvrant pas toutefois, grâce à l'obligeance de l'exploitant, les données concernant les eaux souterraines.

Les volumes d'eau ainsi soutirés ont pour origine, d'une part les eaux souterraines contenues dans les fines alternances gréseuses intercalées dans les niveaux argilo-pélitiques et celles d'imbibition de ces mêmes argilites et, d'autre part, les eaux pouvant provenir de l'aquifère sous-jacent, eaux en charge, transitant par drainance à travers les assises du toit ou empruntant les zones fracturées.

Il ne s'agit donc pas d'un pompage direct dans l'aquifère, la part des volumes exhaérés provenant de ce dernier ne pouvant pas être précisée.

En outre, le soutirage pouvant s'opérer à partir de l'aquifère, aura toujours un effet limité puisque le but de l'exhaure minière n'est que de dénoyer la zone d'extraction, la cote de rabattement consécutif ne pouvant pas s'abaisser sous celle du toit de l'aquifère.

5.3 - PERMIS D'EXPLOITATION DE GITE GEOTHERMIQUE A BASSE TEMPERATURE DIT "PERMIS D'OLMET"

Ce permis d'exploitation a été accordé à la Société "Les Serres du Lodévois" le 22 décembre 1980 par arrêté préfectoral.

5.3.1 Etat actuel de l'exploitation géothermique

- forage F2, F4 et F5 de St Fulcran
 - . débit artésien total : 118,7 m³/h,
- forage F1 au lieu-dit Marinette
 - . forage non artésien, abandonné ;
- forage du Puech (ouvrage réalisé postérieurement à l'arrêté préfectoral, en 1984)
 - . débit artésien : 6 m³/h.

5.4 - POSSIBILITES DE DEVELOPPEMENT DE LA RESSOURCE

5.4.1 Evolution de l'état de la nappe

A la suite de la réalisation des premiers sondages miniers entrés en artésianisme jaillissant, de la mise en oeuvre de l'exhaure minière et de l'exploitation géothermique du permis d'Olmet, la dépression de la surface de la nappe consécutive à cette sollicitation a entraîné le tarissement presque complet des exutoires naturels et, notamment, des sources à fort débit, puis celui de la totalité des premiers sondages miniers artésiens, la cause de ce tarissement pouvant, dans ce dernier cas, être due à l'obturation des ouvrages par des dépôts.

5.4.2 Possibilités d'extension de l'exploitation de la ressource

Les caractéristiques des eaux thermominérales du bassin de Lodève offrent deux possibilités d'utilisation :

- utilisation énergétique telle l'exploitation géothermique en cours,
- utilisation pour le thermalisme ou pour une activité apparentée, ces eaux possédant des caractéristiques physico-chimiques identiques à celles utilisées à la station thermale de Lamalou-les-Bains.

Dans ce dernier cas, l'utilisation devra a priori être limitée aux zones présentant des eaux minéralisées. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines ne sont pas connues au Sud du bassin. Il n'est cependant pas impossible qu'elles y aient acquis une minéralisation suffisamment spécifique pour pouvoir autoriser une utilisation thérapeutique.

Par contre, l'utilisation énergétique peut être développée et même dépasser les capacités de la ressource actuellement en place.

En effet, d'une part les assises du Cambrien, de par leur épaisseur, constituent un réservoir calorifère très important. D'autre part, la structure monoclinale de ces couches peut se prêter à la mise en oeuvre d'un dispositif de circulation forcée, mise en charge en amont au niveau des affleurements et récupération des eaux réchauffées par forages, en aval, l'apport calorifique étant assuré par la chaleur stockée dans les roches et par la participation continue du flux géothermique.

CONCLUSION

L'aquifère carbonaté du monoclinal cambrien du bassin de Lodève est le siège d'une nappe d'eau souterraine constituant une ressource géothermique importante dont la genèse est due à la fois, à des effets structuraux (approfondissement de l'aquifère) et à l'existence d'apports hydrothermaux d'origine profonde envahissant le magasin à la faveur de failles.

