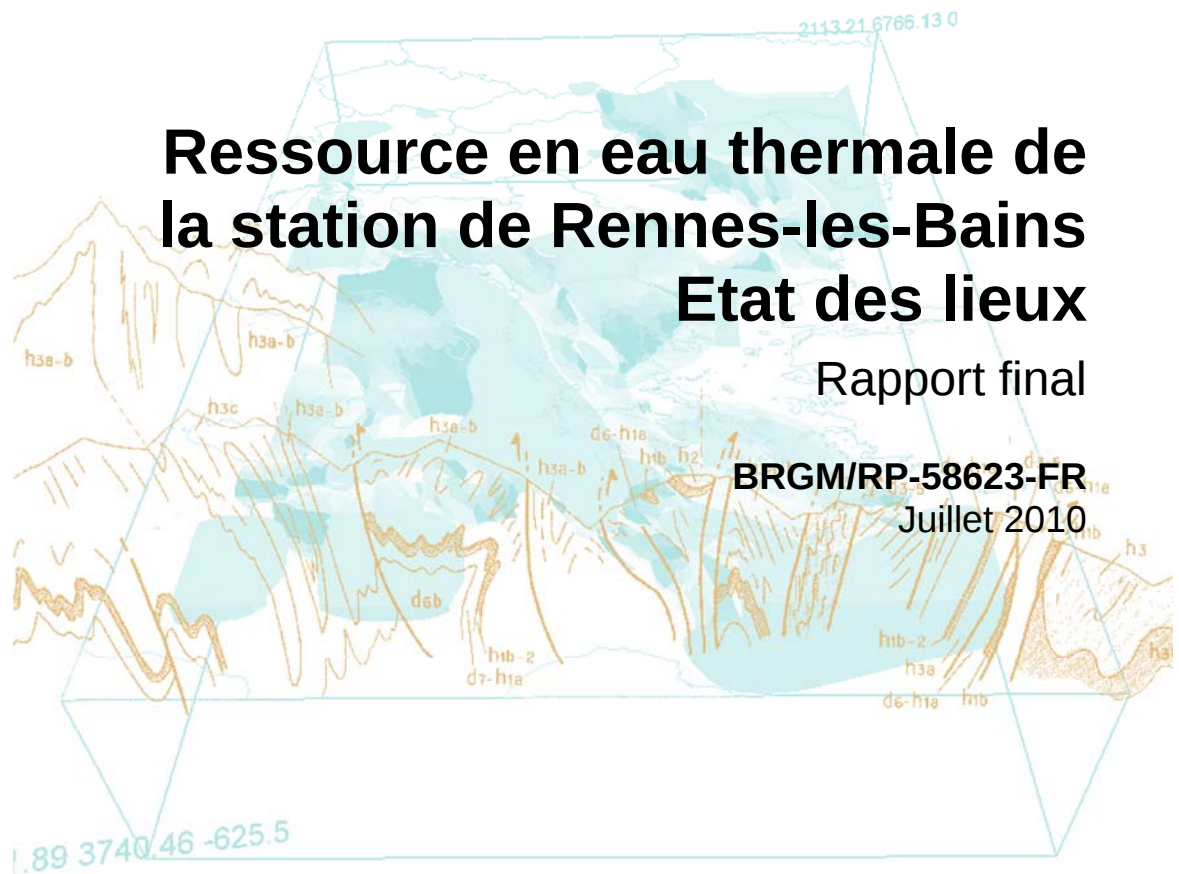




Ressource en eau thermale de la station de Rennes-les-Bains Etat des lieux

Rapport final

BRGM/RP-58623-FR

Juillet 2010

Rapport réalisé dans le cadre du projet
de Service Public du BRGM PSP10LRO30

P. Vigouroux
avec la collaboration de
M. Elbaraka et P. Le Strat

Vérificateur :

Nom : Claudine Lamotte

Approbateur :

Nom : Marc Audibert

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Mots clés : Rennes-Les-Bains, eau thermale, ressource, qualité, protection, exploitation

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

M. Elbaraka, P. Le Strat, P. Vigouroux (2010) – Ressource en eau thermale de la station de Rennes-Les-Bains – Etat des lieux (Aude). BRGM/RP-58623-FR, 77 p. - 30 ill. - 4 ann.

Synthèse

L'analyse de la ressource en eau minérale de la station thermale de Rennes-Les-Bains s'inscrit dans le cadre du programme régional « **Qualité de la ressource en eau thermale des stations du Languedoc-Roussillon** ». Ce programme, mené sur la période 2010 à 2012, est cofinancé par l'Union Européenne (FEDER), la Région Languedoc-Roussillon, le Conseil Général de l'Aude et des autres départements de la région ainsi que le BRGM. Il est mené en partenariat avec la Fédération Thermale et Climatique Languedoc-Roussillon (FTCLR).

L'état des lieux réalisé pour la station de Rennes-Les-Bains permet de préciser les points principaux suivants :

- sur le plan de la connaissance du **gisement** et du système hydrothermal, les données disponibles permettent de disposer d'une vision assez précise du circuit hydrothermal. Le rôle des calcaires dévoniens et des accidents structuraux W-NW à S-SE est souligné. Le rôle du calcaire turonien, peu profond, reste à préciser ;
- sur le plan de la connaissance du **fluide thermal**, les rôles joués par l'aire d'alimentation (calcaires dévoniens affleurants), le transit vers un niveau profond (1500 m), puis la remontée vers la surface via un réseau de fractures actif sont assez bien identifiés, globalement, à partir des données analytiques disponibles ;
- sur le plan de la **préservation de la ressource** et de la **protection du gisement**, l'aire d'alimentation du gisement dépourvue d'activité, les conditions de captage en profondeur et à faible régime ainsi qu'une durée de transit a priori conséquente (plusieurs années), permettent de considérer que le site bénéficie d'une bonne préservation de sa ressource et d'une bonne protection de son gisement ;
- sur le plan des **conditions d'exploitation** de la ressource, le captage en profondeur de la ressource constitue un point positif mais les désordres de qualité sanitaire rencontrés en cours d'exploitation sur ce forage soulignent cependant la nécessité de moderniser l'équipement du forage actuel ;
- sur le plan du **suivi d'exploitation** de la ressource et de la **maintenance**, il convient de noter que les conditions de suivi de la ressource sont, à ce jour, déficientes et que ce point est pénalisant pour le site ;
- sur le plan **réglementaire**, les autorisations d'exploiter la ressource sont acquises et seul un déficit de suivi des caractéristiques physico-chimiques est à noter.

Les **pistes de progrès** qu'il est recommandé de soutenir au titre de la démarche qualité pour la ressource thermale de Rennes-Les-Bains sont, à **court terme**, la réhabilitation du forage Yvroux, la remise en état du dispositif de suivi qualité et le renforcement de l'aspect analytique du contrôle réglementaire.

Pour ce qui est du **long terme**, il est recommandé de soutenir les pistes de progrès qui concernent l'étude d'implantation d'un ouvrage de secours, la réalisation d'un ouvrage de secours de profondeur optimisée et la réalisation d'un piézomètre au calcaire turonien (y compris son instrumentation).

Sommaire

1. Introduction	9
1.1. CADRE DU PROGRAMME REGIONAL THERMALISME.....	9
1.2. MODALITES D'INTERVENTION	9
2. La station thermale de Rennes-les-Bains	11
2.1. CONTEXTE GENERAL DU SECTEUR DE RENNES-LES-BAINS.....	11
2.1.1. Contexte géographique	11
2.1.2. Contexte climatique	12
2.1.3. Contexte géologique.....	14
2.1.4. Contexte hydrogéologique.....	18
2.2. L'ACTIVITE THERMALE DE LA STATION	19
2.2.1. Historique de l'activité thermique.....	19
2.2.2. Nature de l'activité thermique	21
2.2.3. Importance de l'activité thermique	22
3. La ressource en eau thermale de la station de Rennes-les-Bains.....	25
3.1. LE GISEMENT D'EAU MINERALE.....	25
3.1.1. Approche théorique de la notion de gisement	25
3.1.2. Le gisement de Rennes-Les-Bains	27
3.2. LE FLUIDE THERMAL.....	27
3.2.1. La ressource exploitée	27
3.2.2. Hydrogéologie	34
3.2.3. Caractérisation physico-chimique de la ressource	34
3.2.4. Caractérisation isotopique de la ressource	35
3.3. LA MISE EN PRODUCTION – LES EQUIPEMENTS.....	38
3.3.1. Les captages existants (conditions d'émergence).....	38
3.3.2. Les équipements de production et de suivi d'exploitation	39
3.3.3. La relation ressources / besoins	40
3.4. LE SUIVI D'EXPLOITATION – LA MAINTENANCE	41
3.4.1. Les données du suivi d'exploitation.....	41
3.4.2. Dispositif de maintenance	44

3.5. LE CADRE REGLEMENTAIRE.....	44
3.5.1. Les autorisations existantes.....	44
3.5.2. Les procédures en cours.....	45
4. Conclusion.....	47
4.1. LA SITUATION ACTUELLE DE LA RESSOURCE THERMALE.....	47
4.2. LES PISTES DE PROGRES A COURT ET MOYEN TERME	48

Liste des illustrations

Illustration 1 : La station thermique de Rennes-les-Bains et les autres sites d'exploitation d'eau thermique de la région Languedoc-Roussillon	10
Illustration 2 : Carte de situation de la commune de Rennes-Les-Bains sur fond des ensembles litho-tectoniques du Languedoc-Roussillon	11
Illustration 3 : Carte de situation de la commune de Rennes-Les-Bains et des stations météo sur fond cartographique 1/25 000°	12
Illustration 4 : Cumul annuel des précipitations sur les postes météorologiques de Arques et Fourtou pour la période 1999 à 2009 – Données Météo-France	13
Illustration 5 : Moyenne mensuelle des précipitations sur les postes météorologiques de Arques et Fourtou pour la période 1999 à 2009 – Données Météo-France	13
Illustration 6 : Moyenne mensuelle des températures sur le poste météorologique de Granès pour la période 1999 à 2009 – Données Météo-France	14
Illustration 7 : Extrait de la carte géologique du secteur de Rennes-Les-Bains (1/50 000°)	15
Illustration 8 : Coupe géologique du secteur de Rennes-Les-Bains (Valat 1971)	17
Illustration 9 : Vue de la ville thermique le long de la vallée de la Sals.....	19
Illustration 10 : Vue de l'établissement thermal actuel (Photo 2010)	22
Illustration 11 : Evolution de l'activité thermique pour la période 1999 à 2009	23
Illustration 12 : Schéma de principe du circuit hydrothermal.....	26
Illustration 13 : Carte de situation des émergences d'eau thermique de Rennes-Les-Bains	28
Illustration 14 : Tableau des caractéristiques élémentaires des sources thermales.....	29
Illustration 15 : Echangeur pour le réchauffage du fluide thermal.....	30
Illustration 16 : Source Bains Forts et salle de pompage.....	30
Illustration 17 : Emplacement de l'ancien établissement thermal sur la source Bains Doux.....	32

Illustration 18 : Composition physico-chimique de référence des sources thermales.....	34
Illustration 19 : Composition physico-chimique des eaux du forage Yvroux	35
Illustration 20 : Carte d’affleurement des calcaires du Dévonien (vert) et position de la coupe AB présentée par l’illustration 20 (Extrait document M. Yvroux).....	36
Illustration 21 : Coupe géologique interprétative N.NE – S.SW des circulations d’eau thermique.....	36
Illustration 22 : Secteur de l’impluvium des eaux thermales de Rennes-Les-Bains.....	37
Illustration 23 : Photo du secteur de l’aire d’alimentation des eaux thermales (Dévonien)	37
Illustration 24 : Coupe technique et géologique du forage Yvroux.....	38
Illustration 25 : Instrumentation de suivi (sondes) sur la colonne d’exhaure du forage Yvroux	39
Illustration 26 : Tableau des afficheurs du suivi qualité et tête de forage.....	39
Illustration 27 : Données disponibles de suivi du niveau dynamique du forage Yvroux.....	41
Illustration 28 : Données analytiques du contrôle réglementaire (données ARS)	42
Illustration 29 : Courbe d’évolution de la qualité de la ressource en eau thermique sur 12 ans	43
Illustration 30 : Carte du périmètre de protection établi au titre de la DIP (document d’archive)	44

Liste des annexes

Annexe 1 Eléments de bibliographie	49
Annexe 2 Données météorologiques.....	55
Annexe 3 Eléments de géologie du secteur de Rennes-Les-Bains	59
Annexe 4 Documents administratifs	69

1. Introduction

1.1. CADRE DU PROGRAMME REGIONAL THERMALISME

L'analyse de la ressource en eau thermale de la station de Rennes-les-Bains s'inscrit dans le cadre du programme régional thermalisme intitulé « **Qualité de la ressource en eau thermale des stations du Languedoc-Roussillon** ». Ce programme, mené sur la période 2010 à 2012, est cofinancé par l'Union Européenne (FEDER), la Région Languedoc-Roussillon, le Conseil Général de l'Aude et le BRGM. Il est mené en partenariat avec la Fédération Thermale et Climatique Languedoc-Roussillon (FTCLR).

Le programme est conduit par le Service Géologique Régional Languedoc-Roussillon, dans le cadre des missions de service public du BRGM (projet PSP10LRO30). Il concerne les 13 stations thermales de la région (Cf. illustration 1). L'équipe de projet BRGM est chargée, dans le cadre du programme, de réaliser un état des lieux sur la ressource thermale pour les sites qui le souhaitent. Le présent rapport correspond à l'état des lieux de la ressource thermale de Rennes-les-Bains.

Le programme régional est axé autour des principaux thèmes suivants :

- sensibilisation des acteurs du thermalisme à la démarche qualité pour la ressource ;
- caractérisation des situations d'exploitation (état des lieux) ;
- assistance technique à la mise en œuvre et au soutien des actions qualité.

1.2. MODALITES D'INTERVENTION

Le programme régional thermalisme Languedoc-Roussillon a été initié en 2010, après signature des conventions de cofinancement entre le BRGM et les différents financeurs (FEDER, Conseil Régional Languedoc-Roussillon, Conseils Généraux des départements de la région Languedoc-Roussillon)

Le programme intègre des actions d'information et de sensibilisation à la démarche qualité sur la ressource thermale. L'équipe de projet BRGM a pour mission d'apporter, à la demande, l'**assistance technique** sollicitée par les sites thermaux sur les problématiques liées à leur ressource.

Le programme concerne également la réalisation, pour chaque station thermale, d'un **état des lieux** critique des connaissances sur les gisements d'eau minérale et sur leur exploitation. Les états des lieux sont établis dans le cadre d'une approche consensuelle avec les stations thermales. Le présent rapport concerne l'état des lieux réalisé pour la station thermale de Rennes-les-Bains.

Pour les chroniques de données compilées, la période de référence retenue a été étendue, dans la mesure du possible, à la dernière décennie soit la période 1999-2009.

Au-delà de l'analyse critique des données, l'expertise apportée à chaque site thermal a pour finalité d'apprécier, de manière prospective et en cohérence avec l'existant, les pistes de progrès à soutenir pour améliorer la qualité de la ressource thermique.

Les moyens mis en œuvre pour établir l'état des lieux de la station thermique de Rennes-les-Bains ont été les suivants :

- recherche bibliographique aussi exhaustive que possible à partir de nombreuses sources d'informations et de documentation (site thermal de Rennes-les-Bains, ARS, BRGM, ingénierie, bibliothèques universitaires et scientifiques, etc...). L'annexe 1 présente les principaux éléments bibliographiques compilés ;
- analyse critique des informations disponibles et exploitation de la documentation existante ;
- visite du site thermal concerné, et observations de terrain ;
- réunions et discussions avec les responsables en charge du fonctionnement de l'établissement thermal de Rennes-Les-Bains (mairie). Le présent rapport est édité dans le cadre d'une approche consensuelle avec ces responsables, qui sont remerciés pour leur collaboration avec l'équipe de projet BRGM ;
- rédaction d'un rapport, incluant la formulation de recommandations et la proposition de pistes de progrès.

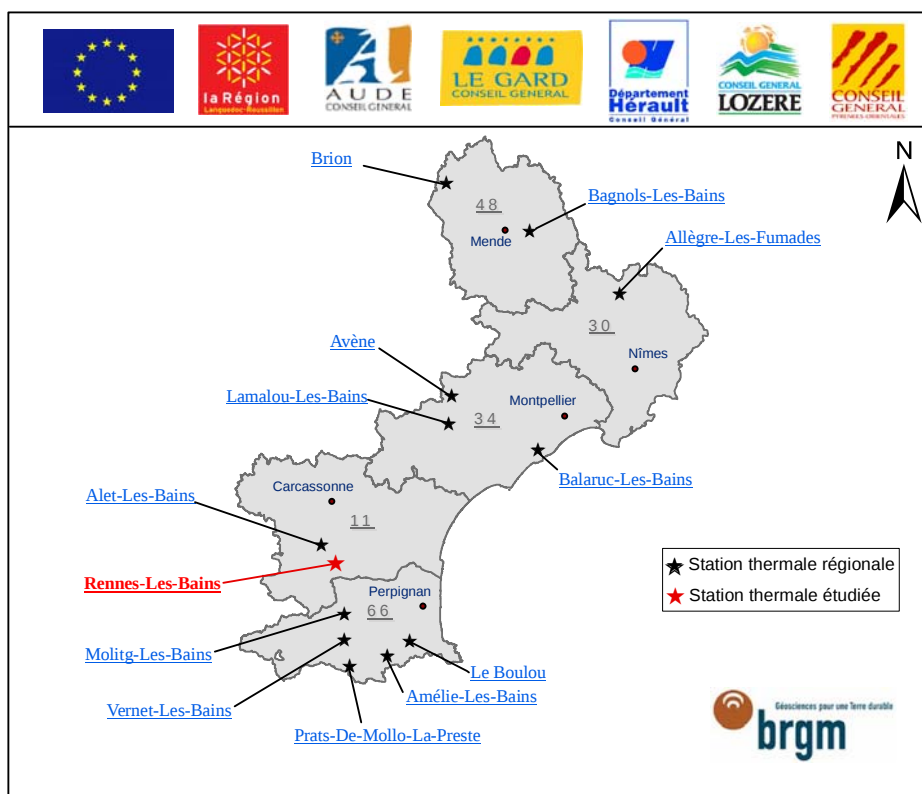


Illustration 1 : La station thermique de Rennes-les-Bains et les autres sites d'exploitation d'eau thermique de la région Languedoc-Roussillon

2. La station thermique de Rennes-les-Bains

2.1. CONTEXTE GENERAL DU SECTEUR DE RENNES-LES-BAINS

2.1.1. Contexte géographique

Située entre Méditerranée et Pyrénées, au sud du département de l'Aude, la commune de *Rennes-Les-bains* se trouve à environ 50 km au sud de Carcassonne (Cf. illustration 1).

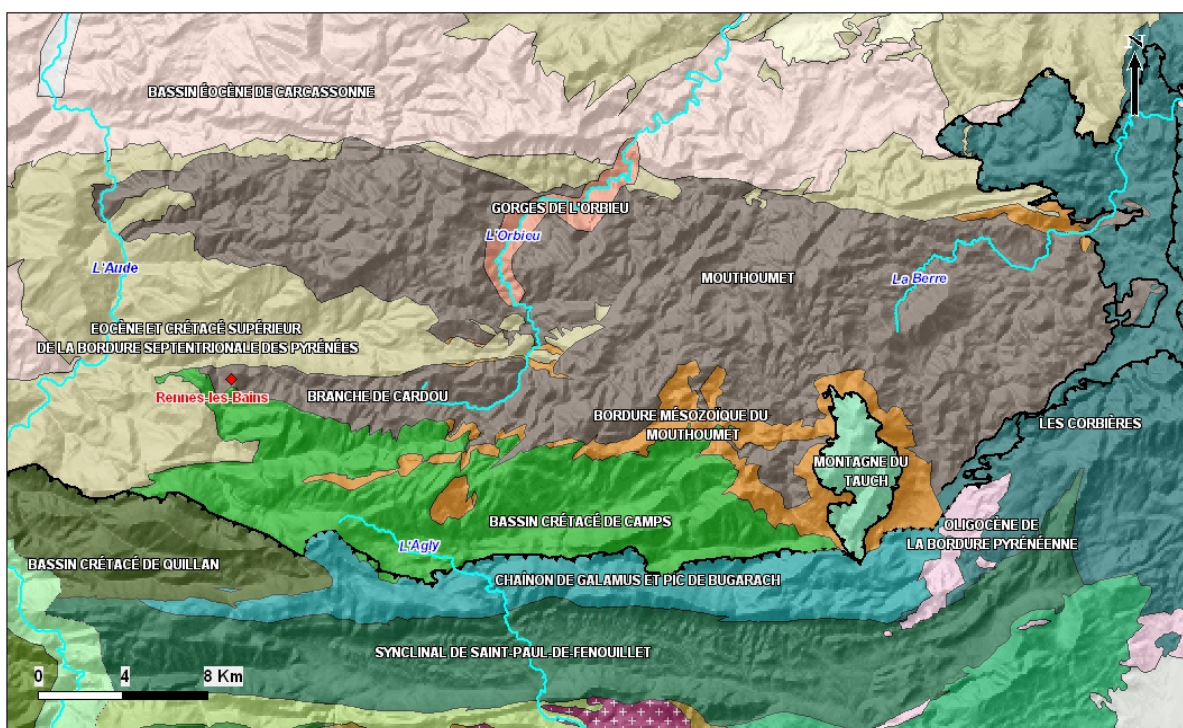


Illustration 2 : Carte de situation de la commune de Rennes-Les-Bains sur fond des ensembles litho-tectoniques du Languedoc-Roussillon

La station thermique de Rennes-les-Bains (180 habitants environ) se trouve à une altitude de 310 m, elle se situe à l'extrémité sud ouest du massif des Corbières. La commune de Rennes-Les-Bains s'étend sur une surface de 19.3 km².

La station est entourée par le massif de Mouthoumet qui s'étend d'Ouest en Est en une chaîne de 46 km qui se termine à l'ouest sur la rive droite de l'Aude entre Alet-Les-Bains et Rennes-Les-Bains. L'illustration 2 précédente¹ permet de situer les différentes composantes géographiques locales.

¹ Le fond de carte est extrait de la « Carte des ensembles litho-tectoniques du Languedoc-Roussillon et du golfe du Lion » éditée par le BRGM en septembre 2009 – L. Baillet et P. Le Strat.

Le pic de Cardou domine la vallée de Rennes-Les-Bains au Nord-Est (796m). On distingue, en outre, au Sud le mont de Bugarach qui culmine à une altitude de 1231m. Régionalement, le paysage est marqué par la chaîne de Saint Antoine de Galamus, qui est placée – avec le pic Bugarach - parallèlement au massif de Mouthoumet. Cette chaîne sert de limite aux départements de l'Aude (11) et des Pyrénées Orientales (66).

2.1.2. Contexte climatique

Le territoire de Rennes-les-Bains bénéficie d'un climat doux de type méditerranéen. En l'absence de station météorologique sur la commune de Rennes-les-bains, les données compilées (précipitation et température) ont concerné les trois sites météorologiques les plus proches : Fourtou et Arques pour les précipitations et Granès pour les données de température. En comparaison de Rennes-Les-Bains situé à une altitude de 310 m, les stations météo de référence sont situées respectivement à 643 m pour Fourtou, 357 m pour Arques et 420 m pour Granès.

