Outils d'aide à la décision en matière de géothermie très basse et basse énergie (nappes alluviales et thermalisme) dans le département du Gers

Rapport final

BRGM/RP- 55662-FR
Octobre 2007

Document public

Outils d'aide à la décision en matière de géothermie très basse et basse énergie (nappes alluviales et thermalisme) dans le département du Gers

Rapport final

BRGM/RP– 55662-FR
Octobre 2007

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2005 PSP03MPY21

M. Ghyselinck-Bardeau, A. Wuilleumier
Avec la collaboration de
A. Desplan, P. Monnot

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : A. Desplan	Nom : Ph. Dutartre
Date :	Date :
Signature :	Signature **:**
(Ou Original signé par)	(Ou Original signé par)

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

RÉGION midi-pyrénées

ADEME

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : géothermie, chaleur, nappes, eaux souterraines, température, énergie, sources, potentialités, productivité, physico-chimie

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :
GHYSELINCK-BARDEAU M., WUILLEUMIER A., 2007 – Outil d'aide à la décision en matière de géothermie très basse à basse énergie (nappes alluviales et thermalisme) dans le département du Gers – Rapport final –. Rapport BRGM/RP- 55662 -FR, 150 p., 32 ill., 12 annexes.

© BRGM, 2007, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

L'objectif de l'étude est de fournir un outil d'aide à la décision en matière de géothermie très basse à basse énergie qui intéresse plus particulièrement les nappes alluviales et la nappe profonde des Sables Infra-molassiques. Bien que ce rapport soit ciblé sur le département du Gers, l'objectif global du projet était d'étudier l'ensemble de la région Midi-Pyrénées. Des rapports similaires ont été rédigés pour les départements du Gers, du Gers, du Lot, des Hautes-Pyrénées, du Tarn et du Tarn-et-Garonne.

Ce classeur reprend dans un premier temps le principe de fonctionnement des différents process géothermiques existants sur le marché. Il est complété par un tour d'horizon de la règlementation existante et par une synthèse des démarches à entreprendre pour la mise en place de telles installations. Une liste des entreprises compétentes en matière d'installation de pompes à chaleur est également disponible.

Une analyse multicritères a ensuite permis d'évaluer le potentiel géothermique ou la recette calorifique des deux aquifères, ainsi que le degré d'importance des surcoûts d'investissement et de fonctionnement pour l'aquifère des SIM. Les résultats de cette classification montrent que :

- La surface des nappes alluviales représente seulement 4 % de la surface du département, ce qui est très faible par rapport aux autres départements de Midi-Pyrénées. Néanmoins, 90 % de la surface des nappes alluviales présentent de bonnes à très bonnes potentialités, notamment pour le chauffage et la climatisation d'habitations individuelles. La mis en place de PAC pour des bâtiments collectifs est envisageable dans les alluvions de la basse plaine et des alluvions récentes. Les nappes développées dans les alluvions de l'Adour sont donc globalement favorables à la mise en place de projets de géothermie par pompes à chaleur.

- La nappe des SIM couvre près de 77 % de la surface du département, ce qui est très important par rapport aux autres départements de Midi-Pyrénées. Par ailleurs, plus de 90 % de l'extension des SIM présentent de bonnes à très bonnes potentialités géothermiques et seulement 4 % de la surface des SIM ont un faible potentiel.

En parallèle à ce travail de détermination du potentiel géothermique des aquifères, un recensement des opérations de géothermie existantes ou ayant fait l'objet d'une étude de faisabilité a été réalisé. Ces opérations concernent aussi bien l'exploitation des Sables Infra-Molassiques, que la mise en place de pompes à chaleur dans les nappes alluviales. Cependant, cet aperçu général et synthétique ne peut prétendre à l'exhaustivité par manque de centralisation de la donnée.

Enfin, une campagne de collecte d'informations a été menée sur les sources et forages d'eau chaude non exploités (SCNE) de la région Midi-Pyrénées.

L'ensemble des informations collectées sur les opérations de géothermie et sur les SCNE de Midi-Pyrénées ont été saisies dans une base de données et sont valorisées sous forme de fiches descriptives.

Enfin, un outil d'aide à la décision a été développé à partir d'un SIG (ArcView) lié à une base de données ACCESS. Il permet à l'utilisateur de connaître le potentiel géothermique des nappes alluviales et SIM sur des mailles de 500 m de côté qui couvrent le territoire régional. Cet outil permet également de consulter les informations collectées sur les opérations de géothermie existantes ou abandonnées, ainsi que sur les sources et forages d'eau chaude non exploités.

Cet outil a pour objectif d'apprécier en première approche l'intérêt de mettre en place un projet de géothermie très basse à basse énergie, mais n'a pas vocation à remplacer les études de faisabilité réalisées au droit des sites. Il en va de même pour les projets de valorisation thermique des sources et forages d'eau chaude non exploités.

Sommaire

1. Contexte général 11

2. Rappel sur la géothermie 13

2.1. PRINCIPES GENERAUX DE LA GEOTHERMIE 13

2.2. DIFFERENTS TYPES DE GÉOTHERMIES ET POTENTIELS D'UTILISATION 13

2.2.1. Géothermie haute énergie (T°C > 150 °C) 13

2.2.2. Géothermie moyenne énergie (T°C : 90 à 150°C) 14

2.2.3. Géothermie basse énergie (T°C : 30 à 90°C) 14

2.2.4. Géothermie très basse énergie (T°C < 30 °C) 14

2.3. ETAT DE LA GEOTHERMIE DANS LE MONDE ET EN FRANCE 14

2.4. INTERET DE LA GEOTHERMIE DANS LES DOMAINES DES ECONOMIES D'ENERGIE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE 17

2.5. EXEMPLES D'OBJECTIFS ENERGETIQUES EUROPEENS, NATIONAUX ET LOCAUX POUR LIMITER L'EMISSION DE GAZ A EFFET DE SERRE 18

2.6. PRINCIPAUX MECANISMES D'ACCOMPAGNEMENT DU DEVELOPPEMENT DE LA GEOTHERMIE 21

2.7. DESCRIPTION DES USAGES GEOTHERMIQUES EN FONCTION DU TYPE DE RESSOURCE 26

2.7.1. Géothermie Basse Energie – Production directe de Chaleur (Ex. SIM) 26

2.7.2. Géothermie Très Basse Energie – Pompe à Chaleurs (Ex. Nappes alluviales) 29

2.7.3. Avantages et inconvénients des différents procédés 33

2.8. PROCEDURE TECHNIQUE POUR LA MISE EN ŒUVRE DES PUITS SUR NAPPE 34

2.9. CONTEXTE REGLEMENTAIRE POUR LA REALISATION DE FORAGES D'EAU DESTINES A L'ALIMENTATION DE POMPES A CHALEUR 35

2.9.1. Le code minier 35

2.9.2. Le code de l'environnement 36

2.9.3. Le code de la santé publique 39

2.9.4. Autres textes 40

2.9.5. Démarches administratives liées à la mise en œuvre de pompe à chaleur sur nappe 40

2.10. ELEMENTS FINANCIERS – COUT D'ACCES A LA GEOTHERMIE 41
2.10.1. Sables Infra-molassique 41
2.10.2. Nappes alluviales (Pompes à Chaleur) 41

3. Rappel sur la géologie et l'hydrogéologie des formations étudiées : alluvial et sables infra-molassiques du Gers 46

3.1. FORMATIONS ALLUVIALES 46

3.2. FORMATION DES SABLES INFRA-MOLASSIQUES 51

4. Opérations de géothermie dans le département du Gers 53

4.1. AQUIFERE PROFOND DES SABLES INFRA-MOLASSIQUES 53

4.2. NAPPES ALLUVIALES : POMPES A CHALEUR 53

5. Recensement des sources chaudes non exploitées du Gers 55

5.1. GENERALITES 55

5.2. SOURCES D'EAU CHAUDES NON EXPLOITEES VISITEES 56
5.2.1. Sources sélectionnées 56
5.2.2. Organisation des visites de terrain 57

6. Evaluation du potentiel géothermique des deux principaux aquifères de Haute-Garonne : nappes alluviales et Sables Infra-molassiques 59

6.1. METHODOLOGIE ET DONNEES DISPONIBLES 59
6.1.1. Méthodologie 59
6.1.2. Données, modèles et outils 60

6.2. CHOIX DES CRITERES PERMETTANT DE DEFINIR LE POTENTIEL GEOTHERMIQUE DES NAPPES 64

6.3. ESTIMATION DES POTENTIALITES GEOTHERMIQUES DES NAPPES ALLUVIALES ET L'AQUIFERE DES SIM : ANALYSE MULTICRITERES 65
6.3.1. Nappes alluviales 65
6.3.2. Sables Infra-molassiques 71

7. Principes et fonctionnement de l'outil d'aide à la décision 79

7.1. PRINCIPES GENERAUX DE CONSULTATION DE L'OUTIL 79

7.2. POTENTIALITES GEOTHERMIQUES DES AQUIFERES DE MIDI-PYRENEES 81

7.3. SOURCE ET FORAGES D'EAU CHAUDE NON EXPLOITES 82

7.4. OPERATIONS DE GEOTHERMIE EXISTANTES OU ABANDONNEES 83

8. Conclusion et perspectives 85

9. Bibliographie 87

Liste des illustrations

Illustration 1 – Production d'électricité géothermique dans le Monde et en Europe 14

Illustration 2 – Production de chaleur géothermique dans le Monde, en Europe et enFrance 15

Illustration 3 - Nombre de pompes à chaleur géothermales vendues dans quelques pays européens. Source : EHPA (European Heat Pump Association) & EurObser'ER 2005 [1)] Source : EDF 2002 16

Illustration 4 -Évolution de la consommation finale énergétique nationale par secteur d'activités à climat normal 2002 (source : « Principaux chiffres ADEME secteur bâtiment »). 17

Illustration 5 - Consommation en énergie finale par usage des résidences principales en 2002 (d'après « Principaux chiffres ADEME secteur bâtiment »), IC = Immeubles collectifs, MI = Maison Individuelles 18

Illustration 6 – Conditions d'éligibilitéau crédit d'impôts pour l'installation de pompe à chaleur 24

Illustration 7 – Types de pompe pour la production directe de chaleur 26

Illustration 8 - © Arene Ile-de-France Tête de puits sur le site géothermique de Chevilly-Larue / L'Haÿ-les-Roses (94) 27

Illustration 9 – Principes de l'échangeur thermique 28

Illustration10 - Schéma de principe général d'une pompe à chaleur (rapport ALTO) 29

Illustration 11 - Schéma de principe général d'une pompe à chaleur sur nappe (rapport ALTO) 30

Illustration 12- Schéma de principe général d'une pompe à chaleur sur sondes géothermiques (© ADEME – BRGM) 31

Illustration 13 – Différents types d'exploitation des PAC 32

Illustration 14 – Avantages et inconvénients des diférents procédés de PAC 33

Illustration 15 – Synthèse des côuts simulés pour deux habitations situées à Toulouse (Origine : France Géothermie) 43

Illustration 16 – Synthèse des principales aides à l'installation d'une PAC 45

Illustration 17 – Schéma de principe de géométrie des terrasses alluviales 46

Illustration 18 – Schéma de principe des directions d'écoulement des nappes alluviales de Midi-Pyrénées 49

Illustration 19 – Liste des opérations de géothermie exploitant les SIM dans les Hautes-Pyrénées 53

Illustration 20 - Evolution des différents dispositifs de PAC entre 2002 et 2006 (données AFPAC) 54

Illustration 21 – Nombre de PAC Eau/Eau fabriquées, importées et vendues sur le marché français en 2006 (données AFPAC) 54

Illustration 22 – Liste des sources et forages d'eau chaudes non exploitées du Gers 55

Illustration 23 - Tableau de syntyèse des paramètres et critères utilisés pour la définition du potentiel géothermique des aquifères étudiés 64

Illustration 24 - Grille d'évaluation de la note de ponetialité géothermique des nappes alluviales du Gers 68

Illustration 25 – Tableaux et graphique de répartition des notes de potentialités des nappes alluviales du Gers 69

Illustration 26 – Analyse mulitcritères perùmettant d'évaluer la RECETTE CALORIFIQUES des opérations de géothermie réalisées sur l'aquifère des SIM 73

Illustration 27 – Analyse multicritères permettant d'évaluer l'importance des coûts d'investissement (foration) pour une opération de géothermie exploitant les SIM 74

Illustration 28 – Influence de la salinité (et de la corrossivité) des eaux des SIM sur le surcoût de fonctionnement 75

Illustration 29 – Tableaux et grahiques de répartition des notes de potentialités des SIM dans la Haute-Garonne 77

Illustration 30 – Menu principal de l'outil d'aide à la décision 80

Illustration 31 – Extrait des champs visibles lors de la sélection d'une maille dans l'outil 81

Illustration 32 – Aperçu du menu d'information d'une source d'eau chaude non exploitée 83

Liste des annexes

Annexe 1 CCE : Fiches d'opérations standardisées 91

Annexe 2 Garantie AQUAPAC 97

Annexe 3 Annuaire des entreprises de géothermie de Midi-Pyrénées et liste des « Foreurs qualité PAC » 103

Annexe 4 Fiches descriptives des opérations de géothermie de l'Ariège..... 113

Annexe 5 Fiches descriptives des SCNE issue de la base de données 117

Annexe 6 Classes de température des eaux des nappes alluviales du Gers 121

Annexe 7 Classes des débits d'exploitaton potentiel des nappes alluviales du Gers..... 125

Annexe 8 Potentiel géothermique des nappes alluviales du Gers..... 129

Annexe 9 Carte de productivité de l'aquifère des Sables Inframolassiques du Gers (transmissivités interpolées et débits ponctuels)..... 133

Annexe 10 Classes de température des eaux des Sables Inframolassiques du Gers..... 137

Annexe 11 Potentialités géothermiques de la nappe des Sables Inframolassiques du Gers 141

Annexe 12 Degré d'importance des coûts d'investissement et de fonctionnement pour les Sables Inframolassiques du Gers..... 145

1. Contexte général

Le Thermalisme

Dès le premier âge de l'humanité, les eaux chaudes ont été recherchées par l'homme pour se soigner, et c'est avec l'occupation romaine que les constructions des "Thermes" se sont multipliées dans toute la Gaule.
Après une longue période d'oubli durant le Moyen âge, le thermalisme a connu un regain d'intérêt au XVIe siècle avec un développement maximal au milieu du XIXème siècle, favorisé par le développement des transports ferroviaires.

A titre d'exemple, les sources d'Ax les Thermes étaient déjà exploitées à l'époque romaine. Après, une période d'abandon, ces eaux sont de nouveau utilisées à des fins thérapeutiques au 13ème siècle, avec la construction du « bassin de Ladres ».
De même, les eaux de Bagnères de Luchon étaient équipées de thermes onésiens dès l'an 19 avant J-C.

La majorité des stations de Midi-Pyrénées exploitent des ressources localisées issues de roches primaires (granites, schistes) ou secondaires (calcaires, évaporites) fracturées, tandis que certaines sont issues d'aquifères régionaux tels que les formations détritiques infra-molassiques.

A l'heure actuelle, les méthodes d'exploitation des eaux thermo-minérales des Pyrénées, en région Midi-Pyrénées comme dans les régions limitrophes, sont en complète évolution, voire bouleversement. En parallèle à l'abandon d'anciennes installations qui impose aux collectivités une gestion le plus souvent complexe des conséquences sociales et économiques, l'évolution des méthodes et des moyens d'exploitation conduisent à délaisser les nombreuses sources historiques à faible débit au profit d'un nombre restreint de forages à forte productivité.

La région Midi-Pyrénées compte aujourd'hui 38 stations thermales en activité, 42 stations thermales abandonnées et sources thermo-minérales non exploitées.
A l'heure actuelle, aucune des stations en activité ne valorise le potentiel thermique des ressources qu'elles exploitent, pour le chauffage de ses locaux.

Les nappes alluviales des grands cours d'eau de Midi-Pyrénées présentent également un potentiel pour l'utilisation de la géothermie de très basse énergie, telle que les pompes à chaleur. Ces techniques peuvent être utilisées pour le chauffage et la climatisation d'habitats collectifs (pour les aquifères les plus favorables comme les basses plaines) ou de logements individuels (pour les aquifères des moyennes et basses terrasses).

L'exploitation de la chaleur

La France a le privilège de posséder de larges bassins sédimentaires avec des couches géologiques perméables profondes, permettant de prélever de l'eau chaude, d'en extraire des calories et, si nécessaire, d'injecter l'eau exploitée dans le réservoir.

L'énergie contenue dans les terrains superficiels, que ce soit les nappes alluviales, les aquifères peu profonds ou directement dans les niveaux peu profonds du sous-sol, peut être exploitée dans des conditions très intéressantes grâce à la mise en œuvre des Pompes à Chaleur, systèmes thermodynamiques qui pour 1 kW électrique consommé restituent de l'ordre de 3 kW.
Cette ressource énergétique superficielle a la particularité d'être présente et facilement accessible de manière plus ou moins importante, sur l'ensemble du territoire, contrairement à la ressource géothermique profonde.

Avec une production de l'ordre de 200 000 tep (tonnes équivalent pétrole) par an, la contribution de la production de chaleur par géothermie au bilan énergétique national se situe aujourd'hui bien avant celle des énergies solaires ou éoliennes. La géothermie possède également l'avantage d'être une énergie propre qui n'émet pas de rejets polluants, et qui peut se substituer aux énergies fossiles et polluantes notamment en milieu urbain dense.

En Midi-Pyrénées, l'utilisation de la chaleur géothermale a pris un virage à partir de 1967, date à laquelle le forage géothermique de Blagnac a été réalisé par la commune pour le chauffage de la piscine, de locaux municipaux et de logements.

Six forages ont été réalisés avec succès entre 1974 et 1986, période correspondant au développement de la géothermie en France à la suite des chocs pétroliers ; après cette période, très peu d'opérations géothermiques ont été réalisées en France.

Aujourd'hui quatre opérations fonctionnent de façon satisfaisante en région Midi-Pyrénées.

Des synthèses sur les stations thermales et sur les sources thermo-minérales ont été réalisées par le BRGM dans les années 1980 sur sept départements de la région Midi-Pyrénées. Par ailleurs de nombreuses études ont été réalisées dans le cadre de projets d'implantation de procédés de géothermie qui montrent le réel potentiel de ce procédé (thermalisme et/ou chauffage) en Midi-Pyrénées.

La région Midi-Pyrénées, placée dans des conditions géologiques a priori favorables, mérite à l'image de ce qui a été déjà fait en Ile de France et en Aquitaine (et conduit à un certain nombre de réalisations réussies), une évaluation globale de son potentiel.

2. Rappel sur la géothermie

2.1. PRINCIPES GENERAUX DE LA GEOTHERMIE

Du grec gêo (terre) et thermos (chaud), la géothermie consiste à exploiter la chaleur stockée dans le sous-sol de notre planète. Cette énergie est potentiellement considérable : 1 km2 de roche, sur une profondeur de 10 km, renferme en moyenne une quantité d'énergie équivalant à 15 millions de TEP (Tonne Equivalent Pétrole : 1 TEP ≅ 11'630 kWh). Les domaines d'utilisation de l'énergie de la terre recouvrent le chauffage, le rafraîchissement et la production d'électricité.

L'accroissement de la température en fonction de la profondeur est appelé "*gradient* géothermique". Il est en moyenne, sur la planète, de 30°C par kilomètre, le flux d'énergie thermique à l'origine de ce gradient étant de l'ordre de 60 mW/m2. Ces valeurs peuvent être cependant nettement supérieures dans certaines zones instables du globe, et même varier de façon importante dans les zones continentales stables. Ainsi, le gradient géothermal est en moyenne de 4°C tous les 100 m en France, et varie de 10°C/100 m dans le nord de l'Alsace à seulement 2°C/100 m au pied des Pyrénées.

La chaleur dégagée par notre globe a pour origine le refroidissement de son noyau, mais également la désintégration des éléments radioactifs présents dans ses roches : uranium, thorium, potassium, etc. 90% de l'énergie dissipée provient en effet de ce mécanisme.

2.2. DIFFERENTS TYPES DE GÉOTHERMIES ET POTENTIELS D'UTILISATION

On distingue plusieurs types de géothermie, en fonction des caractéristiques de la ressource et de l'usage final.

2.2.1. Géothermie haute énergie (T°C > 150 °C)

La géothermie haute enthalpie ou haute température concerne les fluides qui atteignent des températures supérieures à 150°C. Les réservoirs, généralement localisés au-delà de 1500 mètres de profondeur, se situent dans des zones de gradient géothermique anormalement élevé. Lorsqu'il existe un réservoir, le fluide peut être capté sous forme de vapeur sèche ou humide pour la production d'électricité.

2.2.2. Géothermie moyenne énergie (T°C : 90 à 150°C)

La géothermie de moyenne température ou moyenne enthalpie se présente sous forme d'eau chaude ou de vapeur humide à une température comprise entre 90 et 150°C. Elle se retrouve dans les zones propices à la géothermie haute énergie, mais à une profondeur inférieure à 1000 m. Elle se situe également dans les bassins sédimentaires, à des profondeurs allant de 2000 à 4000 mètres. Pour produire de l'électricité, une technologie nécessitant l'utilisation d'un fluide intermédiaire est nécessaire.

2.2.3. Géothermie basse énergie (T°C : 30 à 90°C)

Elle consiste en l'utilisation de la chaleur, par extraction d'eau chaude contenue dans les aquifères profonds (1500 – 2000 m) des bassins sédimentaires et d'utiliser cette eau directement (via un échangeur de chaleur) pour le chauffage. En France métropolitaine, plus de 30 réseaux de chaleur urbains sont alimentés par ce type de géothermie. Ils permettent d'économiser plus de 160000 TEP/an de combustibles fossiles. En région parisienne, l'eau de l'aquifère profond du Dogger est captée entre 1500 et 1800 m de profondeur, à des températures comprises entre 55 et 85°C.

2.2.4. Géothermie très basse énergie (T°C < 30 °C)

Elle concerne la production de chaleur et/ou de froid contenue dans les terrains ou les aquifères peu profonds (en général < 100 m). La température exploitée est inférieure à 30°C (généralement comprise entre 9 et 15 °C). Pour exploiter cette gamme de températures, il est nécessaire de recourir à l'utilisation de pompes à chaleur (PAC). Les PAC peuvent fonctionner sur des dispositifs d'échange et d'extraction d'énergie avec le sol (capteurs horizontaux, profondeur > à 2.0 m), le sous-sol (capteurs verticaux, profondeur généralement inférieure à 100 m), l'eau souterraine des aquifères peu profonds (puits de pompage) ou l'air (intérieur ou extérieur de l'habitat).

2.3. ETAT DE LA GEOTHERMIE DANS LE MONDE ET EN FRANCE

- **Production d'électricité (Source WGC 2005)**

	2000 (MWe)	**2004** (MWe)
Monde	7 975	8 900
Europe	996	1 130

Illustration 1 – Production d'électricité géothermique dans le Monde et en Europe

En 2004, on compte 23 pays producteurs d'électricité géothermique dans le Monde.

La France arrive au 16^{e} rang, avec l'installation de Bouillante en Guadeloupe (15 MWe à fin 2004), juste derrière le Portugal (16 MWe).

Pour l'Europe, on note deux « nouveaux entrants » : Allemagne (0,23 MWe) et Autriche (1,25 MWe), qui ont développé de nouvelles technologies.

L'Italie est le premier pays européen avec 790 MWe installé en 2003 (5 036 GWh) ; elle projette un parc de 950 MWe d'ici 2010.

- **Production de chaleur (Source WGC 2005)**

	2000 (MWth)	**2004** (MWth)
Monde	15 145	27 825
Europe	6 517	13 760
France	300	> 308 (hors PAC)

Illustration 2 – Production de chaleur géothermique dans le Monde, en Europe et enFrance

70 pays ont été recensés en 2005 comme produisant de la chaleur géothermique.

Ce sont les chiffres publiés durant Le Congrès Mondial de Géothermie en avril 2005 (WGC2005). Ils sont indicatifs car les modes de calcul et de présentation des chiffres ne sont pas toujours homogènes d'un pays à l'autre.

Certains intègrent le thermalisme (comme la Hongrie par exemple).

Certains pays n'avaient pas pris en compte le chauffage par pompes à chaleur géothermiques en 2000, mais l'ont intégré en 2004 (exemple le Danemark).

Dans ce classement, la France arrive au 12ème rang mondial, avec 308 MWth. Mais ce chiffre ne concerne que la géothermie basse énergie, hors PAC. Les PAC représentaient une puissance installée de 670 MW en 2003 (Source EurObserv'ER 4ème bilan). Avec les PAC, la France apparaîtrait vers le 6ème rang.

Le doublement de puissance installée en Europe, pour la production de chaleur, est dû en partie au fait qu'à partir de 2004, les PAC ont été intégrées au calcul. Pour la Suède par exemple où on passe de 377 MWth en 2000 à plus de 3 800 MWth en 2004.

- **Pompes à chaleur géothermiques (PAC)**

	2003	**2004**	**2005**	**% neuf** [1)]	**Population** (en million d'habitants)
France (Source AFPAC)	9 000	11 700	13 200	5 %	60
Suisse (Source OFEN)	3 558	4 380	5 128	40 %	7
Suède (Source EHPA)	31 564	39 359	34 563	95 %	8.8

Illustration 3 - Nombre de pompes à chaleur géothermales vendues dans quelques pays européens. Source : EHPA (European Heat Pump Association) & EurObser'ER 2005
[1)] Source : EDF 2002

Le nombre d'unités vendues par pays, comparé à la population de ces pays, laisse imaginer un fort potentiel de développement en France.

Les installations PAC concernent une large gamme d'habitats ; elles vont du pavillon individuel jusqu'au bâtiment de plusieurs milliers de m^2.

L'AFPAC évalue la part des pompes à chaleur sur eau souterraine installée dans le logement individuel à environ 10 %. Ce chiffre est certainement beaucoup plus élevé dans le résidentiel et tertiaire. Malheureusement, la France ne dispose actuellement pas de statistiques détaillées dans ce domaine.

2.4. INTERET DE LA GEOTHERMIE DANS LES DOMAINES DES ECONOMIES D'ENERGIE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

La France va être confrontée dans les années à venir à de grands enjeux énergétiques : maîtriser sa consommation énergétique globale, sécuriser ses approvisionnements et diviser par un facteur 4 d'ici 2050 ses émissions de CO_2 pour limiter le réchauffement climatique.

Cependant la consommation finale d'énergie dans le résidentiel - tertiaire continue à augmenter, du fait de l'augmentation du parc (en nombre et en surface) et de l'augmentation du confort (y compris le recours accru à la climatisation durant l'été).