La mise en évidence de cette ressource, survenue lors de la décennie 1960-1970, grâce à la réalisation des premiers sondages de prospection minière réalisés par le CEA et des forages d'exploration pétrolière Lodève, a permis la mise en oeuvre d'une exploitation de la ressource à des fins géothermiques donnant lieu à l'octroi du permis d'exploitation à basse température du "permis d'Olmet" à la Société "Les Serres du Lodévois".

Une campagne de prospection des teneurs anormales d'anhydride carbonique dans le sol, campagne limitée à la partie Nord-Ouest du bassin a permis de démontrer que cet outil de prospection permettait la détection des failles génératrices de venues profondes.

Si le programme d'étude est poursuivi, il serait souhaitable d'étendre cette prospection à l'ensemble du bassin et surtout dans sa partie Sud, afin d'y déceler l'existence d'autres accidents drainants.

L'aquifère carbonaté du Cambrien, de par sa structure monoclinale, peut autoriser une extension de l'exploitation géothermique en mettant en oeuvre une récupération de la chaleur emmagasinée dans les couches par circulation forcée des eaux souterraines, recharge en amont et exploitation des eaux réchauffées en aval.

BIBLIOGRAPHIE

BRGM, Service Géologique Régional Languedoc-Roussillon : Banque des données du sous-sol.

COGEMA, Centre de Lodève : Données hydrogéologiques sur les sondages ayant reconnu l'Autunien et le Cambrien.

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

LODÈVE

QUATERNAIRE

	Colluvions
	Glissement en masse avec indication de la niche d'arrachement
	Eboulis T - éboulis cryoclastiques
	Alluvions de lit majeur
	Fy2 - Alluvions de terrasse intermédiaire (5-10 m) Würm récent ?
	Fy - Alluvions de moyenne terrasse (10-20 m) Würm ?
	Alluvions de haute terrasse (25-35 m) Rias ?
	Travertins
	Étacs d'accumulation de matériel cryoclastique à l'amont des hautes terrasses de l'Hérault 1 - niveau supérieur 2 - niveau inférieur
	Remplissage cryoclastique de dépression
	Limons et sables éoliens
	Limons et argiles lacustres
	Calcaire lacustre et travertins
	Très hautes terrasses résiduelles de l'Hérault
	Tufs basaltiques et volcano-sédimentaires de Péret
	Basalte effusif
	Basalte intrusif
	Brèche basaltique intrusive
	Tufs, brèches, scories basaltiques
	Volcano-sédimentaire : sables, argiles, diatomite
	Cailloutis siliceux (Villafranchien)

PALÉOZOÏQUE

	Saxonien Pélites et argiles rouges, conglomérats et grès de base
	Autunien Ensemble Viala supérieur : grès et argilites rouges
	Ensemble Viala inférieur : grès et argilites rouges
	Ensemble Mas d'Alary : grès rouges, schistes à matière organique, pélites rouges
	Ensemble Loiras supérieur : grès, schistes à matière organique, pélites rouges
	Ensemble Loiras inférieur : schistes à matière organique, pélites rouges
	Ensemble d'Ussclas : grès, schistes à matière organique, pélites grises
	Conglomérats de base
	Carbonifère Vialéen h25C - Calcaire à Productus h25P - Conglomérats h25 - Flysch gréseux, flysch à olistostrome h24 - Calcaire nodulaire et lentilles variés à turbidites calcaires
	Tournaisien Calcaires et lydienes à nodules phosphatés
	Dévonien d1-7 d1-4 d1-2 - Dolomie ou dolomie gréseuse d5-7 - Dévonien supérieur différencié : calcaire et argilite "griottes" d5 - Calcaire micritique noir à niveaux siliceux et marnes pyriteuses (Frasnien) d3-4 - Calcaire à chailles, calcaire micritique, encrinets (Eifelien - Givétien) d2 - Calcaire à pèlex (Emsien) d1 - Grès ferrugineux et dolomie (Gédinnien basal)
	Silurien Calcaires gréseux en plaquettes
	Andésites "Porphyrites"
	Ordovicien Arenigien inférieur Schistes flyschoides 1 - grès à Lingules
	Cambrien inférieur Ensemble carbonaté Dolomies à lamines schisteuses et dolomies fitées 1 - dolomie saccharoïde
	Formation schisto-grés-dolomitique
	Schistes dolomitiques
	Dolomie massive et schistes carbonatés
	Ensemble détritique et volcano-sédimentaire
	Schistes et grès quartzites
	Conglomérats
	Tufs rhyolitiques ("porphyroïdes")
	Intracambrien Schistes épimétamorphiques, séries schisto-gréseuses