La localisation par rapport à la commune de Rennes-les-bains des stations prises en référence est présentée par l'illustration 3 ci-après. Les données compilées sont quant à elles présentées en annexe 1.

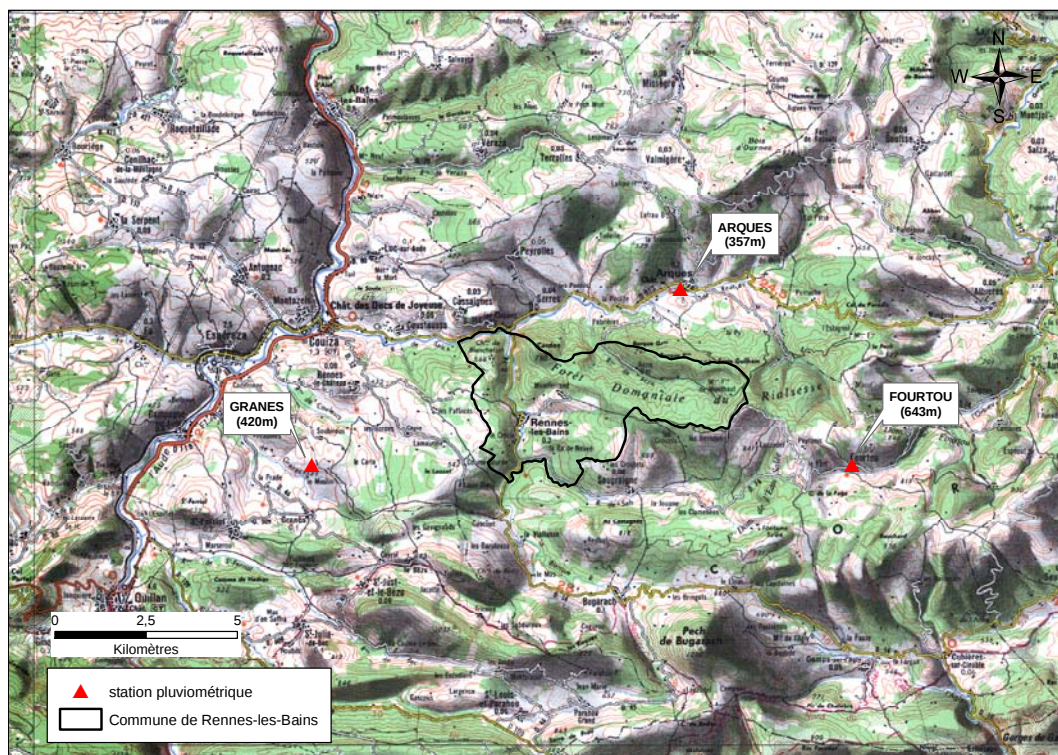


Illustration 3 : Carte de situation de la commune de Rennes-Les-Bains et des stations météo sur fond cartographique 1/25 000°

Analyse de la pluviométrie :

Les graphiques présentés par les illustrations 4 et 5 ci-après permettent d'apprécier la situation relative du secteur pour ce qui concerne la pluviométrie.

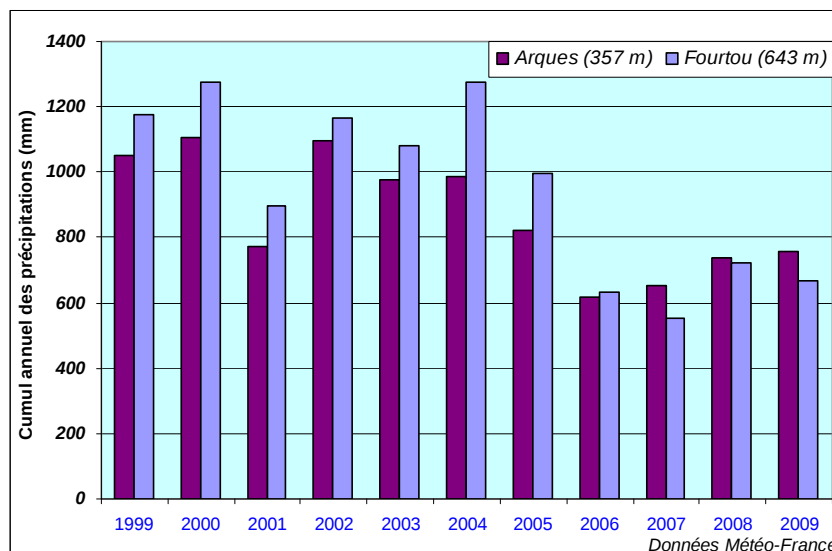


Illustration 4 : Cumul annuel des précipitations sur les postes météorologiques de Arques et Fourtou pour la période 1999 à 2009 – Données Météo-France

Le graphique (Cf. illustration 4) montre la similitude de hauteur des précipitations annuelles sur chacun des deux postes météorologiques retenus. La valeur légèrement supérieure des précipitations pour le poste Fourtou, situé à l'Est de Rennes-Les-bains, est vraisemblablement lié à une influence méditerranéenne plus forte sur un relief plus marqué (altitude = 643 m) qu'au niveau de la station Arques (altitude = 357 m).

Le cumul annuel des précipitations est assez important, il varie entre 550 et 1277 mm, avec une valeur moyenne autour de 910 mm. Une baisse des précipitations assez remarquable est à noter à partir de l'année 2006.

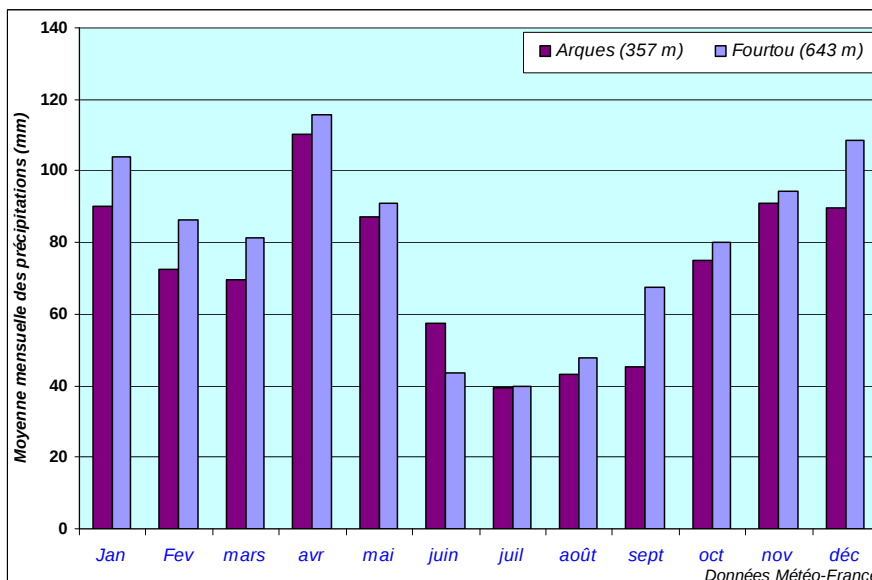


Illustration 5 : Moyenne mensuelle des précipitations sur les postes météorologiques de Arques et Fourtou pour la période 1999 à 2009 – Données Météo-France

La répartition des précipitations mensuelles dans l'année est assez hétérogène (Cf. illustration 5) avec des minima sur les mois de juin, juillet et août, et des pluies abondantes en automne. La relative régularité du régime saisonnier des précipitations permet une alimentation des circuits d'eau souterraine tout au long du cycle hydrologique.

Analyse de la température :

Le graphique présenté par l'illustration 6 ci-après permet d'apprécier l'évolution de la température dans le secteur de Rennes-Les-Bains.

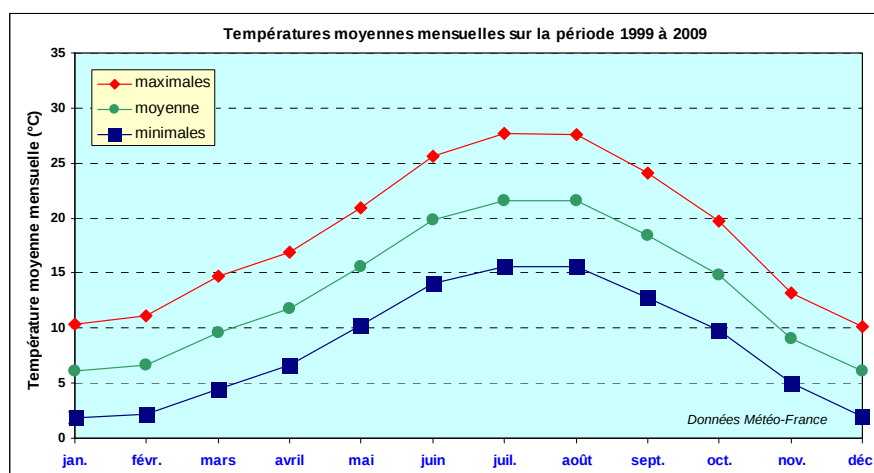


Illustration 6 : Moyenne mensuelle des températures sur le poste météorologique de Granes pour la période 1999 à 2009 – Données Météo-France

Le secteur est caractérisé par des périodes estivales assez chaudes. Pour la station météorologique de Granes, les températures enregistrées varient, en moyenne (Cf. la décennie prise en référence), entre 6.°C en hiver et +22 °C en été. Pour la saison thermale (début mai à fin octobre), les températures varient, en moyenne, entre 15 °C et 22 °C.

2.1.3. Contexte géologique

Le contexte géologique du secteur de Rennes-Les-Bains a fait l'objet d'une description détaillée en annexe 3 pour expliquer les modalités de mise en place du paysage géologique actuel. Le présent paragraphe ne présente qu'un résumé synthétique de l'histoire géologique du secteur. L'illustration 7 ci-après présente un extrait de la carte géologique 1/50 000° disponible.

Le secteur de Rennes-les-Bains est situé dans l'avant-pays sous-pyrénéen, à l'extrémité SW du massif paléozoïque du Mouthoumet et dans l'entité qui entoure la branche du Cardou.

Le massif du Mouthoumet est un massif paléozoïque, constitué de matériel sédimentaire qui s'étage depuis l'Ordovicien inférieur (Trémadoc) jusqu'au Carbonifère inférieur (Namurien). Il constitue, avec la Montagne d'Alaric, les seuls exemples de paléozoïque affleurant entre la Montagne Noire et la zone sous-pyrénéenne au Sud.

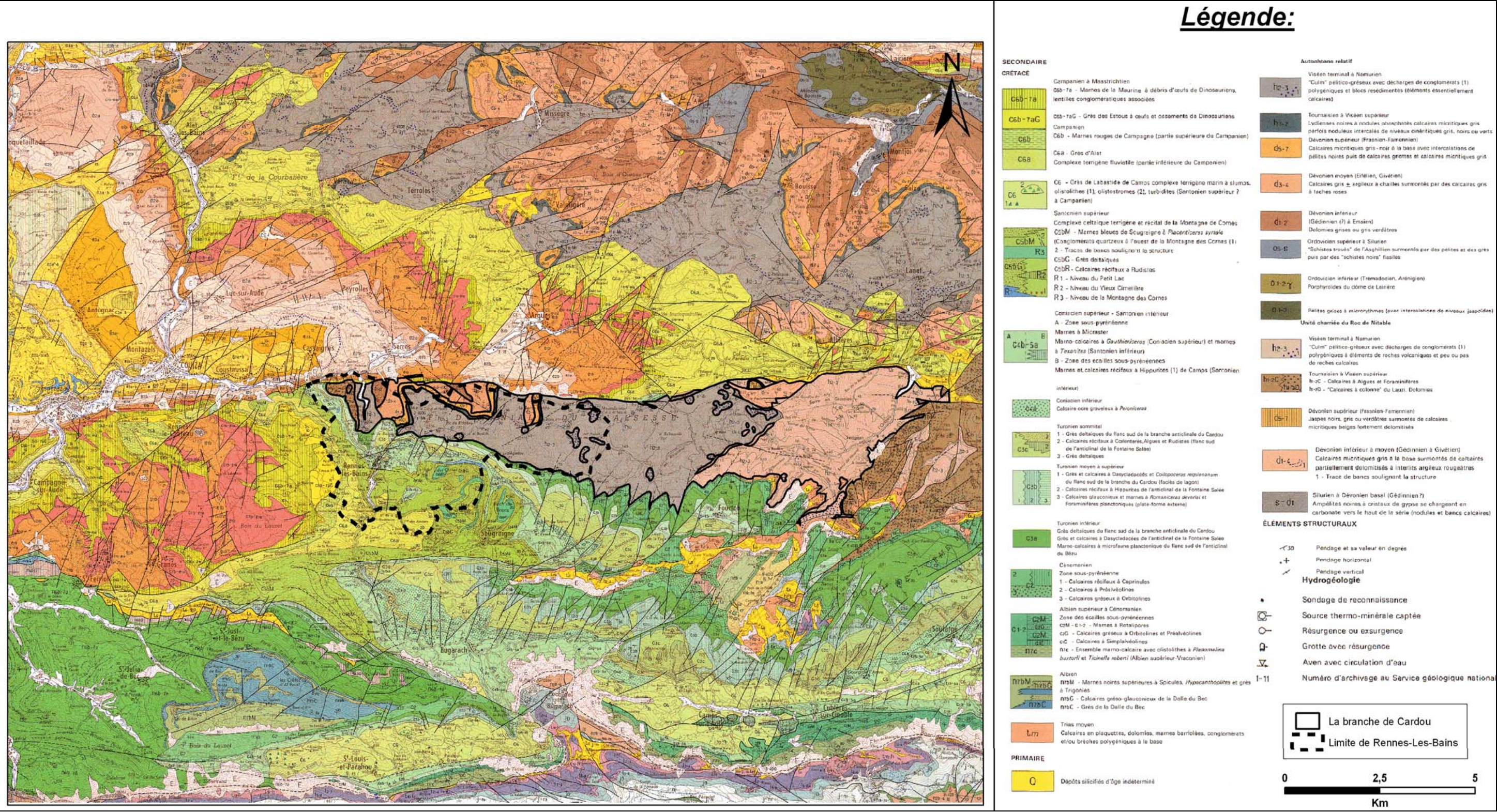


Illustration 7 : Extrait de la carte géologique du secteur de Rennes-Les-Bains (1/50 000°)

La tectonique hercynienne du massif est complexe avec un empilement d'unités tectoniques séparées par de grands accidents horizontaux. Ces unités sont de provenance septentrionale. On a donc une structure générale en chevauchement du Nord vers le Sud avec localement des phénomènes gravitaires antérieurs à la mise en place des nappes allochtones.

La tectonique alpine marque l'ensemble méso-cénozoïque surincombant. Elle se caractérise par trois phases de déformation :

1. la phase d'extension au Crétacé moyen avec des failles listriques à l'Albien et des failles normales de direction NE-SW à l'origine de basculement de blocs vers le SW ;
2. la phase de raccourcissement au Crétacé supérieur et Éocène avec des plis et des accidents longitudinaux ;
3. la phase de rotation Crétacé-Eocène définie différemment dans la zone nord pyrénéenne et dans la zone sous pyrénéenne.

Avec pour effets (Cf. illustration 8) :

- zone nord-pyrénéenne : bandes de plis obliques orientés W.NW-E.SE limités par des accidents de même direction et des plis dissymétriques en forme de "S" ;
- zone sous-pyrénéenne : changement d'orientation de la surface axiale des plis avec des bandes de plis liés à des accidents N120 jouant en décrochement dextre dans une zone de cisaillement E-W et un changement d'orientation d'Ouest en Est du tracé des accidents longitudinaux.

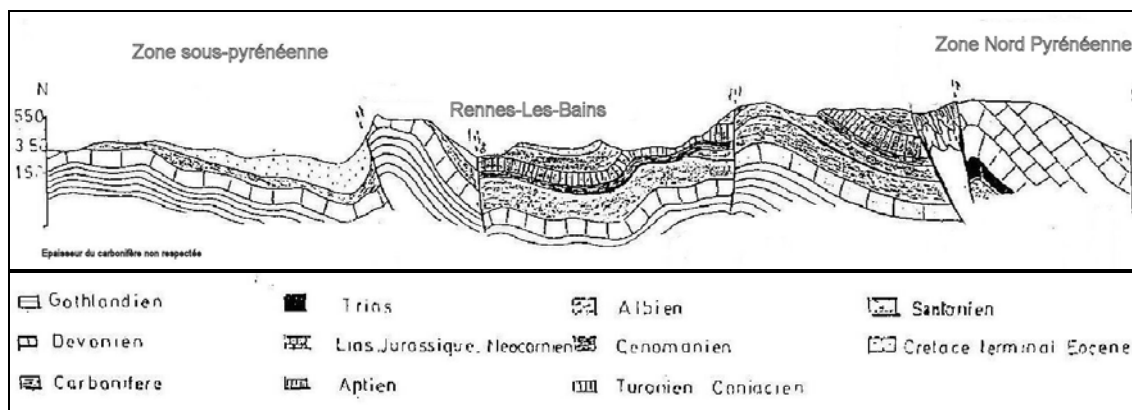


Illustration 8 : Coupe géologique du secteur de Rennes-Les-Bains (Valat 1971)

Rennes-les-Bains fait partie du secteur de la Branche du Cardou, dans l'autochtone relatif du massif du Mouthoumet. Dans ce secteur, le Paléozoïque forme une bande d'orientation E-W, large de 1 à 2,5 km pour une longueur d'environ 10 km. Elle est constituée de roches carbonatées dévono-carbonifères et de flysch carbonifère. Il n'y a pas de terrains anté-dévonien à l'affleurement.

Le Dévono-Carbonifère de cette unité est surmonté en discordance, sur sa bordure méridionale, par des dépôts mésozoïques sous lesquels il s'ennoie vers l'Ouest au delà de la vallée de la Sals.

Les caractères principaux de la Branche du Cardou sont similaires à ceux d'Alet :

- une structuration en anticlinaux à cœur de calcaires dévoniens et en synclinaux à cœur de flyschs carbonifères. Les terrains paléozoïques présentent une forte karstification pour les terrains du Dévonien et une schistosité importante pour les terrains du Carbonifère ;
- des accidents à caractère chevauchant, les uns de direction N120° et les autres N20°.

Le synclinal de Rennes-les-Bains / Sougraigne, situé entre l'anticlinal du Cardou et celui de la Fontaine salée, est constitué de matériel méso-cénozoïque (presque exclusivement Crétacé supérieur). D'axe E-W, ce synclinal présente un gauchissement général vers l'Ouest.

Le Crétacé constitue donc l'essentiel de cette couverture sédimentaire, bordure méridionale du massif paléozoïque. Les différents dépôts transgressifs de l'Albien supérieur au Santonien inférieur inclus, puis régressifs à partir du Santonien supérieur, avec émergence dans le Campanien, traduisent un cycle sédimentaire complet. Leur nature permet de situer la polarité des différents systèmes sédimentaires du Sud (pôle distal) vers le Nord (pôle proximal) depuis un bassin circalittoral méridional jusqu'à une plate-forme carbonatée récifale et terrigène, infra, médio ou supra tidale, septentrionale.

2.1.4. Contexte hydrogéologique

Le contexte hydrogéologique du secteur peut être abordé par la notion de circuit hydrothermal pour lequel on distingue la succession des 4 étapes suivantes :

1. Circulation de l'eau « per descensum » :

La notion de cycle de l'eau dans cette problématique est importante. Dans un premier temps il convient d'aborder la question de la migration de l'eau depuis la surface vers les réservoirs en profondeur et notamment de la gestion des drains qui permettent cette migration. Les objets capables de suivre cette évolution sont des drains structuraux de préférence verticalisés et ouverts qui vont permettre la circulation entre les eaux de surface et les réservoirs en profondeur. Il existe une seule période récente capable de générer des accidents de socle verticalisés et ouverts de cette ampleur: il s'agit de l'uplift du Tortonien au paroxysme de la mise en place des nappes alpines. Il est capable en effet de générer dans cette partie de la chaîne pyrénéenne des mouvements verticaux de l'ordre de 1000 m d'ampleur (Clauzon 2000) qui vont atteindre sans aucun doute les séries de socle et du substratum

2. Stockage de l'eau dans le réservoir en profondeur :

L'accès aux réservoirs profonds est donc rendu possible. Il s'agit maintenant de définir les réservoirs profonds soumis eux-mêmes à une évolution géothermique certaine. La plupart du temps ces réservoirs profonds pour les eaux géothermales sont paléozoïques pour des raisons d'enfouissement. En effet les seuls réservoirs capables dans le paléozoïque de présenter ces caractéristiques sont les plateformes carbonatées du Dévonien et du Carbonifère inférieur.

Ces séries présentent une bonne perméabilité et une bonne porosité due à un métamorphisme épi à mésozonal et à une très forte structuration. Dans le cas de Rennes-Les-Bains les séries paléozoïques du Mouthoumet ou ses équivalentes sont les premières concernées par ce schéma.

3. Circulation de l'eau « per ascensum » :

Les réservoirs profonds vont être soumis non seulement à une charge hydraulique certaine mais aussi à un degré géothermique important qui va accélérer le mouvement vers le haut des eaux. La structuration des séries va également être importante car c'est elle qui va conditionner cette circulation. Les objets verticaux vont contrôler la circulation "per ascensum", les grandes structures chevauchantes ouvertes vont être les objets privilégiés pour cette remontée d'eaux géothermales ou carbogazeuses.

Ces structures sont les plus favorables pour servir d'exutoires naturels.

4. Stockage de l'eau dans les réservoirs de surface :

Lors de leur remontée par les grands accidents chevauchants ou les grandes interfaces lithologiques, les eaux géothermales vont traverser, dans les séries géologiques sédimentaires surincombantes, un ensemble de réservoirs poreux et/ou karstiques dans lesquelles elles vont pouvoir soit se stocker soit se mélanger avec les eaux plus superficielles. Ce schéma est commun dans les zones structurées des avant-pays des chaînes de montagnes comme les Pyrénées. En effet on y rencontre à la fois des grands accidents de socle ayant subi des uplifts importants, des réservoirs profonds paléozoïques favorables aux conditions de stockage en profondeur, des grands accidents chevauchants dans l'avant pays et enfin des réservoirs de surface poreux et/ou karstiques pouvant réaliser les mélanges entre les eaux géothermales et les eaux de surface voire des eaux karstiques.

2.2. L'ACTIVITE THERMALE DE LA STATION

2.2.1. Historique de l'activité thermique



Illustration 9 : Vue de la ville thermale le long de la vallée de la Sals

Jadis appelée Redda, la commune de Rennes-Les-Bains (Cf. photos en illustration 9) est une commune thermale depuis l'époque gallo-romaine, à des fins civile et militaire. D'importantes découvertes archéologiques témoignent de ces activités de l'époque. Le Dr. Gourdon rapporte dans son ouvrage² de 1874 « *Station thermales de l'Aude* » des illustrations qui témoignent de l'intérêt des Romains envers leur source. Parmi les objets les plus significatifs mis en valeur : une main offrant un œuf symbole de renaissance de la vie en lien avec les eaux thermales ou encore une main présentant un serpent emblème de la médecine.