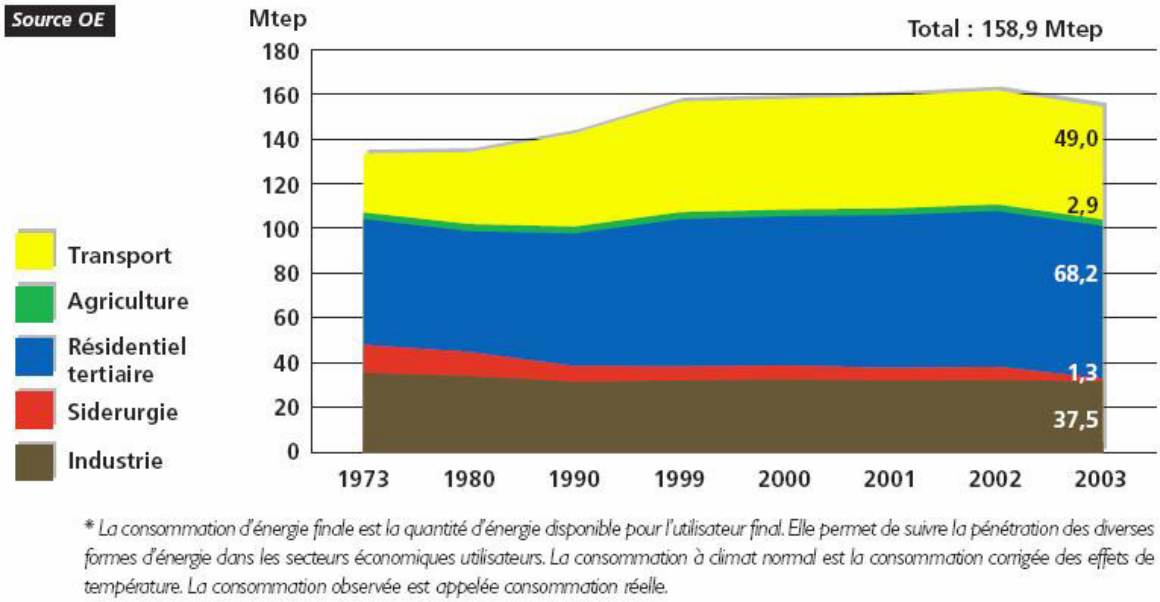


Illustration 4 -Évolution de la consommation finale énergétique nationale par secteur d'activités à climat normal 2002 (source : « Principaux chiffres ADEME secteur bâtiment »).

Le secteur du bâtiment produit plus de 20 % des émissions de CO_2 totales en France. Près de 70 % de la consommation d'énergie du résidentiel est liée aux besoins du chauffage. Il y a donc dans ce domaine une source importante d'amélioration qui doit passer tout d'abord par la qualité des bâtiments et par les comportements individuels, mais également par la pénétration des énergies renouvelables dans le Marché et de l'efficacité énergétique des dispositifs de chauffage.

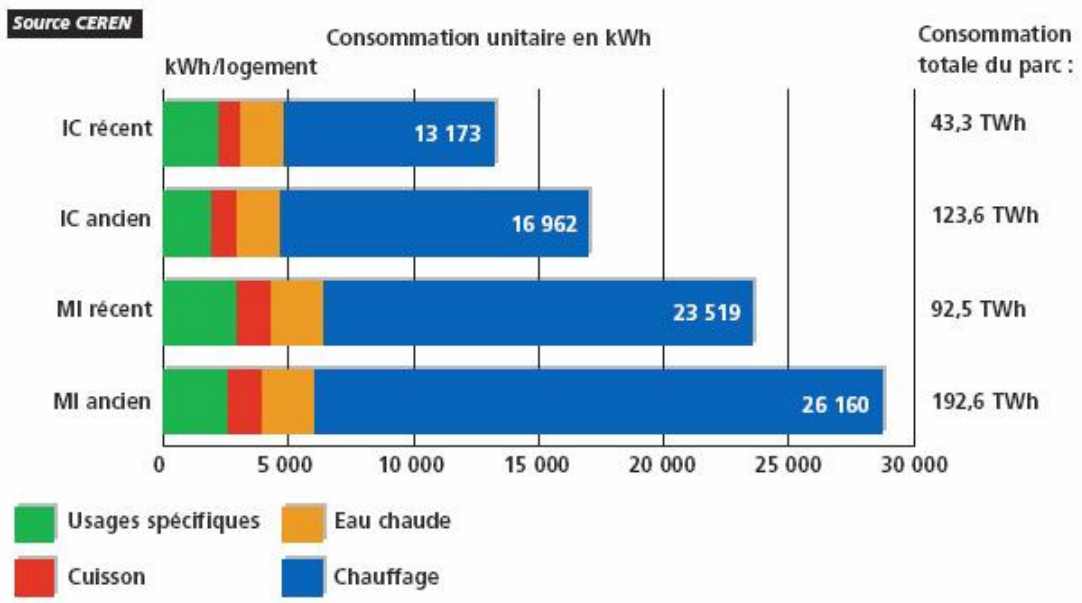


Illustration 5 - Consommation en énergie finale par usage des résidences principales en 2002 (d'après « Principaux chiffres ADEME secteur bâtiment »), IC = Immeubles collectifs, MI = Maison Individuelles

La prise de conscience des risques de pollution et de dégradation de la qualité de notre environnement par le biais des émissions de gaz à effet de serre (le protocole de Kyoto) et l'augmentation du prix des hydrocarbures conduisent progressivement à la mise en place de nouveaux objectifs énergétiques, tant au niveau européen, que national ou local.

2.5. EXEMPLES D'OBJECTIFS ENERGETIQUES EUROPEENS, NATIONAUX ET LOCAUX POUR LIMITER L'EMISSION DE GAZ A EFFET DE SERRE

- **Directive européenne horizon 2010 :**

  Augmenter la part des énergies renouvelables :

  -> 20 % pour l'électricité ;

  -> 50 % pour la chaleur.

- **Plan National de Lutte contre le Changement Climatique 2000 (PNLCC) :**

  Il définit une stratégie nationale, axée sur des actions domestiques, sans recourir aux mécanismes de flexibilité prévus par le protocole de Kyoto. Ce plan répartit l'engagement national de stabilisation en matière d'émission de gaz à effet de serre, en attribuant des objectifs différenciés par secteurs : transports, bâtiment, énergie, industrie, agriculture, déchets.

  Ce plan devrait permettre à la France de respecter ses engagements internationaux pris dans le cadre du protocole. Mais de nombreuses mesures du PNLCC n'ont pas été mises en œuvre. Des dérives sectorielles ont par ailleurs été constatées dans les secteurs des transports et du bâtiment. C'est pourquoi, pour rendre le PNLCC plus efficace, un Plan Climat a été adopté en juillet 2004.

- **Plan Climat 2004**

  L'application du PNLCC ayant été insuffisante pour assurer le maintien des émissions françaises de gaz à effet de serre et en particulier pour enrayer l'augmentation des émissions de certains secteurs, le Plan Climat 2004 est un plan d'action qui doit permettre à la France d'atteindre cet objectif. Il reprend certaines mesures du PNLCC et en introduit de nouvelles. Il engage aussi une réflexion sur la mise en œuvre de mesures d'adaptation aux impacts du changement climatique.

  Il retient huit orientations fortes :

  -Campagne nationale de sensibilisation et adaptation ;

  -Transports durables ;

  -Bâtiment et écohabitat ;

  -Industrie, *énergie* et déchets ;

  -Agriculture durable et forêts ;

  -Climatisation durable ;

  -Plans climats territoriaux et État exemplaire ;

  -Recherche, international et prospective après 2010.

- **Loi de programmation fixant les orientations de la politique énergétique Française (Loi 2005-781 du 13 Juillet 2005 dite loi POPE) et décrets du 23 mai 2006**

  Objectifs politiques :

  -Contribuer à l'indépendance énergétique ;

  -Assurer des prix des énergies compétitifs ;

  -Préserver la santé et l'environnement ;

  Axes d'action :

-Maîtriser la demande d'énergie ;

-Diversifier les sources d'approvisionnement ;

-Développer la recherche dans les domaines de l'énergie ;

Objectifs chiffrés :

-Diminuer les émissions de gaz à effet de serre de 3 % par an ;

-Porter la production intérieure d'électricité d'origine renouvelable de 16 % à 21 % de la consommation intérieure d'électricité totale à horizon 2010 ;

- Augmentation de 50 % de la production de chaleur d'origine renouvelable à l'horizon 2015.

- **Programmation pluriannuelle des investissements de production de chaleur (PPI Chaleur)**

La PPI chaleur s'inscrit dans la continuité de la PPI électrique (Programmation Pluriannuelle des Investissements de production électrique), dont le rapport devrait être publié prochainement.

La PPI chaleur a été préparée par un groupe de travail regroupant les principaux organismes concernés, producteurs d'énergie, représentants des réseaux de chaleur (l'ADEME et le BRGM y étaient représentés), ce qui permettrait d'avoir une vision globale du paysage énergétique français en ce qui concerne la chaleur. Cette PPI chaleur est élaborée en application de la loi de programme du 13 juillet 2005 qui fixe les orientations pour l'énergie et plus précisément de ses articles 4 et 50.

La période de programmation fixée par la loi est l'horizon 2010, mais comme pour les autres PPI, la prospective devrait s'étendre jusqu'à 2015.

Les usages de l'énergie qui relèvent de la chaleur sont notamment le chauffage, l'eau chaude sanitaire dans le résidentiel et le tertiaire, ainsi que la chaleur-process (dans l'industrie et l'agriculture notamment).

Ainsi, ce dispositif ouvre à d'autres acteurs (collectivités publiques et territoriales notamment) la possibilité de participer à la réalisation d'économies d'énergie.

2.6. PRINCIPAUX MECANISMES D'ACCOMPAGNEMENT DU DEVELOPPEMENT DE LA GEOTHERMIE

- **Certificats d'économie d'énergie (CEE)**

La loi POPE met place un mécanisme déjà éprouvé par ailleurs, en particulier en Angleterre : **les certificats d'économie d'énergie (CEE)**. Ce dispositif repose principalement sur l'obligation pour les fournisseurs d'énergie de déclencher chez leurs clients la réalisation d'économies d'énergie.

Le but des CEE est de relancer les économies d'énergie là où existent des gisements importants, mais diffus et difficiles d'accès (notamment dans les secteurs résidentiels et tertiaires), en mobilisant les acteurs du Marché (offre/demande) sans recourir à des subventions. Il s'agit donc d'un nouveau mécanisme de financement des projets d'efficacité énergétique adapté à un Marché libéralisé venant en complément d'outils publics existants (crédits d'impôt, subventions…).

Grâce à la création d'un véritable Marché de l'efficacité énergétique, le dispositif des CEE devrait ainsi permettre d'injecter 500 à 1000 millions d'euros dans les trois années à venir. Seule serait définie la période de rodage du dispositif (2006-2008) à l'issue de laquelle 54 TWh d'économie d'énergie devront avoir été réalisés. Cet objectif de 54 TWh représente environ 2,13 TWh d'économie par an, soit 0,14 % de la consommation française annuelle totale, dont 1 TWh pour les réseaux de chaleur ou de froid.

Principe du dispositif CEE : l'obligation d'économie d'énergie s'impose aux principaux opérateurs (EDF, GDF, CPCU, etc.) qui fournissent au moins 400 GWh d'énergie finale par an (ce qui représente une vingtaine d'obligés).

Les fournisseurs de fioul sont également soumis à obligation. Cependant, le Marché étant constitué d'une myriade de petites entreprises, la loi POPE a prévu explicitement une possibilité de regroupement. Pour l'instant, les fournisseurs de carburants ont été exclus du dispositif.

Pour s'acquitter de cette obligation, les opérateurs disposent de trois voies possibles (variantes) :

-Investir sur leur propre patrimoine ;

-Inciter, par de la sensibilisation ou l'octroi d'aides financières, les clients (particuliers, petites entreprises, collectivités locales…) à réaliser des investissements économies en énergie ;

-Acheter des certificats d'économie d'énergie auprès d'autres acteurs (dits éligibles).

C'est pourquoi ce dispositif s'accompagne de la mise en place d'un Marché de CEE.

L'offre de certificats provient de toute personne morale (acteur éligible) présentant un programme d'actions de taille suffisante (au moins 3 GWh d'économies d'énergie finale réalisées par programme, actualisées sur toute la période du programme

présenté). Le dossier devra être validé par les DRIRE (Directions Régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement).

La demande de certificats vient des « Obligés », qui doivent atteindre leurs objectifs d'économies d'énergie fixés par décret, en complétant éventuellement leurs propres économies par l'achat de certificats auprès d'acteurs éligibles. Ainsi, ce dispositif ouvre à d'autres acteurs (collectivités publiques et territoriales, notamment), la possibilité de participer à la réalisation d'économies d'énergie.

Le CEE est immatériel, il est inscrit dans un registre national et peut faire l'objet de tractations négociées. Les certificats d'économies d'énergie concernent la géothermie, puisque le bénéfice des CEE a été élargi aux énergies renouvelables pour le chauffage des bâtiments, lorsqu'elles viennent se substituer aux énergies fossiles. C'est le cas de la géothermie sur réseaux de chaleur.

Le dispositif des certificats d'économies d'énergie devrait ainsi constituer une source de financement appréciable permettant de lancer de nouveaux projets de géothermie, sachant que les premières évaluations de projets potentiels ont montré que parmi les actions standards proposées, la géothermie sur réseaux de chaleur offrait les coûts de certificats parmi les moins élevés.

- **Opérations standardisées**

Le décret du 23 mai 2006, relatif aux conditions d'application des certificats d'économies d'énergie, a introduit la notion d'opérations standardisées : un calcul forfaitaire, attribué pour une installation nouvelle type, par rapport à une situation de référence. Les économies réalisées permettent aux obligés de revendiquer des certificats. Le dispositif est entré en vigueur le 1er juillet 2006.

Les CEE sont comptabilisées en kWh CUMAC d'énergie finale économisée. L'abréviation CUMAC provient de la contraction de « cumulé » et « actualisés » car le kWh est ramené à la durée de vie du produit et actualisé au marché. Dans la pratique cela revient à imaginer ce qui aurait été consommé si les actions n'avaient pas été entreprises. Se pose alors le problème de la vérification des données dans le temps. Les économies réellement effectuées pourraient être inférieures ou supérieures à ce qui était supposé. Un système de suivi annuel est donc prévu pour recadrer les estimations.

L'article 2 du décret précise que les « opérations standardisées d'économies d'énergie sont définies par arrêtés du ministre chargé de l'énergie ». À ce titre, la DGEMP a confié à cinq groupes de travail (industrie, bâtiment, résidentiel et tertiaire, service énergétique, transport, collectivités territoriales et ENR) l'établissement de fiches-types de ces opérations standardisées sous la houlette de l'ATEE (Association Technique Energie Environnement) et de l'ADEME (Agence gouvernementale De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie).

À l'heure actuelle, 2 fiches concernent les pompes à chaleur géothermiques :

-Système eau/eau en résidentiel ;

-Système eau/eau pour le tertiaire ;

Un autre système concerne la géothermie : production de chaleur renouvelable en réseau (France métropolitaine).

Les trois fiches types adaptées à la géothermie sont données en annexe1.

Le gouvernement compte sur la première période (2006-2008) pour installer et tester le système. Un bilan sera établi à l'issue des trois ans. En attendant certains textes doivent encore être publiés avant la mise en route du dispositif. Trois décrets relatifs aux obligations des fournisseurs, à la tenue du registre des CEE et aux modalités de délivrance des certificats sont en cours de réalisation.

- **Loi de finances 2006**

En 2005, la loi de finances accordait 40 % de crédit d'impôt pour les pompes à chaleur géothermiques (ayant un COefficient de Performance (COP) supérieur ou égal à 3).

La loi de finances 2006 porte ce crédit d'impôt à 50 % pour l'achat de pompes à chaleur géothermique dont le COP est supérieur ou égal à 3.

Le crédit d'impôt porte sur le prix des équipements et des matériaux, hors main d'œuvre (travaux de forage et pose des sondes ou de la pompe par exemple). L'installation doit être réalisée par une entreprise et une facture (ou une attestation fournie par le vendeur ou le constructeur du logement neuf), qui porte la mention des caractéristiques requises dans l'arrêté, doit être établie pour les services fiscaux.

En cas d'aide publique supplémentaire à l'investissement (Conseil Régional, Conseil Général, Agence nationale de l'habitat (ANAH)…), par exemple pour l'achat d'équipements permettant d'utiliser les énergies renouvelables ou les pompes à chaleur, le calcul du crédit d'impôt se fait sur le coût des équipements déductions faites des aides publiques, selon les modalités qui seront définies dans l'instruction fiscale.

Les particuliers peuvent également profiter du taux réduit de TVA (5,5 %) appliqué par les entreprises qui vendent le matériel et en assurent la pose, à condition que la pompe à chaleur soit installée dans une résidence principale ou secondaire achevée depuis plus de deux ans.

Pompes à chaleur dont la finalité essentielle est la production de chaleur.	Caractéristiques et performances
Pompes à chaleur géothermiques et pompes à chaleur air/eau	COP $\geq$ 3 selon les dispositions de l'arrêté du 12 décembre 2005.
Pompes à chaleur air/air	Éligibles selon les dispositions de l'arrêté du 12 décembre 2005.

Illustration 6 – Conditions d'éligibilitéau crédit d'impôts pour l'installation de pompe à chaleur

Pour un même contribuable, le montant des dépenses donnant droit au crédit d'impôt en faveur du développement durable ne peut excéder la somme de 8000 € pour une personne seule et de 16000 € pour un couple. Ce plafond est majoré pour tenir compte de la situation de famille du contribuable. Ces montants sont majorés de 400 € par personne à charge (dont le premier enfant) au sens des articles 196 à 196 B du Code général des impôts. Cette majoration est portée à :

- 500 € pour le second enfant ;
- 600 € par enfant à compter du troisième.

- **Garantie AQUAPAC®**

Pour palier à l'incertitude locale sur la présence et/ou la pérennité de la nappe d'eau souterraine, la garantie Aquapac® a été initiée en 1983 sous l'égide de l'ADEME (AFME à l'époque), d'EDF et du BRGM.

Elle offre une double garantie portant sur les ressources pérennes en eau souterraine :

-La garantie « recherche » couvre le risque d'échec consécutif à une ressource en eau souterraine insuffisante pour fournir le débit d'eau nécessaire. Le taux de cotisation pour cette garantie est désormais de 5 %[1] du montant des ouvrages garantis en recherche ;

-La garantie « pérennité » couvre le risque de diminution du débit exploitable à terme qui serait liée à une détérioration prouvée de la ressource (non considérées les variations saisonnières du débit et/ou les cycles hydrologiques statistiquement normaux). La durée de cette garantie est de 10 ans[2], et le taux de cotisation pour cette garantie est de 4 % du montant des ouvrages garantis en pérennité. Cette garantie est limitée aux installations d'une puissance thermique de 30 kW minimum.

La gestion de la garantie est confiée à la SAF Environnement[3]. L'instruction des dossiers de demande de garantie et la décision d'octroi de garantie sont décidées par un comité Aquapac composé de trois représentants de : l'ADEME, de EDF et du BRGM. Ce comité se réunit périodiquement, avec la participation de la SAF Environnement. Il statue également sur la recevabilité des éventuels sinistres.

Plus récemment, des mécanismes financiers ont été mis en place pour la production de chaleur géothermique, aides à laquelle la filière Géothermie Très Basse Énergie peut prétendre accéder.

- **Conclusions**

Toutes les mesures progressivement mises en place sont favorables au développement de la géothermie en général, des pompes à chaleur géothermiques utilisées dans le neuf ou dans la rénovation, pour assurer les besoins de chaleur et de rafraîchissement en particulier.

[1] Le taux initial de 10 % a été abaissé à 5 % depuis le 1er septembre 2005.

[2] La durée initiale de la garantie était de 5 ans et a été portée à 10 ans en 1997.

[3] SAF Environnement, 195 boulevard Saint-Germain, 75007 Paris tél : 01 58 50 76 76

Les pompes à chaleur géothermiques contribuent en effet à la réduction des consommations d'énergies fossiles, à la valorisation énergétique (par leur COP) et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

2.7. DESCRIPTION DES USAGES GEOTHERMIQUES EN FONCTION DU TYPE DE RESSOURCE

2.7.1. Géothermie Basse Energie – Production directe de Chaleur (Ex. SIM)

La production directe de chaleur est possible pour des températures supérieures à 20°C.

Le dispositif de pompage

Une installation géothermique opérationnelle nécessite un débit d'eau aussi régulier que suffisant. Si la pression dans le réservoir souterrain est supérieure à la pression atmosphérique, l'eau peut jaillir naturellement à la tête du puits de forage qui se suffit alors à lui-même, prenant le nom de puits artésien. Mais si cette pression n'est pas assez importante ou si l'eau ne remonte pas du tout, il devient nécessaire d'avoir recours à un dispositif de pompage.

Quel que soit leur type, toutes les pompes mises en œuvre comportent une partie hydraulique immergée descendue en profondeur (- 100 mètres à - 400 mètres) et un moteur. Ce dernier peut être immergé sous le dispositif hydraulique (pompes immergées) ou placé en surface (pompes à arbre long). Il peut enfin, dans certains cas, fonctionner grâce à une circulation d'eau géothermale surpressée en surface : c'est le principe de la turbo-pompe.

Bien que son rendement énergétique soit inférieur aux deux autres, une turbo-pompe a une durée de vie supérieure aux pompes immergées.Pour les sites où l'eau est renvoyée dans le réservoir (doublet), une pompe de réinjection installée en surface s'avère indispensable.

© BRGM im@gé

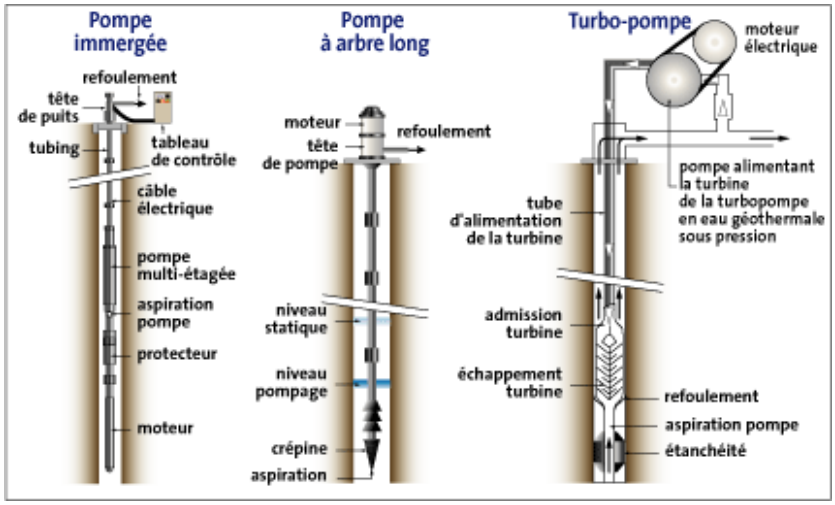


Illustration 7 – Types de pompe pour la production directe de chaleur

Les pompes immergées sont largement utilisées dans le Bassin parisien pour pomper la nappe du Dogger. Elles permettent d'obtenir des débits importants supérieurs à 300 m3/h. Les pompes à arbre long (140 mètres maximun) sont surtout employées en Islande. Les turbo-pompes sont réputées pour leur longue vie malgré leur faible rendement énergétique.

Pour la réinjection, on utilise des pompes de surface de type classique. Ces dispositifs avec pompage sont surtout employés pour les exploitations de basse énergie.

Dans les exploitations de haute énergie, l'eau se vaporise dans le forage, et un mélange eau - vapeur jaillit en surface. Il arrive même – comme à Larderello en Italie ou aux Geysers en Californie – que le gisement produise naturellement de la vapeur sèche.

L'exploitant doit alors réguler la pression en tête de puits pour optimiser les conditions d'exploitation en fonction des caractéristiques du fluide ou de la centrale.

Illustration 8 - © Arene Ile-de-France
Tête de puits sur le site géothermique de Chevilly-Larue / L'Haÿ-les-Roses (94)

Les échangeurs de chaleur

La caractéristique essentielle de l'énergie géothermique est qu'elle doit être consommée sur place. Dans le cas d'une source géothermale à haute température, l'énergie du fluide peut être directement transformée en énergie électrique via une turbine et envoyée sur le réseau de distribution électrique.

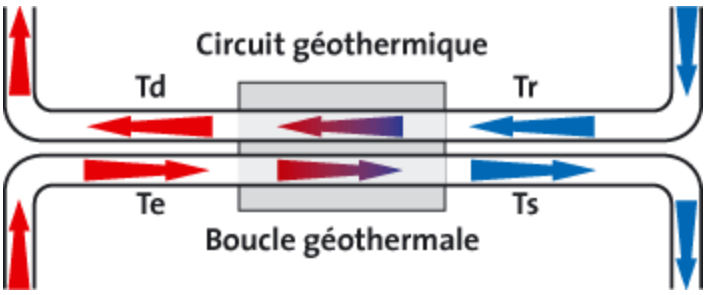
Dans le cas de la basse énergie, un échangeur est généralement placé entre le circuit géothermal et le circuit de distribution de chaleur. Cet échangeur est indispensable

dans le cas d'une eau corrosive. La chaleur géothermique peut ensuite être utilisée directement.
Si la température de la ressource n'est pas adaptée à l'usage prévu on peut avoir recours à un système de pompe à chaleur.

La performance d'un échangeur placé dans une installation de géothermie est caractérisée par l'écart entre les températures à l'entrée de la boucle géothermale et à la sortie du circuit géothermique.

Cet écart appelé « pincement », doit être aussi faible que possible (de l'ordre de 2°C). La maintenance de ce matériel doit être aisée en raison des risques d'encrassement. Les échangeurs peuvent être de types différents : échangeurs multitubulaires, échangeurs spirales, échangeurs à plaques.

Les meilleures performances sont obtenues avec des **échangeurs à plaques**. Ces matériels sont constitués de plaques embouties de faible épaisseur assemblées verticalement les unes à la suite des autres. Les espaces entre les plaques étant alternativement traversés par le circuit primaire (eau géothermale) et par le circuit secondaire. Ces échangeurs permettent une surface d'échange importante dans un espace réduit. Ils peuvent être agrandis en ajoutant le nombre de plaques nécessaires. Les matériaux utilisés dans les échangeurs doivent pouvoir résister à la corrosion inhérente à la majorité des fluides géothermaux. Ils peuvent être constitués en acier revêtu, en acier inoxydable ou en titane. Ce dernier matériau s'est révélé particulièrement adapté aux exigences d'exploitation du fluide du Dogger du Bassin parisien chargé notamment en sulfures



© BRGM im@gé

Dans la boucle géothermale, l'eau qui sort chaude de la terre tourne en circuit fermé. Cette eau chargée de sels minéraux cède sa chaleur à un autre réseau appelé cette fois circuit géothermique, dans lequel circule l'eau de ville destinée à être réchauffée. Cet échange est nécessaire pour capter des calories tout en évitant la corrosion du réseau de chaleur. Le dispositif est appelé échangeur. Il est constitué soit de plaques, soit de tubes. Les échangeurs à plaques, plus commodes pour la maintenance, sont les plus utilisés

Illustration 9 – Principes de l'échangeur thermique

2.7.2. Géothermie Très Basse Energie – Pompe à Chaleurs (Ex. Nappes alluviales)

La géothermie très basse énergie (TBE), associée aux systèmes de pompes à chaleur, peut apporter une réponse énergétique et environnementale satisfaisante dans le domaine du chauffage (et rafraîchissement) résidentiel et tertiaire (logements, bureaux, commerces).

Une pompe à chaleur permet de prélever de la chaleur à basse température (généralement 9 – 15 °C) dans un milieu et de la restituer à plus haute température dans un autre milieu.