CÉNOZOÏQUE

	Miocène Miocène terminal Grès, sables, conglomérats
	Miocène moyen Molasse marine 1 - conglomérat côtier 2 - niveaux à graviers de quartz 3 - calcaire lacustre
	Aquitainien m1a - Marnes jaunes, grès, conglomérats m1b - Conglomérats, brèches m1c - Calcaire lacustre
	Eocène Eocène supérieur (Bartonien) Conglomérats, argiles saumon
	Eocène moyen Calcaire lacustre "lutétien" 1 - marnes et grès 2 - travertins à Plantes
	Eocène inférieur E1 - Marnes infralutésiennes E1V - Brèches rouges, "Vitrollien"

MÉSOZOÏQUE

	Crétacé Bégudo-rognacien Argiles, grès, conglomérats
	Crétacé supérieur Grès rose d'Arboras
	Bauxite, aramonite
	Jurassique Malm J5-9 - Jurassique supérieur indifférencié J7 - Kimméridgien inférieur : calcaires argileux J6 - Oxfordien supérieur (Rauracien) : calcaires J4-5 - Oxfordien inférieur et moyen (Argovien) : marnes feuilletées J4-5(b) - Calcaires marneux J4-5(a) - Marnes feuilletées
	Dogger J3 - Callovien : calcaires lapiazés J3b - Callovien supérieur : calcaires à chailles J2-3 - Bathonien - Callovien : calcaires J2 - Bathonien : calcaires et marnes feuilletées J1-2 - Bajocien-Bathonien : calcaires J1-3D - Bajocien à Callovien : dolomies grises
	Lias Aalénien - Bajocien Calcaires à chailles, calcaires à Cancellophycus
	Toarcien (Lias marneux) Marnes grises, calcaires marneux
	Lotharingien - Domérien (Lias calcaire) Calcaires biodétritiques
	Hettangien (Lias dolomitique) Dolomie, calcaire dolomitique

Trias

	Rhétien Grès, calcaire, marnes
	Argiles bariolées
	Grès intermédiaires
	Argiles inférieures 2 - grès de base 1 - conglomérats

VEINES ET FILONS

	Quartz
	Lamprophyres
	Silicification

Gisements fossilifères

	Macrofaune
	Macroflore
	Empreintes et pistes (dans le Permien)
	Microflore

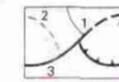
Sources et hydrogéologie karstique

	Source
	Aven
	Grotte

Éléments structuraux

(éventuellement valeur des pendages et plongements exprimée en degrés)

	Direction et pendage des couches
	Pendage horizontal
	Pendage vertical
	Pendage inverse
	Foliation
	Linéation horizontale d'intersection et d'allongement
	Linéation avec plan axial de petits plis



- 1 - Contour géologique
- 2 - Limites des formations submergées (Lac de Salagou) et limite de faciès (dolomitisation)
- 3 - Faille ou contact anormal observé
- 4 - Faille ou contact anormal interprété ou supposé
- 5 - Front de nappe (pointes dirigées vers le compartiment chevaucher)

Sondages

	Sondage de reconnaissance
	Sondage pétrolier avec son indicatif
	Numéro d'archivage au Service géologique national