L'exploitation des eaux de Rennes les Bains par les Romains a été confirmée par la découverte d'anciennes structures thermales dénommées « *Thermes Romains* », qui deviendront par la suite les « *Bains-Forts* ». L'établissement thermal, composé de deux étages, comportait deux piscines et quatre bassins. Actuellement l'étage inférieur de cet établissement se situe dans le soubassement de la piscine actuelle. L'eau utilisée à cette époque provenait d'une source thermale chaude appelée « *Source de la Reine* » et de la dérivation des eaux à basse température de la Sals.

La notoriété de la station Romaine a attiré d'illustres personnages. Des ouvrages d'histoire racontent que la Reine Blanche de Castille, venue « aux bains » se soigner, est repartie guérie. La source « *Reine* » est née de ce fait historique. François Rabelais connaissait, lui aussi, les vertus curatives des eaux de Rennes les Bains, elles sont mentionnées dans son Pantagruel (16^{ème} siècle).

A partir du 14^{ème} siècle et jusqu'à la fin du 18^{ème} siècle, Rennes-les-Bains s'appellera « *Bains de Montferrand* ». Cette période, les bâtiments thermaux et les voies de communication restaient précaires dans la plupart des stations thermales françaises.

Le 19^{ème} siècle fut la renaissance du thermalisme à Rennes-les-Bains : à partir de cette époque la station a suivi l'évolution du thermalisme français. En 1813, Paul Urbain de Fleury, hérita des établissements thermaux et mis en œuvre plusieurs aménagements très bénéfiques pour la station.

En 1826, le premier médecin thermal du Roi fut nommé. C'est à cette époque que Rennes-Les-Bains connut le maximum de fréquentation avec 5000 curistes / an. La difficile succession des Fleury à la tête des Thermes met un frein à l'âge d'or thermal. A partir de 1947, la station s'oriente vers le "thermalisme social" : les établissements de soin deviennent plus fonctionnels et moins luxueux attirant une clientèle moins fortunée, avec l'apparition de nouvelles structures d'hébergement (pensions de famille, camping...).

Vers la fin du 19^{ème} siècle, deux sociétés thermales ont partagé le droit d'exploitation des quatre griffons thermaux de la station, la « *Compagnie des Eaux Minérales* » en 1906 et la « *Société Rennes Thermale* » en 1967.

En 1970, un nouvel établissement « *les nouveaux thermes* » est édifié pour pallier aux difficultés d'exploitation des anciens établissements. Cette restructuration ne va pas permettre de remédier aux problèmes financiers rencontrés.

² « Stations Thermales de l'Aude » Gourdon – Hebrail Durand et Delpuech 1874

La reprise du patrimoine thermal par la commune permet, dans les années 80, une importante rénovation grâce aux finances publiques mobilisées dans le cadre d'un contrat thermal.

Les années 90 sont marquées par la crise du thermalisme à Rennes-les-Bains liée à des problèmes sanitaires (contamination au niveau des griffons) et à la crue de 1992 qui a détruit tous les ouvrages de protection mis en œuvre. La commune a lancé depuis des travaux de rénovation et a réalisé un forage profond situé à l'extérieur de la zone vulnérable pour capter une eau profonde mieux protégée. L'établissement thermal actuel a du, malgré tout, être fermé en Juillet 2007 pour raison sanitaire. En 2010 des négociations sont en cours pour une reprise de l'activité par une structure privée.

2.2.2. Nature de l'activité thermique

La principale indication thérapeutique des eaux thermales de Rennes-les-Bains est la sédation des douleurs, en lien avec la température des sources (35 à 43°C). Les eaux thermales de Rennes-Les-Bains sont exploitées pour le traitement des affections rhumatologiques, d'origine arthrosique ou dégénérative (inflammations articulaires), ou métabolique (maladie articulaire liée à des troubles du métabolisme de l'acide urique).

Une deuxième indication est liée aux séquelles traumatiques : séquelles douloureuses, raideurs, entorses, etc. Une étude statistique de 1966, suggère que le rhumatisme dégénératif reste l'indication majeure des eaux thermales de Rennes-les-Bains³.

Selon le corps médical, les cures thermales sont indiquées en particulier en dehors des poussées inflammatoires. Le principe curatif des eaux repose notamment sur la composition chimique de celles-ci. S'agissant d'eaux sulfatées, calciques, chlorurées et magnésiennes, les minéraux ont différents effets selon qu'ils sont absorbés par voie digestive, par voie respiratoire ou par contact direct avec les muqueuses ou la peau.

Selon les données médicales disponibles, parmi les minéraux actifs, caractéristiques des eaux de Rennes-Les-Bains, ont été identifiés :

- **le calcium** qui a un effet sédatif, détuméfiant et anti-inflammatoire et participe à l'élaboration du tissu osseux et surtout le maintien de l'équilibre hydrique de l'organisme permettant ainsi la régression des phénomènes inflammatoires ;
- **le magnésium** qui possède une action sédative centrale et renforce le pouvoir bactéricide du sang ;
- **le lithium** qui agit comme dissolvant de l'acide urique et est donc conseillé pour le rhumatisme métabolique.

Jean-Jacques Marty souligne dans sa thèse de pharmacie⁴ que les eaux thermales de Rennes-les-Bains acquièrent, au contact des roches encaissantes, une certaine radioactivité naturelle.

³ Cf. Thèse de JP. Rouger 1969.

⁴ Cf. « Les eaux thermales de Rennes-Les-Bains »1985

Selon Jean-Jacques Marty « l'action de la radioactivité, de faible valeur, est à prendre en considération : outre son action antalgique, elle contribue à l'effet de relaxation, de vasodilatation (dilatation des vaisseaux sanguins) et elle favorise la calcification et la résolution des œdèmes ». La radioactivité des eaux de Rennes-Les-Bains mesurée en 1994 est selon l'analyse SCPRI⁵ « très faible : traces de Radium 226 et traces de K40 toujours lié aux isotopes stables dans le potassium naturel – L'emploi de cette eau pour usage interne ou externe peut être envisagé sans restriction ».

2.2.3. Importance de l'activité thermique

L'activité thermique de la station de Rennes-Les-Bains (cure de 21 jours) se déroule sur la période de Mai à Octobre. Elle est concentrée sur l'unique établissement thermal existant qui domine la rivière de la Sals (Cf. illustration 10).



Illustration 10 : Vue de l'établissement thermal actuel (Photo 2010)

Les soins dispensés par l'établissement thermal de Rennes-Les-Bains sont multiples : bain (baignoire individuelle ou piscine d'eau thermique à 35°-37°), aérobain, douche générale, douche au jet, illutation locale unique ou multiple (à base d'argile d'eau thermique), étuve locale, diffusion locale (main, pieds) de vapeur d'eau thermique, piscine de mobilisation, massage sous l'eau.

Outre les activités thermales de type thérapeutique (cure), la station propose diverses prestations complémentaires : aquagym, hammam, salle de fitness, jacuzzi et soins esthétiques.

Concernant l'évaluation de l'activité d'une station thermique, il s'agit de noter la fréquentation (nombre de curistes sous prescription médicale et curistes libres) au cours d'une saison thermique.

⁵ SCPRI = Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (Ministère de la Santé / Ministère chargé du travail)

L'évolution de la fréquentation de la station de Rennes-Les-Bains pour la période 1999 à 2009 est présentée sur l'illustration 11 ci-après (Cf. chiffres en ordonnée sur la droite), au regard des éléments de fréquentation du niveau régional et du niveau national (Cf. chiffres en ordonnée sur la gauche).

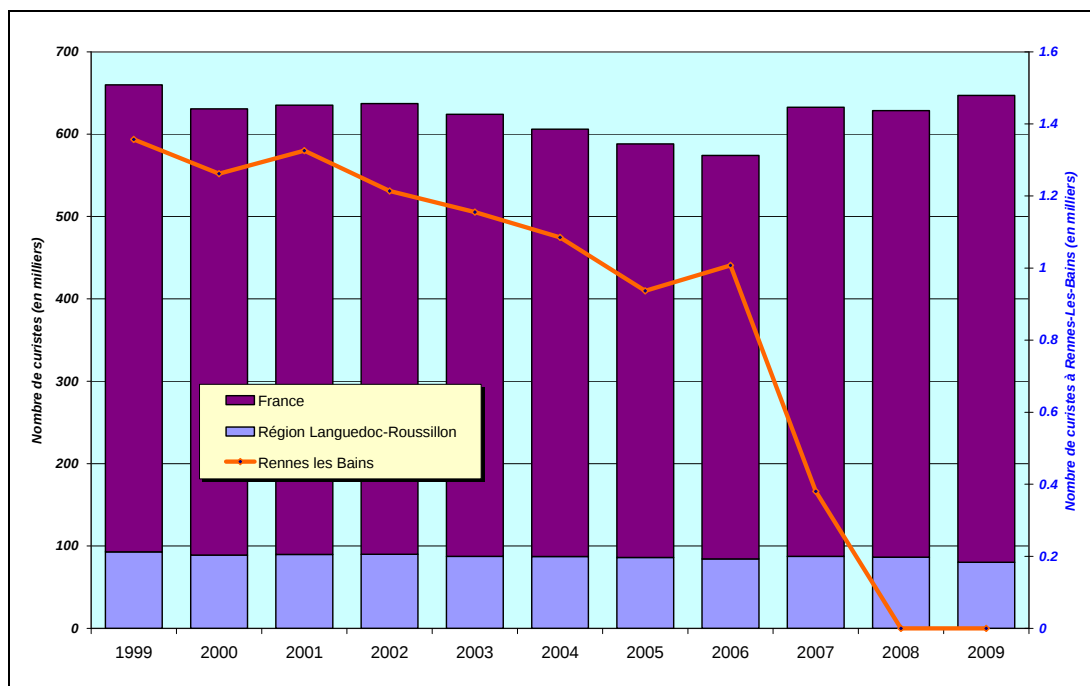


Illustration 11 : Evolution de l'activité thermique pour la période 1999 à 2009

L'activité thermique de la station de Rennes-Les-Bains est relativement réduite. La fermeture de l'établissement thermal au cours des deux dernières années est liée aux problèmes sanitaires rencontrés. La reprise d'une activité thermique « normale » devrait se manifester très prochainement compte tenu des modifications de fonctionnement mises en œuvre au niveau technique et au plan de la gestion de l'activité.

3. La ressource en eau thermale de la station de Rennes-les-Bains

3.1. LE GISEMENT D'EAU MINERALE

3.1.1. Approche théorique de la notion de gisement

Le gisement d'eau minérale est l'ensemble de la structure géologique souterraine depuis la zone d'alimentation et jusqu'à la zone d'émergence, située au droit d'une zone géographique bien déterminée. On peut distinguer ainsi (Cf. illustration 12) :

- une **aire d'alimentation** avec infiltration des eaux de pluie. Il est maintenant reconnu que toutes les eaux minérales françaises ont une origine météorique et non juvénile (Blavoux, 1995) ;
- un **réseau d'infiltration**, vaste en volume mais à vitesse d'écoulement lente, à travers lequel l'eau descend et se réchauffe. La Terre produit en effet de la chaleur selon un flux correspondant à la désintégration des radionucléides présents dans la croûte terrestre, de 1 à 2 microcalories par seconde et par centimètre carré. Cette valeur est la moyenne pour le globe, elle peut être localement plus forte du fait de l'activité magmatique actuelle ou récente. Le gradient géothermique qui traduit ce flux est de l'ordre de **+3°C/100m** en moyenne. Lors de ce transit en profondeur, l'eau acquiert également sa **minéralisation**, qui va dépendre de multiples paramètres : conditions de température et de pression, nature des roches traversées, temps de contact, état d'équilibre de l'eau vis-à-vis des minéraux (sous-saturation, équilibre, sur-saturation, etc.) ;
- un axe de collecte agissant en drain et permettant la **remontée** de l'eau minérale. Selon la vitesse de remontée, les échanges avec le terrain encaissant sont variables, mais le constat a été souvent fait que les pertes sont faibles et le régime stationnaire, ce qui a conduit le législateur à prendre en compte la stabilité en température comme une caractéristique essentielle des eaux minérales naturelles (Pouchan, 1995).

Durant la phase de remontée, l'eau minérale est le siège de phénomènes physico-chimiques qui vont modifier son état initial (Gadalia, 1995) :

- baisse de pression qui va conduire à la détente de gaz, certains inertes du point de vue chimique (gaz rares, azote N₂), et d'autres comme le gaz carbonique CO₂ ou le sulfure d'hydrogène H₂S, qui vont modifier les équilibres acido-basiques et/ou d'oxydoréduction ;
- oxydation, lors du contact avec l'atmosphère à l'émergence, ou par mélange avec des eaux superficielles plus riches en oxygène dissous ;
- variations de températures, qui affectent les équilibres chimiques ;

- dissolution/précipitation de phases minérales, qui peuvent avoir plusieurs origines : l'eau profonde peut rencontrer en ascension des associations minérales nouvelles vis-à-vis desquelles elle sera sur- ou sous-saturée, le dégazage de CO₂ entraîne généralement une précipitation de carbonates, la baisse de température favorise les dépôts de silice, etc...;
- mélange avec des eaux plus superficielles.

Pour être complète, la connaissance d'un gisement d'eau minérale doit donc englober celle de l'origine de l'eau et de sa minéralisation en profondeur, et celle de son parcours depuis les parties profondes jusqu'à l'émergence.

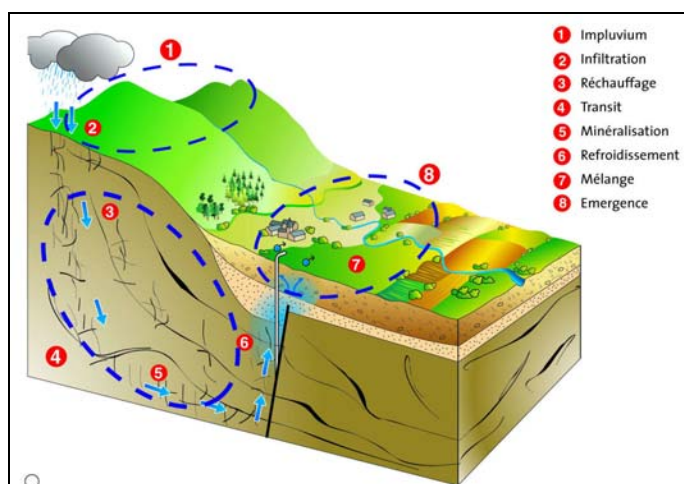


Illustration 12 : Schéma de principe du circuit hydrothermal

L'**âge de l'eau** est défini comme le temps de transit entre la zone d'infiltration des pluies et l'émergence.

L'émergence thermominérale est un point sur la surface du sol qui correspond à un axe mettant en relation les horizons géologiques profonds et la surface. Soumises à de fortes températures et pressions dans le réservoir géothermal, les eaux remontent des profondeurs à la faveur d'un axe par phénomène d'advection sous conditions thermo-artésiennes (Raymahashay, 1996). La possibilité de montée rapide et d'émergence de l'eau implique la présence d'un **axe de fracturation ouverte**, le plus souvent lié à l'intersection d'au moins deux plans de faille.

La détermination de la **température à l'origine**, c'est-à-dire celle de l'aquifère profond faisant office de réservoir géothermal, a fait l'objet ces dernières années de recherches plus poussées notamment dans le domaine de la géochimie. Elles ont permis la mise en œuvre de « géothermomètres » (Pouchan, 1995), dont le principe fondamental est basé sur la dépendance de la solubilité des minéraux (et donc en conséquence des équilibres chimiques eau/roche encaissante) avec la température. Les teneurs en certains éléments chimiques des eaux thermales à l'émergence permettent alors, moyennant certaines hypothèses, d'estimer la température maximale atteinte en profondeur.

3.1.2. Le gisement de Rennes-Les-Bains

L'étude de l'origine des eaux thermales de la région a été menée par plusieurs auteurs, J.P. Faillat (1970), A. Kuhfuss (1981), A. Bouchaala (1991), J.L.Valat (1971).

Ces diverses études (Cf. réf. bibliographiques en annexe 1) confirment l'existence d'un complexe associant deux aquifères :

- un aquifère intermédiaire (calcaires du Turonien) dans la couverture post hercynienne qui joue le rôle de relais pour les arrivées d'eaux chaudes profondes ascendantes. Le niveau de base de ces formations du Crétacé est formé par des séries imperméables datant du carbonifère (généralement des schistes) sous lesquelles sont situés les calcaires et dolomies du Dévonien ;
- un aquifère majeur (calcaires du Dévonien) au niveau des formations paléozoïques (Dévonien et Carbonifère). Les eaux qui alimentent cet aquifère s'infiltrent, a priori, au niveau du massif de Mouthoumet, plus précisément dans le nord ouest de la branche de Cardou ;

L'aquifère profond des calcaires du Dévonien affleure à des altitudes supérieures (environ 950 m NGF) à celles des émergences de Rennes-Les-Bains (environ 300 m NGF).

Au niveau de Rennes-Les-Bains, l'aquifère intermédiaire des calcaires du Turonien (Crétacé supérieur) se situe à une profondeur d'environ 200 m /sol alors que l'aquifère majeur des calcaires du Dévonien se situe à des profondeurs de l'ordre de 1000 m / sol. La formation de 800 m qui sépare les calcaires du Turonien des calcaires du Dévonien correspond aux schistes carbonifères. En égard à la température de l'eau (supérieure à 40°C) et à la structure géologique, le réseau d'eau géothermale correspond à l'aquifère du Dévonien.

La tectonique dans la région de Rennes-Les-Bains témoigne d'une forte karstification pour les terrains du Dévonien sur le massif de Mouthoumet et d'une schistosité pour les terrains du Carbonifère. Le système karstique affleurant favorise l'infiltration des eaux qui se piègent en profondeur sous les schistes imperméables du carbonifère. Les eaux remontent ensuite vers la surface à travers un ensemble de failles verticales qui affectent les séries mézocénozoïques transgressives jouant ainsi le rôle de drains.

Dans le paysage, l'eau thermale émerge au milieu de la série du Crétacé. La série carbonatée se présente en synclinal, elle est isolée dans sa partie supérieure par des marnes (Santonien). Ces conditions sont favorables à l'accumulation des eaux et à la formation d'une nappe captive, sous les séries du Crétacé terminal (Cf. Valat 1971).

3.2. LE FLUIDE THERMAL

3.2.1. La ressource exploitée

La station de Rennes-les-bains possède un patrimoine thermal riche et varié. Plusieurs types d'émergences thermales peuvent être identifiés, selon qu'elles sont ou non reconnues pour leurs vertus thérapeutiques. Les Annales des Mines de 1998, qui ont fait l'inventaire des sources en mai 1998, ont identifié 3 sources à Rennes-Les-Bains (« Bains de la Reine », « Bains forts » et « Marie »).

Outre ces 3 sources, on distingue 3 autres sources d'intérêt « thermal » sur le secteur (« Gieulles », « Bains Doux » et « Pontet »).

La carte de l'illustration 13 permet de visualiser la situation relative de ces différentes émergences d'eau thermique de la commune. La dernière « source » exploitée est quant à elle le forage « Yvroux ».

Deux des émergences thermales sont naturelles (et chaudes), elles sont situées dans le thalweg de la vallée de la Sals, au niveau des calcaires noduleux et fissurés du crétacé supérieur (Turonien). Il s'agit des deux sources « Bains FORTS » et « Bains de la Reine ». Ces deux sources ne sont plus exploitées.

Deux autres émergences sont des puits situés en rive gauche de la Sals. Ils ont été exploités par pompage à une certaine époque. Il s'agit des sources « Gieulles » et « Marie ». Ces deux émergences ne sont plus exploitées.

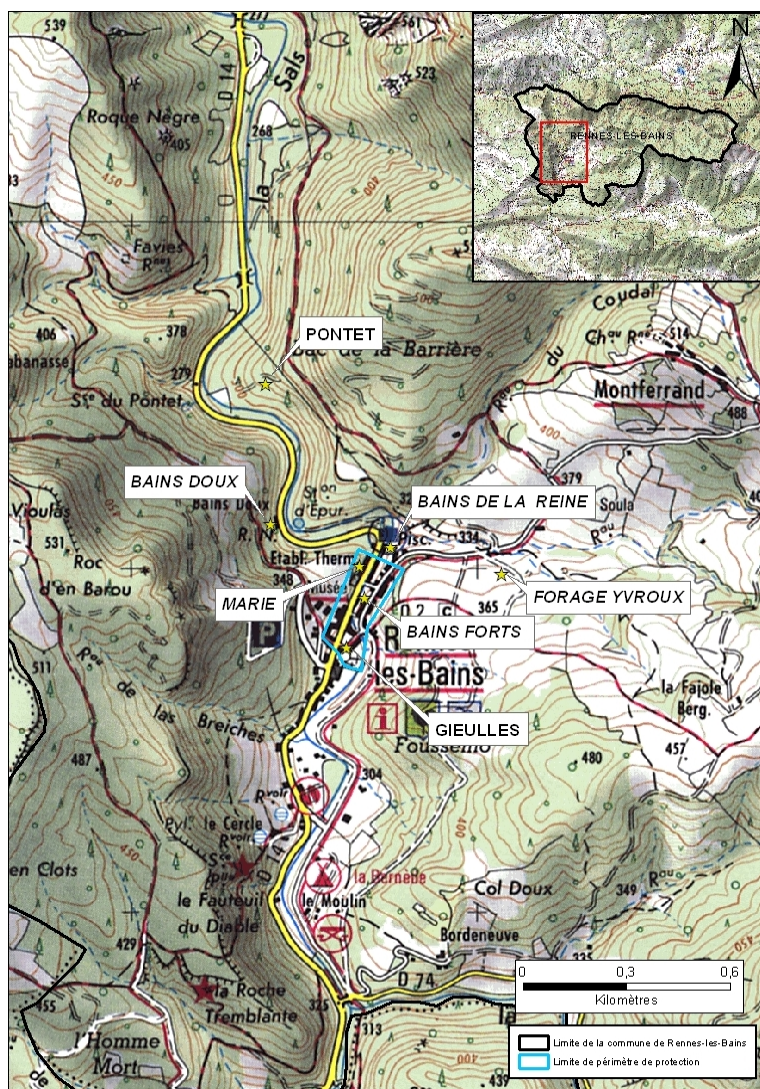


Illustration 13 : Carte de situation des émergences d'eau thermique de Rennes-Les-Bains

Vers le nord enfin, on distingue deux émergences naturelles singulières, la source des « Bains doux » et la source « du Pontet ». Ces sources ne sont pas exploitées.

Le forage « Yvroux » a été réalisé légèrement à l'écart des émergences naturelles et de l'axe de la vallée. Il se situe au dessus du village.

Selon les sources, les anomalies de température sont plus ou moins marquées au niveau des 7 émergences inventoriées (dont le forage « Yvroux »). Le débit global de ces émergences est estimé à environ 50m³/h.

Dans le détail, les caractéristiques principales des 7 émergences identifiées sont résumées par le tableau de l'illustration 14 ci-après.