La pompe à chaleur fonctionne selon le cycle thermodynamique suivant :

- La chaleur absorbée au milieu extérieur (eau souterraine ou sondes géothermique) est transférée au circuit de la PAC par un échangeur (évaporateur) dans lequel un fluide frigorigène se vaporise à basse température ;
- Le compresseur de la PAC (entraîné par un moteur électrique) comprime cette vapeur à haute pression ;
- Par l'échange thermique entre le condenseur et le milieu extérieur (= production de chaleur) la vapeur repasse à l'état liquide ;
- Le détendeur assure le passage du fluide liquide de la haute pression à la basse pression.

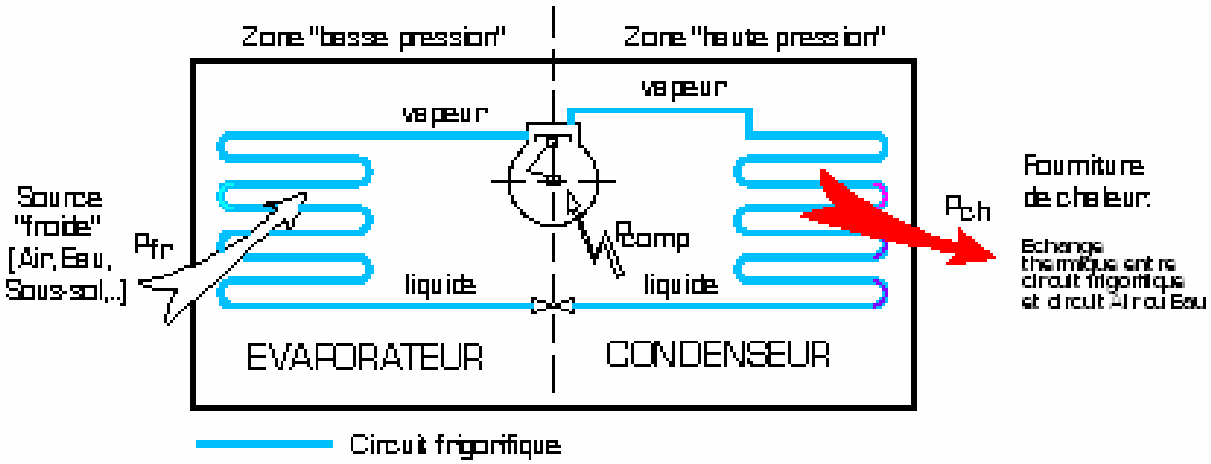


Illustration10 - Schéma de principe général d'une pompe à chaleur (rapport ALTO)

Pompe à chaleur sur aquifère superficiel

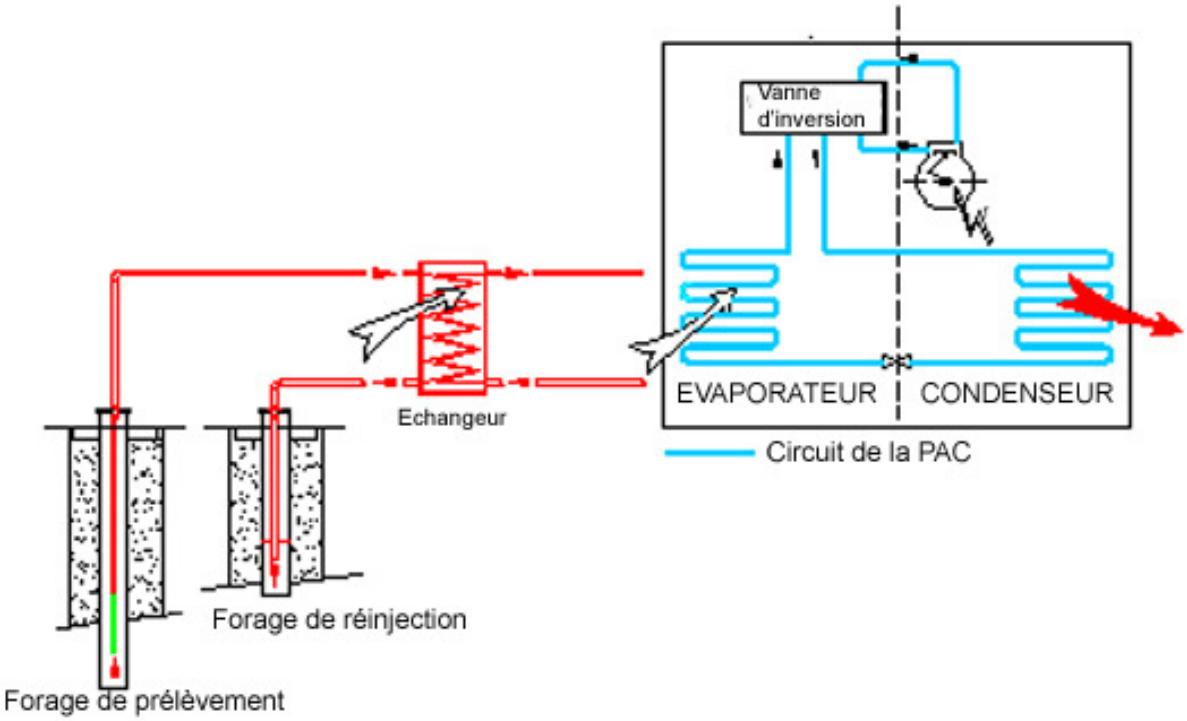


Illustration 11 - Schéma de principe général d'une pompe à chaleur sur nappe (rapport ALTO)

L'alimentation de la pompe à chaleur se fait par l'intermédiaire d'un "forage de prélèvement" d'eau souterraine (nappe phréatique, nappe captive peu profonde, nappe artésienne). En fin de cycle, l'eau est réinjectée dans un "forage de réinjection" (circuit plus ou moins fermé).

En **fonctionnement d'hiver**, la pompe à chaleur géothermique prélève la chaleur contenue dans l'eau souterraine et restitue la chaleur à une température utilisable dans le circuit de chauffage du bâtiment (air, boucle d'eau, chauffage au sol). En **fonctionnement d'été,** une pompe à chaleur réversible permet (en mode rafraîchissement) de prélever l'énergie excédentaire à l'intérieur du bâtiment et de transférer la chaleur excédentaire (chaleur prélevée + la chaleur issue de la puissance du compresseur) dans l'eau souterraine.

Une autre option est le **rafraîchissement direct**, qui consiste à utiliser directement (avec interposition d'un échangeur) l'eau de la nappe pour assurer le rafraîchissement. On by-pass ainsi la pompe à chaleur. Enfin, le fonctionnement en « **thermofrigopompe** » permet la production simultanée de chaud et de froid (destinés aux appareils terminaux qui assurent le traitement d'ambiance des différentes parties du bâtiment). L'eau souterraine constitue la source d'énergie sur laquelle la production vient puiser le chaud ou le froid nécessaire.

Pompe à chaleur sur sondes géothermiques

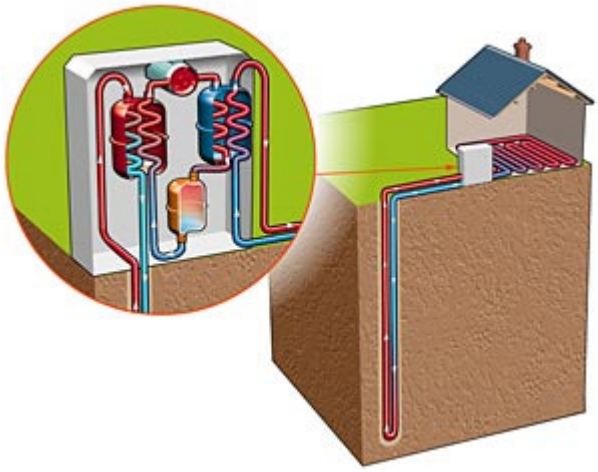


Illustration 12- Schéma de principe général d'une pompe à chaleur sur sondes géothermiques (© ADEME – BRGM)

Les capteurs géothermiques verticaux (sondes géothermiques) sont des échangeurs thermiques qui prélèvent, par conduction thermique, la chaleur emmagasinée dans le sous-sol et la transporte vers la pompe à chaleur (PAC), par l'intermédiaire d'un liquide caloporteur (eau glycolée). Ils sont constitués d'un ou plusieurs forages verticaux, de quelques dizaines de mètres de profondeur, parfois plus, dans lesquels sont insérés des tubes en matériau synthétique, en général du polyéthylène haute densité (PEHD), raccordés à la PAC. Ces tubes peuvent être reliés entre eux, soit par une chambre commune, soit deux par deux en double U. Le fluide antigel caloporteur est composé d'eau glycolée (avec l'ajout de 10 – 30 % de monopropylène glycol, pour éviter le gel du circuit), et a la particularité d'avoir un très faible point d'ébullition et donc un grand pouvoir d'absorbtion de chaleur.

La PAC restitue en surface la chaleur prélevée et pour chauffer une habitation, de préférence au moyen d'un plancher chauffant. Pareillement que la pompe à chaleur sur aquifère superficiel, le système peut être inversé en été pour fonctionner en mode rafraîchissement (cas d'une PAC réversible).

Cette technique est adaptée aux maisons individuelles, à l'habitat individuel groupé, au résidentiel collectif ou au tertiaire. Elle bénéficie d'aides financières publiques (crédits d'impôts, aides aux opérations exemplaires de l'ADEME, aides de l'ANAH,...) et peut se satisfaire de démarches administratives simplifiées qu'il faut cependant connaître et respecter.

Différents types d'exploitation

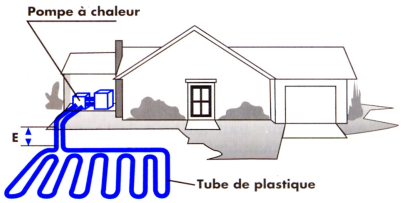
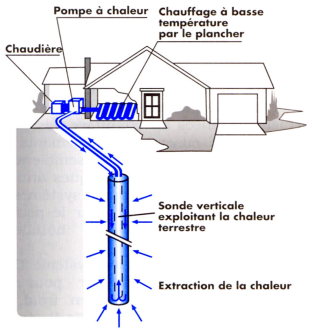
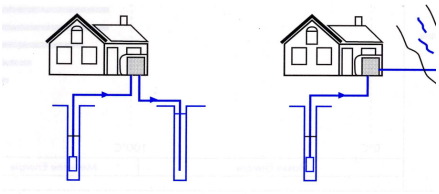
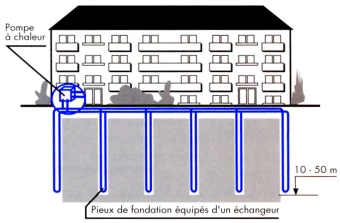
	Profondeur moyenne	Application
 **Capteurs horizontaux**	0,5 à 1,5 m	**Individuel uniquement**
 **Sonde géothermale** appelé aussi **Capteur vertical**	50 à 100 m Peut atteindre plusieurs centaines de mètres Champ de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de sondes	**En individuel** **En collectif**
 **PAC sur Aquifères** Avec ou sans forage de réinjection	10 à 100 m De quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres	**En individuel** **En collectif**
 **Géostructures** Pieux de fondation équipés d'échangeurs thermiques	5 à 20 m	**En collectif ou tertiaire**

Illustration 13 – Différents types d'exploitation des PAC

2.7.3. Avantages et inconvénients des différents procédés

Ce tableau de synthèse est extrait du site de l'ADEME.

	PAC sol / sol ou sol / eau	PAC eau glycolée / eau ou eau / eau	PAC air extérieur / eau	PAC air extérieur / air ou air extrait / air neuf
Coût	• Investissement : de 70 à 100 € TTC par m² chauffé, hors eau chaude sanitaire et rafraîchissement. • Fonctionnement : de 2,3 à 3,5 € TTC par m² et par an.	• Investissement : - **systèmes à capteurs horizontaux**, de 85 € TTC par m² chauffé (option chauffage) à 135 € TTC par m² chauffé (option chauffage et rafraîchissement) ; - **systèmes à capteurs verticaux**, de 145 à 185 € TTC par m² chauffé ; - **systèmes sur eau de nappe**, 80 à 130 € TTC par m² chauffé.	• Investissement : de 65 € TTC par m2 à 90 € TTC par m² (chauffé et rafraîchi) ; • Fonctionnement : de 2,5 € TTC par m² et par an à 3,7 € TTC par m² et par an.	• Investissement : de 60 € TTC par m²à 90 € TTC par m² (chauffé et rafraîchi) ; • Fonctionnement : de l'ordre de 2,5 € TTC par m² et par an à 3,7 € TTC par m² et par an.
Appoint	Pas nécessaire.	• Fonctionnement : de 2,3 à 3,5 € TTC par m² et par an.	Toujours intégré au système, peu ou pas utilisé dans les systèmes les plus	Toujours nécessaire.
Eau chaude sanitaire	Production possible.	Production possible.	Préchauffage ou production possibles	Non conçu pour produire de l'eau chaude sanitaire.
Rafraîchissement	Pas possible sur plancher chauffant, possible avec des unités à détente directe.	Possible (sauf si les émetteurs sont des radiateurs) et bien maîtrisé.	Possible (sauf si les émetteurs sont des radiateurs) et bien maîtrisé.	Possible et bien maîtrisé.
Avantages	• Système simple, coût limité pour du géothermique ; • adaptée aux climats rigoureux ; • existence obligatoire d'un avis technique du CSTB (pompe sol / sol).	• Adaptée aux climats rigoureux ; • peu de fluide frigorigène, confiné dans la PAC ; • adaptation possible à un réseau de chauffage central existant.	• Système simple, coût limité ; • utilisable en appartement à chauffage individuel ; • peu de fluide frigorigène, confiné dans la PAC ;	• Utilisable en appartement à chauffage individuel ; • couplage avec la VMC pour les PAC air extrait / air neuf.
Contraintes	• Systèmes à capteurs horizontaux seulement ; • quantité importante de fluide frigorigène mise en oeuvre (surtout pour la pompe sol / sol) ; • exiger une solide expérience de l'installateur. • pour la PAC sol/sol, technologie de plancher spécifique.	• Système plus coûteux qu'une PAC sol / sol ou sol / eau. Pour les PAC à capteurs verticaux ou sur eau de nappe : • exiger une solide expérience de l'installateur et du foreur ; • démarches et autorisations à envisager ; • coût élevé des forages.	• adaptation possible à un réseau de chauffage central • Exiger des modèles particulièrement performants • vérifier le niveau de bruit développé par la PAC.	• N'assure pas la production d'eau chaude sanitaire ; • nécessite le passage d'un réseau de gaines de soufflage de l'air (dans un faux-plafond ou des combles, accessibles pour les besoins de l'entretien). • n'assure pas la totalité du chauffage pour les PAC air extrait / air neuf.

Illustration 14 – Avantages et inconvénients des diférents procédés de PAC

2.8. PROCEDURE TECHNIQUE POUR LA MISE EN ŒUVRE DES PUITS SUR NAPPE

La validation d'un projet de pompe à chaleur sur nappe nécessite, en plus des études de conception nécessaires à tout projet une approche spécifique de la connaissance de la ressource en eau souterraine qui sera sollicitée.

Les principales étapes de la mise en œuvre sont les suivantes :

- **Détermination des besoins.**

  Il s'agit de déterminer les puissances chaud et froid qu'il faudra fournir au bâtiment.

- **Convertion de ces deux puissances en débit d'eau à prélever sur la nappe ;**

- **Identification préalable de la ressource.**

  L'analyse des données de l'atlas et l'estimation du débit nécessaire pour satisfaire tout ou partie des besoins thermiques permettra une première orientation.

  Dans l'analyse de l'adéquation besoins/ressources, il n'est pas toujours pertinent de chercher à couvrir la totalité des besoins avec la solution PAC sur nappe. L'analyse du fonctionnement dynamique du bâtiment et des systèmes peut mettre en évidence des fluctuations importantes d'appel de puissance sur de faibles parts du temps de fonctionnement.

- **Etude de faisabilité hydrogéologique.**

  Cette étape requiert l'intervention d'un bureau d'étude spécialisé, car il s'agit d'affiner la démarche d'identification préalable de la ressource, en intégrant en particulier le nombre et le dimensionnement préalable des ouvrages, leur positionnement prévisionnel en fonction des contraintes du site,

  Une première approche réglementaire peut également être réalisée à ce niveau ; ce qui permettra de connaître les documents administratifs à prévoir.

- **Conception, suivi, réception des travaux en sous-sol.**

  Dans cette étape, le bureau d'étude hydrogéologique disposant ou s'associant les compétences d'un expert thermicien intervient en tant qu'assistant à la maîtrise d'œuvre da la phase de conception jusqu'à la réception des travaux. Tant pour les aspects techniques et financiers des ouvrages (forages, équipements, maintenance) que pour la partie administrative et réglementaire.

Enfin, il faut noter qu'il existe une procédure de « garantie sur la ressource en eau souterraine à faible profondeur utilisée à des fins énergétiques » qui est destinée à couvrir le risque d'aléa sur la ressource et sa pérennité. C'est la procédure AQUAPAC.

Ces différentes étapes doivent être menées en concertation avec les autres intervenants du projet, afin d'obtenir le meilleur ajustement besoin - ressource. Une analyse économique devra comprendre une étude comparative afin de justifier la

solution pompes à chaleur sur nappe, intégrant les coûts d'investissement et les coûts de fonctionnement (énergie, maintenance), ainsi que l'aspect environnemental.

Dans le cas d'opération pour l'habitat individuel

Si les principes de la démarche restent les mêmes, il est rarement fait appel à un bureau d'étude hydrogéologique. C'est sur le savoir faire et l'expérience de l'installateur chauffagiste et du foreur que repose la réussite de l'opération.

Enfin, on peut noter que dans le cas de logements pavillonnaires groupés, il peut être envisagé de mutualiser la ressource, en distribuant l'eau souterraine extraite à chacun des pavillons à partir d'un seul forage (ou groupe de forages).

2.9. CONTEXTE REGLEMENTAIRE POUR LA REALISATION DE FORAGES D'EAU DESTINES A L'ALIMENTATION DE POMPES A CHALEUR

Les principaux textes réglementaires qui peuvent s'appliquer aux forages destinés à l'alimentation de pompes à chaleur sont :

- Le code minier ;
- Le code de l'environnement ;
- Le code de la santé publique.

2.9.1. Le code minier

Aux termes de l'article 131 du code minier, l'obligation de déclaration préalable s'impose à tout maître d'ouvrage réalisant un forage dont la profondeur dépasse 10 m, quelle que soit sa destination.

Au-dessous de 10 m de profondeur, le forage est soumis au régime de la déclaration simple. Au-dessus de 10 m de profondeur, il est soumis au régime de l'autorisation.

Le Décret n° 78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherche et d'exploitation de géothermie prévoit que les *exploitations géothermiques à basse température de minime importance* (c'est à dire dont *le débit calorifique maximal, calculé par référence à 20°C, est inférieur à 200 thermies par heure, soit une puissance thermique* <232.4 kW) sont soumises à *simple déclaration*. Celles dont le débit calorifique est au-delà de ce seuil sont soumises à *autorisation.* Il est important de remarquer que si ce seuil n'est en général jamais atteint par des installations de particuliers, il peut en revanche l'être pour des installations tertiaires ou en habitat collectif.

La déclaration dûment renseignée doit être adressée à la DRIRE avant le début des travaux, accompagnée d'une photocopie de la carte topographique IGN 1/25 000 avec indication de la localisation du projet de forage.

La responsabilité de cette déclaration relève du propriétaire de l'ouvrage et du foreur intervenant pour son compte. Il s'agit donc d'une responsabilité conjointe pouvant être recherchée en cas de manquement et de désordres consécutifs. Le défaut de déclaration est passible de sanctions pénales aux termes des articles 142-8 et 142-9 du code minier.

Il convient de noter que l'objectif de cette déclaration consiste à améliorer la connaissance du sous-sol. En effet, les informations issues des forages sont communiquées au BRGM qui les conserve dans la banque des données du sous-sol (BSS). Ces données sont mises à la disposition du public (article 132 du code minier).

2.9.2. Le code de l'environnement

Partie relative à la loi sur l'eau *(Livre II "Milieux physiques" ; titre 1er "Eau et milieux aquatiques")*

La législation sur l'eau figurant dans le livre II « Milieux physiques » - titre 1er « Eau et milieux aquatiques » du code de l'environnement, est fondée sur un ensemble de principes, parmi lesquels on peut retenir :

- La gestion équilibrée de la ressource et la protection de toutes les eaux vis à vis des pollutions (article L. 211–1 du code de l'environnement)
- La mise en place de régimes **d'autorisation ou de déclaration** pour les ouvrages et les activités susceptibles de représenter un danger ou un impact plus ou moins fort sur la ressource en eau

*Sont **"soumis à autorisation"** de l'autorité administrative, les installations, ouvrages, travaux et activités susceptibles de présenter des dangers pour la santé et la sécurité publique, de nuire au libre écoulement des eaux, de réduire la ressource en eau, d'accroître notablement le risque d'inondation, de porter atteinte gravement à la qualité ou à la diversité du milieu aquatique.*

*Sont "**soumis à déclaration"** les installations, ouvrages, travaux et activités qui, n'étant pas susceptibles de présenter de tels dangers, doivent néanmoins respecter les prescriptions édictées en application des articles L. 211-2 et L. 211-3.*

Les régimes d'autorisation et de déclaration, correspondant à des procédures administratives différentes, ont été définis par *décret n°93-743 du 29 mars 1993, lequel a été modifié par le décret n°2003-868 du 11 septembre 2003, actuellement en vigueur*.

Le décret n° 2003 -868, précise, en dédoublant la rubrique 1.1.0 initiale de l'article L.214-3 du code de l'environnement en deux nouvelles rubriques 1.1.0 et 1.1.1, quels ouvrages sont soumis à *déclaration indépendamment des débits prélevés* (rubrique 1.1.0) et quels ouvrages sont soumis *à déclaration ou autorisation en fonction des débits prélevés* (rubrique 1.1.1). Cette décision permet de mieux prendre en compte la préservation de la qualité des eaux souterraines.

Ainsi, *la rubrique 1.1.0*, ne concerne plus que la création d'ouvrages en vue de prélèvements dans les eaux souterraines (dans le cas seulement où ces ouvrages sont réputés non "domestiques", c'est à dire s'ils prélèvent des quantités d'eau inférieures à 1000 m^3/ an), y compris les sondages et forages de recherche d'eaux souterraines, même s'ils sont infructueux, les forages et ouvrages destinés à effectuer la surveillance quantitative ou qualitative de ces eaux ou encore, les ouvrages destinés au génie civil (rabattement de nappe, ouvrages routiers). *Ces ouvrages sont désormais soumis à déclaration* ;

Parallèlement, il a *été créé une rubrique 1.1.1* dédiée spécifiquement au prélèvement dans les eaux souterraines, les seuils d'autorisation et déclaration restant inchangés :

- **de 8 m^3/h à 80 m^3/h : régime de la déclaration ;**
- **au-delà de 80 m^3/h : régime de l'autorisation.**

Dans la région Midi-Pyrénées, l'ensemble des ***plaines alluviales*** sont classées en Zone de Répartition des Eaux, ce qui implique un abaissement des seuils d'autorisation. Aussi, tout point d'eau exploitant ces nappes superficielles est soumis aux régimes suivants :

- **Débit > 8 m3/h : régime d'autorisation**
- **Débit > 8 m3/h : régime de déclaration**

Enfin, il convient de noter que le *décret n°2003-868 a supprimé la rubrique 1.5.0* qui définissait les dispositions spécifiques, essentiellement liées à la profondeur des forages de prélèvement d'eau souterraine réalisés dans les zones géographiques, créées par le décret-loi du 8 août 1935 et ses décrets d'application successifs.

Concernant la réalisation de forages destinés à l'alimentation de pompes à chaleur, deux cas peuvent se présenter :

- Le dispositif prévoit la *réinjection de l'eau dans la même formation aquifère* après passage dans la pompe à chaleur (fonctionnement en "doublet") ;
- Le dispositif *ne prévoit pas la réinjection de l'eau dans la même formation aquifère* (par exemple, utilisation de l'eau après son usage thermique, rejet en surface ou dans un autre aquifère, …).

Dans les deux cas, les éléments des rubriques 1.1.0 et 1.1.1 s'appliquent, notamment comme le démontre dans la pratique les demandes faites auprès des services concernés (STIIIC, DRIRE).

Les éléments du *décret n°2003-868 du 11 septembre 2003 relatifs, d'une part, aux conditions d'implantation d'un forage (articles 3, 4 et 7) et, d'autre part, à l'organisation d'un chantier de forage en termes de prévention des risques de pollution (article 6*), sont applicables, dans tous les cas, aux forages destinés à l'alimentation de PAC

Remarques importantes sur la limitation de la température de rejet

En cas de rejet dans un réseau ou dans le milieu naturel, l'arrêté du 23 février 2001 paru en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 (JO n° 49 du 27/02/2001) fixe les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration.

L'article 8 de cet arrêté stipule que la température du rejet ne doit pas excéder 30°C et que la différence maximale de température entre l'eau prélevée et l'eau rejetée ne doit pas dépasser 11°C.

Réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Livre V "Prévention des pollutions, des risques et des nuisances" - titre 1er "Installations classées pour la protection de l'environnement" du code de l'environnement, complété par l'arrêté du 2 février 1998 (articles 14 à 17).

Dans la législation applicable aux opérations relevant des installations classées pour la protection de l'environnement, *les forages en eux-mêmes ne font pas l'objet d'une rubrique de la nomenclature des installations classées*. Toutefois, ces forages sont considérés comme des ouvrages connexes des activités soumises à autorisation ou déclaration.

Ainsi, l'autorisation d'exploiter délivrée au titre de la législation des installations classées à valeur d'autorisation au titre de la loi sur l'eau.

> Aux termes de l'article 14, "l'exploitant prend toutes dispositions nécessaires dans la conception et l'exploitation des installations pour limiter les flux d'eau. Notamment, la *réfrigération en circuit ouvert est interdite sauf autorisation explicite par arrêté préfectoral."*

Bien qu'aucun texte ne définisse la notion de circuit ouvert, l'utilisation d'eau d'aquifères (même avec réinjection) pour l'alimentation d'une pompe à chaleur utilisée en mode rafraîchissement, semble entrer dans ce cadre. Nous recommandons aux Maîtres d'ouvrages ou à leurs maîtres d'œuvre, pour le confirmer, d'interroger la DRIRE au cas par cas.

2.9.3. Le code de la santé publique

Il s'applique au cas particulier des *forages destinés à un usage alimentaire* (notamment pour la consommation humaine ou dans l'industrie agroalimentaire).

Comme dans le cas précédent, si l'ouvrage destiné à un usage thermique dans une opération de pompe à chaleur est également utilisé, en second usage, pour une application entrant dans ce champ, il tombe sous le coup du code de la santé publique.

Ainsi, lorsque le prélèvement d'eau dans le milieu naturel est destiné à la consommation humaine ou à une entreprise agroalimentaire, il est soumis à autorisation (articles R1321-6 à R1321-10 et R1321-14 du code de la santé publique).

Le captage doit respecter les prescriptions énoncées par son arrêté d'autorisation spécifique, pris en application de la législation sur l'eau et du code général de la santé. Il doit éviter les risques de pollution par retour d'eau (double réseau ou manchon souple). Les matériaux utilisés ne doivent pas être susceptibles d'altérer la qualité de l'eau.