Ressources du sous-sol et exploitations

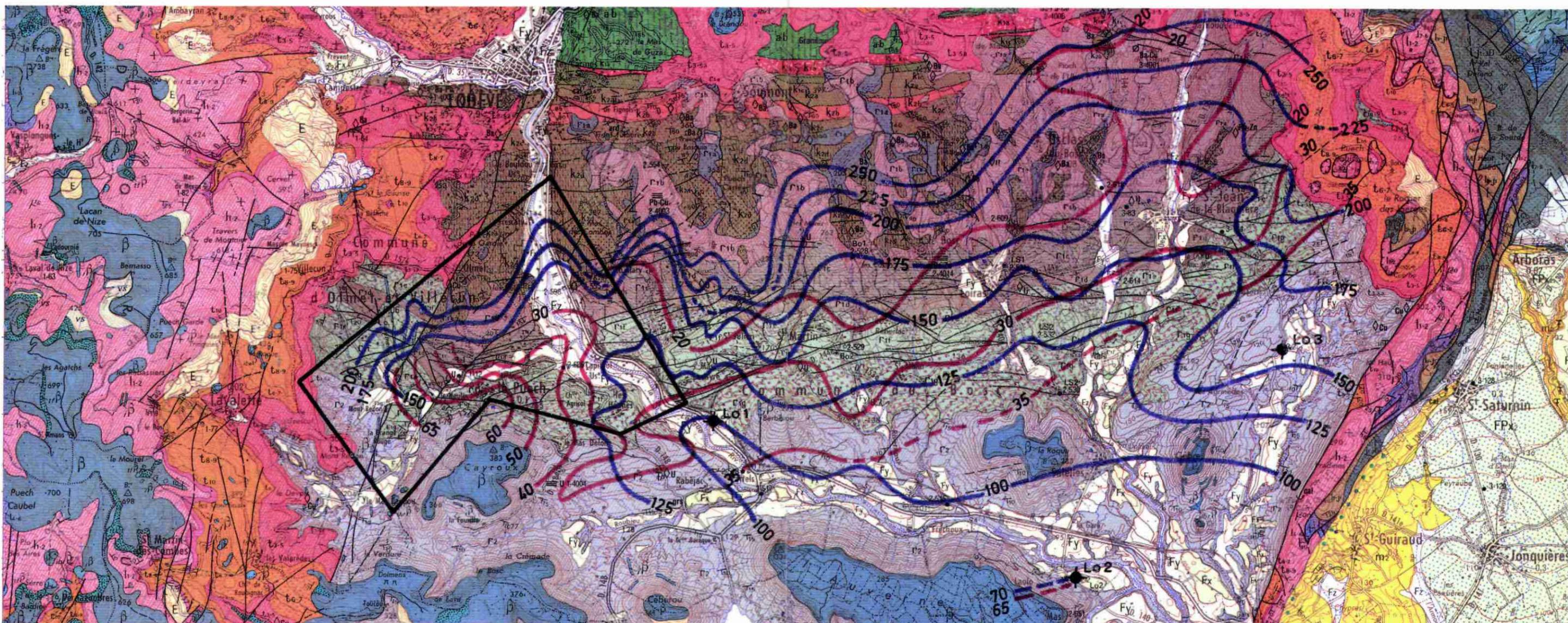
	Bauxite
	Barytine
	Cuivre
	Plomb
	Uranium
	Zinc

Forme des gîtes

	Indice ou gîte de forme non précisée
	Filon minéralisé en vraie grandeur
	Filon orienté de petite dimension
	Gîte stratiforme de petite dimension
	Numéro d'archivage des gîtes minéraux au Service géologique national
	Schiste ardoisier
	Basalte
	Calcaire ou dolomie
	Grès, pélites
	Lignite
	Marbre
	Sables et graviers

Exploitations

	Travaux souterrains
	Puits d'extraction
	Galerie d'exploitation
	Carrière à ciel ouvert
	Extension du front de taille d'une carrière de grande dimension



Annexe 1
88. SGN 1001 LRO

LES EAUX CHAUDES DU BASSIN DE LODEVE

AQUIFERE DU CONGLOMERAT AUTUNNIEN
ET DES DOLOMIES DU GEORGIEN

EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE LODEVE PORTANT
LES ISOHYDROHYPSES DE LA NAPPE :  150 NGF
ET LES COURBES ISOTHERMES DE L'EAU :  60 °C