Nom de la source	Type d'ouvrage	N° BSS	Coord. Lambert		Altitude (m)	Temp. (° C)	Débit (m3/h)	Conduct. (µS/cm)	Autorisation
			X (m)	Y (m)					
Bains Forts	source aménagée	10776X0004	598680	3068920	300	43.8	26	730	03/09/1885 + DIP
Bains de la Reine	source aménagée	10776X0006	598750	3069050	310	42	9.5	671	03/09/1885
Marie	puits	10776X0005	598650	3068980	300	39.6	12	699	28/12/1888 + DIP
Bains doux	source	10776X0003	598410	3069120	--	23 - 37	18 - 36	---	---
Gieulles	puits	10776X0036	598630	3068770	299	43	4	---	---
Pontet	source	10776X0037	598172	3069507	280	14 à 18	--	---	---
Yvroux	forage	10776X0025	599070	3068990	344	33	40	708	03/05/2006

Données "Annales des Mines 1998" pour les ouvrages identifiés par l'inventaire

Illustration 14 : Tableau des caractéristiques élémentaires des sources thermales

Pour ces différentes émergences, les principaux éléments concernant la ressource sont les suivants :

Bains Forts :

Située en rive droite du ruisseau de Sals, la source « Bains Forts » a l'eau la plus chaude des émergences locales, avec une température qui varie entre 41 et 46°C. Les différences de température mesurées sont probablement liées à des mélanges variables au cours du temps entre eau chaude profonde et eau froide de surface.

L'eau thermale est captée au niveau du bâtiment des anciens thermes dont elle assurait autrefois l'approvisionnement pour les soins. Aujourd'hui, les eaux de la source « Bains forts » sont utilisées pour :

- l'alimentation de la piscine du centre de l'Espace Forme après traitement par filtre à sable et chloration. L'alimentation du centre se fait en continu, sans dispositif de refroidissement ;
- le réchauffage des eaux du forage thermal dont la température est trop basse (34°C) pour l'usage thermal. Le réchauffage s'effectue à l'aide d'un échangeur à plaque installé en sous-sol de l'établissement thermal (Cf. illustration 15). Il ne fonctionne que sur la période de Mai à Novembre et de manière discontinue (entre 7h et 13h).

La source Bains Forts est assez vulnérable. Lors de fortes crues de la Sals, l'eau peut envahir les installations et provoquer le mélange de l'eau thermale avec des eaux superficielles de qualité sanitaire non conforme.



Illustration 15 : Echangeur pour le réchauffage du fluide thermal

Les caractéristiques techniques de la source aménagée ont été décrites par J.P.Bousquet⁶ : les différents griffons constituant Bains Forts ont été raccordés à un bassin de captage constitué par un puits de 1m de diamètre dans sa partie haute sur une hauteur de 2.45m, et de 0.5 m de diamètre dans sa partie basse sur une hauteur de 1.15 m. La margelle du puits est de 0.80 m par rapport au sol de la salle de pompage (Cf. photos de l'illustration 16). L'accès à cette salle s'effectue à partir d'un escalier situé à l'arrière des anciens thermes romains, transformés en hôtel-restaurant.



Illustration 16 : Source Bains Forts et salle de pompage

⁶ Avis hydrogéologique relatif à la protection des sources Gieulles et Bains-Forts – Jean-Paul Bousquet – Mai 2006.

Le puits des Bains Forts est équipé de deux pompes de débit unitaire $13 \text{ m}^3/\text{h}$. Le niveau d'eau dans le puits est stable lorsque les pompes sont en marche, il est de 1 m au dessous du plancher de la salle de pompage soit à la cote de 290.70 m NGF. Le rabattement induit par les pompages est de 0.10 m. Les pompes sont reliées à 5 cuves en PEHD de 10 m^3 chacune, placées à proximité du puits (Cf. illustration 16). Les eaux stockées rejoignent les thermes et la piscine par une conduite qui longe la vallée.

Le débit exploité au niveau de la source Bains Forts est de $Q = 22 \text{ m}^3/\text{h}$, sachant que le débit théorique à ne pas dépasser pour maintenir un niveau dans l'ouvrage au dessus de la cote de l'eau dans la rivière est de $Q = 27 \text{ m}^3/\text{h}$ ⁷. L'influence sur Bains Forts de pompages sur le puits voisin de Gieulles a été notée, elle traduit la connexion hydraulique qui existe entre les différents ouvrages du secteur.

Bains de la Reine :

La source Bains de la Reine, située dans le centre de remise en forme servait autrefois à l'alimentation des thermes romains ainsi qu'au chauffage de l'établissement thermal. Lors de fortes pluies, il a été constaté que le débit de la source Bains de la Reine n'était pas stable à cause d'infiltrations autour du griffon. Depuis, un nouveau bassin a été réalisé lors des travaux de la nouvelle piscine, il est cimenté sur tout le pourtour de l'émergence. La source Bains de la Reine n'est plus exploitée actuellement.

Marie :

La source Marie est un puits creusé par Marie Gastilleur en 1886 pour alimenter l'établissement thermal. Il est situé à 15 m de profondeur dans le sous sol de la villa Marie. Son niveau piézométrique reste stable même pendant les fortes pluies locales. Cette observation semble indiquer une origine de l'eau plus profonde que les eaux du système karstique du Crétacé. Il a été noté que les pompages réalisés dans le puits Marie tarissaient la source Bains de la Reine.

Bains Doux :

Située à quelques centaines de mètres en aval de Rennes-Les-Bains sur la rive gauche de la Sals, la source Bains Doux est caractérisée par des débits qui varient tout au long de l'année (probablement selon les précipitations). L'eau est captée dans un bassin de 1 m^2 et de 1.5 m de profondeur.

L'anomalie de température de cette source par rapport à d'autres sources froides voisines ainsi que des valeurs de CO_2 notables font la particularité de cette source. Des variations de composition physico-chimique ont pu être observées dans le temps. En période d'étiage de la rivière les eaux deviennent plus chaudes et se rapprochent de la composition chimique des sources du pôle thermal.

⁷ Rapport BRGM C. Sauvel 1979 – Réf. 79-LRO285-PR – « Source des Bains Forts » Reconnaissance hydrogéologique en vue de la détermination des causes de pollution.

Ces observations laissent penser que la qualité de l'eau de Bains Doux est influencée par des infiltrations d'eaux froides superficielles du Crétacé Supérieur.

Un établissement thermal a été construit jadis sur l'emplacement de cette source Bains Doux. Aujourd'hui, il est totalement abandonné. (Cf. photo de l'illustration 17).



Illustration 17 : Emplacement de l'ancien établissement thermal sur la source Bains Doux

Gieulles :

Le puits Gieulles est implanté en rive gauche du ruisseau de la Sals. Il fut creusé par Gieulles en 1893 dans la villa Marguerite pour alimenter la piscine de centre du Bassin de la Reine. Il n'a été exploité que pendant une courte période. Il n'est plus utilisé à l'heure actuelle.

Le puits Gieulles de 0.6 m de diamètre et de 5 m de profondeur se situe en fait au centre et en fond d'un autre puits de plus grand diamètre (1.5 m), ouvert à partir d'une grande excavation creusée dans des formations marno-calcaires. Le puits Gieulles capte ainsi des eaux chaudes à environ une dizaine de mètre sous le niveau de la rue. Ces eaux se mélangent avec des eaux froides plus superficielles.

L'eau thermique apparaît donc au milieu de la nappe calcaire du Crétacé. Le niveau statique de celle-ci est variable en fonction du débit (et donc du niveau) de la Sals. Les eaux chaudes du puits Gieulles présentent les mêmes caractéristiques physico-chimiques que les sources thermales inventoriées. Le puits Gieulles est donc une émergence de l'aquifère thermal profond.

Pontet :

La source de Pontet est située en aval de Rennes-les-Bains à 600m au Nord-Ouest du centre du village, au niveau des grès du flan sud de la branche de Cardou (Turonien inférieur). Elle comporte trois griffons principaux avec des températures décroissantes de : 18.5, 16 et 14°C. Ces valeurs restent anormalement élevées par rapport à la température des eaux superficielles locales (10 à 12°C). Ces observations montrent que les eaux de la source de Pontet sont en relation avec l'aquifère thermal.

Yvroux :

La crue du 26 sept. 1992, qui a emporté et donc détruit les ouvrages de protection des émergences captées jusque là, a été un facteur déterminant pour décider de recapter en profondeur l'eau thermale par forage. Réalisé en 1994 à 350 mètres environ à l'Est de la station, en bordure du chemin qui mène au hameau de Montferrand (Cf. illustration 13), le forage Yvroux a atteint la profondeur de 1460 m.

La coupe géologique du forage s'établit comme suit :

Niveau du Crétacé Supérieur (0 à 138 m) :

0 - 18 m	Marno-calcaires (Coniacien supérieur)
18 - 30 m	Calcaires de Montferrand (Coniacien inférieur)
30 - 73 m	Calcaires, grès et marnes (Turonien moyen - supérieur)
73 - 125 m	Grès et marnes (Turonien inférieur - moyen)
125 - 138 m	Grès et marnes (Cénomanién supérieur).

Nota : D'une manière générale, la série crétacée correspond point par point à celle décrite par M. Bilotte (1970-1985) à Rennes-les-Bains. L'épaisseur du Turonien - Cénomanién supérieur est de l'ordre de 108 m. On observe que le Cénomanién est directement transgressif sur le Carbonifère, ce qui confirme l'absence de Trias sur le secteur de Rennes.

Niveau du Carbonifère

138 - 157 m	Marnes, grès, microbrèches à coquilles
157 - 200 m	Argilites verdâtres
200 - 270 m	Schistes gris-bleu
270 - 330 m	Argilites verdâtres, microconglomérats
330 - 420 m	Alternances schistes, argilites verdâtres
420 - 780 m	Alternances schistes gris, grès fins
780 - 1235 m	Grès siliceux, fins, massifs, avec intercalations de schistes argileux présentant des traces d'hydrocarbures.
1235 - 1283 m	Alternances calcaires, schistes, grès, marquant le passage au Dévonien.

Nota : Le Carbonifère grés-schisteux, épais de 1145 mètres, est caractérisé par la présence de deux olistolites calcaires isolés d'âge probablement pré-flysch, le premier traversé entre 847 et 935 mètres (calcaires gris micritiques) et le deuxième entre 1131 et 1158 m (microbrèche à éléments calcaires). Il présente de grandes similitudes avec le flysch des écaillies de Cabrières décrit en Montagne Noire (Cf. référence : Engel *et al.* 1980 - 1981).

Niveau du Dévonien

1283 - 1310 m	Calcaires gris, calcaires à tâches roses
1310 - 1378 m	Calcaires gris, pélites noires
1378 - 1392 m	Calcaires gris, calcaires à tâches roses, ocres, marrons
1392 - 1438 m	Calcaires gris bleuté
1438 - 1460 m	Calcaires gris, calcaires verts, pélites verdâtres.

Nota : Le Dévonien est semblable à celui observé au Cardou (Cf. Bessière *et al.* 1987). On peut distinguer une limite entre le Dévonien supérieur à structure amygdalaire classique et le Dévonien moyen à 1378 m.

3.2.2. Hydrogéologie

Deux aquifères ont été rencontrés au cours de la réalisation du forage Yvroux :

- **aquifère froid**, dans les grès calcaires karstifiés du Turonien, entre 82 et 88 m de profondeur (temp. 13,5 °C, conductivité 500 µS, débit en foration 200 m³/h). Cet aquifère est captif. Le niveau piézométrique s'établit à 15 m de profondeur, il correspond aux importantes circulations qui se font dans les terrains crétacés du synclinal de Rennes-les-Bains, indépendamment des circulations superficielles ;
- **aquifère thermal**, dans les calcaires du Dévonien, à partir de 1283 mètres de profondeur (temp. à 1451 m 34.5°C, conductivité 800 µS/cm, débit exploitable 40 m³/h). L'eau de l'aquifère thermal a une composition chimique similaire à celle des sources « anciennes » (Cf. tableau de l'illustration 18 du § suivant).

3.2.3. Caractérisation physico-chimique de la ressource

Le tableau de l'illustration 18 permet de visualiser ci-après les caractéristiques relatives des anciennes sources autorisées (Cf. Annales des Mines 1998) et du nouveau forage Yvroux autorisé plus récemment (Cf. arrêté ministériel de mai 2006).

Elément => Source \ unité	C	Temp.	SiO2	Ca	Mg	HCO3	Na	K	Cl	SO4
	µS/cm	°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Bains de la Reine	671	42	30	91	29	135	33	4.1	130	55.2
Bains Forts	694	43.8	17.5	95.6	25.9	199	31.4	5.4	128	41.2
Marie	699	39.6	17.5	95.8	26.5	203	29.3	4.2	127	47.6
Yvroux	789	31.7	17.6	90.9	23.6	267	38.1	2.4	113	34.5

Illustration 18 : Composition physico-chimique de référence des sources thermales

La différence de température entre les sources (45°C) et le forage (32°C) montre que la profondeur de circulation des eaux des sources est distincte selon les émergences.

La température plus élevée de l'eau thermique au niveau des émergences anciennes (sources en surface) par rapport à l'eau thermique captée par le forage à 1300 m de profondeur laisse supposer une origine des eaux qui émergent en surface plus profonde que le niveau capté par le forage.

Le tableau de l'illustration 19 ci-après présente la composition physico-chimique des eaux du forage Yvroux (Extrait de l'arrêté ministériel).

Source Yvroux ★					
Point de prélèvement	émergence		Traces		unité
Date du prélèvement	05/11/2002				µg/l
Température	31.7	°C	Al Aluminium		<6
pH en unités	7.3	pH	As Arsenic		< 1
Conductivité à 25°C	789	µS/cm	B Bore		< 50
Alcalinité	21.9	°f	Cd Cadmium		< 0,5
SiO ₂ (Silice)	17.6	mg/l	Cr Chrome		< 2
CO ₂ libre	99	mg/l	Cu Cuivre		3
Carbone Organique Total	0.78	mg/l	Pb Plomb		< 3
Résidu sec à 180°	460	mg/l	Se Sélénium		< 1
Résidu sulfaté	562	mg/l	Zn Zinc		< 25
Anions		unité	Cations		unité
		mg/l			mg/l
HCO ₃ ⁻ Hydrogénocarb.		267	Ca ⁺⁺ Calcium		90.9
SO ₄ ⁻⁻ Sulfates		34.5	Mg ⁺⁺ Magnésium		23.6
Cl ⁻ Chlorures		113	K ⁺ Potassium		2.37
NO ₃ ⁻ Nitrates		<1	Na ⁺ Sodium		38.1
NO ₂ ⁻ Nitrites		<0,04	Li ⁺ Lithium		0.09
F ⁻ Fluorures		0.15	Fe ⁺⁺ Fer		4.1
PO ₄ ⁻⁻ Phosphates		<0,1	Mn ⁺⁺ Manganèse		0.06
			Sr ⁺⁺ Strontium		0.76
			NH ₄ ⁺ Ammonium		0.08
Total anions		8.281	Total cations		8.379

★ extrait arrêté ministériel du 3 mai 2006

Illustration 19 : Composition physico-chimique des eaux du forage Yvroux

3.2.4. Caractérisation isotopique de la ressource

Les mesures d'oxygène 18 montrent que la majeure partie des eaux d'infiltration provient du secteur de Valmigère – Missègre, localisé à une douzaine de kilomètres et à l'altitude de 800–900 mètres.

La datation par le carbone 14 montre, que le temps de séjour dans l'aquifère du Dévonien, au niveau de Rennes, est de l'ordre de 10 000 ans. La distance entre le secteur de Valmigère et Rennes-les-Bains étant de 12 km, la vitesse d'écoulement dans le réservoir serait de l'ordre du mètre par an.

L'exploitation des données de pompage montre que la perméabilité au niveau du toit de l'aquifère thermal serait de l'ordre de $1.10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$.

Les analyses corrélatoires et spectrales des données piézométriques ont mis en évidence des effets de pression et de marée. L'analyse de ces effets a permis de déduire les valeurs du coefficient d'emmagasinement : 2.10^{-4} et de la porosité : 0,5 %.

Selon Corinne Bos (Cf. 1995) : les analyses ont identifié un bruit, correspondant à un phénomène de convection, qui amplifie l'effet de la marée ; la perméabilité influe sur ce type de convection. Observée au droit du forage, la convection est devenue turbulente, créant un effet dissipatif, ce qui peut expliquer les différences de température observées entre les sources et le forage.

L'ensemble des éléments disponibles conduit à proposer un schéma géologique complexe (Cf. illustration 20 et 21) avec en particulier l'existence d'écaïles probable du Dévonien sous Rennes-les-Bains. Celles-ci permettraient probablement les circulations thermales ascendantes.

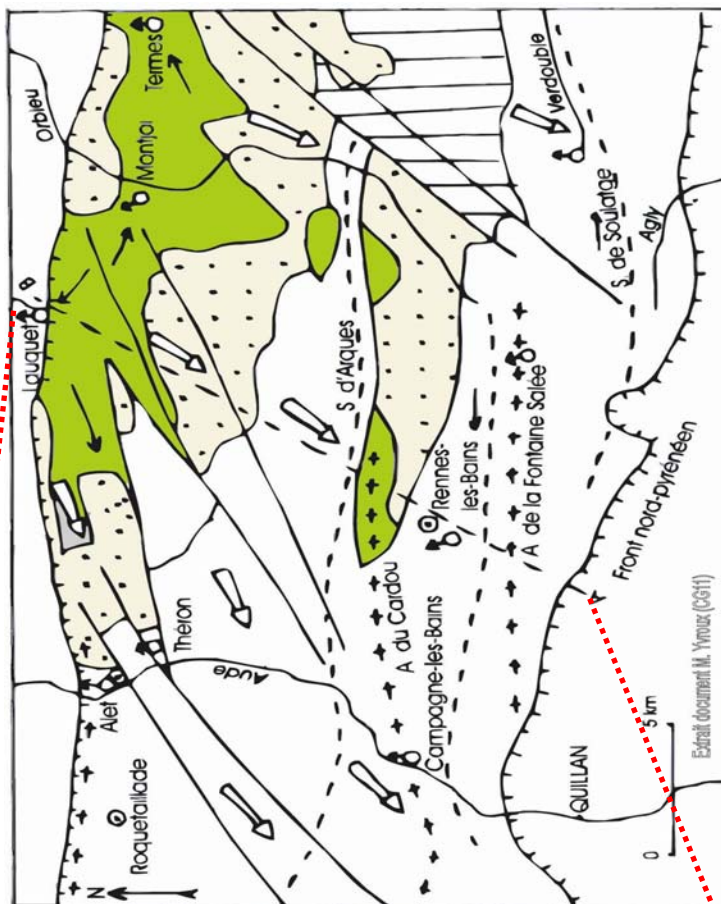


Illustration 20 : Carte d'affleurement des calcaires du Dévonien (vert) et position de la coupe AB présentée par l'illustration 20 (Extrait document M. Yvroux)

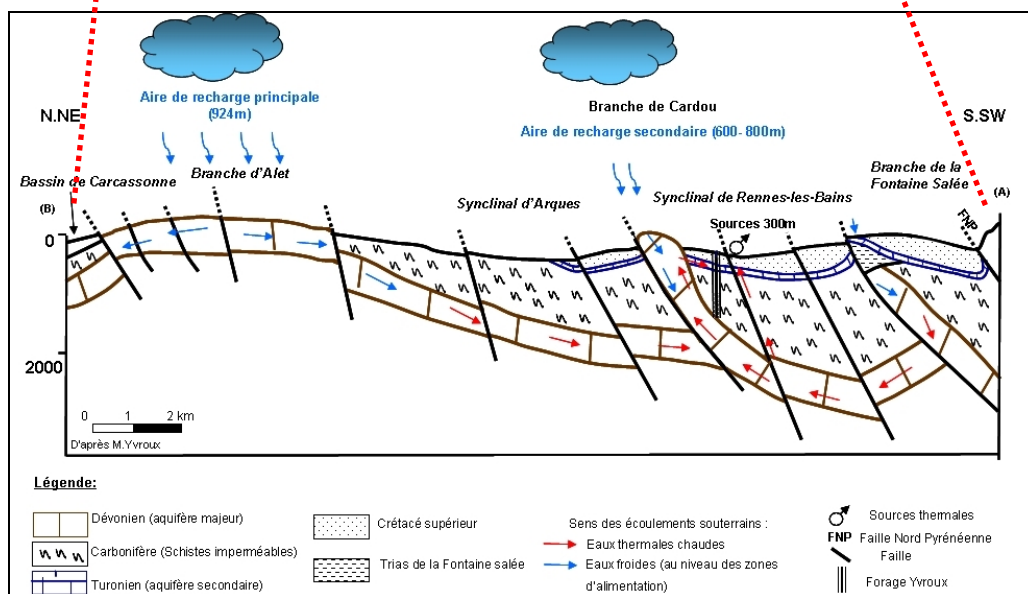


Illustration 21 : Coupe géologique interprétative N.NE – S.SW des circulations d'eau thermique

Les calcaires du Dévonien qui affleurent au Nord de Rennes-Les-Bains sont donc bien, a priori, le secteur de l'impluvium des eaux thermales de Rennes-Les-Bains. Les deux secteurs concernés sont présentés par la carte de l'illustration 22 ci-après.

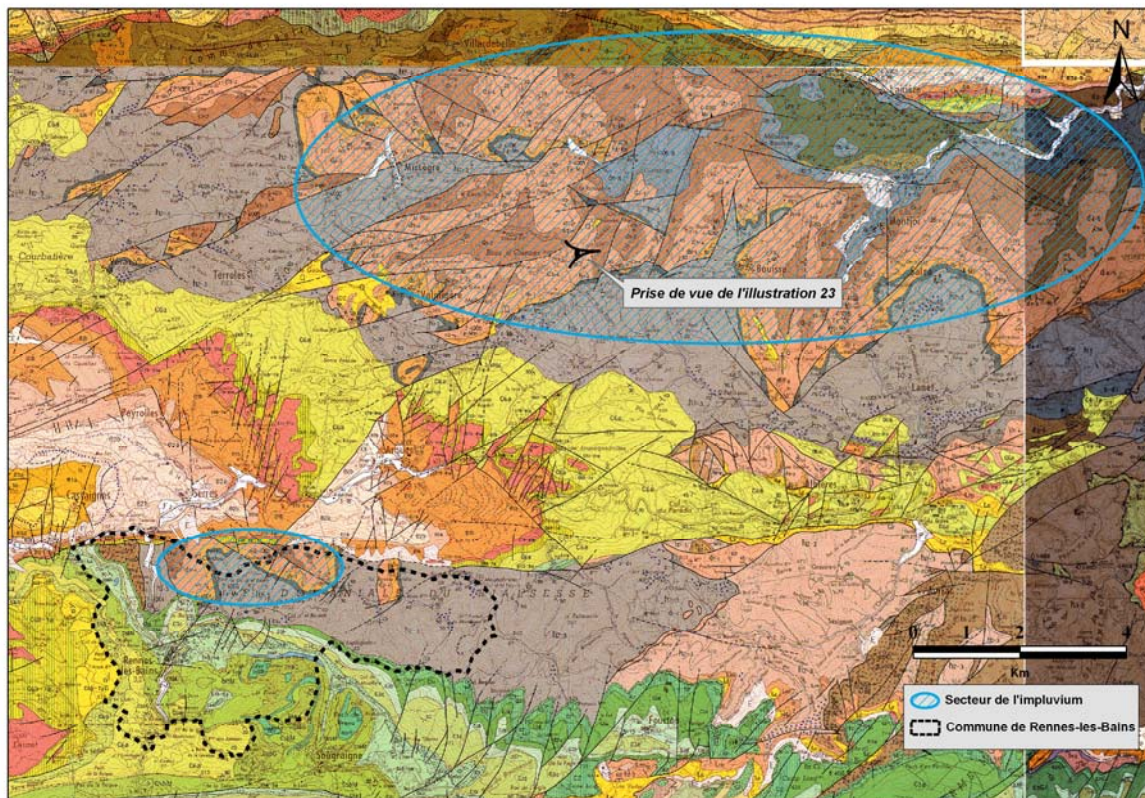


Illustration 22 : Secteur de l'impluvium des eaux thermales de Rennes-Les-Bains

Le secteur de l'impluvium est dépourvu d'activité particulière comme en témoigne la vue présentée par l'illustration 23 ci-après (Cf. positionnement de la prise de vue sur l'illustration 22). Ce secteur est ainsi « naturellement » protégé.