Pour un usage alimentaire et/ou sanitaire collectif (captage d'alimentation en eau potable - AEP), le captage et la zone affectée par le prélèvement sont protégés par des prescriptions spécifiques détaillées dans les différents périmètres de protection du captage :

- Périmètre de protection immédiate : surface clôturée de quelques ares ;
- Périmètre de protection rapprochée : zone d'appel du captage dont la surface varie suivant le type d'aquifère (nappe captive ou aquifère karstique…) ;
- Périmètre de protection éloignée : zone d'alimentation du captage.

"Les installations, ouvrages, travaux et activités soumis à déclaration au titre de la loi sur l'eau relèvent du régime de l'autorisation à l'intérieur des périmètres de protection rapprochée des points de prélèvements d'eau destinée à l'alimentation des collectivités humaines et à l'intérieur des périmètres de protection des eaux minérales" (*article 2 du décret n° 93-743 du 29 mars 1993*).

2.9.4. Autres textes

Indépendamment de l'utilisation de l'eau captée, une installation de PAC sur nappe est soumise, comme toute installation de génie climatique, à diverses réglementations qu'il n'est pas prévu d'aborder dans le cadre du présent atlas.

Nous citerons cependant la réglementation relative aux ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) :

Selon la puissance électrique des compresseurs de la machine et conformément à la rubrique 2920 des ICPE, la mise en œuvre de PAC dont la puissance électrique est :

- **comprise entre 50 kW et 500 kW est soumise à déclaration ;**
- **supérieure à 500 kW est soumise à autorisation.**

Des réglementations spécifiques concernent l'utilisation des fluides frigorigènes.

2.9.5. Démarches administratives liées à la mise en œuvre de pompe à chaleur sur nappe

L'exploitant doit effectuer la demande d'autorisation ou la déclaration auprès du préfet de département. La préfecture est le « guichet d'entrée » unique de l'exploitant. Le dossier sera ensuite instruit par le service compétent.

Dans le cadre d'une installation de pompes à chaleur sur nappe, il convient de prendre en compte à la fois les dispositions en matière de ***police de l'eau***, et le cas échéant, les dispositions relatives à la ***police des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)***.

En effet, lorsque le projet de captage (ou de rejet) en nappe est nécessaire au fonctionnement d'une ICPE, une seule démarche est nécessaire. La déclaration ou la demande d'autorisation au titre des ICPE à valeur de demande au titre de la loi sur l'eau (article L 214-1 du code de l'environnement).

2.10. ELEMENTS FINANCIERS – COUT D'ACCES A LA GEOTHERMIE

2.10.1. Sables Infra-molassique

La réalisation d'opérations de géothermie de très basse énergie exploitant l'aquifère des Sables Infra-Molassique implique des coûts d'investissement et de fonctionnement extrêmement variables en fonction :

- de la profondeur du forage, de la nature des formations traversées, de la présence d'une nappe artésienne pour les coûts d'investissements,
- et de la profondeur de la pompe (et donc du niveau statique et dynamique de la nappe), du caractère corrosif et incrustant de l'eau pour les coûts d'exploitation.

Le nombre de facteurs à prendre en compte et leur grande variabilité spatiale ne permet pas de proposer des grilles de coûts. Chaque projet devra faire l'objet d'une étude technico-économique permettant de calculer la rentabilité de l'investissement, en tenant compte des objectifs fixés et des moyens possible à mettre en œuvre pour les atteindre.

2.10.2. Nappes alluviales (Pompes à Chaleur)

Il est également très difficile de proposer des grilles de coûts sans connaissance préalable du type de bâtiment à chauffer (ou refroidir) et des caractéristiques de la nappe à l'endroit étudié.

Par ailleurs, chaque entreprise aura pour chaque cas particulier, une politique de prix propre, difficile à anticiper.

Cependant, un travail d'enquête a été menée auprès de 41 entreprises de Midi-Pyrénées, spécialisées dans la pose de systèmes de PAC de type Eau-Eau afin d'approcher l'ordre de grandeur des coûts pour des situations « type ».

Seules deux entreprises ont accepté de nous communiquer des éléments de coûts. La société France Géothermie SARL Arnaud de l'Union (Toulouse) a bien voulu se prêter à un exercice de simulation de prix pour une installation de Pompes à Chaleurs de type EAU/EAU.

Le prix d'une installation et du fonctionnement d'un système de chauffage et/ou rafraîchissement par pompes à chaleur dépend de plusieurs facteurs :

- Le volume de bâtiment à chauffer,
- L'ancienneté du bâtiment et son indice d'isolation,

- La zone climatique, qui influence l'écart de température entre la température extérieure et la température de confort souhaitée dans l'habitation,

- Le type de dispositif de pompes à chaleur et notamment son coefficient de performance,

- Le type de chauffage : plancher chauffant, radiateurs,

- La mise en place de l'eau chaude sanitaire dans le dispositif.

Par ailleurs, l'installation d'un dispositif de chauffage par géothermie donne droit à des crédits d'impôts qui dépendent de la situation familiale du foyer (couple marié, nombres d'enfants etc).

Les simulations réalisées par France Géothermie avaient pour objectif de retranscrire un cas classique de projet d'installation de PAC EAU/EAU.

Aussi, pour un projet moyen de géothermie par PAC Eau/Eau, il faut compter environ 15 000 € TTC pour le coût d'une installation avec eau chaude sanitaire et rafraîchissement l'été. A cela, il faut déduire environ 4 500 € de Crédit d'impôts (pour un couple avec 2 enfants), soit un temps de retour sur investissement de 10 ans en moyenne.

A noter également que la durée de vie d'une installation est essentiellement conditionnée par l'usure du compresseur, dont la durée de vie est estimée à 30 ans environ.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats des deux simulations financières réalisées par France Géothermie.

Lieu	Type travaux	Surface chauffée – (plafond à 2,5 m)	T°C de confort demandée	Type PAC	COP PAC	Débit mini de la nappe	Surface capteurs	Type chauffage	Rafraîchissement	Coûts TTC	Crédit impôt (couple + 2 enfants)	Temps de retour sur invest. (/ chauffage électrique)
Toulouse	Rénovation	100	21°C	EAU/EAU	3,5	2,06		Plancher chauffant	Oui	14 960 €	4 670 €	12 ans
Toulouse	Rénovation	123 sur 2 étages	21 °C	CAPTEURS HORIZONTAUX	3,91		265 m²	Plancher chauffant au RDC et radiateurs à l'étage	Oui	16 450 €	4 161 €	11 ans

Illustration 15 – Synthèse des côuts simulés pour deux habitations situées à Toulouse (Origine : France Géothermie)

A noter que des travaux réalisés sur une maison en construction sont moins coûteux.

Les coûts indiqués dans le tableau ci-dessus ne prennent pas en compte le coût de réalisation du forage, qui dépend du type de formation géologique rencontré, de la profondeur souhaitée et du diamètre. Pour un cas moyen de forage réalisé dans les formations alluviales sur 10 m de profondeur, il faut compter environ 1 500 € TTC.

Pour la mise en place d'une PAC de type Eau/ Eau la profondeur du niveau piézométrique doit être inférieur à 20 m par rapport au sol. Au-delà, le COP n'est plus intéressant. Par ailleurs, la mise en place de ce dispositif devient vraiment intéressante pour des surfaces chauffées supérieures à 120 m².

Une liste non exhaustive des entreprises spécialisées dans la géothermie (tous procédés confondus) a été réalisée à partir de la banque de données des Pages Jaunes sur la région Midi-Pyrénées a été réalisée et est disponible en annexe 3.

La liste des 62 « foreurs qualité PAC » est également disponible en annexe 3. Elle donne les coordonnées des entreprises de forages référencées auprès du BRGM et de l'ADEME comme respectueuses le code de bonne pratique des forages pour les PAC.

Avec la mise en place du contrôle QUALIPAC, les installations jugées non-conformes ne pourront plus bénéficier de crédits d'impôts. Aussi, il convient de vérifier que l'installateur choisi est labélisé EUROVENT, ce qui garantit le COP, la consommation et la fiabilité du produit et le respect des normes QUALIPAC.

Les aides

Le tableau de l'illustration 16 ci-dessous synthétise les principales aides et leurs conditions d'obtention pour l'achat et la pose de PAC.

Organisme	Travaux subventionnés	Nature / Montant	Conditions
ANAH	Installation d'une PAC	Propriétaire occupant : subvention qui varie en fonction du type de travaux, des ressources du demaneur et de la région	Logement de plus de 15 ans qui est la résidence principale du demandeur ou de ses locataires
		Propriétaire bailleur : 20 % du montant des travaux (en dessous d'un plafond) + prime de 900 € pour l'installation d'une PAC air/eau ou de 1800 € pour une PAC associée à des capteurs	Après les travaux, le logement devra être occupé ou loué pendant au moins 9 ans comme résidence principale
EDF	Mise en œuvre d'une PAC	Primes et/ou prêts à taux réduits	Le matériel éligible doit avoir reçu le label Promotelec
Trésor Public	Achat d'une PAC	Crédit d'impôts représentant 50 % des dépenses pour l'achat de PAC sdont le COP est > 3. Il porte sur le ^prix des équipement et matériaux hors main d'œuvre (sur facture d'entreprise). En cas d'aides connexes (ANAH, Région etc), le crédit d'impôts est calculé sur le montant déduit des aides. Les particuliers peuvent également profiter d'une TVA à 5,5 % pour les prestations des	La PAC doit être installée dans la résidence principale du demandeur ou dans un immeuble collectif de plus de 2 ans.

Illustration 16 – Synthèse des principales aides à l'installation d'une PAC

3. Rappel sur la géologie et l'hydrogéologie des formations étudiées : alluvial et sables infra-molassiques du Gers

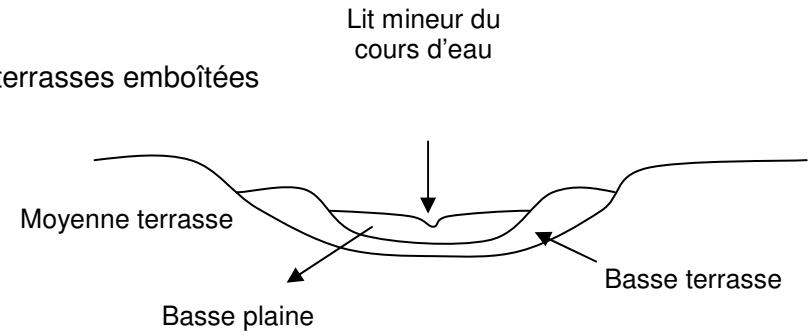
3.1. FORMATIONS ALLUVIALES

Le département du Gers est traversé par le système alluvial de l'Adour et par de nombreux petits cours d'eau issus du plateau de Lannemezan.

La configuration actuelle des principales vallées alluviales de la région Midi-Pyrénées est issue du modelage par séquence successive de creusement et de remblaiement des vallées opérée au cours du Quaternaire. De cette histoire récente résulte l'apparition de terrasses d'autant plus anciennes que leur replat est élevé en altitude.

En Midi-Pyrénées, deux schémas d'agencement relatif des terrasses entre elles peuvent être distingués :

- en terrasses emboîtées



- en terrasses étagées où le substratum peut ou non affleurer entre deux paliers successifs

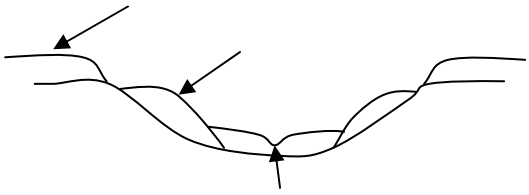


Illustration 17 – Schéma de principe de géométrie des terrasses alluviales

Dans le département du Gers, la nappe de l'Adour est la seule nappe alluviale importante du département. Après avoir coulé du Sud vers le Nord, l'Adour s'infléchit

vers l'Ouest à son entrée dans le département du Gers. La vallée conserve encore une largeur de l'ordre du kilomètre et sa lithologie sablo-graveleuse offre d'intéressantes possibilités de captage.

Selon sa position relative par rapport à la nappe, l'Adour peut l'alimenter ou la drainer. Les dépôts alluviaux de différents âges sont intimement reliés et toute la plaine de l'Adour du Gers ne constitue d'un seul aquifère en continuité hyraulique de Tarbes à Castelnau – Rivière-Basse, et de l'Adour aux côteaux molassiques. Ce système est donc majoritairement organisé en terrasses emboîtées, ce qui consituent un exception dans les sytèmes alluviaux de la région.

Principes généraux de mécanisme de dépôt au niveau régional :

Au Quaternaire, les grands fleuves de Midi-Pyrénées ont creusé leur vallée alluviale sur un substratum molassique et déposé des sédiments essentiellement sableux et graveleux.

Les cours d'eau ont ensuite connu des déplacements latéraux dits de « reptation des méandres » au cours desquels les alluvions déposées ont été remaniées. Les terrasses alluviales, situées à différentes altitudes, témoignent des variations du niveau du cours d'eau de l'époque. Elles correspondent aux dépôts des anciens lits des rivières et leur histoire est liée aux variations climatiques. En effet, les épisodes de glaciations successifs (Donau, Günz, Mindel Riss et Würm) ont conditionné la géométrie du substratum et l'alluvionnement en cinq (5) niveaux distincts de terrasses (cf. illustration13).

Les mouvements successifs des cours d'eau ont conditionné la morphologie des terrasses alluviales.

Description lithologique des différents niveaux de terrasses rencontrés

Ces formations fluviatiles sont généralement constituées par un niveau grossier, à la base, correspondant à des graviers et des galets entremêlés de sable plus ou moins argileux et par un horizon superficiel à granulométrie plus fine, venant recouvrir le précédent et caractérisé par des argiles et/ou des limons.

Ces terrains alluvionnaires forment des aquifères à nappe libre dont l'alimentation est assurée par l'infiltration directe des eaux de pluie au travers des différentes terrasses et par la rivière Adour, quand le niveau de celle-ci est supérieur à celui des nappes.

Le système alluvial de l'Adour compte cinq (4) niveaux de terrasses différents, les alluvions récentes et la basse plaine pouvant être regroupée en une seule unité. La composition de ces niveaux de terrasses est généralement très proche, et se distinguent essentiellement de part le degré d'évolution de l'altération des galets et l'évolution pédologique des limons.

Les faciès lithologiques généraux des différents niveaux de terrasses sont détaillés ci-après. Il convient cependant de noter que la composition des alluvions varie fortement

sur des distances très courtes. Cela peut s'expliquer par la présence de paléo chenaux des cours d'eau. Ces descriptions doivent donc être considérées avec prudence.

- **Alluvions anciennes**

Ces alluvions sont datées du Riss Elles sont constituées d'éléments de galets, gravier set sables roulés de quartz, de quartzite, de schiste, de grès, de gneiss et de granite. Les éléments schisteux et cristallins sont très altérés, libérant d'importantes quantités de sables fins argileux qui colmatent les formations et ce d'autant plus qu'elles sont plus anciennes. La moitié des galets de granite sont altérés en arène. L'épaisseur des alluvions ancienne est très variable et peut passer de 6 à 25 en fonction des endroits.

- **Alluvions des basses terrasses**

Ces alluvions sont datées du Pléistocène supérieur (Würm). Elles sont constituées par des galets, graviers et sables peu altérés, avec absence d'éléments calcaires. L'épaisseur des alluvions extrêmement variable : elles sont de l'ordre de 6 à 10 m dans leur partie Ouest et peuvent atteindre 25 m dans la région de Tarbes.

- **Alluvions de la basse plaine et alluvions récentes**

Ce niveau est daté du Post-Würm. Ces alluvions sont constituées de des sables et galets remaniés des dépôts wurmiens et rissiens. En surface, des matériaux moins caillouteux, plus limoneux (limons d'inondation ?) forment le matériau originel du sol non ou très peu différencié. L'épaisseur totale des alluvions varie de 3 à 10 dans la partie nord du département, mais peut atteindre plus de 20 m à l'amont du cours d'eau Adour.

- **Les nappes des rivières issues du plateau de Lannemezan**

En plus des formations alluviales de l'Adour, le Gers est couvert par des alluvions des rivières issues du plateau de Lannemezan. Toutes ces rivières font partie du bassin de la Garonne. Elles sont sub-rectillignes et les rares affluents coulent très souvent parallèlement à la rivière principale avant de la rejoindre. Dans la plupart des cas, les alluvions de ces rivières sont de faible extension, de faible puissance et de mauvaise perméabilité. Elle ne contient pas de nappe d'eau exploitable et ne sera donc pas étudiées dans le cadre de cette étude.

Hydrogéologie

- **Sens d'écoulement**

De manière générale, le sens d'écoulement des nappes, inhérent à la gravité, est le résultat d'une composante dirigée vers les grands cours d'eau drainants et vers les terrasses sous-jacentes. En effet, l'alimentation des nappes est issue en grande majorité des apports pluviométriques et du déversement des nappes des terrasses supérieures, pouvant parfois se matérialiser par des lignes de sources, lorsque des talus molassiques parviennent à l'affleurement.

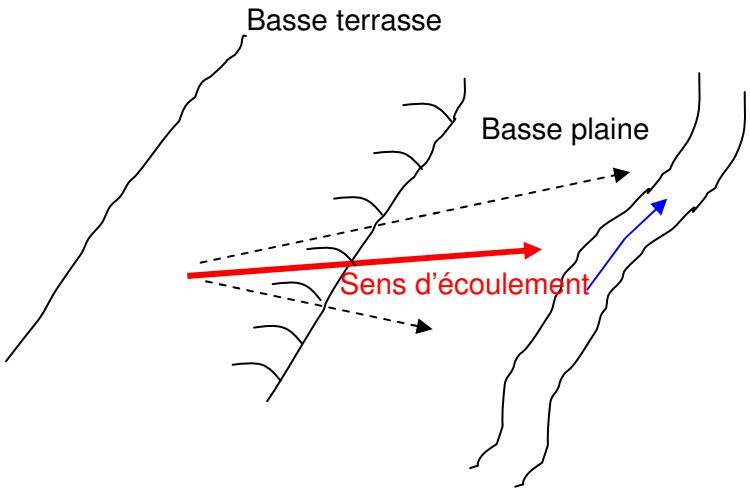


Illustration 18 – Schéma de principe des directions d'écoulement des nappes alluviales de Midi-Pyrénées

- **Productivité**

La productivité des nappes est globalement croissante des terrasses anciennes aux alluvions les plus récentes. Ce phénomène est lié à la lithologie des matériaux, et notamment au degré d'altération des alluvions en relation avec le pourcentage d'argile. Il est par ailleurs accentué dans les alluvions récentes (et éventuellement les basses plaines), par des effets de recharges ponctuels par les cours d'eau en crue.

Ainsi, les gammes de productivité attendues, vont de quelques m3/h et voire moins dans les moyennes terrasses, à une centaine de m3/h dans les basses plaines et alluvions récentes. Les débits relevés lors d'une étude de la CACG entre 1969 et 1973 varient de 10 à 150 m3/h et les débits spécifiques de 5 à 173 m3/h/m. Les transmissivités recensées sont importantes avec des valeurs variant de 1.10-3 à 8.10-2 m²/s. Les cœfficients d'emmagasinement sont de l'ordre de 8 à 12 %.

Il est cependant nécessaire de rappeler le caractère très hétérogène des alluvions, y compris dans un même niveau de terrasse. Il est en effet très fréquent d'observer des débits très différents sur des ouvrages distants de quelques centaines de mètres seulement. Cela peut s'expliquer par la présence de paléo chenaux ou de passées plus argileuses. Il est donc impossible de déterminer a priori le débit d'exploitation d'un ouvrage. Seul un essai de nappe par pompage peut apporter ce niveau d'information.

- **Physico-chimie**

Les eaux de nappes alluviales sont globalement proches de la neutralité et de dureté moyenne. Leurs températures oscillent entre 12 et 14°C en fonction des saisons et ne présentent pas d'anomalie de salinité particulière ou de pouvoir corrosif. Elles peuvent être localement fortement contaminées par les nitrates et les produits phytosanitaires, de part leur grande vulnérabilité intrinsèque et une pression polluante de surface importante.

3.2. FORMATION DES SABLES INFRA-MOLASSIQUES

Conditions de dépôts

La formation des sables infra-molassiques, caractérisée par sa lithologie, fait partie de système de dépôts datés de l'Eocène et se concentrant dans la partie Sud et Est du Bassin aquitain. Cette formation correspond à un épandage progradant de produits détritiques, parfois remaniés, issus de l'érosion du Massif central, pour les plus grossiers, et des Pyrénées, pour les plus fins.

Les sables infra-molassiques, ainsi que les autres niveaux sableux du Tertiaires, se sont déposés dans une dynamique de système deltaïque progradant très complexe. En 1997, CAVELIER et al., proposent un schéma géologique inédit du Tertiaire Sud Aquitain. A partir des données de forage et des interprétations sismiques, les auteurs replacent les différents faciès lithostratigraphiques et biostratigraphiques dans un schéma géologique illustrant le dispositif progradant des formations tertiaires dans le domaine de plate-forme jusqu'aux zones profondes de sédimentation. Il met également en évidence le diachronisme des Sables infra-molassiques, qui constituent le terme ultime du comblement du Bassin, avant le remplissage molassique continental.

L'illustration présente la mise en place des séries éocène par une dynamique progradante Est-Ouest des apports détritiques du bassin, dès la fin du Palécoène et jusqu'au Bartonien.

La profondeur de ces sables varie fortement en fonction des différents accidents structuraux (rides et fosses). Le toit des formations peut atteindre plus de 1500 m de profondeur dans la fosse de Tarbes, alors qu'il est rencontré à 100 m à Eugénie-les-Bains, ou est sub-affleurant à Barbotan.

Hydrogéologie

L'aquifère des sables infra-molassiques contient une nappe captive potentiellement très intéressante pour l'usage géothermique, avec une température des eaux pouvant atteindre 40°C. Les ouvrages captant cette nappe présentent généralement de bonnes productivités.

Les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe sont hétérogènes : la porosité et la perméabilité diminuent d'Ouest en Est, en raison d'un enrichissement en argile. La porosité est comprise entre 20 et 35 % (HOUSSE & MAGET, 1977).

Les valeurs de transmissivités sont de l'ordre de 2 à 5.10^{-4} m²/s, ce qui confirme les bonnes caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère. Les études réalisées suggèrent également l'existence d'une zone de transmissivité élevée prenant la forme d'un chenal orienté globalement nord-sud, débutant au Sud entre Pau et Tarbes, passant par Lussagnet-Izaute et se terminant à Barbotan. Les valeurs de transmissivité observées sont comprises entre 10^{-3} et 10^{-2} m²/s.

Les coefficients d'emmagasinement spécifique mesurés sont de l'ordre de 1.10^{-6} m^{-1}.

Les différentes cartes piézométriques réalisées montrent un domaine à forte pression et faible gradient hydraulique dans son secteur central et d'une zone d'effondrement des pressions plus au nord. Enfin, il est à signaler que cette nappe est jaillissante dans de nombreux secteurs. C'est le cas en particulier dans les vallées qui sillonnent le département du Gers, mais aussi celui du Gers où la nappe est artésienne dans toute la vallée de la Garonne (à Blagnac, la pression en tête de puits était de $2,6.10^5$ Pa au moment du forage, en 1067).

Les zones d'alimentation potentielles sont réparties sur les bordures Sud et Est du Bassin aquitain. Un drainage de la nappe des Sables infra-molassique par les aquifères sous-jacents est supposé avec les horizons carbonatés et dolomitisés du Paléocène, du Crétacé Supérieur et à un degré moindre, du Jurassique.

A noter enfin que la nappe des SIM est utilisée pour le stockage de gaz naturel au sein des structures anticlinales de Lussagnet et d'Izaute. L'activité annuelle de stockage et de déstockage se traduit par une onde périodique de pression/dépression qui affecte de manière plus ou moins sensible les ouvrages dans un rayon de 30 km environ autour des sites de stockage.

4. Opérations de géothermie dans le département du Gers

Les opérations de géothermie en fonctionnement sur les nappes alluviales et sur l'aquifère des SIM ont été recensées dans la Banque de Données du Sous-Sol (BSS) sur le département du Gers.

4.1. AQUIFERE PROFOND DES SABLES INFRA-MOLASSIQUES

En l'état actuel de nos recherches, une seule opération de géothermie exploitant la nappe des sables infra-molassiques a été recensée dans le Gers. Il s'agit du forage de la commune de Lamazère utilisé pour le chauffage de serres (cf. tableau de l'illustration 19 ci-dessous).

Code_BSS	Denomination	Lieu_dit	Commune	Ouvrage	Année de réalisation	Etat_ouvrage	Aquifere
10071X0012/F	Lamazere 1 - GLA 1		LAMAZERE	Forage	09/07/1981	Exploité	Aquifère profond

Illustration 19 – Liste des opérations de géothermie exploitant les SIM dans les Hautes-Pyrénées

4.2. NAPPES ALLUVIALES : POMPES A CHALEUR

La BSS contient relativement peu d'informations sur les dispositifs de pompes à chaleur mis en place en Midi-Pyrénées. Aussi, aucune opération de géothermie à très basse énergie n'a été recensée dans la base de données.

A l'heure actuelle, aucun organisme fédérateur n'est en mesure d'évaluer le nombre d'installation mise en place sur le département du Gers.

Néanmoins, l'AFPAC a réalisé pour l'année 2006 des statistiques du marché des pompes à chaleur pour les particuliers sur le territoire national. Ces données sont reprises dans les tableaux suivants :

Année	2002	2003	2004	2005	2006
Sol/ sol et Sol / Eau		5400	6800	7800	9600
Eau / Eau	7700	3600	4900	5400	8850
Air / Eau	4400	4700	5600	12000	35050
Air / Air	Données non représentatives				
TOTAL	12100	13700	17300	25200	53500

Illustration 20 - Evolution des différents dispositifs de PAC entre 2002 et 2006 (données AFPAC)

	Nombre		Répartition		
Type de PAC	Résidentiel	Non Résidentiel	Résidentiel	Non Résidentiel	**Total**
5 à 20 kW	1940	480	80	20	2420
21 à 80 kW	20	60	25	75	80
TOTAL	1960	540	78	22	2500
Evolution 2005 - 2006	46%	52%			47%

Illustration 21 – Nombre de PAC Eau/Eau fabriquées, importées et vendues sur le marché français en 2006 (données AFPAC)

5. Recensement des sources chaudes non exploitées du Gers

5.1. GENERALITES

La Direction de l'Environnement et du Développement Durable de la Région Midi-Pyrénées a fourni, dans l'avenant technique au cahier des charges, une liste des sources chaudes non exploitées de la région, sur la base des inventaires départementaux réalisés par le BRGM dans les années 1980.

Le département du Gers compte 7 sources et 2 forages d'eau chaude non exploités, listés dans l'illustration 22 suivante :

Sources

Code_BSS	Lieu_dit	nom_commun	Code_SA
09282X0002/HY	Storts	Ligardes	565
09546X0020/HY	SOURCE FONTAINE CHAUDE	Lavardens	565
09807X0020/HY	Horte	Bassoues	565
inconnu11	Crabot	Blousson-	565
inconnu12	Luro	Blousson-	565
inconnu14	Saint Pierre	Ramouzens	565
inconnu34	Source de St Fris	Bassoues	565

Forages

Indice_BSS	Lieu_dit	nom_commune	Code_SA
10547X0073	STATION THERMALE DE BARBAZAN_BB1	Barbazan	352d
10547X0087	Forage F1	Barbazan	352d
10547X0087	Forage F2	Barbazan	352d
10555X0040	CAPTAGES D'EAU DITS SOURCES LAVERAN AMONT ET AVAL	Encausse les Thermes	568d
10555X0040	Lavéran (forage géophysique)	Encausse les Thermes	568d
10097X0015	PUITS ET SOURCE DE MONTEGUT SEGLA (P2)	Muret	131a
inconnu17	Puits n°2	Muret	131a

Illustration 22 – Liste des sources et forages d'eau chaudes non exploitées du Gers

Le code BSS (Banque de données du Sous Sol) a été recherché pour chacune de ces sources et des tables spécifiques ont été développées dans la base de données. Les données de la BSS y ont ensuite été saisies. Pour les points ne possédant pas de code BSS, un code provisoire de type « InconnuX » a été attribué. Lorsque des investigations complémentaires auront été menées sur ces sources, un code BSS leur sera attribué et sera saisi dans la base de données. Ces points ont été géoréférencés dans un SIG sur la base de la documentation existante.