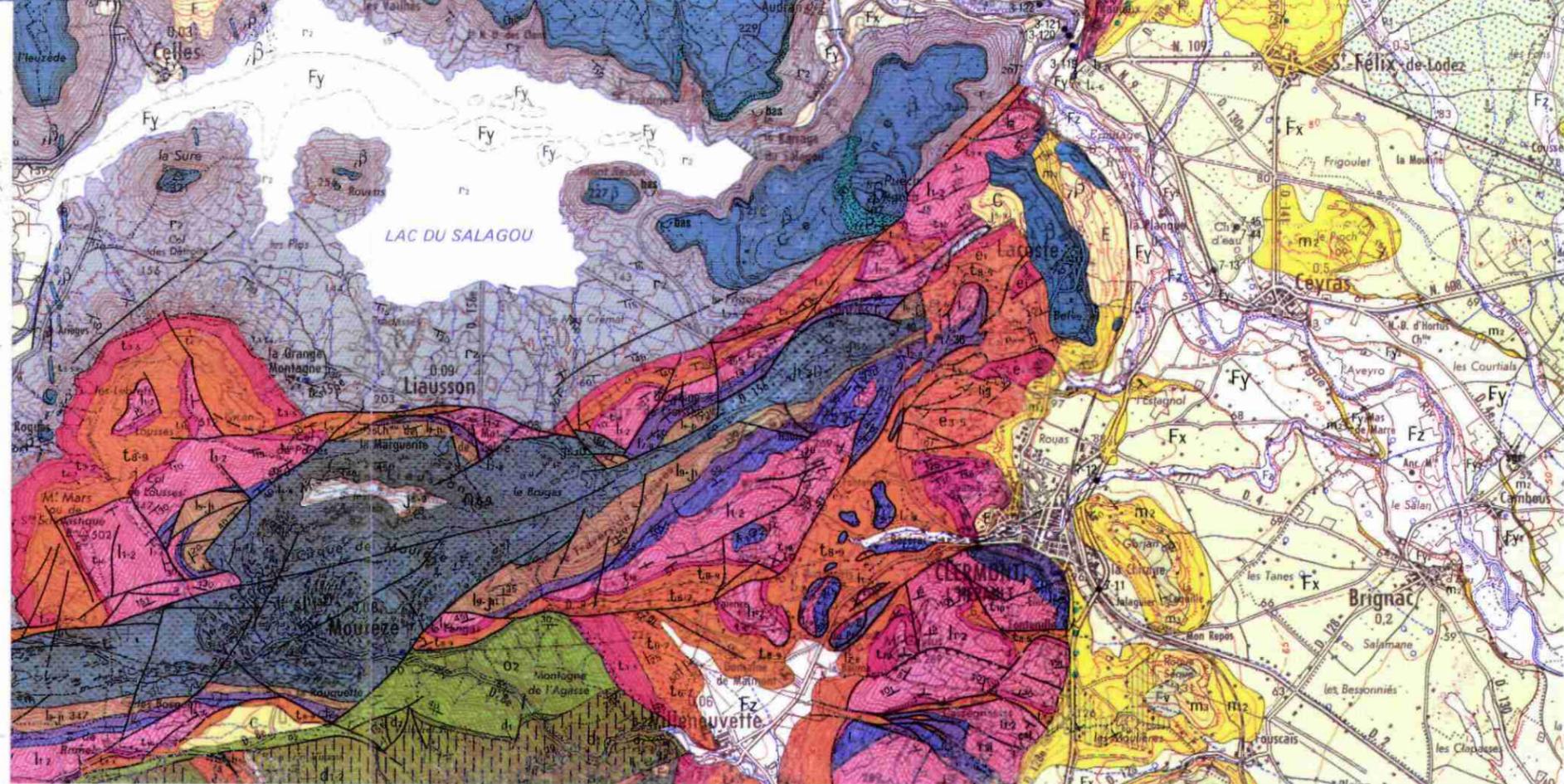


Limites du périmètre d'exploitation géothermique
de la Société "Serres du Lodévois"



Lo 1 Forage d'exploration pétrolière

Echelle : 1/50 000



88 SGN 1001 LRO

LES EAUX CHAUDES DU BASSIN DE LODEVE

PROSPECTION DES TENEURS ANOMALES D'ANHYDRIDE CARBONIQUE DANS LE SOL

SECTEUR DE LA FAILLE DE RABIEUX

Carte des teneurs exprimées en volume %



Echelle : 0 250 500 750 1000 m

Agrandissement de la carte IGN Lodève et Clermont-l'Hérault
2643 Ouest-Est à 1/25 000