Illustration 23 : Photo du secteur de l'aire d'alimentation des eaux thermales (Dévonien)

3.3. LA MISE EN PRODUCTION – LES EQUIPEMENTS

3.3.1. Les captages existants (conditions d'émergence)

Le forage Yvroux constitue, à l'heure actuelle, le seul ouvrage d'exploitation d'eau thermique du site de Rennes-Les-Bains. Ce forage a été conçu et réalisé en 1994 pour explorer la ressource en profondeur et permettre son exploitation.

La conception de l'ouvrage, avec une chambre de captage en tête (de 0 à 300 m), permet d'exploiter le gisement au débit de 40 m³/h (débit autorisé). L'ouvrage n'a pu être réalisé en tubage inox sur toute la hauteur. L'eau du gisement thermal (Calcaires du Dévonien) est cependant captée par l'intermédiaire d'un tubage inox crépiné situé entre 1236 m et 1460 m de profondeur (Cf. illustration 24).

La coupe géologique établie lors de la foration (Cf. illustration 24) permet de noter deux éléments particuliers, des niveaux calcaires vers 900 m et vers 1100 m de profondeur. Ces niveaux sont des olistolithes de calcaire (Dévonien) dans le Carbonifère inférieur.

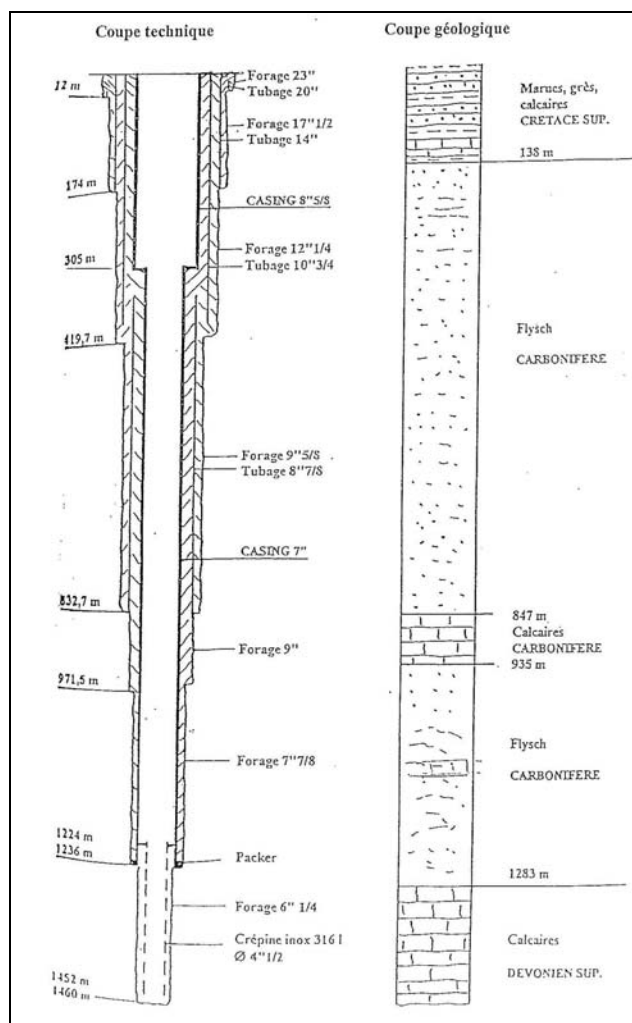


Illustration 24 : Coupe technique et géologique du forage Yvroux

Il est probable que les tubages acier mis en place puissent se dégrader dans le temps (corrosion) et entraîner des désordres d'ordre sanitaire par mise en communication de l'eau exhaurée profonde avec des eaux moins profondes non conformes au plan sanitaire.

Les problèmes sanitaires rencontrés en 2009 sont liés soit à un phénomène de rétro-contamination, soit à une dégradation du tubage acier du forage. La réhabilitation de l'ouvrage (rechemisage inox au minimum) qui est envisagé devrait permettre de retrouver une qualité conforme. On peut supposer, en outre, que le maintien en pompage du forage devrait diminuer sensiblement le risque de rétro-contamination.

La solution d'une mise en production du forage par pompage sous packer en fond d'ouvrage méritera, au besoin, d'être étudiée pour se dédouaner de l'interférence d'eau d'aquifères superficiels de qualité non conforme (Turonien ?). Cette observation soulève la question du rôle de l'aquifère du Turonien et suggère qu'un piézomètre dans le Turonien pourrait compléter utilement les données disponibles du secteur et apporter une meilleure connaissance du rôle de cet aquifère.

3.3.2. Les équipements de production et de suivi d'exploitation

Le forage Yvroux a été équipé de l'instrumentation nécessaire au suivi qualité de la ressource exploitée. Les photos des illustrations 25 et 26 ci-après permettent d'apprécier la qualité du dispositif de suivi qualité mis en œuvre qui correspond aux règles de l'art en la matière.



Illustration 25 : Instrumentation de suivi (sondes) sur la colonne d'exhaure du forage Yvroux



Illustration 26 : Tableau des afficheurs du suivi qualité et tête de forage

Le dispositif de suivi d'exploitation du forage Yvroux comporte une centrale de télé transmission (NAPAC) qui permet de disposer d'un suivi quantité (débit et niveau dynamique) et qualité (conductivité et température) sur une longue période. Les données peuvent être enregistrées en continu par la centrale au pas de temps défini. La centrale peut être interrogée à distance pour assurer le suivi de l'exploitation.

La tête du forage Yvroux, en inox (Cf. illustration 26), dispose d'un évent avec filtre bactérien et d'un robinet de prélèvement conforme pour la réalisation des prélèvements réalisés lors des contrôles réglementaires. En sortie du local technique, l'eau est conduite jusqu'à l'établissement thermal par une canalisation inox, de diamètre 139,7 mm, posée dans une tranchée de 1m de profondeur sur une distance de 556 m.

Au niveau du pont qui enjambe la rivière "Sals", la canalisation est entourée d'une protection mécanique en béton. Un système de surveillance en continu permet de détecter la présence de fuites.

Concernant, plus globalement, le suivi du gisement thermal et de son fonctionnement, il semble qu'une relation existe entre l'aquifère du Dévonien et l'aquifère du Turonien. La recharge de l'aquifère du Turonien semble agir, à partir d'un certain niveau, par effet de pression, sur l'aquifère thermal. Le rôle de l'aquifère Turonien est jugé significatif et un dispositif de suivi quantitatif (suivi du niveau statique) du Turonien mériterait d'être mis en place. Ce point justifierait la réalisation d'un piézomètre (même de petit diamètre) au Turonien. Ce piézomètre serait alors instrumenté pour assurer un suivi du niveau piézométrique.

La réalisation d'un piézomètre au Turonien constitue une piste de progrès au titre de la démarche qualité pour la ressource thermique du site de Rennes-Les-Bains.

3.3.3. La relation ressources / besoins

Le débit de 40 m³/h est excédentaire par rapport à la fréquentation de l'établissement thermal en période « normale » (Cf. 1200 curistes dans les années 2000).

La réalisation du forage Yvroux a permis de répondre aux problèmes de qualité qui se posaient à Rennes-les-Bains lorsque seules les émergences naturelles de surface étaient exploitées. La sécurisation de l'exploitation passe cependant, au sens de la démarche qualité, par la réalisation d'un nouveau forage qui pourrait suppléer le forage Yvroux au besoin.

La réalisation d'un forage de secours constitue une piste de progrès au titre de la démarche qualité pour la ressource thermique du site de Rennes-Les-Bains.

Le projet de réalisation d'un ouvrage de secours n'est probablement pas à traiter en première urgence des investissements à réaliser. Il permettra cependant à l'avenir de mettre l'établissement thermal à l'abri de problèmes toujours possibles en exploitation. L'acquisition d'une meilleure connaissance acquise du système thermal doit permettre d'optimiser l'hypothèse d'implantation d'un nouveau forage.

Il est probable que l'objectif à se fixer pour un nouvel ouvrage est le calcaire du Dévonien moins profond. Un forage à 400 – 500 m devrait être l'objectif fixé. Pour l'implantation d'un tel ouvrage, il est recommandé de conforter les hypothèses de circulation formulées en procédant aux reconnaissances complémentaires suivantes :

- profil sismique NW-SE perpendiculaire à la coupe de l'illustration 21, passant par le forage Yvroux et dimensionné pour une profondeur d'investigations de 4 à 500 m avec un objectif double : identifier la position du calcaire du Dévonien « peu profond » et caractériser la position de la faille qui permet le transit des eaux thermales vers les anciennes émergences. Le calage du profil à réaliser doit pouvoir s'appuyer sur la coupe géologique dressée par M. Yvroux ;
- mesures microtectoniques des affleurements et calage des données dans le contexte structural régional et local pour une caractérisation de détail, en surface, des fracturations qui permettent le transit des venues thermales profondes. L'objectif serait de renforcer la validité d'une hypothèse d'implantation de forage complémentaire.

3.4. LE SUIVI D'EXPLOITATION – LA MAINTENANCE

3.4.1. Les données du suivi d'exploitation

Le dispositif de suivi d'exploitation du forage Yvroux n'est plus opérationnel et des données n'ont pu être compilées que jusqu'en 2004. On ne dispose, en conséquence, que de très peu de données sur l'évolution relative des conditions d'exploitation de la ressource au plan local.

Seule une partie du suivi des niveaux dynamiques est disponible (Cf. illustration 27). La courbe est difficile à commenter en l'absence de valeurs de débit de pompage pour les différentes périodes du suivi. Cette courbe correspond à la période qui précède l'autorisation du forage Yvroux (Cf. annexe 4 - Autorisation ministérielle de mai 2004).

L'analyse du graphique permet d'apprécier le rabattement très faible observé (moins de 50 m pour 40 m³/h⁸ exploité) pour un niveau exploité situé à plus de 1200 m de profondeur.

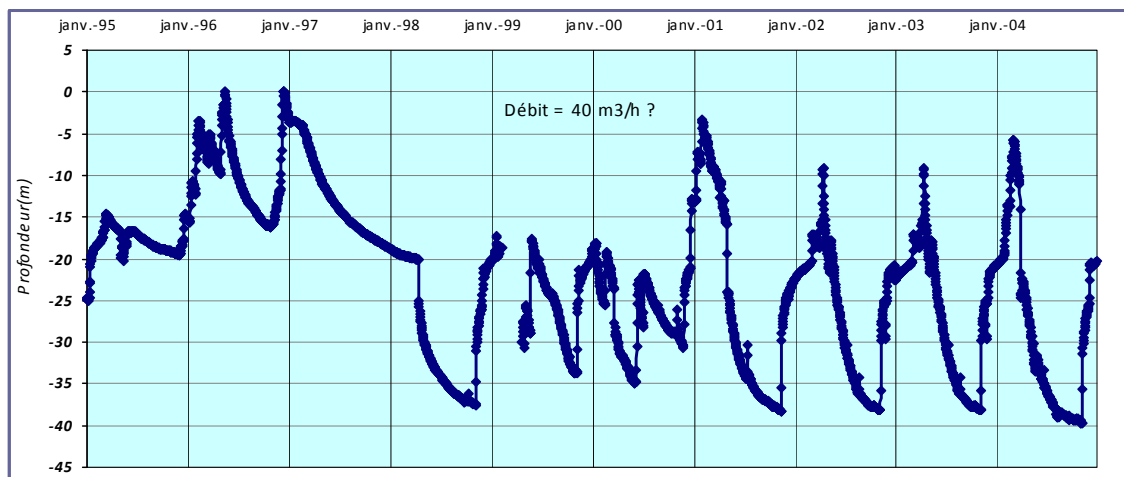


Illustration 27 : Données disponibles de suivi du niveau dynamique du forage Yvroux

⁸ 40 m³/h = Débit autorisé par l'arrêté ministériel d'autorisation. Ce débit est vraisemblablement celui des essais de la période 1999 à 2004.

Le niveau capté est artésien (non jaillissant), il est, à ce titre, préservé d'éventuelles contaminations en provenance de niveaux aquifères moins profonds. Seule la partie supérieure des terrains dénoyés peut, si le tubage de tête n'est pas correctement cimenté, participer à l'interférence d'eau profonde saine avec des eaux superficielles de qualité discutable.

Le projet de re-chemisage inox du premier tubage acier avec cimentation contrôlée est un point très positif pour retrouver la qualité originelle des eaux du Dévonien à 1200 m de profondeur. Il n'est pas, en effet, réaliste de considérer que le gisement soit contaminé naturellement⁹.

La réhabilitation du forage Yvroux constitue une piste de progrès au titre de la démarche qualité pour la ressource en eau thermale du site de Rennes-Les-Bains.

Le contrôle réglementaire de la qualité sanitaire¹⁰ de l'eau thermale à l'émergence (en tête d'ouvrage) permet de disposer d'indications intéressantes sur l'évolution relative de la composition physico-chimique de l'eau exhaurée par le forage Yvroux. Le tableau de l'illustration 28 ci-après est une compilation des données disponibles sur la période de référence retenue (1998 à 2010).

Point de prélèvement = Forage Yvroux (tête de forage)							
Analyses du contrôle réglementaire							
Date d'analyse	T°C	Cond à 20°C (µS/cm)	HCO ₃ ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	SO ₄ ⁻ mg/L	Ca ⁺⁺ mg/L	Mg ⁺⁺ mg/L
31/03/1998	33.1	712	249	102.7	32	78.5	24.9
10/09/1998	33	707					
31/03/1999	33	682					
09/09/1999	33.4	676					
14/10/1999	33.7	722					
22/03/2000	32.6	728					
20/09/2000	33.4	720					
27/04/2001	32.2	690					
05/11/2002	31.7	698	267	113	34.5	90.9	23.6
11/09/2003	33.3	717					
28/04/2005	32.7	699					
13/06/2005	33.3	735					
15/09/2005	33.1	717					
22/06/2006	33.2	735					
19/09/2006	33	726					
22/05/2007	32.9	708					
28/01/2010	33.4	681			35		25
12/03/2010	33.3	717		120	39	87	25
23/03/2010	33.6	708					
31/03/2010	33.3	708	NC	110	35	84	25

Illustration 28 : Données analytiques du contrôle réglementaire (données ARS)

⁹ Aucune contamination naturelle (au plan bactériologique) de gisement profond n'a pu être démontrée. Les désordres de qualité bactériologique observés sur les différents sites d'exploitation d'eau minérale sont toujours liés aux modes de réalisation ou aux conditions d'exploitation des ouvrages.

¹⁰ Le contrôle sanitaire des eaux minérales est assuré par les Agences Régionales de Santé (ARS) qui ont remplacé les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS).

Le suivi de l'évolution des paramètres qui est réalisé ne permet pas de préciser l'évolution des caractéristiques essentielles de l'eau telles que spécifiées dans l'arrêté d'autorisation¹¹ du 3 mai 2006. Outre le PH, seules la température et la conductivité sont systématiquement mesurées lors des contrôles réglementaires.

Il serait souhaitable de disposer, au moins une fois par an, d'une analyse de ces caractéristiques essentielles pour s'assurer de l'absence de dérive dans le temps des caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

Le renforcement du suivi analytique de l'eau thermique exploitée par le forage Yvroux constitue une piste de progrès au titre de la démarche qualité pour la ressource en eau thermique du site de Rennes-Les-Bains.

Bien que peu de données soient disponibles, l'analyse graphique des données permet de noter (Cf. illustration 29 ci-après) que la qualité physico-chimique des eaux du forage reste très constante (pour ce qui est de la conductivité) sur la période analysée (12 ans). Les valeurs de conductivités mesurées demeurent au long du temps dans la fourchette de +/- 10% autour de la valeur de référence (Cf. valeur de l'arrêté ministériel de 2006 représentée en rose).

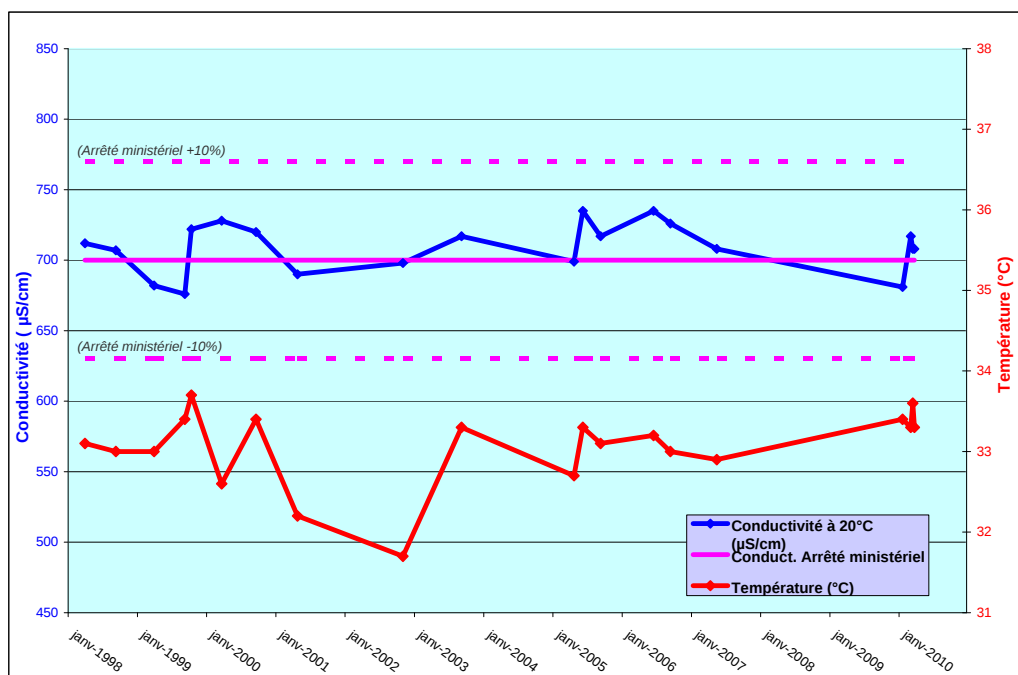


Illustration 29 : Courbe d'évolution de la qualité de la ressource en eau thermique sur 12 ans

¹¹ L'article 10 de l'arrêté de mai 2006 souligne la nécessité de suivre les variations des éléments suivants : pH, Température, Conductivité, SIO₂, Ca, Mg, Na, K, HCO₃, Cl, SO₄, Fe.

3.4.2. Dispositif de maintenance

Il n'existe pas de dispositif de maintenance spécifique pour l'exploitation du forage Yvroux. L'absence d'un tel dispositif est probablement à l'origine des pannes du matériel de suivi du fluide exhauré (centrale NAPAC). Il serait nécessaire de remettre en route le dispositif de suivi de la ressource et d'instaurer une maintenance des appareillages en place puis de traitement des données acquises.

La remise en état du dispositif de suivi de la ressource constitue une piste de progrès au titre de la démarche qualité pour la ressource thermique du site de Rennes-Les-Bains.

3.5. LE CADRE REGLEMENTAIRE

3.5.1. Les autorisations existantes

Il existe deux types de situation administrative pour le site thermal de Rennes-Les-Bains, d'une part un « *arrêté ministériel relatif à l'exploitation de l'eau minérale naturelle du captage Yvroux* » qui date de 2006 (Cf. texte en annexe 4) et d'autre part un décret en Conseil d'Etat de « *Déclaration d'Intérêt Public (DIP) des sources d'eau minérales « Bains Froids » et « Marie » et d'attribution à ces sources d'un périmètre de protection* » qui date de 1898 (Cf. texte en annexe 4).

L'illustration 30 ci-après est le plan d'époque (document d'archive) délimitant le périmètre de protection établi au titre de la DIP.

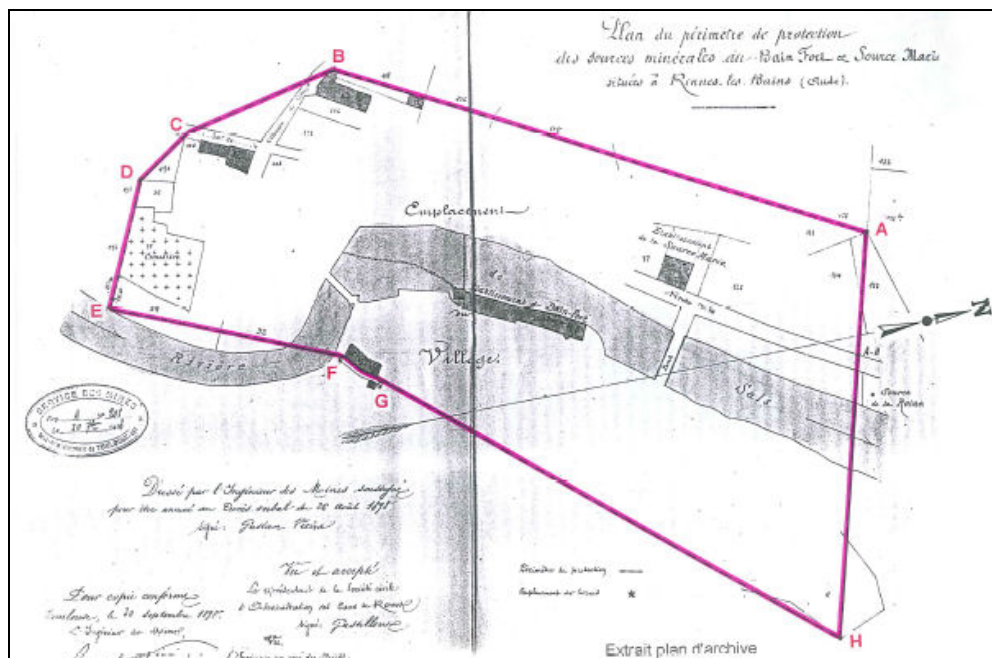


Illustration 30 : Carte du périmètre de protection établi au titre de la DIP (document d'archive)

L'attribution d'une DIP et d'un périmètre de protection à des sources d'eau minérale est rare à l'échelle du territoire national. Seuls 38 sites en France bénéficient d'un périmètre de protection établi au titre d'une DIP¹².

Les périmètres de protection établis peu avant le début du siècle dernier n'ont pas été définis sur la base de caractéristiques hydrogéologiques précises. A cette époque il s'agissait plutôt de lutter contre ce qui a été appelé la « guerre des sources » c'est-à-dire d'éviter des utilisations anarchiques pour de multiples usages concurrentiels et de privilégier un usage unique « d'intérêt public ».