Les fiches descriptives des sources et forages d'eau chaude non exploitées sont disponibles en annexe 5.

5.2. SOURCES D'EAU CHAUDES NON EXPLOITEES VISITEES

5.2.1. Sources sélectionnées

Au vue des informations collectées sur les SCNE et des finalités de l'opération, une liste de critères de sélection a été établie pour identifier les 10 sources à visiter sur la région Midi-Pyrénées :

- sources chaudes, c'est-à-dire température supérieure à 15 °C,

- sources pérennes,

- sources publiques,

- présence de bâtiments collectifs sur la commune (données issue du questionnaire d'enquête),

- source situées à moins de 2 km du bourg (ou de tout établissement collectif).

Ce dernier critère étant difficile à évaluer à priori (carte IGN non actualisées), il n'a pas pu être pris en compte pour le choix des sites à visiter. Très peu de sources remplissent l'ensemble de ces critères. Aussi, la sélection a pu être élargie à des sources moins chaudes ou à des sources privées. Par ailleurs, le manque de connaissance sur le débit et sa variation dans le temps n'a pas permis l'utilisation de ce critère.

Malgré l'élargissement des critères, aucune source ou forage d'eau chaude n'a été retenu pour la réalisation d'une visite sur site, dans le département du Gers.

5.2.2. Organisation des visites de terrain

Les visites de terrain organisées sur la région Midi-Pyrénées ont permis :

- de constater l'état du point d'eau (présence d'un équipement en place, absence d'utilisation, état général du captage etc),
- de vérifier les coordonnées exactes du point, par mesure au GPS,
- d'identifier (lorsque les questionnaires n'apportaient pas cette information) le propriétaire,
- d'effecteur une mesure in-situ du pH, de la conductivité et de la température (à l'aide d'une sonde multi-paramètres),
- d'effectuer des observations naturelles permettant d'identifier des caractéristiques physico-chimiques de l'eau (dépôts de fer, dégagement de H_2S etc),
- d'évaluer le débit,
- de valider la géologie,
- de compléter ces informations par une discussion avec le propriétaire (variation et pérennité du débit, nom des sources etc).
- de localiser des bâtiments collectifs et de mesurer la distance entre ceux-ci et les points d'eau.

6. Evaluation du potentiel géothermique des deux principaux aquifères de Haute-Garonne : nappes alluviales et Sables Infra-molassiques

6.1. METHODOLOGIE ET DONNEES DISPONIBLES

6.1.1. Méthodologie

La définition de potentiels géothermiques de basse ou très basse énergie nécessite une connaissance spatialisée d'un certain nombre de paramètres. Il s'agit notamment de préciser :

- la géométrie de l'aquifère, c'est-à-dire son toit (sa limite supérieure) et son mur (sa limite inférieure) ainsi que sa limite d'extension ;

- la profondeur du niveau piézométrique, qui dans le cas d'un aquifère à nappe libre correspond au niveau de la nappe, ainsi que l'épaisseur de la nappe.

- la productivité de la partie mouillée de l'aquifère, que l'on caractérise par sa transmissivité ;

- la température de l'eau de nappe ;

- la qualité physico-chimique de l'eau de nappe, notamment son caractère corrosif ou entartrant. Ce paramètre est idéalement mesuré par l'indice de Ryznar I_R, qui est égal à : $I_R = 2\ pHs - pH$. Le pH de saturation (pHs) est déterminé à partir de la température, de la salinité totale, de l'alcalinité (TAC) et de la teneur en calcium. En pratique, cet indice est relativement complexe à calculer et est rarement rencontré dans la littérature : on s'attend à ne trouver que peu voire aucune valeur.

La spatialisation de ces paramètres a été effectuée sous la forme d'un maillage couvrant la totalité de la région Midi-Pyrénées. La maille de ce découpage est carrée et mesure 500 mètres de côté.

L'étude portant sur les aquifères alluviaux et sur celui des sables infra-molassiques, toutes les mailles définies ne sont pas concernées par l'étude. Des cellules « actives » ont donc été identifiées, sur la base :

- des limites définies dans la BDRHF-V1 pour les aquifères alluviaux. En effet, le Référentiel Hydrogéologique Français, version 1, est actuellement la référence nationale en matière de délimitation des aquifères de façon intrinsèque ;

- Néanmoins, la BDRHF-V1 ne portant que sur les aquifères de surface, elle n'a pu être utilisée pour les sables infra-molassiques (SIM). L'extension géographique des SIM a été précisée lors des travaux préalables à la réalisation du Modèle Sud-Aquitain. Cependant, la quasi-totalité des études réalisées sur cet aquifère n'a porté que sur sa partie sud, compte tenu notamment de l'existence des stockages de gaz de Lussagnet et Izaute. Il a donc été nécessaire de se limiter à ce dernier secteur, en l'absence de données portant sur l'ensemble de son extension. La délimitation concrète du territoire couvert par cette étude a été effectuée sur la base de l'extension du Modèle interrégional Sud Aquitain.

Une fois ce maillage défini, la spatialisation des paramètres précédemment cités a démarré. Pour ce faire, on s'est attaché à :

- identifier, collecter et évaluer la pertinence des données existantes permettant de caractériser ces différents paramètres ;

- créer une géologie simplifiée et homogène des zones alluviales de l'Adour et de la Garonne. Cette étape fut indispensable en vue de définir des zones de débit homogène (cf. ci-après).

- spatialiser les données de géométrie des aquifères et de piézométrie (ponctuelle, linéaire, zonale) par interpolation dans la limite des zones alluviales ou de celles des SIM et à en contrôler les résultats ;

- définir des zones dites homogènes du point de vue de la productivité des aquifères et les caractériser en termes de débits potentiels d'exploitation ;

- définir des zones homogènes en température de la nappe et les caractériser à partir des données disponibles dans la base ADES.

Cette spatialisation des paramètres a été effectuée sous S.I.G., donnant naissance à différents formats de données : polygones, points, polylignes, grilles. Les informations attributaires ont ensuite été transférées à la couche du maillage, soit géographiquement, soit par jointure entre identifiants communs (utilisation d'une clef primaire).

Enfin, les données collectées et élaborées au cours de l'étude ont été stockées dans une base de données ACCESS.

6.1.2. Données, modèles et outils

Données

La conception du SIG a nécessité de gérer quatre types d'objets :

- les points : sondages, points d'eau, données ponctuelles etc…,

- les polylignes : limites, cours d'eau etc…,

- les polygones : unités géologiques, unités hydrogéologiques etc…

- et les grilles : constituant le noyau central du SIG et dans lesquelles toutes les informations structurantes seront stockées.

Les données utilisées pour renseigner le SIG régional sont les suivantes :

- La Banque de données du Sous-Sol (BSS) : les principales sources d'information ponctuelles existant en matière d'eaux souterraines en France sont stockées dans la banque de données ADES et la Banque du Sous-Sol.

  La Banque du Sous-Sol a été consultée afin de collecter des données sur la géométrie des alluvions, la piézométrie, la productivité des aquifères (transmissivité, débit spécifique, rabattement, débit) et la physico-chimie des eaux (température, conductivité, pH, dureté,…).
- ADES : Une extraction de la banque nationale ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines) a été effectuée : elle a porté sur des données physico-chimiques (température, conductivité, pH, dureté,…).

- Le Modèle Numérique de Terrain au pas de 50 mètres de l'IGN (grille au sens SIG) a été utilisé pour définir la géométrie du toit des aquifères alluviaux de Midi-Pyrénées.

- Les résultats des campagnes piézométriques effectués dans le cadre du modèle hydrodynamique de l'Ariège ont également été valorisés.

- L'étude réalisée en 1997 par J-M Gandolfi sur la piézométrie des nappes alluviales de la Garonne (BRGM Rapport n°39404) a permis d'extraire une carte piézométrique homogène des alluvions de la Garonne sous forme de polylignes. Ces objets ont été reportés sur une grille au pas de 100 m, limitée aux zones de données. Les valeurs moyennées et de médiane ont été ensuite affectées à des cellules de 500 m de côtés, ajoutées par la suite à la grille régionale de Midi-Pyrénées.

- Modèle de la nappe alluviale du Tarn-et-Garonne : ce modèle hydrodynamique en régime transitoire de la nappe alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron dans le département du Tarn-et-Garonne a été réalisé à partir de mailles de 250 m de côté. Il est actuellement achevé et un l'outil de gestion permettant d'adapter les autorisations de prélèvements agricoles à l'état de la recharge est en cours de finalisation. Ce modèle a permis d'extraire des données sur la cote topographique du toit des alluvions, la cote du substratum, la piézométrie simulée, et les zones de perméabilité de calage.

- Modèle de la nappe alluviale du Gers : ce modèle est réalisé dans un objectif de prolongement du modèle du Tarn-et-Garonne à l'ensemble du système alluvial de la région (sauf la nappe Adour, déjà modélisée). Ainsi, la taille du maillage utilisé est également de 250 m de côté. Les travaux de modélisation et de calage sont en cours, mais ont permis d'extraire le semis de la cote du toit et du substratum des alluvions, ainsi qu'une première définition de zones de perméabilité.

Outils

L'outil utilisé pour la conception du SIG est ArcGIS v 9. Cet outil de cartographie permet de travailler sous ACCESS par la création de bases de données géoréfrencées : « géodatabases ». Il permet d'allier la puissance d'un logiciel de cartographie avec celle d'un gestionnaire de base de données.

Modèle

L'objectif du projet est de concevoir un outil d'aide à la décision en matière de géothermie très basse et basse énergie. Cet outil doit donc permettre de connaître le potentiel géothermique des nappes alluviales et de la nappe des Sables Infra-molassiques sur l'ensemble du territoire régional. Il a donc été décidé de créer un maillage de 500 m de côté couvrant l'ensemble de la région Midi-Pyrénées, cette grille étant liée à une géodatabase ACCESS contenant l'ensemble des données structurantes (toit, mur, épaisseur des alluvions, débits d'exploitation, température, physico-chimie). Une analyse multi-critères sera réalisée en 2007 et permettra d'attribuer une note de potentiel géothermique des aquifères. Ainsi, la sélection d'une maille permettra de connaître le potentiel géothermique du ou des aquifères situé(s) à cet endroit.

Le détail de la méthodologie utilisée pour spatialiser l'ensemble des paramètres nécessaires à la réalisation de l'analyse multicritères est disponible dans le rapport final de l'étude « Outil d'aide à la décision en matière de géothermie très basse à basse énergie dans la région Midi-Pyrénées » - BRGM RP – 55888 –FR.

6.2. CHOIX DES CRITERES PERMETTANT DE DEFINIR LE POTENTIEL GEOTHERMIQUE DES NAPPES

Les paramètres utilisés pour évaluer les potentialités géothermiques des nappes alluviales et des SIM sont reprises dans l'illustration 23 ci-après. Ces critères sont quasiment identiques pour les deux types d'aquifères, excepté pour la notion de productivité de l'aquifère qui est approché par la transmissivité pour les SIM et par des zones de débits d'exploitation pour les nappes alluviales.

Chaque paramètre est traduit en termes de critères intervenant dans le potentiel géothermique des nappes. Ces critères peuvent varier légèrement entre les aquifères de surface, où seule la géothermie à très basse énergie sera utilisée et les SIM profonds où le procédé utilisé pourra varier en fonction de la température.

SIM

	FAISABILITE	PRODUCTIVITE	COUT D'ACCES (Investissement)	COUT DE FONCTIONNEMENT	RENDEMENT	TYPE DE PROCEDE DE GTH
1) EXTENSION de l'aquifère						
2) EPAISSEUR AQUIFERE (= Prof Toit - Prof Mur)						
3) Prof. Niveau PIEZOMETRIQUE						
4) TRANSMISSIVITE						
5) PHYSICO-CHIMIE						
6 TEMPERATURE						

NAPPES ALLUVIALES

	FAISABILITE	PRODUCTIVITE	COUT D'ACCES (Investissement)	COUT DE FONCTIONNEMENT	COEFFICIENT DE PERFORMANCE DE LA PAC
1) EXTENSION de l'aquifère					
2) EPAISSEUR AQUIFERE (= Prof Toit - Prof Mur)					
3) Prof. Niveau PIEZOMETRIQUE					
4) DEBITS					
5) PHYSICO-CHIMIE					
6 TEMPERATURE					

Illustration 23 - Tableau de syntyèse des paramètres et critères utilisés pour la définition du potentiel géothermique des aquifères étudiés

L'intérêt d'une opération de géothermie peut être évalué par l'intermédiaire trois grandeurs principales :

- LA RECETTE CALORIFIQUE, c'est-à-dire le couplage du débit disponible (traduisant la productivité de l'aquifère) et de la Température disponible,

- LES COUTS D'INVESTISSEMENT : il varie principalement en fonction du nombre de mètres linéaires de foration (déterminé par la profondeur du toit de l'aquifère), de la lithologie (dureté) des formations traversées et de la présence d'artésianisme. La physico-chimie de l'eau et notamment son caractère agressif ou incrustant peut jouer dans une moindre mesure, mais ce paramètre n'est pas suffisamment connu pour être pris en compte.

- LES COUTS DE FONCTIONNEMENT : ils dépendent essentiellement de la physico-chimie de l'eau.

Une fois les paramètres de l'analyse multicritères identifiés et les grandeurs à caractériser fixées, l'estimation du potentiel géothermique peut être réalisé pour les deux types d'aquifères.

6.3. ESTIMATION DES POTENTIALITES GEOTHERMIQUES DES NAPPES ALLUVIALES ET L'AQUIFERE DES SIM : ANALYSE MULTICRITERES

L'importance de certains paramètres varie en fonction du type de nappe en présence. Ainsi, des poids différents vont être affectés aux paramètres de l'analyse multicritères pour les nappes alluviales et les SIM.

6.3.1. Nappes alluviales

Les aquifères alluviaux sont très peu profonds sur toute leur extension, car par définition, il s'agit de nappes développées dans des sédiments de cours d'eau actuels et donc superficiels. Par ailleurs, les caractéristiques physico-chimiques de ces eaux sont stables et relativement inertes dans le cadre d'un usage géothermique : eaux neutres, peu minéralisées, en équilibre vis-à-vis de la Calcite et des autres minéraux.

Aussi, la géométrie de l'aquifère et la composition physico-chimique des eaux vont très peu influencer les coûts d'investissement et de fonctionnement des pompes à chaleur.

Dans le cas des nappes alluviales, la principale contrainte n'est pas tant financière, dans le sens d'un coût d'investissement initial puis d'entretien que technique. En effet, elle dépend davantage, de la rentabilité de l'opération, c'est-à-dire de l'apport calorifique et donc de l'économie d'énergie au regard des coûts d'investissement. C'est donc la notion de RECETTE CALORIFIQUE qui va déterminer le potentiel géothermique de cette aquifère. Or, cette grandeur est caractérisée par les deux paramètres : Température et débit.

Température

La température des eaux des nappes alluviales de la région a été calculée pour chaque maille de l'outil d'aide à la décision (cf. Annexe 6).

Des seuils de classes de température ont été choisis pour rendre compte de la compatibilité avec un usage géothermique. Les classes suivantes ont été créées :

- Température < 8°C : en-dessous de cette valeur, on estime que le rendement d'un PAC est insuffisant. La Géothermie n'a pas d'intérêt.

- 8 < T°C < 10 °C : le rendement de la PAC ne sera pas optimal mais l'utilisation de la géothermie peut être envisagée.

- 10 < T°C < 12 °C : La rentabilité de la PAC est un peu meilleure et devient intéressante.

- T°C > 12°C : le rendement de la PAC est optimal. La géothermie est une solution très intéressante.

Une carte des classes de température des nappes alluviales du Gers est disponible en annexe 6.

Débits d'exploitation

Si la valeur de débit est une notion importante dans le calcul de rentabilité d'une opération de géothermie à très basse énergie, elle n'est pas suffisante. Elle doit impérativement être combinée à une valeur de débit qui permettra de calculer la recette calorifique de l'opération. En effet, une eau chaude mais fournie avec un très faible débit ne permettra pas forcément de générer les calories suffisantes au chauffage d'un bâtiment.

Une carte des zones de débits exploitables a été réalisée (cf. annexe 7). On constate que l'écart type de valeurs peut être important et le nombre de valeurs collectées sur chaque zone peut varier fortement (de 3 à 92). Ces phénomènes impliquent que la médiane peut fortement différer de la moyenne. Par ailleurs, dans le cadre de cette étude, on cherche davantage à garantir un débit minimal. Il a donc été décidé que les seuils de classes de débits et l'affectation de chaque zone à une classe débit tiendront compte de la valeur du 1er quartile (25 % de chances d'obtenir un débit en dessous de cette valeur).

Les classes de débits choisies sont les suivantes :

- Q < 2 m3/h : en-dessous de cette valeur, la mise en place d'une PAC est impossible ou doit se limiter à des surfaces très réduites (< 30 m²),

- 2 < Q < 10 m3/h : dans cette gamme de débit, on peut espérer chauffer des bâtiments de 80 à 150 m² sans trop de difficultés, dans la mesure où les conditions de température des eaux sont favorables. Les PAC sont réservées à des habitations individuelles.

- 10 < Q < 20 m3/h : cette gamme de débit permet d'envisager le chauffage d'habitations individuelles (et/ou le refroidissement) de surface encore plus importantes, voire même de petit bâtiments collectifs.

- Q > 20 m3/h : dans des conditions de températures favorables, ces valeurs de débits permettent d'envisager l'équipement de bâtiments collectifs.

A noter que certaines zones sont totalement dépourvues de données ponctuelles de débit. Dans ce cas, une classe de valeur a été affectée en fonction des gammes de débits données dans la littérature et des gammes de débits fournies dans l'étude de J-C Soulé. C'est le cas pour la basse plaine, pallier supérieur de la Garonne Amont située entre Cazères, St Gaudens et Montréjeau, les alluvions du Lot, le Fz de l'Agout et du Dadou et les karsts du Lot.

Il convient de rappeler que tout projet d'installation de PAC doit être précédé d'une étude faisabilité qui permettrait de fixer précisément le débit d'exploitation. Cette étude prend encore plus d'importance dans les secteurs où les données de débits sont absentes ou peu nombreuses.

La carte des classes de débits de la nappe alluviale dans le département du Gers est présentée en annexe 7.

Analyse multicritères

Le croisement des deux paramètres Température et débit permet d'aboutir à une note de potentialité de l'aquifère au droit de chaque maille de l'outil d'aide à la décision.

Ces résultats sont présentés dans le tableau de l'illustration 24.

		Température			
		<= 8°C	8< T <=10	10< T <= 12	> 12°C
Débit (1er quartile)	<= 2 m3/h	**1**		**1**	
	2< Q <=10		**2**	**3**	
	10< Q <=20		**3**	**4**	
	> 20 m3/h				

On définit 4 classes de potentialité :

Note 1 : Mise en place d'une PAC très difficile, y compris pour des maisons individuelles (surface chauffée < 30 m²).

Note 2: Mise en place d'une PAC possible pour des habitations individuelles (Surface de 80 à 150 m² en fonction du débit), mais POC à déterminer.
Note 3: Très favorable à l'installation du'un PAC pour habitation individuelle et éventuellement pour petits collectifs.
Note 4: Très favorable à l'installation d'une PAC pour tous types de bâtiments.

La zone A correspond à la partie amont de l'Adour (z > 1000 m NGF), à Fx et Fw de la Garonne et du Lot,
La zone B correspond à la partie amont de l'Adour (500 < z < 1000 m NGF)

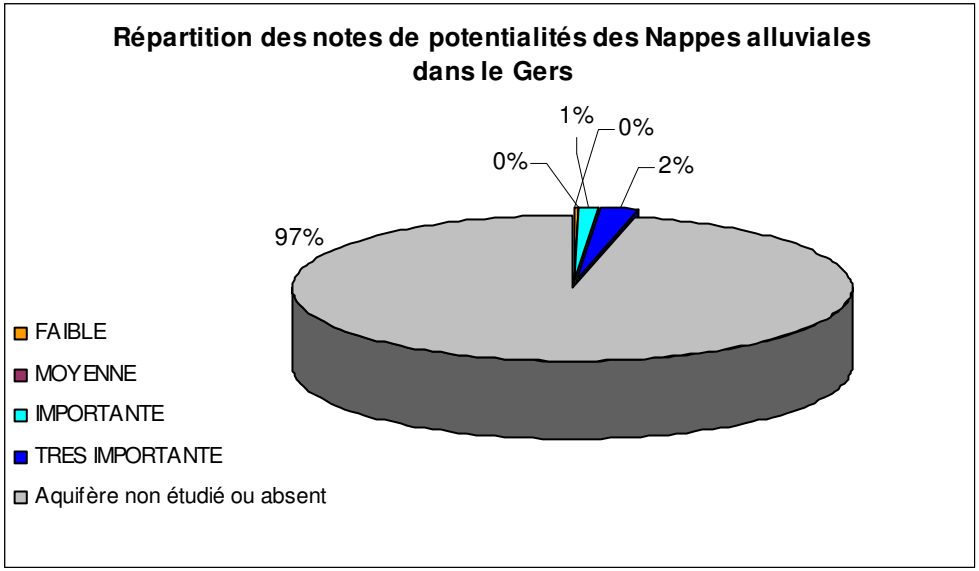
Illustration 24 - Grille d'évaluation de la note de ponetialité géothermique des nappes alluviales du Gers

Résultats

La carte des potentialités géothermiques des nappes alluviales du département du Gers est présentée en annexe 8.

La surface des nappes alluviales représentent 30 % de la surface du département, ce qui est relativement important par rapport aux autres départements de Midi-Pyrénées. De plus, près de 80 % de la surface des nappes alluviales présentent de bonnes à très bonnes potentialités, notamment pour le chauffage et la climatisation d'habitations individuelles. La mis en place de PAC pour des bâtiments collectifs est envisageable dans les alluvions de la basse plaine et des alluvions récentes. Par contre, les alluvions de la moyenne terrasse présentent de très faibles potentialités pour la géothermie.

	Note Potentialités ou RC	Alluvial
Répartition des notes de potentialités sur la totalité du département	FAIBLE	0%
	MOYENNE	0%
	IMPORTANTE	1%
	TRES IMPORTANTE	2%
	Aquifère non étudié ou absent	96%
Répartition des notes de potentialités sur l'extension des aquifères	FAIBLE	10%
	MOYENNE	0%
	IMPORTANTE	29%
	TRES IMPORTANTE	61%



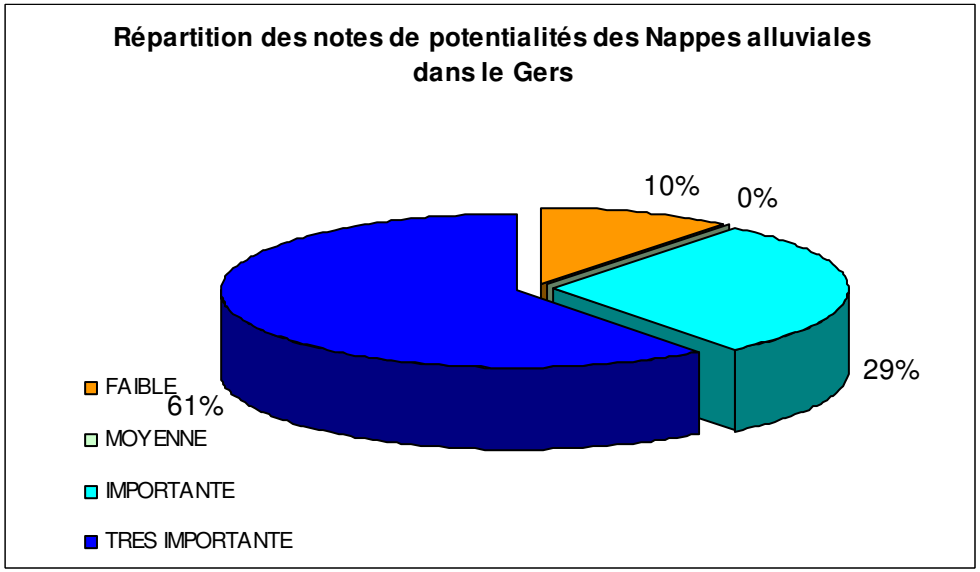


Illustration 25 – Tableaux et graphique de répartition des notes de potentialités des nappes alluviales du Gers

6.3.2. Sables Infra-molassiques

Contrairement aux aquifères alluviaux, la profondeur du toit des Sables Infra-Molassiques varie fortement dans la région et peut atteindre jusqu'à 2500 m dans le secteur de Carbonne (Haute-Garonne). La nappe peut devenir également artésienne sur des secteurs importants. Ces caractéristiques ont un impact important sur le coût d'accès à la géothermie.

Par ailleurs, dans certaines zones de l'aquifère, les eaux peuvent présenter des salinités importantes, ainsi qu'un comportement corrosif qui peuvent augmenter considérablement les coûts d'exploitation et d'entretien d'une installation géothermique.

Les notions de COÛT D'INVESTISSEMENT ET DE FONCTIONNEMENT restent donc importantes pour les SIM et seront évaluées. Cependant, la RECETTE CALORIFIQUE reste le critère déterminant, qui pourra être modulé en fonction des objectifs poursuivis et notamment :

- de la taille du réseau de chaleur projeté,
- des besoins énergétiques,
- de la population desservie etc.

Les problèmes liés aux coûts pourront prendre plus ou moins d'importance en fonction des enjeux locaux, ce qui reste à l'entière appréciation de l'utilisateur de l'outil d'aide à la décision. Dans ce contexte, chaque projet devra être étudié comme un cas particulier.

EVALUATION DE LA RECETTE CALORIFIQUE

Comme pour les nappes alluviales, la recette calorifique est appréhendée à partir du croisement de la productivité de l'aquifère et de la température de l'eau. Cependant, pour les SIM, il existait trop peu de données sur les débits d'exploitation pour pouvoir travailler sur ce paramètre. Par contre, le Modèle Hydrodynamique Sud Aquitain a permis d'avoir un maillage des transmissivité. Ce paramètre, lié à la notion de productivité sera donc utilisé pour rendre compte de la productivité de l'aquifère.

- Transmissivité

Les gammes de transmissivité varient de 0 à $7{,}5.10^{-3}$. Les classes suivantes ont donc été réalisées :

- <= 10-4 m²/s : aquifère très peu productif
- $10^{-4} < T < 6.10^{-4}$: aquifère peu productif
- $6.10^{-4} < T < 2.\text{-}10^{3}$: aquifère productif
- $T > 2.10^{-3}$: aquifère très productif

Il est important de signaler que ces valeurs de transmissivité sont des valeurs de calage d'un modèle hydrodynamique réalisé à partir de mailles de 1 km de côté. Il s'agit donc d'ordres de grandeurs et non de valeurs établies à partir d'essai de nappe par pompage. Il convient de les utiliser avec toutes les précautions nécessaires.