L'intérêt de disposer de nos jours d'un périmètre de protection établi au titre d'une DIP tient au fait que ce périmètre demeure valable dans le temps et qu'il peut être modifié pour s'adapter à de nouvelles contraintes ou à de nouvelles connaissances acquises pour un site donné. Ainsi, alors qu'il est très difficile, de nos jours, d'obtenir une DIP (la dernière DIP accordée remonte à 1934), il est relativement plus aisé de justifier une modification de périmètre existant (des dossiers récents existent en France). Il serait ainsi envisageable d'actualiser le périmètre de protection existant à Rennes-Les-Bains.

Cependant, compte tenu du captage actuel de la ressource par forage en profondeur sous bonne protection, il n'est pas nécessaire, a priori, de renforcer la sécurité sanitaire existante qui est caractérisée par le Périmètre Sanitaire d'Emergence (PSE) établi par l'arrêté ministériel. Le PSE est défini comme l'enclos grillagé qui abrite la tête du forage Yvroux et l'installation de suivi de la ressource.

3.5.2. Les procédures en cours

Il n'existe pas de procédure de demande d'autorisation d'exploitation de ressource en cours à l'heure actuelle. Seule la phase de réhabilitation du forage Yvroux pourrait engendrer à court terme une procédure de régularisation de l'autorisation en cours par une actualisation des conditions de captage. Il n'y a cependant pas de véritable modification des conditions de captage établie par l'arrêté de 2006.

¹² Cf. atlas des périmètres de protection des sources d'eau minérale édité en 1999 par le BRGM – Rapport R40466 d'avril 1999 -

4. Conclusion

4.1. LA SITUATION ACTUELLE DE LA RESSOURCE THERMALE

Il ressort de l'état des lieux sur la ressource thermale du site de Rennes-Les-Bains les points principaux suivants :

- sur le plan de la connaissance du **gisement** et du système hydrothermal, les données disponibles (notamment le forage profond) permettent de disposer d'une vision assez précise du circuit hydrothermal, lié aux calcaires du Dévonien et, d'un point de vue structural, aux accidents principalement W-NW à S-SE. Le rôle joué par le niveau des calcaires du Turonien proche de la surface n'est pas connu ;
- sur le plan de la connaissance du **fluide thermal**, l'aire d'alimentation représentée par les secteurs d'affleurement des calcaires du Dévonien autorise le départ d'un transit des eaux vers un niveau profond, supérieur à 1500 m (profondeur du forage Yvroux), puis, après acquisition de la température et de la minéralisation représentatives des eaux thermales locales, une remontée vers la surface via un réseau de fractures actif qui assure un flux ascendant important ;
- sur le plan de la **préservation de la ressource** et de la **protection du gisement**, compte tenu de l'aire d'alimentation du gisement (calcaire du Dévonien) dépourvue d'activité, de conditions de captage de la ressource en profondeur et en sécurité du point de vue hydraulique (rabattement très faible) et d'une durée de transit a priori conséquente (plusieurs années), il est raisonnable de considérer que la préservation de la ressource et la protection du gisement sont fortes et que les risques de dégradation de la qualité du fluide thermal sont mineurs ;
- sur le plan des **conditions d'exploitation** de la ressource, le remplacement des captages anciens superficiels et vulnérables par un forage profond captant les eaux thermales entre 1250 et 1450 m de profondeur constitue un point très positif du dispositif d'alimentation de la station. Les désordres de qualité sanitaire rencontrés en cours d'exploitation sur ce forage soulignent cependant la nécessité de moderniser l'équipement du forage actuel qui n'a pas pu, à l'époque de sa réalisation, être réalisé en tubage inox avec cimentation sous-pression adéquate pour assurer la protection requise pour ce type d'ouvrage ;
- sur le plan du **suivi d'exploitation** de la ressource et de la **maintenance**, malgré une installation moderne mise en place en tête du forage Yvroux, les conditions de suivi de la ressource ces dernières années ont été déficientes et il est difficile d'apprécier l'évolution relative des différents paramètres physico-chimiques de l'eau au cours du temps ;

- sur le plan **réglementaire**, les autorisations d'exploiter la ressource sont acquises et aucune observation particulière n'est à formuler. On notera seulement que la demande de l'arrêté ministériel relative au forage Yvroux de suivre les caractéristiques physico-chimiques essentielles mériterait plus d'attention.

4.2. LES PISTES DE PROGRES A COURT ET MOYEN TERME

Plusieurs pistes de progrès ont été identifiées par l'état des lieux au regard de la démarche qualité pour la ressource prise pour référence. Ces pistes, qui ont pour but de faire évoluer les situations vers le « plus » qualité pour la ressource, sont à hiérarchiser dans le temps (à court et moyen terme) selon leur importance relative.

Il est recommandé d'engager à **court terme** :

- la réhabilitation du forage Yvroux ;
- la remise en état du dispositif de suivi qualité ;
- le renforcement de l'aspect analytique du contrôle réglementaire.

Il est recommandé d'engager à **moyen terme** :

- l'étude d'implantation d'un ouvrage de secours ;
- la réalisation d'un ouvrage de secours de profondeur optimisée ;
- la réalisation d'un piézomètre au niveau des calcaires du Turonien et son instrumentation pour le suivi du niveau piézométrique.

Annexe 1

Eléments de bibliographie

Ambert P. (1994) - L'évolution du Languedoc central (Grands Causses méridionaux, piémont languedocien) depuis le Néogène, Doc. BRGM N°231, 1994.

Aunay B., LE Strat P., Yvroux M., Mangin A., Dorfliger N. (2003) – Excursion dans la haute vallée de l'Aude et le Pays-de-Sault. Livret guide de l'excursion de la 10^{ième} journée technique du Comité Français de l'AIH.

Authier C. (1985) – Le renouveau de Rennes-Les-Bains – Médecine thermale.

Baillet L., Le Strat P. (2009) – Carte des ensembles litho-tectoniques de la région Languedoc-Roussillon et du Golfe du Lion – Edition BRGM

Bakalowicz M. 1996 – Les processus de karstification et les différents types de karst associés. Mém. Soc. géol. Fr., n.s., n 169, Carbonates intertropicaux : 35, 1, pp. 363-371.

Bakalowicz M., Le Strat P. (1997) – Étang de Salses-Leucate. Contexte géologique. Implications hydrogéologiques sur les écoulements souterrains dans la partie nord de l'Étang. Rap. BRGM R 39677.

Baudrimont F., Dubois P., (1977). -Un bassin mésogéen du domaine péri-alpin : Le sud-est de la France. - *Bull. centres rech.Explor.-prod. Elf Aquitaine*, 1, 261-308.

Benedicto, A. (1996). – Modèles tectono-sédimentaires de bassins en extension et style structural de la marge passive du Golfe du Lion (partie nord), Sud-Est France. Thèse de doctorat, Univ. Montpellier II, 242 p.

Bessière G. (1987) Modèle d'évolution polyorogénique d'un massif hercynien : le massif de Mouthoumet (11) – Thèse Toulouse.

Bilotte M. (1985) – Le Crétacé supérieur des plateformes est-pyrénéennes. *Strata*, S. 2, vol. 5, p. 1-438, 121 fig., 53 tabl.

Biot, P. (1937) - Recherches sur la morphologie des Pyrénées orientales franco-espagnoles. Baillière Éd, Paris, 318 p.

Bos C. (1995) – Etude d'un aquifère thermal profond : le forage de Rennes-Les-Bains (11) – DESS Université Paul Sabatier Toulouse.

Bouchaala A. (1991) – Hydrogéologie d'aquifères karstiques profonds et relation avec le thermalisme – Exemple de la partie occidentale du massif du Mouthoumet – Doctorat de l'Université de Franche-Comté.

Bousquet JP. (2006) – Avis hydrogéologique relatif à la protection des sources Gieulles et Bains Forts – Avis hydrogéologue agréé.

Calvet M. (1996) – Morphogenèse d'une montagne méditerranéenne ; les Pyrénées Orientales. Documents du BRGM, n° 255. BRGM éd., Orléans. 3 t., 1177 p.

Camus, H. & Séranne, M. (2000). - Enregistrement géomorphologique de la surrection et de l'érosion de la bordure SE du Massif Central : relation avec la marge du Golfe du Lion ? -GDR Marges - Atelier "Golfe du Lion", Institut Océanographique, Paris,

Clauzon G., 1990 - Restitution de l'évolution géodynamique néogène du bassin du Roussillon et de l'unité adjacente des Corbières d'après les données écostratigraphiques et paléogéographiques. Paléobiologie continentale, Montpellier, XVII, pp. 125-155.

Clauzon, G. (1998) - L'impact des variations eustatiques du bassin de Méditerranée occidentale sur l'orogène alpin depuis 20 Ma - Et. Géogr. Phys., n°XXVIII - 1999. Actes du Colloque « La montagne méditerranéenne » 8 - 10 octobre 1998 - Aix-en-Provence, p. 33-40.

Codef-Ingénierie. (1995) – Demande d'autorisation d'exploiter à l'émergence et à distance du point 'émergence l'eau minérale du forage Yvroux.

Géotherma SA (1995) – Commune de Rennes-Les-Bains – Campagne de géochimie Radon 222/CO2 Résultats de la première campagne (1995) et de la deuxième campagne (1996).

Gottis M. (1964). -Contribution à la connaissance géologique du Bas-Languedoc, Bordeaux, Ed. Tex, 344 p., 27 pl., atlas 17 fig.

Guide du Thermalisme (2010) – Le guide officiel des stations thermales Française – 35^{ème} édition – Groupe Impact Médecine.

Kuhfuss A. (1981) – Géologie et hydrogéologie des Corbières méridionales – Région de Bugarach, Rouffiac-Les-Corbières – Thèse 3^{ème} cycle Université Paul Sabatier Toulouse.

Le Strat P., Duvail C., Bourguine B. (2000) – Le bassin néogène du Roussillon : Histoire de son remplissage.). Atelier "Golfe du Lion" Paris, 10 et 11 mai 2000. GDR "Marges".

Le Strat P., Duvail C., Clauzon G. (2001) - Présentation des travaux de cartographie du BRGM en Roussillon depuis 1996. In "GDR marges" atelier "Messinien dans le Golfe du Lion" Perpignan, 7-10 septembre 2001.

Le Strat P., Fuchey Y. (2002) - Modélisation géologique des dépôts plio-quaternaires de la basse vallée de l'Hérault. In "GDR marges" atelier "Golfe du Lion" Rueil-Malmaison, 13 et 14 février 2002.

Lofi, J. (2002) – La crise de salinité messinienne : conséquences directes et différées sur l'évolution sédimentaire de la marge du golfe du Lion. Thèse 3ème cycle, Univ. Lille1.

Marty JJ. (1985) – Les eaux thermales de Rennes-Les-Bains – Utilisations dans le traitement des rhumatismes – Thèse pharmacie université Paul Sabatier Toulouse.

Monestié M. (1983) – La station thermale de Rennes-Les-Bains dans le contexte audois – Thèse Université des Sciences de Montpellier

Pomerol C. et Ricour J. (1992) - Terroirs et Thermalisme de France - Edition BRGM – Cf. www.brgm.fr.

Poul X. (1984) - Station thermale de Rennes-Les-Bains – Rapport BRGM 84-LRO-534-PR.

Rabineau, M. (2001) – Un modèle géométrique et stratigraphique des séquences de dépôt quaternaires sur la marge du Golfe du Lion : enregistrement des cycles climatiques de 100 000ans. Thèse 3ème cycle., Univ. Rennes I, 455 p.

Rouger JP. (1969) – Les eaux minérales du quadrilatère Audois : Rennes-Les-Bains, Alet, Ginoules et Campagne, Passé et Avenir – Thèse Faculté de Médecine Montpellier.

Sauvel C. (1979) – Source des Bains Forts, reconnaissance hydrogéologique en vue de la détermination des causes de pollution – Société Rennes-Thermal – Rapport BRGM 79-LRO-285-PR.

Séranne M., Camus H., Lucazeau F., Barbarand J. & Quinif Y., 2002 – Surrection et érosion polyphasées de la Bordure cévenole. Un exemple de morphogenèse lente. Bull. Soc. géol. France, 173, 2, pp. 97-112.

Synthèse géologique des Pyrénées (1996) – volume 1. Introduction . Géophysique. Cycle hercynien. Publication conjointe de BRGM et de l'ITGE et volume 2 (inédit). Cycle alpin.

Valat JL. (1971) – Etude hydrogéologique des sources thermales de Rennes-Les-Bains – Thèse 3^{ème} cycle (1^{ère} partie) Université des sciences et techniques de Montpellier.

Vigouroux P. (1999) – Atlas des périmètres de protection des sources d'eau minérale Rapport BRGM R40466.

Vigouroux P. (2005) – Guide qualité pour la ressource en eau minérale et thermale. Edition BRGM – Cf. www.brgm.fr - Collection scientifique et technique.

Yvroux M. (1994) – Rapport de fin de travaux – Forage de Rennes-Les-Bains.

Yvroux M. (2003) – Circulations hydrothermales en terrains calcaires – 10^{ème} journée de l'AIH – Excursion dans la haute vallée de l'Aude et le Pays de Sault.

Annexe 2

Données météorologiques

Données précipitation station Fourtou

Année	Jan	Fev	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	total
1999	124	88.2	85.5	186.7	159.9	54.7	91.9	79.5	62	32.4	211.5	106.94	1176.3
2000	41	184.5	104.8	108.3	75.9	202.8	65.1	30.2	18.2	117.7	88.6	237.3	1274.4
2001	223.5	38.9	107.2	125.9	62.1	30	59.5	5.2	102.8	19.6	109.3	14.1	898.1
2002	52.1	69.5	84.5	217	157	71.1	86.6	79.1	22.6	123.3	107	97.5	1167.3
2003	92.6	181.3	77.4	59.3	119	31.1	3.8	43	70.6	148.4	44	209.9	1080.4
2004	199.6	61.5	104.3	220.1	106.4	7	54.9	90.7	80.9	90.7	95.9	165.2	1277.2
2005	52.3	151.2	30.9	50.2	75.2	23.2	12.8	30.2	227	160.2	124.7	60.7	998.6
2006	162.6	14	120.1	1.5	30.5	8	7.1	70.6	95.7	48	37.5	35.7	631.3
2007	11.9	102.7	54.7	84.9	89.4	11	13.7	25.8	20.9	63.3	6.8	66.4	551.5
2008	59.8	8.7	85	39	97	20.6	36.7	20.8	30.8	35.5	151.5	135.9	721.3
2009	122	48	39.1	178.4	26.3	20	8	51.5	11	39.9	61.5	63.8	669.5
Moyenn	104	86	81	116	91	44	40	48	68	80	94	108	

Données précipitation station Arques

Année	Jan	Fev	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Total
1999	111.1	43	40.1	150.7	134.1	45.5	96	86.9	52.4	28.2	188.4	76.3	1052.7
2000	40.9	122.9	75.7	86.6	55.6	263.6	43.2	24.9	22.8	145.3	75.9	150.1	1107.5
2001	180.6	44.9	78.9	104.3	47.9	48.4	75.4	5.2	34.4	15.6	123.4	14.7	773.7
2002	43.5	65.1	85.5	186.8	140.7	71.2	116	69.8	31.2	114.6	89.7	79.6	1093.7
2003	69.6	169.6	52.2	75.2	135.9	38.7	2	25.5	75.1	100.3	36.7	196.9	977.7
2004	179	47.7	104.3	178.2	88.6	12	3.9	36.4	32.5	69.5	82	152.8	986.9
2005	43.5	128.9	26.4	43.3	81.6	16.5	12.3	51.5	90.4	119.3	162.4	46.5	822.6
2006	129.9	15.2	102.1	10.3	17.5	40.1	21.1	63.6	87.2	74.5	34	21.4	616.9
2007	11.8	101.5	63.8	106.1	112.4	27.3	25.4	33.7	23.9	74.5	6.4	64	650.8
2008	53.6	6.1	88.5	44.1	112.5	46.1	27.5	17.6	39.6	37.4	147.9	117.8	738.7
2009	125.9	53.8	46.2	229.3	31	21.4	11.3	59	9.6	47.1	53.6	67.2	755.4
Total	90	73	69	110	87	57	39	43	45	75	91	90	

Données Météo-France

Données température station de Granes

Mois	année	Température moyenne mensuelle minimale	Température moyenne mensuelle maximale
janvier	1999	2.40	11.4
février	1999	2.20	9
mars	1999	4.80	14.2
avril	1999	6.60	16.5
mai	1999	11.20	21.2
juin	1999	13.10	23.4
juillet	1999	16.00	27.5
août	1999	16.00	27
septembre	1999	13.20	25
octobre	1999	9.50	19.8
novembre	1999	3.40	10.6
décembre	1999	1.50	9.7
janvier	2000	1.10	9.4
février	2000	3.70	13.5
mars	2000	4.50	14.8
avril	2000	6.00	16.8
mai	2000	11.20	21.8
juin	2000	13.70	23.5
juillet	2000	14.40	25.2
août	2000	15.70	27.1
septembre	2000	13.10	24.8
octobre	2000	9.30	17
novembre	2000	4.80	13.9
décembre	2000	4.50	13
janvier	2001	3.10	10.5
février	2001	2.40	11.8
mars	2001	6.80	17.7
avril	2001	6.00	15.4
mai	2001	10.10	20.7
juin	2001	13.10	25.5
juillet	2001	15.10	27.2
août	2001	16.10	28.8
septembre	2001	11.30	22.5
octobre	2001	10.40	23
novembre	2001	4.00	10.3
décembre	2001	-0.30	8.6
janvier	2002	1.70	12.3
février	2002	3.70	12.7
mars	2002	5.50	15.7
avril	2002	7.50	16.7
mai	2002	8.50	19.2
juin	2002	13.50	25.5
juillet	2002	14.40	25
août	2002	14.50	24.8
septembre	2002	11.50	23.2
octobre	2002	9.50	19.5
novembre	2002	5.80	14.8
décembre	2002	4.30	11.9
janvier	2003	1.00	8.4
février	2003	1.40	8.6
mars	2003	5.30	16.6
avril	2003	7.00	17.6
mai	2003	9.90	21.3
juin	2003	16.40	29.1
juillet	2003	17.10	29.7
août	2003	18.10	33.4
septembre	2003	13.40	24.3
octobre	2003	8.70	17.1
novembre	2003	6.20	15.3
décembre	2003	3.20	10.3
janvier	2004	2.60	10
février	2004	1.20	12.1
mars	2004	3.30	13
avril	2004	6.00	15.3
mai	2004	9.00	19.9
juin	2004	15.00	26.3

Données Météo-France

Mois	année	Température moyenne mensuelle minimale	Température moyenne mensuelle maximale
juillet	2004	15.40	27.5
août	2004	16.00	28
septembre	2004	13.90	24.5
octobre	2004	10.00	20.9
novembre	2004	3.90	12.2
décembre	2004	2.90	9.7
janvier	2005	0.70	9.4
février	2005	-0.40	6.7
mars	2005	2.30	13.5
avril	2005	6.50	16.7
mai	2005	10.10	20.8
juin	2005	14.70	27.3
juillet	2005	15.90	28.2
août	2005	15.20	25.9
septembre	2005	13.00	23.4
octobre	2005	11.00	19.9
novembre	2005	4.10	12.6
décembre	2005	-0.70	8.1
janvier	2006	1.30	8.4
février	2006	0.80	9.6
mars	2006	4.50	15.3
avril	2006	7.40	17.8
mai	2006	10.40	21.8
juin	2006	14.20	26.8
juillet	2006	18.10	32.3
août	2006	14.60	25.7
septembre	2006	14.30	25.3
octobre	2006	12.10	21.6
novembre	2006	6.90	17.3
décembre	2006	0.60	11
janvier	2007	2.80	12.4
février	2007	3.60	13.1
mars	2007	3.90	13.2
avril	2007	8.80	19.9
mai	2007	10.80	20.8
juin	2007	13.40	24
juillet	2007	14.90	26.5
août	2007	14.60	26.1
septembre	2007	11.70	23.1
octobre	2007	9.80	18.1
novembre	2007	4.30	11.8
décembre	2007	2.20	10.7
janvier	2008	2.90	12.5
février	2008	4.00	14.5
mars	2008	4.50	13
avril	2008	5.80	17.5
mai	2008	10.40	20.6
juin	2008	13.30	23.7
juillet	2008	14.50	27.2
août	2008	14.80	27.2
septembre	2008	12.00	23.6
octobre	2008	8.40	19.1
novembre	2008	4.30	11.6
décembre	2008	2.00	8.7
janvier	2009	0.70	9.3
février	2009	1.50	10.7
mars	2009	4.30	14.4
avril	2009	6.10	15.4
mai	2009	11.50	22
juin	2009	14.00	26.2
juillet	2009	15.60	28.2
août	2009	16.20	29.2
septembre	2009	12.70	25.2
octobre	2009	9.70	20.9
novembre	2009	7.00	14.7
décembre	2009	1.80	9.9

Annexe 3

Eléments de géologie du secteur de Rennes-Les-Bains

Le contexte géologique du secteur de Rennes-Les-Bains débute dans les séries sédimentaires par les séries paléozoïques discordantes sur le socle Cadomien (il n'en existe pas à l'affleurement régionalement mais la proximité d'une anomalie gravimétrique suggère qu'elle existe sous couverture).

Ces séries se caractérisent par une sédimentation siliciclastique dominante donc plus ou moins imperméable dès le Cambro-Ordovicien avec deux périodes intéressantes pour les réservoirs poreux hydrogéologiques.

Ce sont, pour la région du Mouthoumet, le Dévonien et le Carbonifère inférieur où l'on voit s'installer des régimes de plate-formes carbonatées. Dans ce contexte relativement imperméable où les réservoirs gréseux sont le plus souvent colmatés par un liant argileux important, ces masses carbonatées fournissent l'essentiel des réservoirs pour deux raisons :

- d'une part, l'ensemble de la série paléozoïque est soumis à un métamorphisme important qui voit l'apparition de schistosités fréquentes voire de foliations,
- d'autre part une structuration polyphasée en plis et nappes superposées rend l'approche géométrique difficile.

Les séries carbonatées vont donc présenter un métamorphisme épi à mésozonal qui va transformer les calcaires en marbres et aussi une structuration importante qui va générer une fracturation très forte. Le résultat consiste donc en des réservoirs carbonatés paléozoïques significatifs avec une bonne porosité et une bonne perméabilité, à des profondeurs importantes capables d'être les réservoirs susceptibles de stocker la ressource des eaux géothermales de cette partie des Pyrénées.

A la différence des séries paléozoïques qui vont subir les deux orogénèses hercyniennes et alpines, les séries mésozoïques sont essentiellement argilo carbonatées et ne vont subir que les déformations verticales et tangentielles des phases alpines accompagnées d'un métamorphisme le long de la FNP (Faille Nord Pyrénéenne). Les niveaux de transferts d'énergie sont comme à l'accoutumée les séries triasiques argilo sulfatées ou les séries argileuses du Lias ou du Crétacé inférieur.

L'élément important dans cette configuration mésozoïque est l'apparition de phénomènes karstiques pilotés pour l'essentiel par le niveau fluviatile local lui même connecté avec le niveau de base marin global.

Dans la partie mésozoïque l'eustatisme général évolue dans un système globalement transgressif depuis zéro mètre NGF au Trias jusqu'à environ 230m pour le Crétacé supérieur et dans un système globalement régressif depuis 230 m au Crétacé supérieur à 0m NGF à l'actuel.

Le début de la karstification pour le cycle alpin, donc de l'émersion de la chaîne alpine, débute dans cette partie des Pyrénées au Crétacé supérieur avec les faciès continentaux du Maastrichtien. Ils vont perdurer jusqu'à l'actuel dans des systèmes pour la plupart polyphasés avec une augmentation importante du potentiel karstifiable depuis le Crétacé supérieur (intervalle eustatique : +230m à -120m NGF). Le maximum de chute eustatique est enregistré pour le maximum glaciaire vers -120 m NGF.

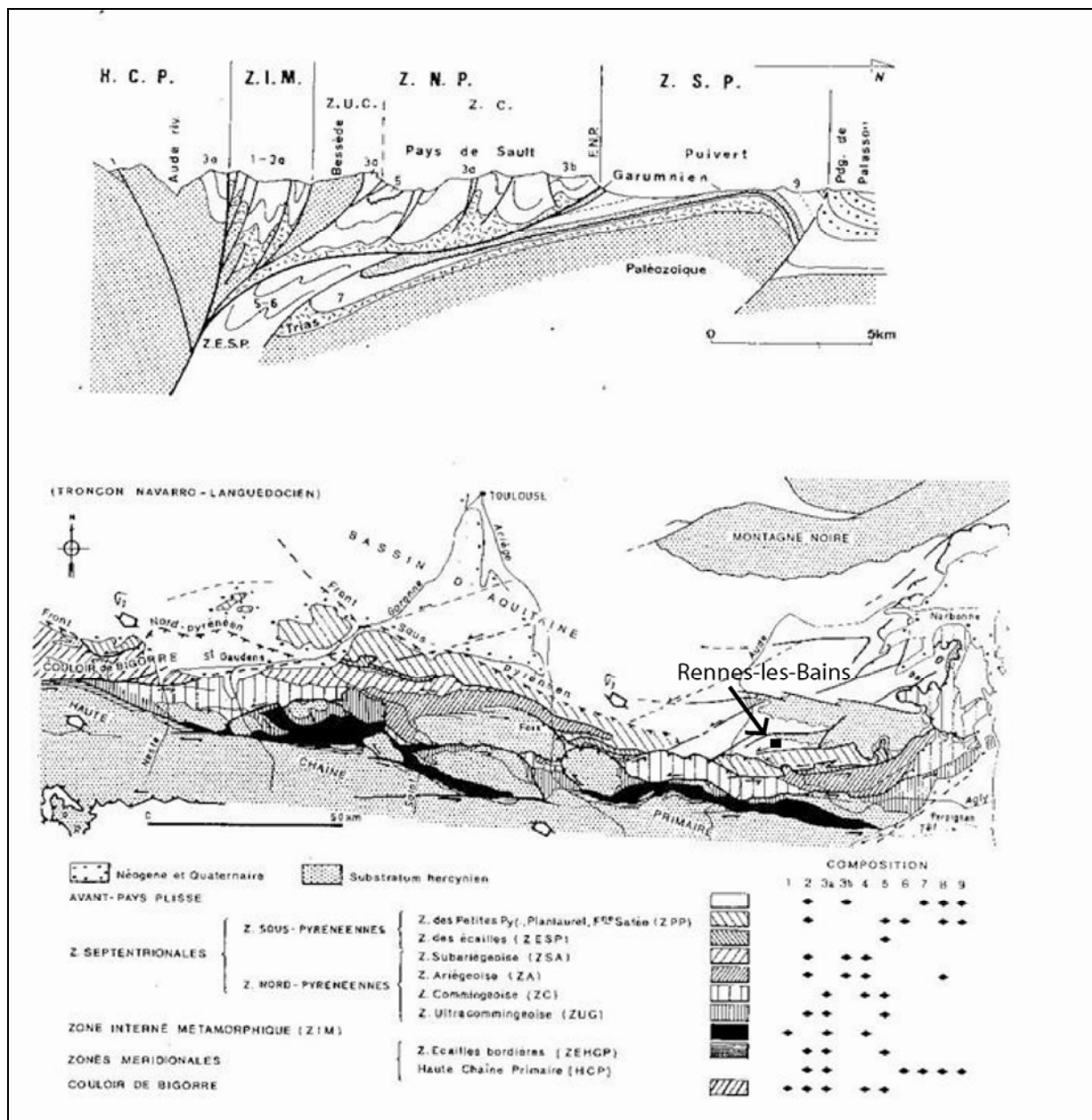
Il faut préciser que sur la façade de la Méditerranée occidentale ce maximum de chute est atteint pour la crise de salinité messinienne avec une baisse du niveau marin à moins 1500m.

Dans cette suite d'évènements dont le moteur alpin se situe en Méditerranée occidentale, il faut distinguer les principales étapes suivantes :

- émergence de la chaîne au Maastrichtien et début de la création de la « Morphologie des hauts niveaux »,
- paroxysme de la mise en place des nappes structurales en versant Nord au Bartonien,
- début de l'ouverture de la Méditerranée occidentale à l'Oligocène et fin de la « Morphologie des hauts niveaux »,
- période synrift allant de l'Oligocène au Miocène moyen dans le segment de la marge correspondant au Roussillon,
- création pendant la période synrift de la « Paléosurface fondamentale » liée à deux causes 1- sédimentation toujours à l'accommodation dans les bassins en distension de l'Oligocène au Miocène moyen, 2 – période de non-incision des morphologies,
- passage du synrift au postrift au Burdigalien avec la « break up unconformity » visible en sismique en méditerranée occidentale,
- uplift au Tortonien sur tout l'amphithéâtre du Golfe du Lion pouvant s'évaluer entre 700m et 1000m. Il correspond au paroxysme de mise en place des nappes alpines. Cet épisode s'accompagne du début des incisions dans la paléosurface fondamentale
- incision messinienne liée à la crise de salinité (5,3 à 5,8 Ma) avec une chute biphasée du niveau de base de près de 1500m en Méditerranée occidentale,
- période fin du postrift allant du Pliocène au Quaternaire avec un basculement proximal distal de l'ensemble continent bassin,
- chute du niveau marin à –120m pour le maximum glaciaire global accompagnée d'incisions.

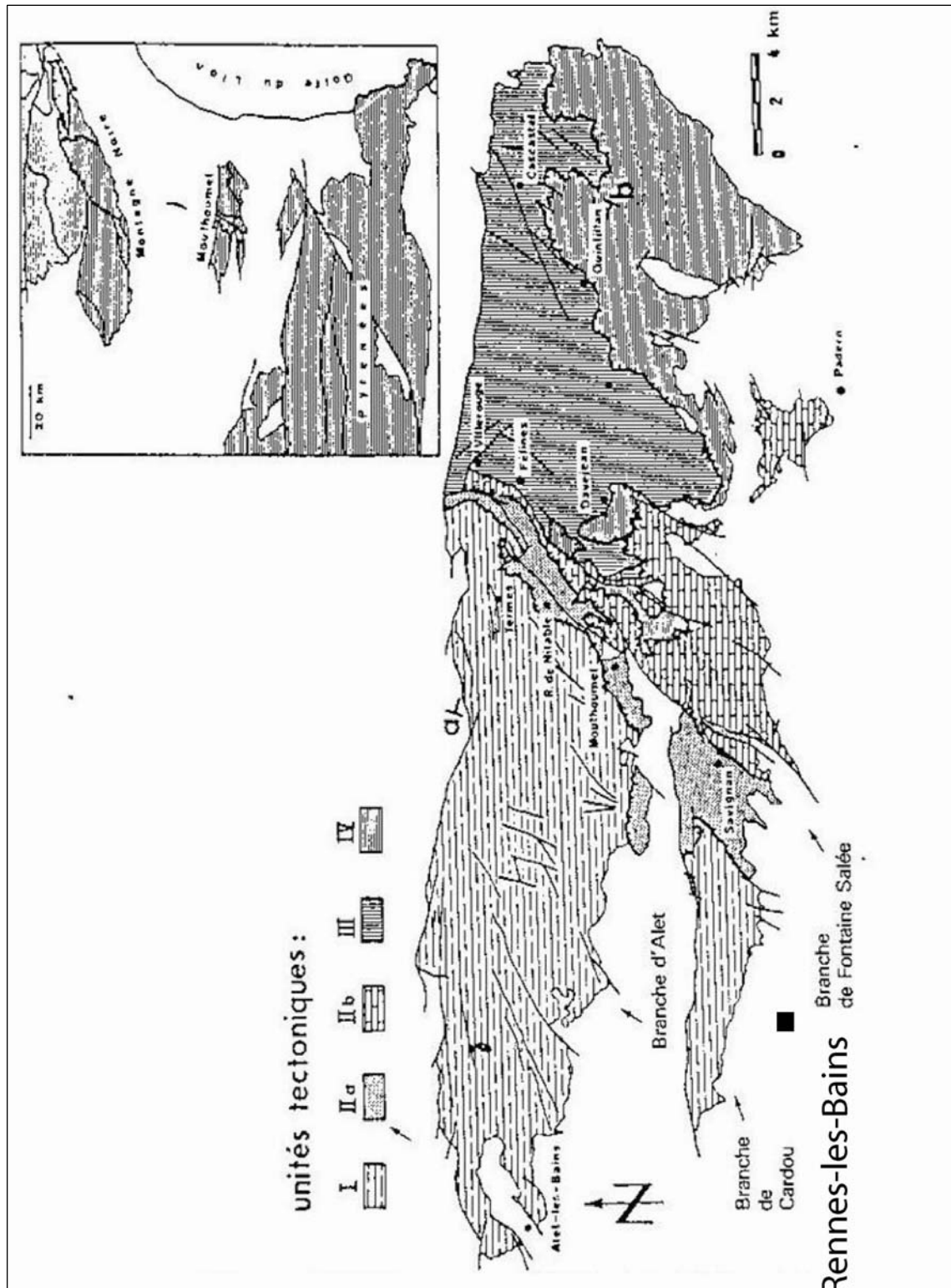
Les données géologiques présentées ci-après illustrent pour partie, à partir notamment des différentes cartes relatives aux étages géologiques successifs, la complexité du contexte géologique du secteur de Rennes-Les-Bains.

1. Carte géologique et coupe structurale générale du secteur d'étude



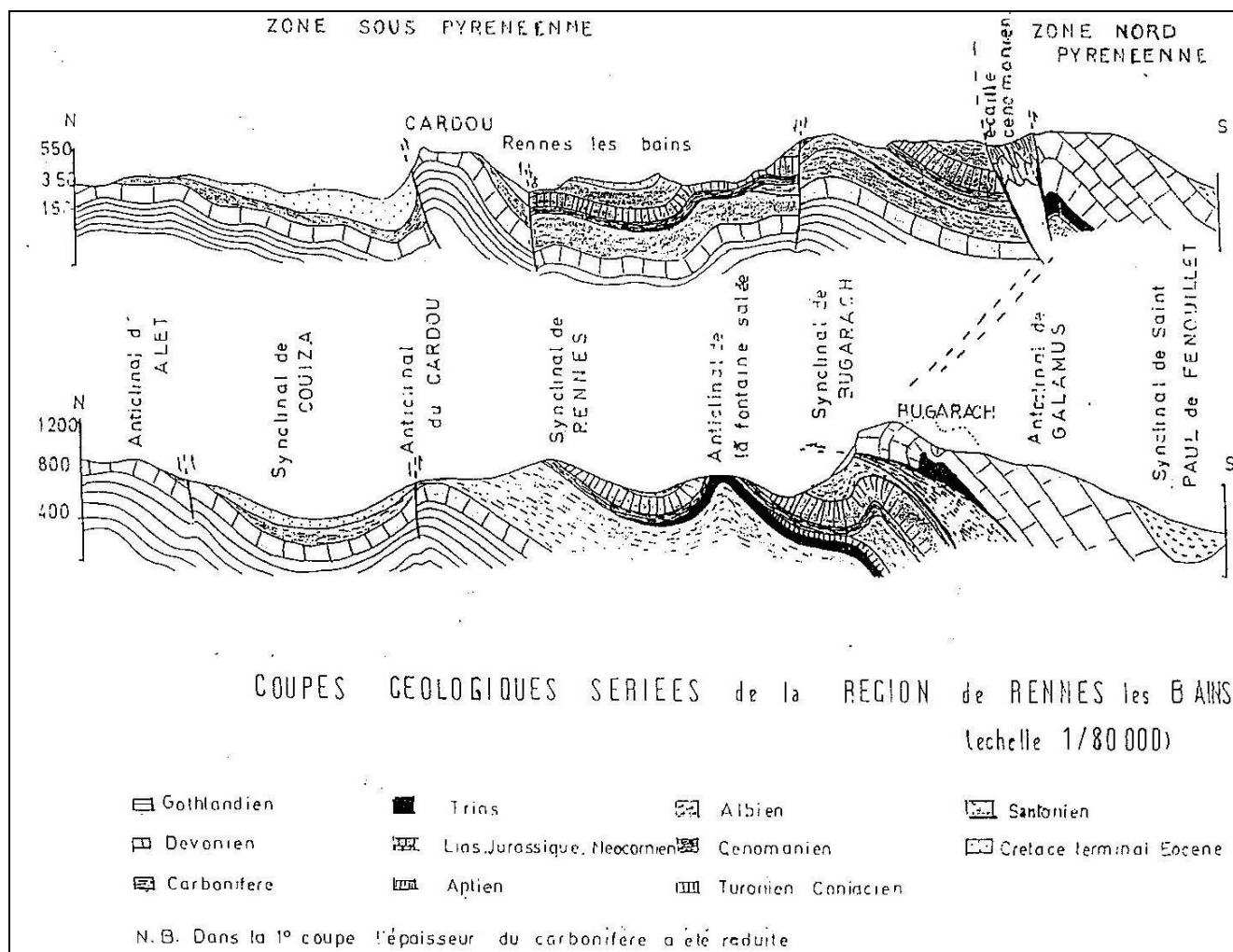
D'après P. Souquet et al., 1976 ; 1977

2. Carte géologique synthétique générale du secteur du Mouthoumet



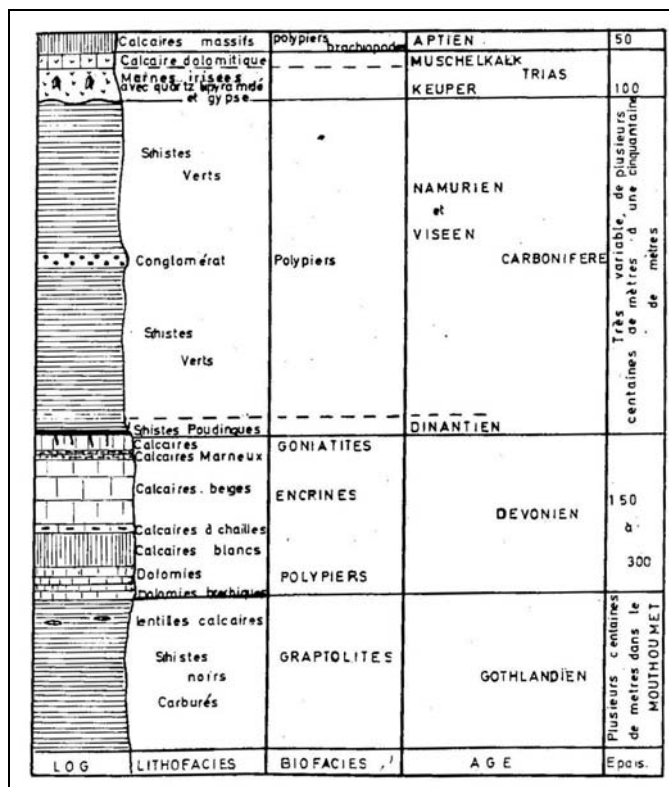
Carte schématique des unités tectoniques du Massif du Mouthoumet (Bessière et Schulze, 1984). I : Autochtone relatif ; II : Nappe du Roc de Nitable ; III : Nappe de Félines-Palairac ; IV : Nappe de la Serre de Quintillan.

3. Coupes géologiques synthétiques générales du secteur du Mouthoumet

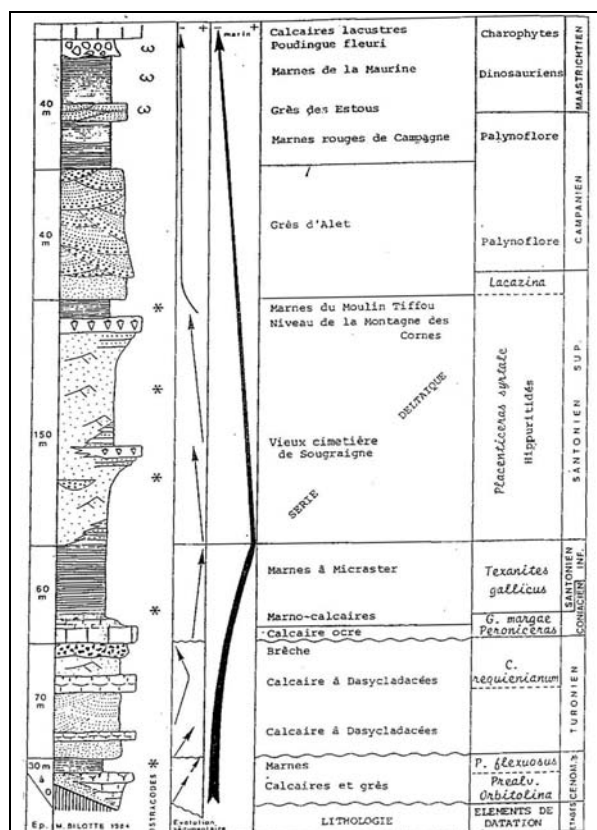


Coupes géologiques sériees de Rennes-les-Bains, d'après Valat (1971).

4. Logs géologiques simplifiés des séries sédimentaires paléozoïques et mésozoïques

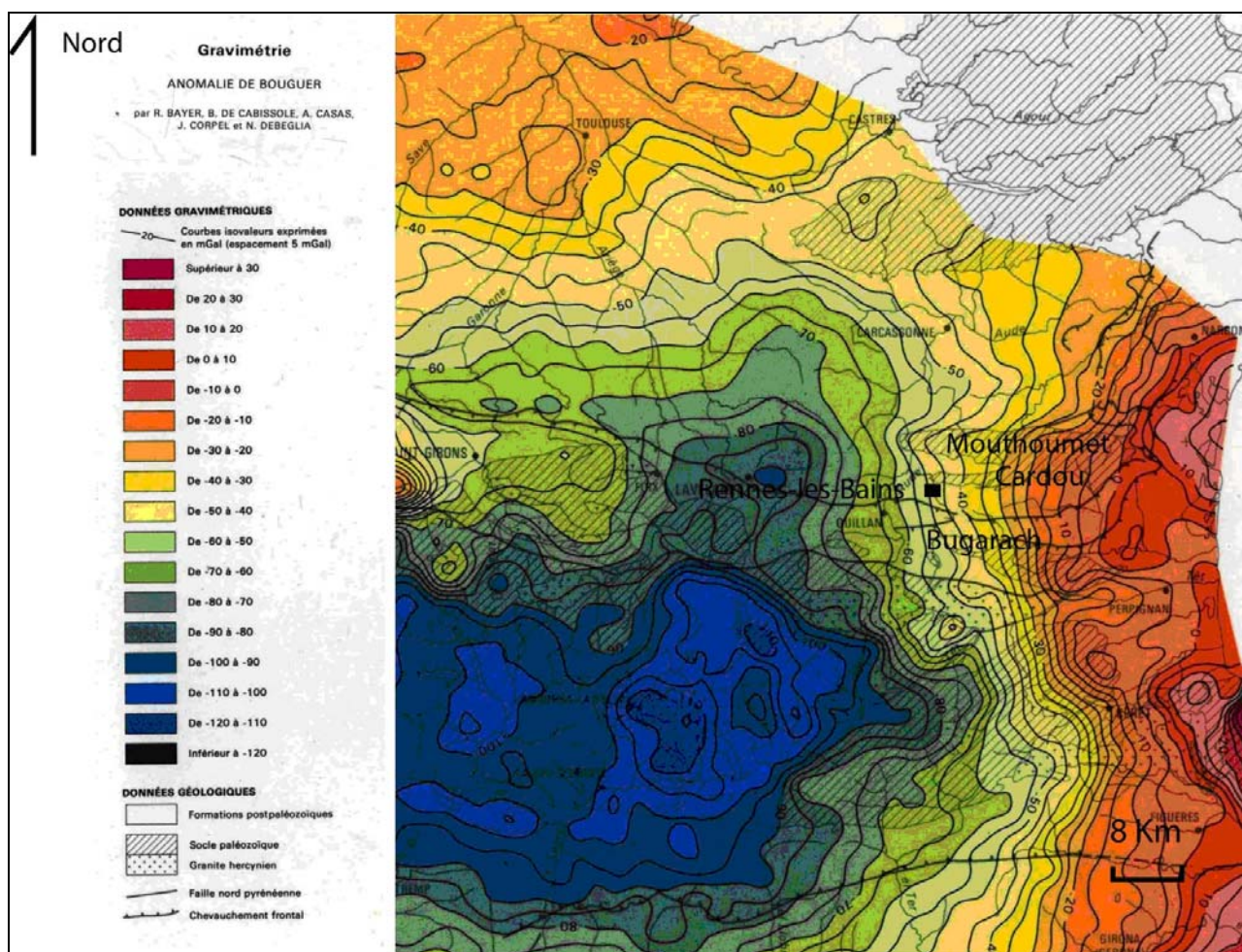


Log géologique général des séries paléozoïques d'après Valat (1971)



Log géologique général des séries mésozoïques d'après Bilotte 1984

5. Anomalie de Bouguer - gravimétrie



La gravimétrie mesure et étudie le champ de gravité terrestre qui varie selon la nature des roches, la présence de cavités ou d'eau. Cette mesure donne des informations sur la répartition des masses de roches en profondeur. Elle a permis de déterminer les limites entre le granite et les roches environnantes.