La carte des classes de transmissivité ou de productivité des SIM dans le département du Gers est disponible en annexe 9.

- Température

La température des eaux des SIM a été calculée à partir de la profondeur de l'aquifère et du gradient géothermique établi dans une étude de 1977.

A partir de ces résultats, des classes de température ont été crées pour rendre compte de la potentialité géothermique de l'aquifère :

- T° ≤ 20 °C : Une opération de géothermie est réalisable, mais avec mise en place d'un système de PAC. La rentabilité de l'opération (ratios entre les couts d'investissement et le gain d'énergie) n'est pas assurée.

- 20 < T°C ≤ 40°C : La mise en place d'un échangeur direct est possible, mais le coefficient de performance du système (rapport entre la puissance utile et la puissance consommée) varie de 4 à 20. La rentabilité de l'opération doit être étudiée.

- 40°C < T°C ≤ 60°C : Echangeur direct avec coefficient de performance supérieure à 20. Température favorable. Forte probabilité d'avoir une bonne rentabilité de l'opération.

- T°C > 60°C : Echangeur direct avec de très bon coefficient de performance. Température très favorable. Forte probabilité d'avoir une très bonne rentabilité de l'opération.

La carte des classes de température des SIM du département du Gers est disponible annexe 10.

- Analyse multicritères :

La combinaison des deux critères de température et de débit permet d'aboutir à une note d'importance de la RECETTE CALORIFIQUE. La méthode d'évaluation est synthétisée dans l'illustration 26 ci-après.

			Température			
			<= 20°C	20< T <=40	40< T <= 60	> 60°C
Transmissivité	<= 0,0001 m²/s	TRES PEU PRODUCTIF	1	1	1	1
	0,0001< T <= 0,0006	PEU PRODUCTIF	1	2	3	3
	0,0006< T <= 0,002	PRODUCTIF	2	3	3	4
	> 0,002 m²/s	TRES PRODUCTIF	2	3	4	4

Légende des notes	Recette Calorifique
1	Faible
2	Moyenne
3	Importante
4	Très importante

Illustration 26 – Analyse mulitcritères perùmettant d'évaluer la RECETTE CALORIFIQUES des opérations de géothermie réalisées sur l'aquifère des SIM

Cette méthodologie a été appliquée à l'ensemble des mailles de l'outil d'aide à la décision, et à permis d'aboutir à un document cartographie (annexe 11) montrant l'importance de la recette calorifique attendue pour les SIM.

La notion de recette calorifique doit être nuancée par les autres notions de coût d'investissement et d'exploitation.

Coût d'investissement

Le coût d'investissement est essentiellement conditionné par le coût de forage, qui peut varier de plusieurs ordres de grandeurs en fonction de la profondeur, de la nature des matériaux traversés, et de la présence d'artésianisme. Il est impossible de donner un coût moyen par mètre linéaire de forage, car l'augmentation du prix n'est pas linéaire en fonction de la profondeur. Il serait donc dangereux et trompeur d'afficher des prix, même sous forme de fourchettes pour des forages visant à capter les SIM.

On peut cependant définir des critères venant influencer l'ampleur du coût d'investissement. Il s'agit de la profondeur et de la présence d'artésianisme.

La carte de profondeur du toit des SIM a été réalisée par soustraction de la cote topographique avec la cote du toit de l'aquifère.

La carte des zones potentiellement artésiennes a été réalisée par soustraction de la cote piézométrique de la nappe des SIM avec la cote topographique.

Le tableau de l'illustration 27 ci-après donne une idée des impacts financiers à prévoir en fonction de ces deux paramètres :

Profondeur du toit de l'aquifère		(1) Artésien	(2) Non artésien
1	0 < P <= 200 m	1	
2	200 < P <= 500 m	2	1
3	500 < P <= 1000 m	3	2
4	> 1000	3	3

Légende des notes	
1	Coût modéré
2	Coût important
3	Coût très important

Illustration 27 – Analyse multicritères permettant d'évaluer l'importance des coûts d'investissement (foration) pour une opération de géothermie exploitant les SIM

Il convient de rappeler que la notion de coût d'investissement doit être mise ne perspective par le calcul de rentabilité et la durée d'amortissement de l'opération. Qui doivent être effectuée dans le cadre d'une étude de faisabilité technico-économique.

La carte évaluant l'importance des coûts d'investissement de l'aquifère des SIM dans le département du Gers est disponible en annexe 12.

Coût de fonctionnement

Pour les SIM, la variation des coûts de fonctionnement est essentiellement conditionnée par le faciès physico-chimique des eaux. En effet, des études ont montré que certains secteurs des SIM présentaient des eaux très chargées en sels (Chlorures et Sulfates) et agressives par rapport aux métaux (cf. Indice de Rynzar). Ces deux paramètres étant bien corrélés, seul le critère de salinité peut être retenu pour l'augmentation du coût de fonctionnement des ouvrages.

Les recherches bibliographiques menées sur les sites géothermiques en exploitation sur les SIM, ont d'ailleurs montré des problèmes de corrosion des tubages et des pompes, notamment sur le site de Blagnac.

Il est très difficile de connaître a priori la composition chimique des eaux captées dans les SIM. Nous pouvons seulement indiquer que la zone de forte minéralisation contribue à augmenter de manière significative les coûts de fonctionnement de l'unité de pompage. Cette zone de minéralisation ne concerne pas le département du Gers.

Salinité	Surcoût de fonctionnement
Cl- < 35 mg/l et SO42- < 70 mg/l	1
Cl- > 35 mg/l et SO42- > 70 mg/l	2

Légende des notes

1	Modéré
2	Important à très important

Illustration 28 – Influence de la salinité (et de la corrossivité) des eaux des SIM sur le surcoût de fonctionnement

Représentation globale du potentiel géothermique des SIM

Les cartes des annexes 11 et 12 permettent de représenter l'ensemble de ces résultats et d'évaluer ainsi le potentiel géothermique de la nappe à l'endroit étudié.

Le potentiel géothermique est conditionné principalement par l'importance de la recette calorifique, et peut ensuite être nuancé par le coût d'investissement et la présence d'eau fortement minéralisées. La première carte indique également les valeurs ponctuelles de débits d'exploitation, ce qui permet à l'utilisateur de se faire une idée des gammes de débit attendues. Par ailleurs, le type de procédé de géothermie (PAC ou échangeur direct), induit par la température de l'eau, sont représentés par des motifs. La seconde carte permet de rendre compte de l'importance des coûts d'investissement.

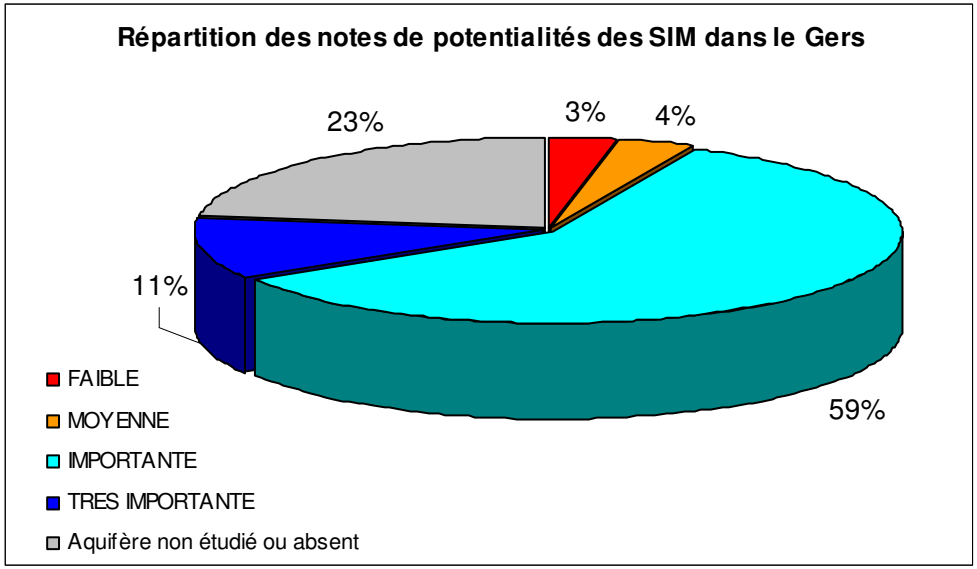
En fonction des finalités de son projet, l'utilisateur prendra en compte une partie ou l'ensemble des critères présentés.

Résultats

La carte des potentialités de la nappe des SIM dans le département du Gers est disponible en annexe 11.

La nappe des SIM couvre la moitié de la surface du département, ce qui est relativement important par rapport aux autres départements de Midi-Pyrénées. 80 % de l'extension des SIM présentent de bonnes à très bonnes potentialités géothermiques. 15 % de la surface des SIM ont un faible potentiel. Il faut cependant préciser qu'il existe au sein des surfaces favorables une zone de forte minéralisation des eaux pouvant induire des surcoûts de fonctionnement.

	Note Potentialités ou RC	SIM
Répartition des notes de potentialités sur la totalité du département	FAIBLE	3%
	MOYENNE	4%
	IMPORTANTE	60%
	TRES IMPORTANTE	11%
	Aquifère non étudié ou absent	23%
Répartition des notes de potentialités sur l'extension des aquifères	FAIBLE	4%
	MOYENNE	5%
	IMPORTANTE	78%
	TRES IMPORTANTE	14%



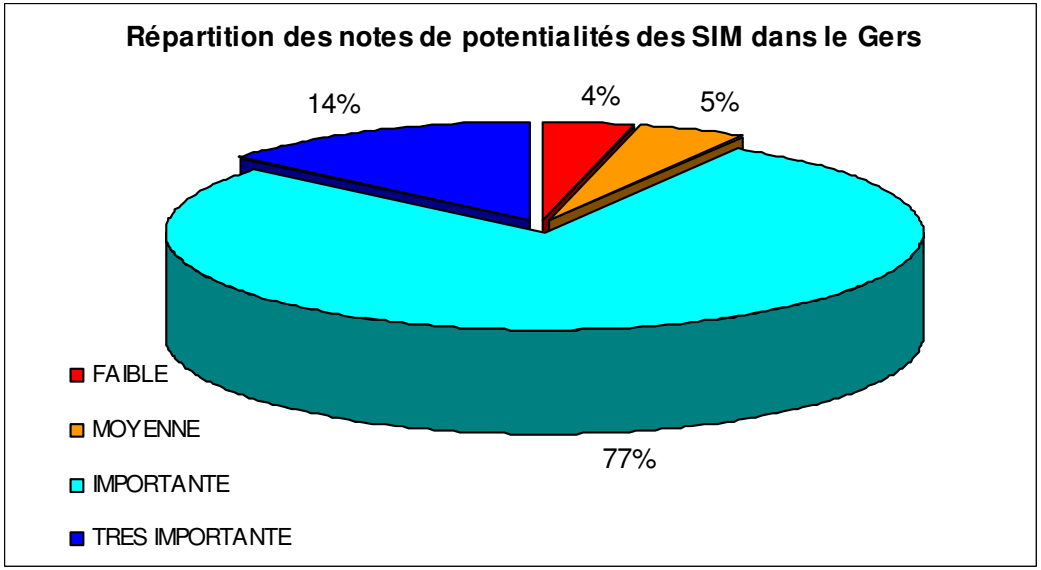


Illustration 29 – Tableaux et grahiques de répartition des notes de potentialités des SIM dans la Haute-Garonne

7. Principes et fonctionnement de l'outil d'aide à la décision

L'outil d'aide à la décision en matière de géothermie très basse et basse énergie de la région Midi-Pyrénées est conçu à l'aide d'un SIG développé sous ARCVIEW et lié à une base de données ACCESS (géodatabase). Le fichier est nommé « OUTIL_GEOTHERMIE.mxd ».

Il comprend trois volets distincts : l'évaluation de la potentialité géothermiques des aquifères alluviaux et des SIM, le recensement des opérations de géothermie existantes, et le recensement des sources et forages thermo-minéraux non exploités.

Un environnement de consultation convivial a été développé en Visual Basic sous Arcview afin de faciliter l'utilisation de l'outil, notamment pour les personnes peu familières d'Arcview.

7.1. PRINCIPES GENERAUX DE CONSULTATION DE L'OUTIL

Lors de l'ouverture du fichier « OUTIL_GEOTHERMIE.mxd », un menu général s'ouvre automatiquement et propose trois options :

- consulter les informations sur les opérations de géothermie existantes,
- consulter les informations sur les sources et forages d'eau chaude non exploités,
- Connaître le potentiel géothermique d'un aquifère.

Lorsque l'utilisateur fait son choix, il bascule sur d'autres menus détaillés dans les paragraphes ci-après.

Le principe de navigation de l'outil d'aide à la décision sont repris dans l'illustration 30.

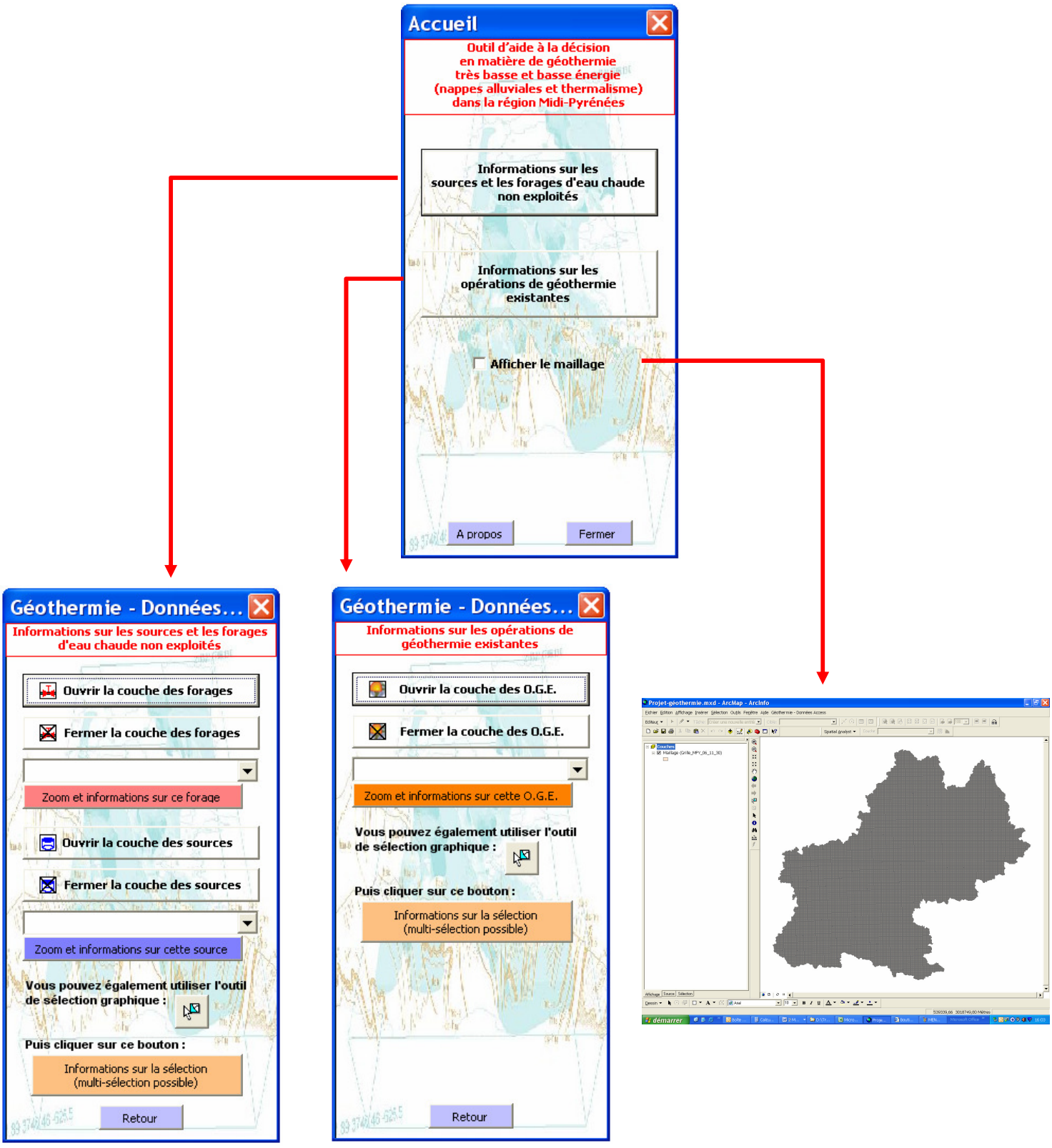


Illustration 30 – Menu principal de l'outil d'aide à la décision

7.2. POTENTIALITES GEOTHERMIQUES DES AQUIFERES DE MIDI-PYRENEES

La région est quadrillée par un maillage de 500 m de côté. Seules les cellules présentant au moins un des deux aquifères étudiés, c'est-à-dire les nappes alluviales ou les SIM, sont visibles et actives, c'est-à-dire liées à une source d'informations. Cela représente 39 281 mailles.

En effet, ces deux aquifères ont été identifiés par le Comité de Pilotage comme étant les plus intéressants pour une valorisation géothermique. La détermination du potentiel géothermique a donc été restreinte à ces deux formations.

Lorsque l'utilisateur clique sur une maille active avec l'outil « Information » d'Arcmap, une fenêtre s'ouvre et plusieurs champs sont visibles (cf. illustration 31 ci-après) :

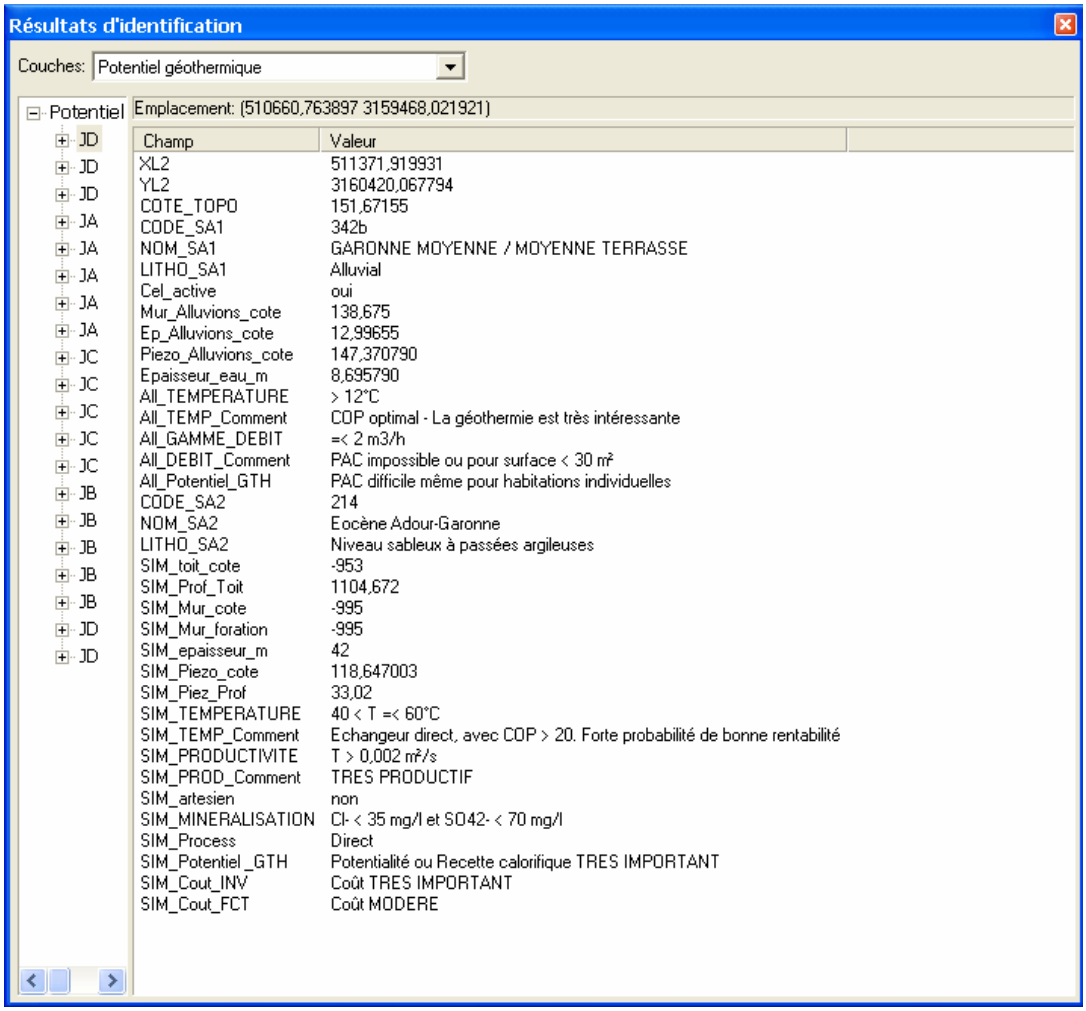


Illustration 31 – Extrait des champs visibles lors de la sélection d'une maille dans l'outil

A noter que la table attributaire contient en réalité beaucoup plus de champs qui n'ont pas été rendu visibles pour l'utilisateur, car il s'agit de données de travail intermédiaires qui viendraient compliquer la consultation de l'outil.

L'utilisateur connaît ainsi les caractéristiques géométriques des aquifères dans la maille sélectionnée, ainsi que leur potentiel géothermique ou recette calorifique. Pour les mailles concernées par les SIM, il est également indiqué l'importante du coût d'investissement et de fonctionnement.

Il est important de rappeler que les données compilées dans le SIG sont issues de modèles hydrodynamiques, de la bibliographie, de données ponctuelles issues de la BSS ou de ADES. Aussi étant donné la précision du maillage, l'hétérogénéité spatiale des données et les multiples sources d'information, **la note de potentiel géothermique est uniquement destinée à orienter l'utilisateur. Elle ne peut en aucun cas remplacer une étude de faisabilité.** Par ailleurs, il convient de rappeler que les données de géométrie des aquifères sont spatialisées par mailles, alors que les valeurs de productivité (débits d'exploitation pour les nappes alluviales et transmissivité pour les SIM) ont été affectées à des zones.

7.3. SOURCE ET FORAGES D'EAU CHAUDE NON EXPLOITES

Les source et forages d'eau chaude non exploités ont été recensés et des données issues de la bibliographie ou de visites de terrain ont été saisies dans la base de données associée à l'outil d'aide à la décision. Ces informations sont donc directement disponibles depuis le SIG (ainsi que dans la base ACCESS).

Lorsque l'utilisateur choisit cet item dans le menu général, un autre menu s'ouvre et lui propose (cf. illustration 30) :

-d'afficher tous les sites de forages ou toutes les sources,

- d'obtenir des informations sur un forage ou une source via un menu déroulant. Cette fonction réalise également un zoom graphique sur l'objet sélectionné.

- de sélectionner graphiquement un forage ou une source et de cliquer sur un bouton permettant de visualiser les données de ce point.

Lorsque l'utilisateur choisit de consulter les informations relatives à un point, une nouvelle fenêtre s'ouvre et vient télécharger des données stockées dans la base ACCESS. Les figures, images, et schémas recensés ont été classés par thématiques et sont visibles en basculant sur les différents onglets (cf. illustration 32 ci-dessous).

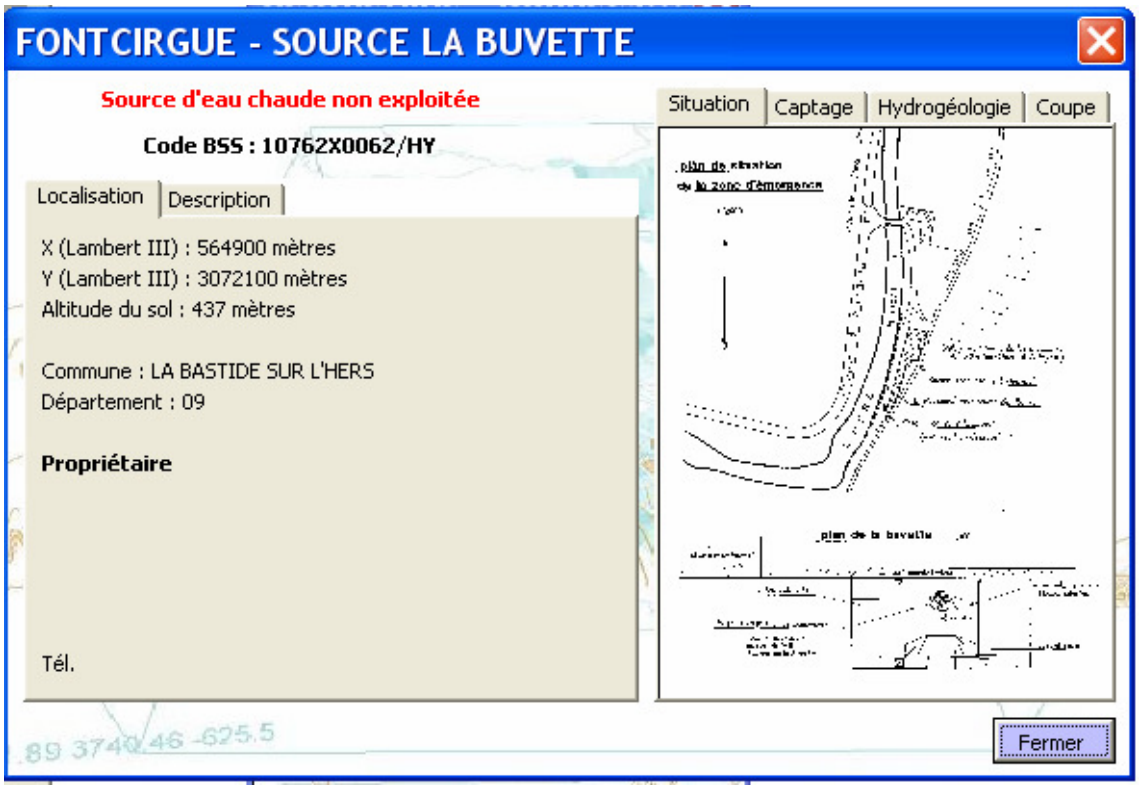


Illustration 32 – Aperçu du menu d'information d'une source d'eau chaude non exploitée

7.4. OPERATIONS DE GEOTHERMIE EXISTANTES OU ABANDONNEES

De la même manière que les sources et forages d'eau chaude non exploités, l'outil permets d'afficher et de consulter les données relatives aux opérations de géothermie existantes ou abandonnées recensées en Midi-Pyrénées.

Lorsque l'utilisateur choisit cet item dans le menu général, une fenêtre s'ouvre et propose (cf. illustration 34) :

-d'afficher tous les sites d'opération de géothermie,

- d'obtenir des informations sur ces opérations via un menu déroulant. Cette fonction réalise également un zoom graphique sur l'objet sélectionné.

- de sélectionner graphiquement une opération de géothermie et de cliquer sur un bouton permettant de visualiser les données de ce point.

Lorsque l'utilisateur choisit de consulter les informations relatives à un point, une nouvelle fenêtre s'ouvre et vient télécharger des données stockées dans la base ACCESS. Les figures, images, et schémas recensés ont été classés par thématiques et sont visibles en basculant sur les différents onglets (cf. illustration 36 ci-dessus).