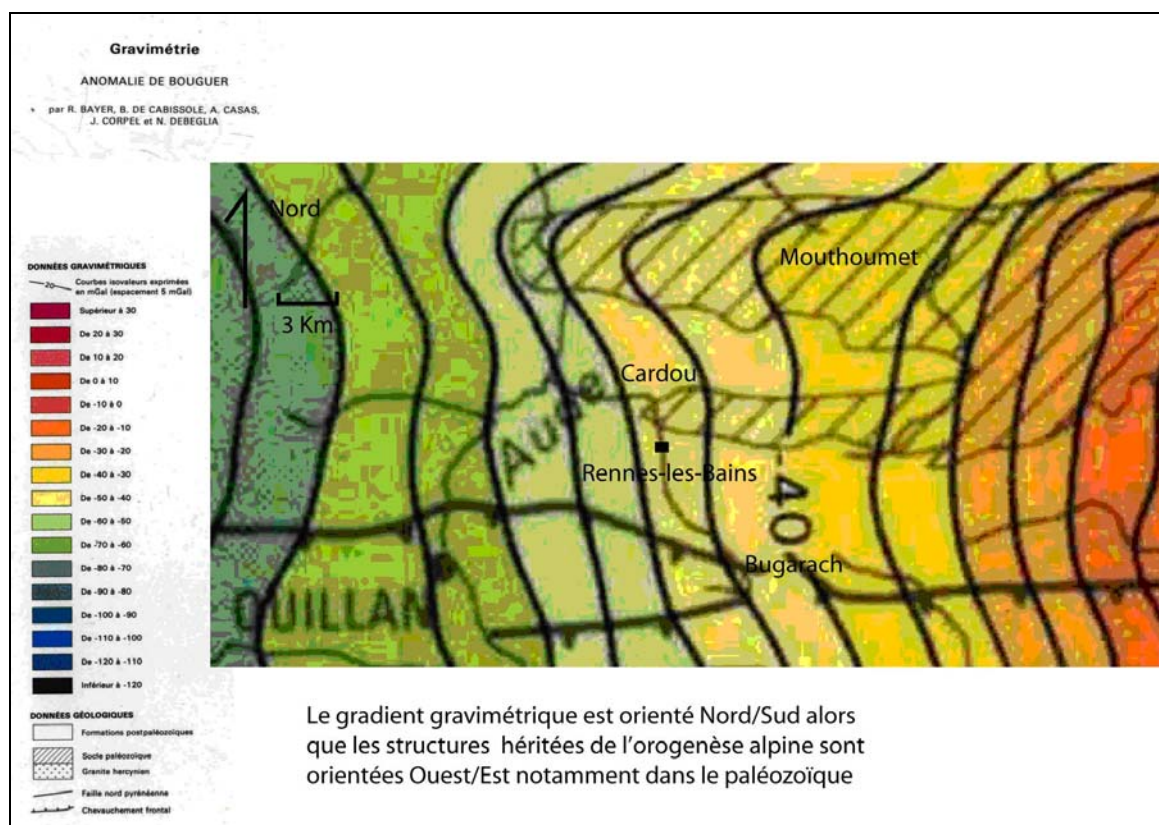
Autrefois les géologues pensaient que les granites se prolongeaient en dômes en profondeur, la gravimétrie, associée à la cartographie, permet aujourd'hui de connaître la forme des masses de granite.

La pesanteur terrestre (Foucault, Raoult, 2005) est la somme des effets sur les corps de l'attraction de la terre et de la force axifuge due à sa rotation. On peut définir des surfaces où la pesanteur est constante : ce sont des surfaces équipotentiellles. Par définition elles sont horizontales et perpendiculaires en tout point à la verticale. La surface équipotentielle qui passe par le niveau moyen des mers est appelée le géoïde. C'est par rapport à cet ellipsoïde qu'on met en évidence des anomalies de la pesanteur (ou anomalies gravimétriques) qui sont les différences entre les valeurs de la pesanteur calculées sur l'ellipsoïde et les valeurs correspondantes réellement mesurées et auxquelles on fait subir certaines corrections pour les ramener au niveau de cet ellipsoïde. La correction à l'air libre est la plus simple. Elle consiste à donner à la pesanteur mesurée la valeur qu'elle aurait au niveau de l'ellipsoïde, si entre ce dernier et la station de mesure il n'y avait que de l'air. La différence entre la valeur corrigée et la valeur calculée est appelée anomalie à l'air libre.

La correction de Bouguer consiste à tenir compte des masses rocheuses situées entre les deux points en les considérant, pour simplifier les calculs, comme constituant un relief en forme de calotte sphérique : la différence entre la valeur mesurée ayant subi les deux corrections et la valeur calculée est l'anomalie de Bouguer. Elle est assez grande et négative sur les continents, surtout sur les montagnes, positive sur les océans.

En ce qui concerne la zone d'étude on remarque que les déficits de masse se répartissent suivant deux directions majeures. L'une qui se situe suivant l'axe de la chaîne pyrénéenne soit globalement à N90° et l'autre, régionale, qui montre une nette orientation de Quillan à Carcassonne à N20°. Ces deux directions sont les directions majeures de l'orogène hercynien reprises dans l'orogène pyrénéen. Ce qu'il y a de remarquable c'est la pérennisation de la direction N20 au niveau du seuil de Carcassonne qui est connu pour ses réductions de séries notamment au Mésozoïque.

6. Anomalie de Bouguer carte de détail sur la zone d'étude



Les lignes du gradient gravimétrique du seuil de Carcassonne sont orientées globalement Nord-Sud avec un gradient sédimentaire est-ouest comprenant des réductions de séries sur le seuil de Carcassonne dès le paléozoïque. Il faut remarquer que les lignes de plissements pyrénéens sur le paléozoïque sont aussi orientées est-ouest. Cette configuration est majeure et stratégique pour comprendre au mieux toutes les géométries sédimentaires et structurales de la zone étudiée et ses conséquences en matière de gestion des réservoirs.

Annexe 4

Documents administratifs

- Décret d'instauration de la DIP et du périmètre de protection du 17 avril 1898
- Rapport de l'Académie Nationale de Médecine du 23 mars 2004
- Arrêté ministériel d'autorisation du forage Yvroux du 3 mai 2006

RENNES LES BAINS
17 avril 1898

DÉCRET

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre de l'intérieur,

Vu la demande formée, le 14 avril 1897, par M. Gastilleur, agissant au nom de la société civile d'administration des Bains de Rennes (Aude) en vue d'obtenir que les sources minérales sites du Bain fort et Marie alimentant leurs établissements et situées sur le territoire de la commune précitée de Rennes les Bains, canton de Couiza, arrondissement de Limoux soient déclarées d'intérêt public et munies d'un périmètre commun de protection ;

Vu les plans et mémoires à l'appui de cette demande ;

Vu toutes les pièces de l'instruction à laquelle la dite demande a été soumise, conformément aux prescriptions réglementaires du décret du 8 septembre 1856 ;

Vu les arrêtés ministériels des 3 septembre 1885 et 28 décembre 1888 qui autorisent l'exploitation des sources du Bain fort et Marie ;

Vu l'ordonnance royale du 18 juin 1823, la loi du 14 juillet 1856, le décret du 8 septembre 1856, l'arrêté du chef du pouvoir exécutif du 30 août 1871 et le décret du 8 janvier 1889 ;

Le Conseil d'État entendu ;

DÉCRÈTE :

Article 1^{er} – Sont déclarées d'intérêt public les sources minérales dites sources du Bain fort et source Marie, alimentant deux établissements thermaux situés sur le territoire de la commune de Rennes les Bains, canton de Couiza, arrondissement de Limoux, département de l'Aude.

Article 2 – Il est attribué aux sources précitées un périmètre commun de protection déterminé ainsi qu'il suit conformément aux plans annexés au présent décret, savoir :

Au nord : par une ligne droite partant du point A borne commune aux parcelles cadastrales n° 128, 132bis et 133 et aboutissant au point H, angle nord-est de la parcelle n° 6.

A l'est : par une ligne droite partant du point H et aboutissant au point G, angle nord-est de la parcelle n° 18 (en nature de bâtiment, puis par la limite est des parcelles n°s 18, 19 et 20 (en nature de construction) jusqu'au point F angle sud-est de la parcelle n° 20, puis par une ligne droite partant du point F et aboutissant au point E défini plus bas.

Au sud : par une ligne droite formant limite commune aux parcelles n°s 94, 95, 96 et 193-191 partant du point E situé sur cette ligne à 15 m à l'est de l'angle sud-est du mur de clôture du cimetière et allant au point D, angle sud-ouest de la parcelle 96.

Au sud-ouest et à l'ouest : par une succession de lignes droites allant du point D au point C, angle sud-ouest de la parcelle n° 104 de ce point au point B, angle sud-ouest de la parcelle n° 117 (construction) et de ce dernier point au point A point de départ.

Le dit périmètre embrassant une superficie de quatre hectares vingt sept ares, soixante dix centiares (4ha,27a,70ca).

Article 3 – Les bornes seront placées aux angles et aux points principaux du périmètre déterminé en l'article précédent.

Le bornage aura lieu aux frais des pétitionnaires, à la diligence du préfet, par les soins des ingénieurs des mines du département qui dresseront procès-verbal de l'opération.

Article 4 – Le présent décret sera publié et affiché également aux frais des pétitionnaires dans la commune de Rennes les Bains, dans les chefs-lieux de canton de l'arrondissement de Limoux et au chef lieu du département.

Article 5 – Le ministre de l'intérieur est chargé de l'exécution du présent décret qui sera publié au Journal officiel et inséré au Bulletin des Lois.

Fait à Nice, le 17 avril 1898
Signé : Félix FAURE

ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE

16, RUE BONAPARTE – 75272 PARIS CEDEX 06

TÉL : 01 42 34 57 70 – FAX : 01 40 46 87 55

RAPPORT

au nom de la Commission XI (Climatisme-Thermalisme-Eaux Minérales)

Sur la demande d'autorisation d'exploiter, en tant qu'eau minérale naturelle, telle qu'elle se présente à l'émergence et après transport à distance, l'eau du captage «Yvroux» situé sur la commune de Rennes-les-Bains (Aude).

Henri LECLERC*

Par lettre du 28 mars 2003, le Directeur Général de la Santé sollicite l'avis de l'académie nationale de médecine, relatif à la demande d'autorisation d'exploiter, en tant qu'eau minérale naturelle, telle qu'elle se présente à l'émergence et après transport à distance, l'eau du captage « Yvroux » situé sur la commune de Rennes-les-Bains dans le département de l'Aude.

L'établissement thermal de Rennes-les-Bains était alimenté jusqu'en 1997 par les sources Bains Forts et Marie qui sont situées à proximité immédiate de la rivière « Sals » et qui, malgré leur périmètre de protection, se trouvent périodiquement contaminées par des infiltrations d'eaux superficielles. Une crue importante qui s'est produite en septembre 1992 a, en outre, détruit les ouvrages de protection. Devant cette situation, la commune de Rennes-les-Bains a décidé de recapter l'eau de ces sources par un captage profond situé à l'extérieur des zones sensibles de façon à lui assurer une protection efficace et naturelle. Ces sources, de même que les eaux du nouveau forage destiné à les remplacer, sont utilisées pour leur action sédative et stimulante dans les affections rhumatologiques, dégénératives et inflammatoires. Cette action serait liée à la température, la radioactivité et au profil minéral de ces eaux.

Caractéristiques hydrogéologiques

L'ensemble des sources thermales de Rennes-les-Bains est issu des calcaires dévonien qui forment une structure synclinale profonde entre le Cardon au nord où il affleure et la fontaine salée au sud, formant ainsi un aquifère captif en charge. L'âge moyen des eaux est au moins supérieur à 40 ans. Les eaux acquièrent leur température et leur chimisme de type bicarbonaté calcique et magnésien en circulant dans les calcaires du Dévonien. Les sulfates et les chlorures proviendraient du Trias qui n'affleure pas dans le secteur. Le forage profond de 1460 m est équipé de tubages télescopés, cimentés à l'extrados et d'une pompe immergée d'un débit maximal de 40m³/h installée à 70 m de profondeur. Le contexte géologique et les caractéristiques du forage assurent une bonne protection de la ressource au point de captage, en l'isolant des eaux superficielles.

Transport à distance

A la sortie du forage, l'eau est transportée par une canalisation d'exhaure calorifugée jusqu'à une bache souple en PVC alimentaire de 100 m³ située dans un local technique. En sortie du local technique l'eau est conduite jusqu'à une canalisation inox de 139,7 mm de diamètre, posée dans une tranchée de 1 m de profondeur sur une distance de 556 m. Au niveau du pont qui enjambe la rivière « Sals », la canalisation est entourée d'une protection mécanique en béton. Les terrains et voies d'accès traversés sont, pour une partie, propriété de Rennes-les-

* Membre correspondant de l'Académie de médecine.

Bains, pour une autre partie, elles font l'objet d'une convention entre la mairie et le département de l'Aude.

Caractéristiques chimiques et microbiologiques

L'eau du nouveau forage se situe dans la catégorie des eaux faiblement minéralisées, avec un résidu sec (à 180°C) de 450-460 mg/L. Il faut noter la présence de fer (2-4 mg/L) et de traces d'ammonium. Sa température est de 32-33°C. Ses caractéristiques sont proches des sources dont elles proviennent.

Les analyses effectuées à 6 mois d'intervalle montrent la grande stabilité de la composition physico-chimique de l'eau. Le transport de cette eau, du forage jusqu'à l'établissement thermal ne modifie pas ses caractéristiques. La recherche des composés organiques volatils et semi-volatils, des pesticides organo-chlorés et d'autres hydrocarbures s'est révélée négative. L'activité bêta totale est inférieure à 1 Bq/L qui est la valeur guide de l'OMS. Du point de vue bactériologique l'eau est indemne de toute contamination. Elle est, en particulier, exempte d'indicateurs de contamination fécale, de *Pseudomonas aeruginosa* et de *Legionella pneumophila*.

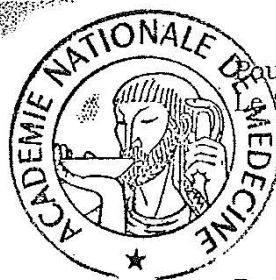
Conclusion

Cette demande a fait l'objet d'une instruction préalable par les services départementaux et a reçu un avis favorable de la DIRE, de la DDASS, du Conseil Départemental d'Hygiène puis de l'AFSSA. La protection de la ressource et les installations de captage permettent d'assurer une exploitation de cette eau dans des conditions sanitaires satisfaisantes. Les installations de transport ne modifient pas ses caractéristiques physico-chimiques essentielles. La commission XI, réunie le 23 mars 2004 sous la présidence du Professeur Claude Boudène, propose à l'Académie nationale de médecine d'émettre un avis favorable à cette demande.

*

* *

L'Académie, saisie dans sa séance du mardi 23 mars 2004, a adopté le texte de ce rapport à l'unanimité.



Pour copie certifiée conforme,
Secrétaire perpétuel,

J-L

Professeur Jacques-Louis BINET

MINISTERE DE LA SANTE
ET DES SOLIDARITES

REPUBLIQUE FRANÇAISE

459

A R R E T E

relatif à l'exploitation de l'eau minérale naturelle du captage « Yvroux » située sur la commune de Rennes-les-Bains (Aude)

LE MINISTRE DE LA SANTE ET DES SOLIDARITES,

- VU le code de la santé publique et notamment les articles L. 1322-1, L. 1322-2, L. 1322-13, R.1322-1 et suivants ;
- VU l'arrêté du 3 septembre 1885 relatif à l'exploitation des sources « Bain Fort » et « la Reine » dit « Bains de la Reine » situées à Rennes les Bains (Aude) ;
- VU l'arrêté du 28 décembre 1888 relatif à l'exploitation de la source « Marie » située à Rennes les Bains (Aude) ;
- VU la demande en date du 27 juillet 1995, présentée par Monsieur Jacques HORTALA, Maire de la commune de Rennes-les-Bains, Mairie - 11190 Rennes-les-Bains, agissant au nom et pour le compte de la mairie de Rennes-les-Bains, à l'effet d'obtenir l'autorisation d'exploiter à l'émergence et après transport à distance, l'eau minérale naturelle du captage « Yvroux » situé sur le territoire de la commune de Rennes-les-Bains (Aude) ;
- VU le rapport et l'avis du directeur régional de l'industrie de la recherche et de l'environnement du Languedoc-Roussillon, en date du 26 juin 1998 ;
- VU l'avis du directeur départemental des affaires sanitaires et sociales de l'Aude, en date du 20 juillet 1998 ;
- VU l'avis émis par le conseil départemental d'hygiène de l'Aude, en date du 29 septembre 1998 ;
- VU l'avis du préfet de l'Aude, en date du 7 janvier 1999 ;
- VU les analyses réglementaires effectuées par le laboratoire d'études et de recherches en hydrologie de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur des échantillons prélevés les 15 mai 2002 et 5 novembre 2002 ;
- VU l'avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments en date du 20 mai 2003 ;
- VU l'avis de l'Académie Nationale de Médecine en date du 23 mars 2004 ;

Sur la proposition du directeur général de la santé,

ARRETE :**Article 1^{er} : Objet de l'autorisation**

La Mairie de Rennes-les-Bains est autorisée, dans les conditions légales et réglementaires, ainsi que dans les conditions particulières, définies aux articles suivants, à exploiter sur le territoire de la commune de Rennes-les-Bains (Aude), en tant qu'eau minérale naturelle telle qu'elle se présente à l'émergence et après transport à distance, l'eau du captage « Yvroux » situé sur la commune de Rennes-les-Bains (Aude).

Article 2 : Repérage du captage « Yvroux »

Le captage est repéré comme suit :

Captage	Coordonnées Lambert (zone III)		Altitude NGF	Parcellaire cadastral
	X	Y	Z	
Yvroux	599,07 km	68,99 km	344,40 m	N° 139 section Y

Article 3 : Caractéristiques du captage

Les caractéristiques du captage, dont la coupe technique figure en Annexe I du présent arrêté, sont les suivantes :

Captage	Profondeur	Débit d'exploitation maximum autorisé	Altitude minimale du niveau dynamique
Yvroux	1460 m	40 m ³ /h	309,40 m NGF

Article 4 : Equipement du captage

La tête de forage est située dans un local fermé à clé.

Le captage est doté d'un clapet anti-retour, d'un robinet de prélèvement en tête de forage résistant à la flamme et sont installés des dispositifs de surveillance des paramètres suivants : température, conductivité, débit, volume prélevé et niveau hydrodynamique. Ces paramètres sont mesurés en continu, enregistrés et l'information est exploitée.

Article 5 : Protection du captage**5.1. Protection physique du captage**

La tête du captage est protégée par un abri muni d'aérations. Ce local et son pourtour sont maintenus en bon état de propreté. Tout entreposage y est interdit.

5.2. Périmètre sanitaire d'émergence

Le périmètre sanitaire d'émergence est délimité par la clôture de la parcelle cadastrale 139 section Y.

A l'intérieur de ce périmètre sont interdits les actes ou travaux de nature à compromettre la pureté de l'eau, notamment tout entreposage de substances polluantes. Seules sont admises les activités nécessaires à l'entretien et à la surveillance du captage.

Article 6 : Conception, réalisation et exploitation des installations

L'ensemble des installations doit être conçu, réalisé et exploité de façon à éviter toute possibilité de contamination, à permettre de conserver les caractéristiques essentielles de l'eau et leur contrôle. Celles-ci doivent être régulièrement entretenues, nettoyées et désinfectées.

L'exploitation des installations doit faire l'objet de consignes écrites. Elles précisent notamment :

- les modes opératoires ;
- les instructions de maintenances, de nettoyage, de détartrage et de désinfection ;
- les mesures à prendre en cas d'accident ou d'incident.

L'exploitation des installations doit se faire sous la surveillance d'une personne qualifiée, nommément désignée par l'exploitant.

Les anciens forages non utilisés à quelque fin que ce soit seront comblés par des techniques appropriées et dans les règles de l'art permettant de garantir l'absence de transfert de pollution dans les nappes aquifères.

Article 7 : Caractéristiques de référence de l'eau du captage « Yvroux »

Sont retenues, comme caractéristiques de référence de l'eau, les paramètres mentionnés dans les tableaux figurant en Annexe II du présent arrêté. Ces paramètres résultent des analyses pratiquées par le laboratoire d'études et de recherche en hydrologie de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments le 5 novembre 2002.

Article 8 : Transport à distance

A la sortie du forage, la canalisation d'exhaure calorifugée, de diamètre de 88,9 mm, pénètre dans un local technique situé à 3 m à l'écart. La tête de forage et ce tronçon de canalisation sont protégées par des éléments en béton préfabriqués facilement démontables.

A l'intérieur du local technique l'eau est transportée sur 6 m par une canalisation de 88,9 mm diamètre, puis de 114,3 mm jusqu'à une bache souple en polychlorure de vinyle (PVC) de 10 m³.

En sortie du local technique, la liaison avec l'établissement thermal est assurée par une canalisation en acier inoxydable de 139,7 mm de diamètre, posée dans une trachée à 1 m de profondeur et sur une distance de 556 m. La traversée de la rivière Sals s'effectue sur le pont, immédiatement sous la chaussée avec une protection mécanique en béton.

Cette canalisation est revêtue de mousse polyuréthane et d'une enveloppe de protection de type polyéthylène haute densité (PEHD).

Les terrains et les voies d'accès traversés sont soit la propriété de la mairie de Rennes-les-Bains soit ont fait l'objet d'une convention de gestion entre la mairie et le département de l'Aude.

Article 9 : Contrôle et surveillance

9.1 Des robinets en matériaux résistant à la désinfection à la flamme, judicieusement placés en accord avec l'autorité sanitaire en charge du contrôle, doivent permettre d'effectuer les prélèvements d'échantillons d'eau, en vue des analyses de contrôle.

9.2 Contrôle

Le contrôle sanitaire est réalisé par la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales ou par un laboratoire agréé par le ministère chargé de la santé selon les dispositions réglementaires en vigueur.

9.3 Suivi réalisé par l'exploitant

L'exploitant doit vérifier en permanence que la qualité microbiologique de l'eau minérale du forage « Yvroux » est conforme aux exigences réglementaires en vigueur et que les caractères physico-chimiques essentielles de cette eau restent stables par rapport aux valeurs de référence mentionnées à l'article 7 ci-avant.

L'exploitant décrit les procédures de surveillance y compris l'entretien et l'étalonnage des appareils de mesure, la traçabilité, les protocoles d'exploitation des résultats, la gestion des situations de non-conformité notamment les modalités de diffusion de l'information en cas de non conformité de l'eau

Il dresse un bilan annuel de cette surveillance assorti des commentaires appropriés et le transmet au préfet, en trois exemplaires, au plus tard à la fin du mois de janvier de chaque année.

L'ensemble des documents relatifs à la surveillance exercée par l'exploitant est tenu à la disposition des services assurant la police des eaux minérales naturelles, qui peuvent en obtenir des copies et demander des analyses, en tant que de besoin.

Article 10 : Modification - évolution

Tout projet de modification notable des installation et toute variation durable constatée dans les caractéristiques physico-chimiques essentielles de l'eau à savoir : pH, température, conductivité, silice, calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, chlorures, sulfates et fer doivent être portées sans délai à la connaissance du préfet avec tous les éléments d'appréciation.

Article 11 : Abrogation

L'autorisation d'exploiter la source « Bain Fort » et « la Reine » dit « Bains de la Reine » accordée par arrêté ministériel du 3 septembre 1885 susvisé, est abrogé.

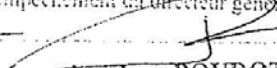
L'autorisation d'exploiter la source « Marie » accordée par arrêté ministériel du 28 décembre 1888 susvisé, est abrogé.

Article 12 :

Le directeur général de la santé et le préfet de l'Aude, chacun en ce qui le concerne, sont chargés de l'exécution du présent arrêté dont mention sera publiée au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le - 3 MAI 2006

Pour le ministre et par délégation,
Par empêchement du directeur général de la santé


Jocelyne BOUDOT
Sous-directrice de la gestion des
risques des milieux



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude Guillemin - BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Languedoc Roussillon
1039 rue de Pinville
34000 Montpellier - France
Tél. : 04 67 15.79 80