8. Conclusion et perspectives

L'objectif de l'étude est de fournir un outil d'aide à la décision en matière de géothermie très basse à basse énergie qui intéresse plus particulièrement les nappes alluviales et la nappe profonde des Sables Infra-molassiques.

En premier lieu, un point sur le principe de fonctionnement des différents procédés géothermiques a donc été réalisé. Il est complété par un tour d'horizon de la règlementation existante et par une synthèse des démarches à entreprendre pour la mise en place de telles installations.

Pour répondre à l'objectif d'outil d'aide à la décision, un SIG a été développé en lien avec une géodatabase. La région Midi-Pyrénées a donc été modélisée par des mailles de 500 m de côté, dont 18 620 se situent en domaine alluvial et 39 281 sont concernées par la nappe des sables Infra-molassiques. Un important travail de collecte, de traitement et de saisie de données a été réalisé et a permis de renseigner chaque maille « active » sur la cote du toit et du mur, la piézométrie, le débit d'exploitation, la température et les autres paramètres physico-chimiques limitants de l'aquifère. Ce travail a été largement compliqué par des données de qualité et de densité très hétérogènes en fonction des secteurs.

En parallèle, un recensement des opérations de géothermie existantes ou ayant fait l'objet d'une étude de faisabilité a été réalisé. Ces opérations concernent aussi bien l'exploitation des Sables Infra-molassiques, que la mise en place de pompes à chaleur dans les nappes alluviales. Cependant, ces dernières ne peuvent faire l'objet d'un décompte exhaustif par manque de centralisation de la donnée.

Enfin, une campagne de collecte d'informations a été menée sur les sources et forages d'eau chaude non exploités (SCNE) de la région Midi-Pyrénées. Un questionnaire envoyé auprès des communes concernées a permis de sélectionner des points d'eau potentiellement intéressants, qui feront l'objet d'une visite sur site en 2007.

L'ensemble des informations collectées sur les opérations de géothermie et sur les SCNE de Midi-Pyrénées ont été saisies dans une base de données et sont valorisées sous forme de fiches descriptives.

Dans la seconde phase de l'étude, réalisée au cours du premier trimestre de l'année 2007, une analyse multicritères permettant de quantifier le potentiel d'exploitation des aquifères pour la géothermie dans chaque maille du modèle a été réalisée. Elle a permis d'évaluer le potentiel géothermique ou la recette calorifique des aquifères, ainsi que le degré d'importance des surcoûts d'investissement et de fonctionnement pour l'aquifère des SIM. Les résultats de cette classification montrent que pour le département du Gers :

- La surface des nappes alluviales représente seulement 4 % de la surface du département, ce qui est très faible par rapport aux autres départements de Midi-Pyrénées. Néanmoins, 90 % de la surface des nappes alluviales présentent de bonnes à très bonnes potentialités, notamment pour le chauffage et la climatisation d'habitations individuelles. La mis en place de PAC pour des bâtiments collectifs est envisageable dans les alluvions de la basse plaine et des alluvions récentes. Les nappes développées dans les alluvions de l'Adour sont donc globalement favorables à la mise en place de projets de géothermie par pompes à chaleur.

- La nappe des SIM couvre près de 77 % de la surface du département, ce qui est très important par rapport aux autres départements de Midi-Pyrénées. Par ailleurs, plus de 90 % de l'extension des SIM présentent de bonnes à très bonnes potentialités géothermiques et seulement 4 % de la surface des SIM ont un faible potentiel.

En parallèle à ce travail de détermination du potentiel géothermique des aquifères, un recensement des opérations de géothermie existantes ou ayant fait l'objet d'une étude de faisabilité a été réalisé. Ces opérations concernent aussi bien l'exploitation des Sables Infra-Molassiques, que la mise en place de pompes à chaleur dans les nappes alluviales. Cependant, cet aperçu général et synthétique ne peut prétendre à l'exhaustivité par manque de centralisation de la donnée. Seule une opération de géothermie exploitant la nappe alluviale du Gers a été recensée sur la commune de Tarbes.

Enfin, une campagne de collecte d'informations a été menée sur les sources et forages d'eau chaude non exploités (SCNE) de la région Midi-Pyrénées. Un questionnaire envoyé auprès des communes concernées a permis de sélectionner 10 points d'eau potentiellement intéressants, qui ont l'objet d'une visite sur site en 2007. Parmi elles, aucune ne concernait le département du Gers.

L'ensemble des informations collectées sur les opérations de géothermie et sur les SCNE de Midi-Pyrénées ont été saisies dans une base de données et sont valorisées sous forme de fiches descriptives.

Enfin, un outil d'aide à la décision a été développé à partir d'un SIG (ArcView) lié à une base de données ACCESS. Il permet à l'utilisateur de connaître le potentiel géothermique des nappes alluviales et SIM sur des mailles de 500 m de côté qui couvrent le territoire régional. Cet outil permet également de consulter les informations collectées sur les opérations de géothermie existantes ou abandonnées, ainsi que sur les sources et forages d'eau chaude non exploités.

Cet outil a pour objectif d'apprécier en première approche l'intérêt de mettre en place un projet de géothermie très basse à basse énergie, mais n'a pas vocation à remplacer les études de faisabilité réalisées au droit des sites.

9. Bibliographie

Sources chaudes non exploitées

NARTE M. ; SOULE J-C (juillet 1987) – Département du Gers – Stations thermales et sources thermo-minérales. Rapport final. BRGM/87 SGN 559 MPY 9p., 3 ill., 7ann.

NARTE M. ; SOULE J-C (décembre 1985) – Département des Hautes-Pyrénées – Stations thermales et sources thermo-minérales. Rapport final. BRGM/85 SGN 596 MPY 12p., 3 ill., 13ann.

NARTE M. ; (mai 1989) – Département du Lot – Stations thermales et sources thermo-minérales. Rapport final. BRGM/89 SGN 363 MPY 10p., 3 ill., 3ann.

NARTE M. ; (décembre1989) – Département du Tarn – Stations thermales et sources thermo-minérales. Rapport final. BRGM/R 60168, 5p., 2 ill., 3ann.

NARTE M. PARIS J-P, SOULE J-C; (décembre1984) – Département du Gers – Stations thermales et sources thermo-minérales. Rapport final. BRGM/84 AGI 382 MPY, 13p., 3 ill., 9 ann.

NARTE M. ; (novembre 1988) – Département du Gers – Stations thermales et sources thermo-minérales. Rapport final. BRGM/88 SGN 780 MPY, 10p., 1 ill., 5ann.

NARTE M. ; (octobre 1989) – Département du Tarn-et-Garonne – Stations thermales et sources thermo-minérales. Rapport final. BRGM/88 SGN 744 MPY, 5p., 1 ill., 2ann.

REZA M., GHAFOURI H. (1968) - Etudes hydrogéologique des sources thermo-minérales des Pyrénées – Thèse – Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux, 210p.

Potentialité des aquifères

BRGM / 76 SGN 001 MPY : Etat des connaissances et synthèse hydrogéologique du département du Lot. J-C. Soulé (1976)

BRGM / 76 SGN 071 MPY : Etat des connaissances et synthèse hydrogéologique du département des Hautes-Pyrénées. J-C. Soulé (1976)

BRGM / 78 SGN 070 MPY : Etat des connaissances et synthèse hydrogéologique du département de Tarn-et-Garonne. J-C. Soulé (1978)

BRGM / **80 SGN 058 MPY :** Etat des connaissances et synthèse hydrogéologique du département du Tarn. J-C. Soulé (1980)

Université Paul Sabatier (Toulouse) : Aptitude à l'aménagement de la plaine alluviale du Gers ; facteurs hydrogéologiques et hydropédologiques. Thèse de doctorat soutenue par M-T. Cugny (juin 1980)

BRGM / **68 SGL 028 MPY :** Ville de Toulouse - Cimetière suburbain de Cornebarrieu - Etude préliminaire du rabattement de la nappe alluviale. J. Roche (1968)

BRGM / **70 SGN 026 MPY :** Inventaire des ressources hydrauliques du territoire compris sur la feuille topographique au 1/50 000 Muret (1009) (Haute-Garonne). Etat des connaissances. C. Dassibat (1970)

BRGM / **75 SGN 132 MPY :** Nappe alluviale de la basse plaine de la Garonne dans la région Toulousaine - Influence Gravières/Captages - Recommandations pour leurs implantations. M. Vandenbeusch (1975)

BRGM / **77 SGN 088 MPY :** Etude du comportement dynamique de la nappe alluviale dans la Z.U.P. du Mirail (2ème tranche) - Modèle de simulation mathématique. J. Roche ; M. Vandenbeusch (1977)

BRGM / **74 SGN 002 MPY :** Etude des relations eau de surface – eau souterraine dans la vallée du Lot entre Livinhac et Fumel. J-C Soulé (1974)

BRGM / **71 SGN 382 MPY :** Hydrogéologie des terrasses alluviales de la Garonne entre Montréjeau et Martres-Tolosane. (1971)

BRGM DSGR 66 A 39 : Etude hydrogéologique de la coupure topographique au 1/50000ème LAVAUR (Tarn). Y. Gourinard, I. Maersche, J. Roche et A. Vendenberghe (1966)

BRGM : Fiches de caractérisation des systèmes aquifères élaborées dans le cadre de la BDRHF-V1

Université Bordeaux 3 – Institut EGID : Contribution de la géochimie à la connaissance des écoulements souterrains profonds. Application à l'aquifère des Sables Infra-Molassiques du Bassin Aquitain. Thèse de Docteur en Science et Technologie, spécialité des sciences de l'eau soutenue par L. André (juin 2002).

BRGM / **RP-52237-FR :** Aptitude des nappes de l'agglomération toulousaine au développement des systèmes de climatisation. M. Ghyselinck (janvier 2004)

BRGM / **RP-54340-FR :** Atlas sur la géothermie très basse énergie en région Centre. F. Jaudin et J-C. Martin (décembre 2005)

BRGM / **RP-54542-FR** : Atlas sur la géothermie très basse énergie en région Centre. Etude cartographique et statistique des débits spécifiques des forages d'eau. Rapport intermédiaire n°2a. J-C. Martin, J. Printemps et S. Remaud (février 2006)

BRGM / **RP-54175-FR :** Atlas sur la géothermie très basse énergie en région Centre. Géométrie et niveaux piézométriques des principales formations aquifères. Rapport intermédiaire n°2b. J-C. Martin, I. Bacquet, B. Tourlière (juin 2006)

JAUDIN F., MARTIN J-C. (décembre 2005) - Atlas sur la géothermie très basse énergie en région Centre. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-54340-FR, 50p., 5 ill., 1ann.

MARTIN J-C., PRINTEMPS J. REMAUD S. (février 2006) - Atlas sur la géothermie très basse énergie en région Centre. Etude cartographique et statistique des débits spécifiques des forages d'eau. Rapport intermédiaire n°2a. BRGM/RP-54542-FR, 76p., 35 ill., 2 ann.

MARTIN J-C., BACQUET I., TOURLIERE B. (juin 2006) - Atlas sur la géothermie très basse énergie en région Centre. Géométrie et niveaux piézométriques des principales formations aquifères. Rapport intermédiaire n°2b. BRGM/RP-54175-FR, 73p., 36 ill., 4 ann.

BRGM / **RP-53306-FR :** Guide d'aide à la décision pour l'installation de pompes à chaleur sur nappe aquifère en région Ile-de-France. Partie 1 : atlas hydrogéologique. S. Schomburgk, C. Gateau, O. Goyénèche (mai 2005)

BRGM / **RP-53306-FR :** Guide d'aide à la décision pour l'installation de pompes à chaleur sur nappe aquifère en région Ile-de-France. Partie 2 : Guide technique, administratif et méthodologique. P. Gourmez (février 2006)

BRGM : Potentiel géothermique du bassin aquitain. B. Housse et P. Maget (décembre 1977)

BRGM / **81 SGN 195 MPY :** Possibilité d'utilisation des nappes d'eaux souterraines peu profondes pour le chauffage par pompes à chaleur : département du Tarn (J-C. Soulé, 1981)

BRGM / **81 SGN 196 MPY :** Possibilité d'utilisation des nappes d'eaux souterraines peu profondes pour le chauffage par pompes à chaleur : département du Tarn-et-Garonne (J-C. Soulé, 1981)

Possibilité d'utilisation des nappes eaux souterraines peu profondes pour le chauffage par pompes à chaleur : département de Haute-Garonne (J-C. Soulé, 1980)

BRGM / **RN-00959-FR :** Cartographie des coûts d'un captage de la nappe des sables sous-molassiques en région Midi-Pyrénées. F. Bel, B. Rozès et G. Chevalier-Lemire (Décembre 1993)

Notices des cartes géologiques au 1/50000ème couvrant les zones alluviales

Annexe 1

CCE : Fiches d'opérations standardisées

La liste des principaux textes législatifs sur le sujet est consultable sur le site de la DGEMP http://www.industrie.gouv.fr/energie/developp/econo/cee-clics.htm#3 :

- circulaire du 18 juillet 2006 relative à la délivrance des certificats d'économie d'énergie qui précise notamment les diverses modalités d'instruction des demandes de certificats d'économies d'énergie ;
- arrêté du 19 juin 2006 définissant les opérations standardisées d'économies d'énergie ;
- arrêté du 19 juin 2006 fixant la liste des pièces d'un dossier de demande de certificats d'économies d'énergie ;
- arrêté du 30 mai 2006 relatif aux modalités d'application du dispositif de certificats d'économies d'énergie ;
- décret n° 2006-603 du 23 mai 2006 relatif aux certificats d'économies d'énergie ;
- décret n° 2006-600 du 23 mai 2006 relatif aux obligations d'économies d'énergie dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie ;
- décret n° 2006-604 du 23 mai 2006 relatif à la tenue du registre national des certificats d'économie d'énergie.

Voir les exemples de fiches standardisées se référant à la géothermie.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Certificats d'économies d'énergie

Opération n° **BAR-TH-03**

Pompe à chaleur de type eau / eau

1. Secteur d'application

Bâtiment résidentiel : maisons individuelles et appartements existants.

2. Dénomination

Mise en place d'une pompe à chaleur (PAC) de type eau / eau.

3. Conditions pour la délivrance de certificats

Coefficient de performance (COP) mesuré selon la norme EN 14511 égal ou supérieur à 3.

Mise en place réalisée par un professionnel.

Informations à fournir impérativement : ancienneté du bâtiment (avant ou après 75).

4. Durée de vie conventionnelle

16 ans.

5. Montant de certificats en kWh cumac

Maison individuelle		
COP	Zone climatique	**KWh cumac**
3,5 > COP ≥ 3	H1	**150 000**
	H2	**120 000**
	H3	**81 000**
4 > COP ≥ 3,5	H1	**160 000**
	H2	**130 000**
	H3	**87 000**
COP ≥ 4	H1	**165 000**
	H2	**140 000**
	H3	**91 000**

X

Facteur correctif (1)	Surface habitable en m²	Nombre de pièces principales
0,2	< 35	1
0,4	35 – 60	2
0,7	60 – 80	3
0,9	80 – 100	4
1,1	100 – 130	5
1,4	> 130	≥6

Appartement		
COP	Zone climatique	**KWh cumac**
3,5 > COP ≥ 3	H1	**62 000**
	H2	**50 000**
	H3	**34 000**
4 > COP ≥ 3,5	H1	**67 000**
	H2	**54 000**
	H3	**36 000**
COP ≥ 4	H1	**69 000**
	H2	**57 000**
	H3	**38 000**

X

Facteur correctif (1)	Surface habitable en m²	Nombre de pièces principales
0,3	< 35	1
0,7	35 – 60	2
1	60 – 80	3
1,4	80 – 100	4
1,7	100 – 130	5
2,2	> 130	≥6

(1) Le facteur correctif est déterminé à partir soit du nombre de pièces principales, soit de la surface habitable.

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE
DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Certificats d'économies d'énergie

Opération n° **BAT-TH-13**

Pompe à chaleur de type eau / eau

1. Secteur d'application

Bâtiment tertiaire : locaux du secteur tertiaire existants, de surface totale inférieure à 5000 m².

2. Dénomination

Mise en place d'une pompe à chaleur (PAC) de type eau / eau sur un système de chauffage électrique direct.

3. Conditions pour la délivrance de certificats

Coefficient de performance (COP) mesuré selon la norme EN 14511 égal ou supérieur à 3.

Mise en place réalisée par un professionnel.

4. Durée de vie conventionnelle

20 ans.

5. Montant de certificats en kWh cumac

Montant unitaire en **kWh cumac / m²**					Surface en **m²**		Zone climatique	Facteur correctif
Branche d'activité	3 ≤ COP < 3,5	3,5 ≤ COP < 4	4 ≤ COP				H1	**1,1**
Bureaux	**1 000**	**1 100**	**1 200**	X	**S**	X	H2	**0,9**
Enseignement	**680**	**720**	**760**				H3	**0,6**
Commerces	**760**	**820**	**850**					
Hôtellerie – Restauration	**820**	**880**	**930**					
Santé	**950**	**1 000**	**1 100**					

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE
DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Certificats d'économies d'énergie

Opération n° **RES-CH-01**

Production de chaleur renouvelable en réseau (France métropolitaine)

1. Secteur d'application

Bâtiment résidentiel collectif et bâtiment tertiaire en France métropolitaine

2. Dénomination

Mise en place d'un système de production de chaleur renouvelable (géothermie, incinération, bois – énergie, biogaz, chaleur industrielle …) sur un réseau de chaleur.

3. Conditions pour la délivrance de certificats

Cette fiche s'applique aux installations non soumises à la Directive 2003/87/CE établissant un système d'échange de quotas d'émissions de gaz à effet de serre.

On utilise pour la chaleur renouvelable nette la définition retenue dans le décret n° 99-360 du 5 mai 1999 portant sur les réseaux classés de distribution de chaleur et de froid qui intègre à la fois les énergies renouvelables et de récupération

La chaleur renouvelable nette sera déterminée par une étude spécifique. Le terme kWh_{th} est égal au nombre de kWh renouvelables net produits et valorisés par an par l'installation.

4. Durée de vie conventionnelle

Pour les sources d'énergie Bois Energie et Biogaz : 15 ans.
Pour les sources d'énergie UIOM – Déchets, Géothermie et autres : 20 ans.

5. Montant de certificats en kWh cumac

Source d'énergie	Coefficient cumac
Bois Energie Biogaz	**11,563**
UIOM – Déchets Géothermie Autres	**14,134**

X

Chaleur renouvelable nette en **kWh_{th} / an**
kWh_{th}

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE
DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE

Annexe 2

Garantie AQUAPAC

GARANTIE SUR LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE A FAIBLE PROFONDEUR UTILISEE A DES FINS ENERGETIQUES

Les nappes d'eau souterraines de faible profondeur recèlent un potentiel énergétique utilisable grâce aux pompes à chaleur.

Cependant, il peut exister une incertitude sur les conditions d'utilisation de la ressource naturelle qui dépend des caractéristiques géologiques locales.

La garantie **AQUAPAC®**, créée par l'**ADEME**, le **BRGM**, et **EDF** prend en charge la couverture financière de ce risque géologique,

Gestion administrative et financière du système de garantie : ***Herve.raimbault@caissedesdepots.fr***
SAF-ENVIRONNEMENT
195, Boulevard Saint Germain
75007 PARIS
Tél. : 01 58 50 76 76
Fax : 01 58 50 06 80

AQUAPAC est une assurance qui couvre les risques **géologiques** liés à la possibilité d'exploitation énergétique d'une ressource aquifère située en général **à moins de 100 m de profondeur**, puis au maintien de ses capacités dans le temps. Cette assurance s'applique en faveur des installations utilisant des pompes à chaleur d'une puissance thermique **supérieure à 30 KW**.
C'est donc une double garantie, dont les deux aspects sont indissociables :

- **La garantie de recherche** couvre le risque d'échec consécutif à la découverte d'une ressource en eau souterraine insuffisante pour le fonctionnement des installations tel qu'il avait été prévu,

- **La garantie de pérennité** couvre le risque de diminution ou de détérioration de la ressource, en cours d'exploitation.

AQUAPAC assure pendant 10 ans les investissements réalisés pour le captage et le transfert de la ressource jusqu'à l'échangeur eau-eau et sa réinjection.

La garantie ne concerne pas les éventuels incidents de chantier, ni les conséquences des défauts de conception, de réalisation ou de maintenance.

Le Maître d'Ouvrage conserve l'entière responsabilité du respect de la réglementation, du choix des bureaux d'études ou entreprises, et de la réalisation de l'opération.

En aucun cas, AQUAPAC n'a pour objet de se substituer aux polices d'assurances dommage-ouvrage ou de responsabilité décennale au titre desquelles les opérateurs doivent normalement être couverts.

BENEFICIAIRES DE LA GARANTIE AQUAPAC

Les Maîtres d'ouvrages ou leurs mandataires (bureaux d'études, entreprises, prestataires de services, exploitants) désireux de se prémunir vis-à-vis des aléas géologiques liés à l'utilisation énergétique de l'eau souterraine à des fins de **chauffage** et/ou de **climatisation** peuvent souscrire la garantie AQUAPAC.

Cette garantie s'applique à tous les secteurs économiques: habitat, tertiaire, industriel ou agricole, qu'il s'agisse de bâtiments neufs ou existants, et quelle que soit la puissance de l'installation thermique.

ATTRIBUTION DE LA GARANTIE

Un Comité composé des représentants de l'ADEME, du BRGM, et d'EDF, assisté de la SAF-Environnement, décide de l'attribution, ou non, de la garantie, après examen d'un dossier que le requérant aura déposé auprès de la Saf-Environnement .

Ce dossier, dont un modèle peut être demandé auprès de la Saf-Environnement doit comprendre :

- **L'identification** de l'opération concernée, sa localisation et ses différents acteurs,

- **Une fiche descriptive** des besoins thermiques, et du mode d'évaluation des besoins en eau,

- **Une étude de faisabilité du projet** comportant une évaluation des contraintes réglementaires et environnementales, les caractéristiques de la ressource, le mode de captage et de réinjection, les essais et mesures hydrogéologiques prévus, la description de l'installation et des ouvrages de sous-sol et de surface,

- **les éléments économiques** comprenant les coûts prévisionnels d'investissement et de fonctionnement : études préalables, forages, tests et analyses, équipements des puits, échangeur, PAC,

- **Le montant des investissements** pour lesquels la garantie est demandée, qui devra être clairement établi.

Si l'avis du Comité AQUAPAC est favorable, un contrat est alors signé entre la SAF et le Maître d'Ouvrage qui verse **en une seule fois, et au moment de la souscription de chaque garantie,** les cotisations et commissions forfaitaires suivantes :

- *Pour la garantie de recherche* :
  - une cotisation égale à **5%** du montant des ouvrages garantis en recherche,

- *Pour la garantie de pérennité :*
  - une cotisation égale à **4%** du montant des ouvrages garantis en pérennité,

FONCTIONNEMENT DE LA GARANTIE

Garantie de recherche

Risques couverts

Le risque couvert est celui de l'échec quant à la découverte du débit d'eau maximal de production fixé dans le contrat de garantie comme suffisant au fonctionnement correct des installations, à partir des éléments techniques fournis.
Le risque couvert est aussi celui de l'échec quant à la possibilité de réinjection du débit.

Montant garanti en recherche

Le montant garanti en recherche, fixé dans le contrat, est égal au coût réel des études préalables, forages, tests et analyses, équipements des puits, désignés dans la demande de recherche, (plafonné au montant prévisionnel), déduction faite des subventions reçues.

Lorsque plusieurs forages sont prévus, le contrat est établi pour le premier, et étendu par avenant au suivant après chaque constat de succès.

Fonctionnement de la garantie

La garantie prend effet dès la signature du contrat et le versement des primes de la garantie de recherche.
Le Maître d'Ouvrage peut alors faire réaliser les travaux de forage.
Il doit informer la Saf-Environnement de la date des essais et de la date de réception des ouvrages.
La capacité des ouvrages est mesurée à la fin des travaux, et le rapport de fin de forage avec les résultats des essais hydrogéologiques doit être envoyé à la Saf-Environnement

Evaluation du résultat du forage

Suivant la valeur du débit mesuré au cours des essais, il y aura succès, échec partiel ou échec total :

- *Succès* : le débit trouvé est supérieur ou égal au débit contractuel ;

- *Echec total* : le débit trouvé est inférieur à la moitié du débit contractuel ;

- *Echec partiel* : le débit trouvé est compris entre ces deux valeurs.

En cas de succès le demandeur reçoit alors l'appel de cotisation pour la garantie de pérennité, qui est accordée pour dix ans à partir de la date de réception du paiement de la cotisation correspondante.

Calcul de l' indemnité « recherche »

En cas d'échec total, le Comité AQUAPAC déclenche le versement de l'indemnité, égale au montant garanti.

En cas d'échec partiel, le Maître d'ouvrage peut néanmoins exploiter la ressource en son état et bénéficier alors de la garantie de pérennité :
- la nouvelle valeur du débit exploitable est définie par un avenant au contrat de garantie ;
- le montant de l'indemnité est alors proportionnel au déficit en eau sur le débit garanti initial

Garantie de pérennité

Risques couverts :

Sous réserve d'un entretien correct des ouvrages et des équipements d'exploitation, attesté par un carnet de maintenance ou des factures de prestations de services, la garantie de pérennité couvre les risques suivants :

a) *diminution des débits d'exhaure ou de réinjection* au-dessous de la valeur garantie :

- sinistre partiel : le débit diminue et atteint une valeur comprise entre la valeur garantie et la moitié de cette valeur.

- sinistre total : le débit atteint une valeur inférieure à la moitié du débit de garantie

b) dommages aux matériels de puisage et de réinjection et/ou aux équipements du circuit primaire, y compris l'échangeur, occasionnés par des changements survenus dans les caractéristiques de la ressource dus à des causes naturelles ou de voisinage.

Durée de la Garantie

La garantie est accordée pour une période de **10 ans** à partir de la date effective de mise en service.
Elle peut être différée en cas de forage d'essai. Si ce délai dépasse 6 mois, un nouvel essai de pompage devra être effectué.

Montant garanti en pérennité

Le montant garanti, fixé par contrat, est égal au coût de l'ensemble des ouvrages primaires neufs : forages, pompes, matériels de surface, y compris l'échangeur eau-eau. Ces coûts s'entendent toutes subventions déduites.

Pour tenir compte de l'amortissement de l'installation, ce montant garanti diminue de 5 % par semestre écoulé.

En cas d'échec total, le coût prévisionnel des travaux nécessaires à la restauration fonctionnelle de l'installation, peut être également garanti.

Calcul de l'indemnité « pérennité »

L'assiette **A** de l'indemnisation est calculée ainsi :
a) Diminution des débits d'exhaure ou de réinjection :
- en cas de sinistre partiel, **A** = la fraction du montant garanti proportionnelle au déficit en eau,
- en cas de sinistre total, **A** = montant garanti

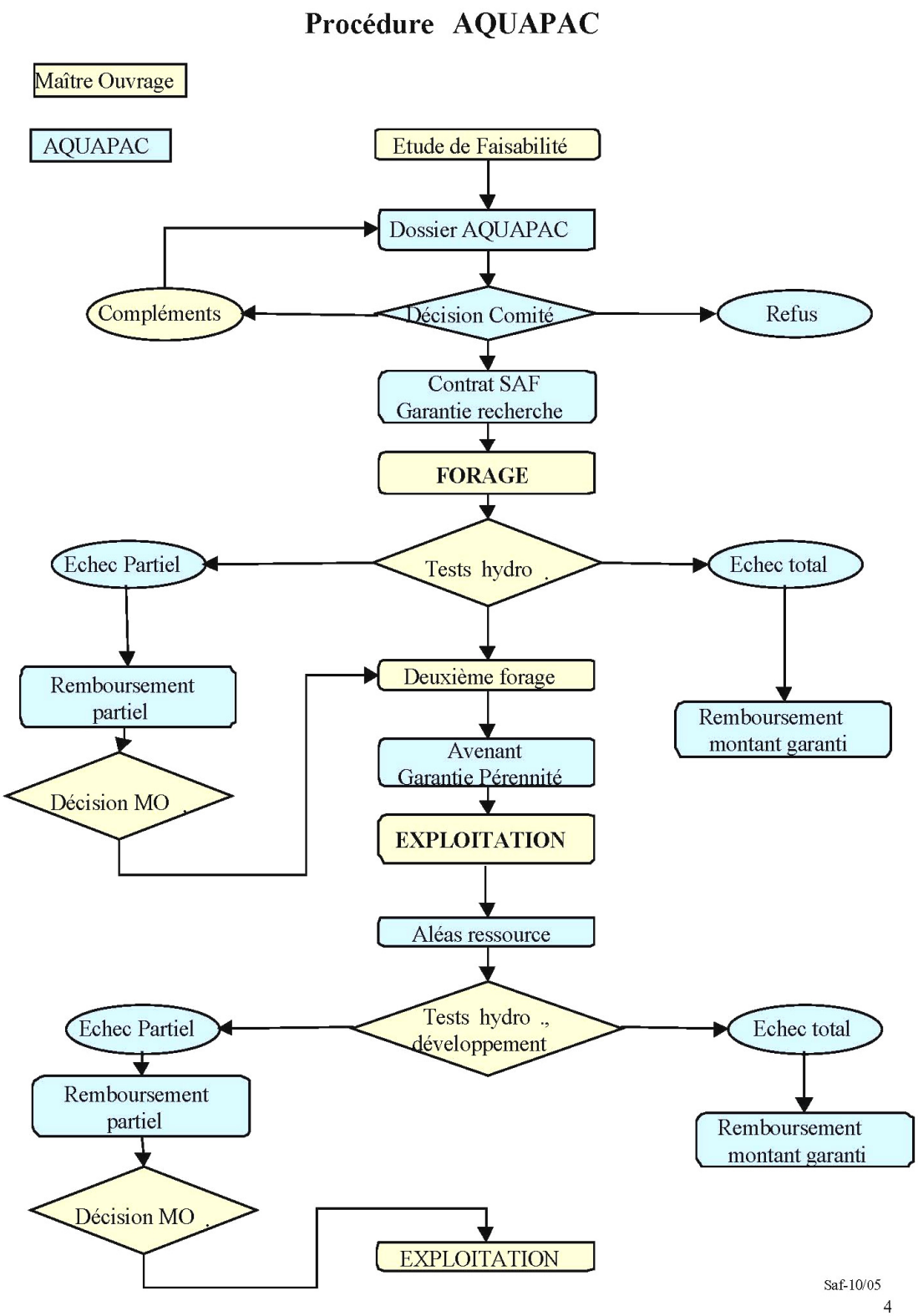
b) Dommages :
- en cas de poursuite de l'exploitation, **A** = coût réel des travaux de remise en état, plafonné au montant garanti,
- en cas d'abandon de l'exploitation, **A** = montant garanti.

Fonctionnement de la garantie

En cas de constat de modification des caractéristiques de la ressource de nature à perturber l'exploitation, le maître d'ouvrage ou l'exploitant adresse une déclaration de sinistre à la Saf-Environnement.
Des essais hydrogéologiques peuvent alors être réalisés par le maître d'ouvrage, en accord avec le Comité qui pourra mandater un expert.
Ensuite, le Comité apprécie la recevabilité du sinistre et déclenche, s'il y a lieu, le paiement des indemnités.
Le Comité se réserve toutefois la possibilité en lieu d'indemnisation de restaurer le forage ou l'installation

PLAFOND

Les indemnisations sont plafonnées à **115 000 Euros** par sinistre.


Procédure AQUAPAC
Maître Ouvrage
AQUAPAC
Etude de Faisabilité
Dossier AQUAPAC
Compléments
Décision Comité
Refus
Contrat SAF
Garantie recherche
FORAGE
Echec Partiel
Tests hydro .
Echec total
Remboursement
partiel
Deuxième forage
Remboursement
montant garanti
Décision MO .
Avenant
Garantie Pérennité
EXPLOITATION
Aléas ressource
Echec Partiel
Tests hydro .,
développement
Echec total
Remboursement
partiel
Remboursement
montant garanti
Décision MO .
EXPLOITATION
Saf-10/05
4

Annexe 3

Annuaire des entreprises de géothermie de Midi-Pyrénées et liste des « Foreurs qualité PAC »

Entreprises réalisant l'installation de PAC

Nom	Adresse	Tel	FAX	E_mail	Dépt
Schmidt géothermie	Parc Delta Sud Hôtel Entreprise 09340 Verniolle (siège	05 34 14 39 45		schmidt-geothermie@wanadoo.fr	9
Bureau d'Etudes Garros M.	6 r Denis Papin 09600 Laroque d'Olmes	05 61 01 15 97		marc.garros@wanadoo.fr	9
Centenero Gérard	23 r Hélène Boucher 09100 Pamiers	05 34 01 01 25		ariegeenergiessystemes@wanadoo.fr	9
Corsini Marc	1 chem Bucher 09100 Tour du Crieu (La)	05 61 67 35 07		corsini.marc@wanadoo.fr	9
Cau Gilles	Avenue Rhin et Danube 09420 Rimont	05 61 96 39 54			9
Dejean (SEE)	1 chem Darré Janino 09120 Coussa	05 61 60 73 97			9
Cau Gilles	Avenue Rhin et Danube 09420 Rimont	05 61 96 39 54			9
Baticap (SARL)	St Julien d'Empare Cavalié 12700 Capdenac Gare	05 65 64 78 06		baticap.sarl@wanadoo.fr	12
France Géothermie Searle Marc Concess. exclusif	573 rte de Rodez 12340 Bozouls	05 65 48 06 29		searle2@wanadoo.fr	12
Grippon Didier (EURL)	Le Bourg 12340 Saint Julien de Rodelle	.05 65 44 97 74		didier.grippon@worldonline.fr	12
Molénat S & M (SARL)	La Citarelle 12320 Saint Cyprien sur Dourdou	05 65 69 86 56		molenat.chauffage@wanadoo.fr	12
Sud Aveyron Chauffage	300 r Etienne Delmas 12100 Millau	05 65 59 18 00		contact@sud-aveyron-chauffage.com	12
3C Campels Confort Chauffage	44 rte de Séverac 12850 Onet le Château	05 65 67 05 90		mc.boussignac@wanadoo.fr	12
Aveyron Energie	Le Cun 12200 Sanvensa	.05 65 29 59 81			12
Aveyron Pompage	9 imp Mouettes 12850 Onet le Château	05 65 67 31 85			12
Bondoux David	Le Mas Compeyre 12520 Compeyre	05 65 59 83 22			12
Broussy Jean-Luc	Ruffepeyre 12390 Mayran	05 65 64 47 2			12
Ecosystherm	500 bd Soulobres 12100 Millau	05 65 59 09 74			12
Energies Vertes Occitanes	Saint Agnan 12290 Ségur	05 65 58 15 30			12
Féral Rubio (SARL)	5 av Causse za Bel Air 12850 Onet le Château	05 65 42 20 08			12
H&P Clim	41 all Aristide Briand 12200 Villefranche de Rouergue	05 65 45 37 27			12
Malherbe Frédéric	La Planque 12190 Nayrac (Le)	05 65 44 43 26			12
Mirabel David	22 bd Penevayre 12200 Villefranche de Rouergue	05 65 45 14 63			12
RDS PRO LABO	r Thomas Edison za Bel Air 12000 Rodez	05 65 42 10 83			12
Sabathié Eric	rte Gare 12150 Recoules Prévinquières	05 65 70 73 58			12
France GEOTHERMIE 31	SARL ARNAUD Groupe Syclus Environnement 18 ch	05 62 89 34 20	05 34 27 11 93	fg31.arnaud@wanadoo.fr	31
Technique Froid Climatisation	22 chem Lapujade 31200 Toulouse	. 05 34 25 53 55		TFC.CLIM@wanadoo.fr	31
Climat concept	45 avenue de Toulouse 31650 Saint Orens de Gamevill	05 61 00 27 47		climat-concept@wanadoo.fr	31
JMP Chauffage	Boulevard du Libre Echange 31650 Saint Orens	05 61 83 25 05		jmp@chauffage.fr	31
AMBITHERM	27 chem Moles 31120 PINSAGUEL	05 61 73 58 44	05 61 73 89 12		
Astea Energies Renouvelables	10 bis r Briqueterie 31340 Villemur sur Tarn	05 62 22 83 17		contact@astea.fr	31
Elecco	44 r Peupliers 31140 Aucamville	05 62 75 81 40		info@elecco-energies.com	31
GTCE	3 imp Bordeneuve 31620 Castelnau d'Estrétefonds	05 34 63 18 87		sarl.gtce@orange.fr	31
Labarrière et Cie	42 av Gén de Croutte 31100 Toulouse	08 71 59 37 47		eliosystem@eliosystem.com	31
M.M.C. Services	2 lot Pré aux Chênes 31470 Fontenilles	05 34 47 25 21		info@mmcservices.fr	31
Sofath Acclimance Concess. exclusif	127 chem Peyrette 31170 Tournefeuille	05 62 48 15 79		acclimance@wanadoo.fr	31
Agence Air Terre et Soleil	5 che Tomberoussy 31850 Montrabé	05 61 84 71 77		agenceairterreetsoleil@orage.fr	31
Atelier A	3900 rte de Fronton 31620 Castelnau d'Estrétefonds	05 61 09 74 42			31
Bati'clim	63 bd Silvio Trentin 31200 Toulouse	05 61 62 68 39		baticlim@wanadoo.fr	31
Cieutat Jean	1 r Jardins 31430 Fousseret (Le)	05 61 98 53 01		jean.cieutat@wanadoo.fr	31
Confort Géothermie Sud Ouest	5 bd Libre Échange ZAC Champs Pinsons 31650 Saint	05 61 75 78 76		geothermie-info@wanadoo.fr	31
DFC (Dépannage Froid Climatisation)	ZAC Montblanc 9 imp Léonce Couture 31200 Toulous	05 61 99 68 39		dfc@laposte.net	31
Domarco (EURL)	2 rte Lavalette 31180 Castelmaurou	05 61 74 08 40		eurl.domarco@akeonet.com	31
Dupin (EURL)	10 pl Poste 31650 St Orens de Gameville	05 61 39 04 84		eurl.dupin@wanadoo.fr	31
International A.M.I	28 r Dominique Clos 31300 Toulouse	05 61 30 22 90			31
Marty Bernard (SARL)	38 r Pierre Imbert 31250 Revel	.05 61 27 57 77			31
Maurel et fils (Sarl)	En Feriol 31460 Maureville	05 61 83 14 94			31
Maz Elec Chauffage (SARL)	8 chem Bordes 31250 Revel BP 2	05 61 83 50 24			31

Montaut Guy	Cap del Bosc 31230 Labastide Paumès	05 61 94 00 66			31
NCE	4 av Gare 31120 Portet sur Garonne	05 61 92 94 01			31
Pandolfo Jean-François	Soule 31230 Molas	05 61 88 62 41			31
Pujol Didier	324 rte Villaudric 31620 Castelnau d'Estrétefonds	05 62 79 06 34			31
Art et Clim	31 r Auguste Guenot 31200 Toulouse	05 62 75 07 91			31
Belmonte J et Fils (SARL)	23 r Ariane 31240 Union (L')	05 61 80 95 61			31
Entreprise Luchonnaise SD	rte Sode 31110 Juzet de Lucho	05 61 79 74 47			31
Erso (sarl)	5 imp Palombières 31840 Aussonne	05 61 85 04 59			31
Aux Forges et Glacières (STE)	29 Grande Rue 32270 Aubiet	06 62 04 32 32 ou 05 62 67 99 42		contact@aux-forges-et-glacieres.fr	32
Home Energie	za Poupas BP 6 32340 Miradoux	05 62 28 67 93			32
SOFATH G.T.M.P Concess	Lauzero 32120 Saint Antonin	05 61 75 97 91			32
Delpech SARL	112 chemin de Belle Croix - La Beyne - 46000 CAHO	05.65.22.05.45		ets.delpech@wanadoo.fr	46
Lacoste Didier	17 zone artisanale 65220 Lalanne Trie	05 62 35 65 47		didier.lacoste.10@wanadoo.fr	65
Plomberie 65	9 r Sacré Coeur 65100 Lourdes	05 62 94 56 72		plomberie65@wanadoo.fr	65
Daube Jacques	40 chem Lac 65100 Lourdes	05 62 94 04 50			65
Titi et Robinet	26 avenue Maréchal Joffre 65000 Tarbes	05 62 34 08 36			65
Vignau Lamette (SARL)	16 bis av du Bois 65800 Aureilhan	05 62 37 55 50			65
Bigorre Innovation Chauffage	1 bis pl Foirail 65000 Tarbes	05 62 93 20 12			65
Entreprise Sabatier (EURL)	2741 rte d'Ondes 82170 Grisolles	tél-fax : .05 63 02 82 07		eurl-sabatier@wanadoo.fr	82
Artel Climat Froid	St Simon 82130 Lafrancaise	.05 63 02 64 49		artelclimatfroid@free.fr	82
Alyance Energie	147 chem Berthoumieu 82000 Montauban	05 63 92 10 74		alyance.energies@free.fr	82
CCSE Confort	r Presbytère 82600 Saint Sardos	05 63 02 24 15		ccsinfo@free.fr	82
Climat d'Oc	11 av Roger Salengro 82000 Montauban	05 63 20 56 67		climatdoc@yahoo.fr	82
Climsure Lagoa Génie Climatique Distrib	1029 bd Blaise Doumerc 82000 Montauban	05 63 92 13 58		lagoa@lagoa.fr	82
Duo Climat	712 rte Fabas 82170 Canals	05 63 02 75 07		duoclimat@free.fr	82
Entreprise Sabatier (EURL)	2741 rte d'Ondes 82170 Grisolles	05 63 02 82 07		eurl-sabatier@wanadoo.fr	82
Vast Joël	6 r Justice 82400 Valence d'Agen	05 63 39 66 81		jvast@wanadoo.fr	82
Zucconi Gérard	Millette 82600 Mas Grenier	05 63 64 49 33			82
Avenir Energies Nouvelles (AEN)	Moulin à Eau 82210 Castelmayran	05 63 95 46 61			82
Bourrié et Fils (SARL)	23 bd Léonce Granié 82300 Caussade	05 63 93 09 71			82
Carvalho Victor	235 chem de Pilate 82290 Montbeton	05 63 67 43 05			82
Delatouret Energie Sud	Les Muts 82700 Saint Porquier	05 63 24 19 96			82
Electric'Service	Gatille 82400 Goudourville	05 63 29 09 63			82
Lagoa Manuel	1029 bd Blaise Doumerc 82000 Montauban	05 63 92 13 58			82
Technipro	zi Barraouet 82100 Castelsarrasin	05 63 32 39 08			82
Tintinaglia Bruno	RN 113 82700 Escatalens	05 63 68 77 45			82
Viessmann Etablissements Prieur Distributeur	6 pl Libération 82000 Montauban	05 63 66 12 01			82

Conseil, diagnostic de performance énergétique

ACER (Ariege Conseil Energie	49 av Cadirac 09000 Foix	05 61 01 36 86			9
Orasun Consulting	36 bis chem St Amand 31100 Toulouse	.05 61 16 63 82			31

ADEME – EDF **BRGM/CDG/ENE/CITEG**

Liste des foreurs (62) « FOREURS QUALITE PAC » au 12/09/06

Classement : Ordre d'arrivée dans la procédure Qualité.
* : Entreprise n'ayant pas encore participé à la demi-journée d'information prévue au Cahier des Charges de la procédure

EUROFORAGE, Z.A. route du Mans, 53210 LOUVIGNE – tél : 02.43.26.17.00
Réalisations déclarées : 0

DUQUAIT SEBA, 2, route de Nozay, 44170 ABBARETZ – tél : 02.40.87.01.26
Réalisations déclarées en 2003 : 112

LEFEUVRE S.A., Z.A. Les Landes, 22400 COËTMIEUX – tél : 02.96.34.60.48
Réalisations déclarées en 2005 : 748

***SARL RAFFNER FRERES**, routes de Givry, 55800 SOMMEILLES – tél : 03.29.75.16.95
Réalisations déclarées en 2003 : 6

Ets. BOURGEOIS, 16, rue Hugues de Payns, 10600 PAYNS – tél : 03.25.47.30.72 ou 06.14.16.89.39 ou 06.19.18.37.35
en partenariat avec la société Climasol - groupe Wavin, (Z.I. de la Louée - 44 115 Haute-Goulaine) et son réseau d'installateurs.
Réalisations déclarées en 2002 : 6

ECO'ALTERNATIVE, Savoie Technolac, BP 326, 73375 LE-BOURGET-DU-LAC Cedex – tél : 04.79.26.41.54 - réalise l'intégralité de l'installation.
Réalisations déclarées en 2004 : 9

GRAND OUEST FORAGE, 13, chemin des Petites Perrières, 49130 LES-PONTS-DE-CE –tél : 02.41.33.15.67
Réalisations déclarées : 0

MORAND FORAGES, La Milonière, 85250 SAINT-ANDRE-GOULE-D'OIE – tél : 02.51.42.60.76 - en partenariat avec la société SARL Le Chat, La Chintière - 44120 Ventou.
Réalisations déclarées en 2002 : 6

Ets. RAJA, 190, chemin du Mas de Mirand, 34540 BALARUC-LE-VIEUX – tél: 04.67.78.72.29 - en partenariat avec la société Climasol, groupe Wavin, (Z.I. de la Louée, 44 115 Haute-Goulaine) et son réseau d'installateurs dont Planet Chauffage SARL (Sète, 34).
Réalisations déclarées : 0

FORAGES GEOTHERMIQUES (Cissé), 2, Avenue de la Chasselouvière, 72120 SAINT-CALAIS – tél : 02.43.35.84.52
Réalisations déclarées en 2006 : 2

ADEME – EDF **BRGM/CDG/ENE/CITEG**

SARL BONIFACE, 5, rue Pierre Boileau, 51420 WITRY-LES-REIMS
tél : 03.26.97.11.61 ou 06.22.92.65.22
Réalisations déclarées : 0

***FORA-MIN'S SARL**, 120, route des Buclets, 39400 MORBIER
tél : 03.84.33.39.05
Réalisations déclarées : 0

SERIC FORAGE, 1, rue Jules Guesde, 66280 SALEILLES – tél : 04.68.22.93.29
en partenariat avec la société JMP Chauffage, lieu-dit Bordeneuve, 31460 Maureville.
Réalisations déclarées en 2004 : 1

FORAGES CLEMENT, 12, rue Charles Chabert, 26200 MONTELIMAR –
tél : 04.75.51.99.06 - en partenariat avec société Climasol, groupe Wavin, (Z.I. de la Louée, 44 115 Haute-Goulaine)
Réalisations déclarées : 0

SARL JAUMOUILLE, 36 bis, rue des Gds Fiefs, 44410 MONTBERT –
tél :02.40.26.71.85 en partenariat avec société Atlantic Energie System, Les Ragonnières, 44 330 La Chapelle Heulin
Réalisations déclarées en 2005 : 1

SARL PRISER & FILS, Z.A. de Pen Ar Forest, 29860 KERSAINT PLABENNEC –
tél : 02.98.40.17.89
Réalisations déclarées en 2002 : 3

TRAFORDYN, quai du Président Wilson, BP 30234, 44202 NANTES Cedex 2 –
tél : 02.40.12.47.41
Réalisations déclarées en 2002 : 30

Ginglinger Burkhart Géothermie (GBG), - Société Otec en partenariat avec le foreur Burkhart Z.A. Rozenmeer sud – BP 45, 67560 ROSHEIM – tél : 03.88.48.02.28
Réalisations déclarées en 2003 : 16

BOISSEE, La Jaline, 46700 DURAVEL – tél : 05.65.30.65.97
Réalisations déclarées : 0

SERCO FORAGES, Z. Induspal, avenue des Lacs, 64140 LONS – tél : 05.59.13.01.40
Réalisations déclarées en 2003 : 5

***SUD SONDAGE**, 32, chemin du parc, 31820 PIBRAC – tél : 05.61.86.07.37
Réalisations déclarées : 0

NCF (CRT-SUZENNE), 6,av.de Paris 53940 SAINT-BERTHEVIN - tél : 02.43.37.22.22 - fax : 02.43.37.22.23
En partenariat avec la société CRT, Centre Régional Thermic, 49125 TIERCE – tél : 02.41.31.16.40
Réalisations déclarées en 2003 : 2

***SREEP, René Aumont Forages**, Bourg, 24160 SAINT-MEDART D'EXCIDEUIL –
tél : 05.53.62.40.66
Réalisations déclarées : 0

ADEME – EDF **BRGM/CDG/ENE/CITEG**

Ets SYLVESTRE GILLES, 12, av. du 8-Mai-1945, 16140 AIGRE –tél :05.45.21.03.69
Réalisations déclarées : 0

FORAGES DE MARANS, 4, rue des Vanneaux, 17230 MARANS –
tél : 05.46.01.03.35
Réalisations déclarées en 2005 : 7

SARGES, 12 rue du stade, 69510 SOUCIEU-EN-JARREST – tél : 04.78.05.53.46
Réalisations déclarées : 0

FORAGES DU GOLFE, 22, rue du Larzat, 34750 VILLENEUVE-LES-MAGUELONNE –tél : 04.67.69.30.65
Réalisations déclarées en 2003 : 4

AQUASSYS , Les Rolandières, 35120 DOL DE BRETAGNE – tél : 02.99.48.17.78
Réalisations déclarées en 2003 : 7

SOGAMA Sarl, Les Mourets, 82410 SAINT ETIENNE DE TULMONT –
tél : 05.63.64.50.63 - en partenariat avec la société EFC ,Tiabarrot, 32300 Dhiroumont d'Astorc
Réalisations déclarées en 2005 : 1

EURL CMT , 87640 Razes – tél : 05.55.71.09.13
Réalisations déclarées : 0

OUEST FORAGES sarl, ZA du vivier, 50710 Créances – tél : 02.33.46.41.44
Réalisations déclarées : 0

GEOTHERM SA , CH-1782 Belfaux en partenariat avec la société ECS chauffage 11B cour du chapître 68290 MASEVAUX – tél : 03.89.39.21.34
Réalisations déclarées : 0

BONNIER sarl, Rannée, 35130 La Guerche de Bretagne – tél : 02.99.96.23.08
Réalisations déclarées : 0

AVEYRON POMPAGE, 9, impasse des mouettes 12850 Onet le château –
tél : 05.65.67.31.85
Réalisations déclarées en 2004 : 1

ABC du Forage Haute Pression, Le mas – route du Lirou 34820 GUZARGUES –
tél : 04.67.59.59.59
Réalisations déclarées : 0

PONTIGNAC sarl, 152, rue Henri Maurice, 59494 AUBRY DU HAINAUT –
tél : 03.27.46.90.15
Réalisations déclarées en 2005 : 6

ADEME – EDF **BRGM/CDG/ENE/CITEG**

MASSIP Forage, les Mauqiés, 82230 LA SALVETAT-BELMONTET –
tél : 05.63.30.45.20
Réalisations déclarées en 2003 : 0

POVOFOR 2000, ZI de Kroas Lesneuven 29520 CHATEAUNEUF DU FAOU –
tél : 02.98.81.74.05
Réalisations déclarées en 2003 : 6

FORT Joël Sarl, 16,rue de la Place 17400 SAINT-PIERRE-DE-JUILLERS –
tél : 05.46.33.27.10
En partenariat avec la société CHARENTES ENERGIE SOLAIRE - 86, av. Gambetta 17300 ROCHEFORT
Réalisations déclarées : 0

GEOFORAGE 49 (GTZ), Les Landes 49120 SAINT-GEORGES-DES-GARDES –
tél : 02.41.46.68.64
Réalisations déclarées : 0

Ets. MENTZLER, 96 rue des jardins 67230 ROSSFELD - tél : 03.88.74.46.28
Réalisations déclarées : 0

AU FORAGE VENDEEN Sarl, 6, rue de la Croix Penard 85470 BREM SUR MER -
tél : 02.51.90.53.03
En partenariat avec la société CHAIGEAU, 27, rue David d'Angers 49122 LE MAY sur EVRE
Réalisations déclarées en 2005 : 2

AUVERGNE FORAGE Sarl, Le Bourg 63190 BORT-L'ETANG - tél.04.73.73.35.48
Réalisations déclarées en 2005 : 2

GEOFORE, ZI Toulon Est 130, rue Berthelot (BP 389) 83085 TOULON Cedex 9 -
tél.04.94.14.48.84
Réalisations déclarées : 0

* **FORASUD S.A.,** ZI Quartier de Bagnol - Lot n° 11 13127 VITROLLES -
tél.04.42.89.08.41
Réalisations déclarées : 0

ENTREPRISE DE FORAGE, La Vigne 24800 SARRAZAC - tél. 05.53.62.52.71
Réalisations déclarées : 0

* **ETS HELBERT,** 1 Bd Denis Papin 35500 VITRE - tél.02.99.75.28.07
Réalisations déclarées : 0

TECFOR SA, SITAS, 20 allée du Maconnais 21000 DIJON - tél.(41) 24.472.33.11
Réalisations déclarées en 2002 : 34

* **MATHERON FORAGES Sarl,** Le village 04500 ALLEMAGNE EN PROVENCE
tél : 04.92.77.43.36
En partenariat avec la société EITB, ZA Pas Demenc 83560 VINON/VERDON
Réalisations déclarées : 0

ADEME – EDF **BRGM/CDG/ENE/CITEG**

* **CONTANT Sas,** B.P.12 19210 LUBERSAC - tél : 05.55.73.59.77
Réalisations déclarées : 0

* **AGRIFORAGE,** Z.I. St Agathe rue Lavoisier 57190 FLORANGE
- tél : 03.82.83.34.47
En partenariat avec la société KIT CHAUFFAGE, 12 rue du Haras 57430 SARRALBE
Et ZACAHREWICZ et Cie ,4 rue Abel Gance 57129 THIONVILLE
Réalisations déclarées : 0

* **FORATHERM eurl,** 8, impasse de Bar 57500 SAINT AVOLD - tél : 03.87.92.68.17
Réalisations déclarées : 0

* **ROUSSILLON forage,** Chemin du Pilou - Les Baixes 66270 LE SOLER - tél : 04 68 92 00 00
Réalisations déclarées : 0

* **FTP eurl,** 409, ch d'alamana St Agnès 06500 MENTON - tél : 06 16 122 262
Réalisations déclarées : 0

* **LEROY forage**, Quartier Sabouillon 13330 PELISSANNE - tél : 04 90 55 28 43
Réalisations déclarées : 0

* **ATLANTIQUE GEOTHERMIE(OLERON** forage), 96, ave des Pins - La côtinière 17310 ST PIERRE D'OLERON -
tél : 05 46 85 58 73
Réalisations déclarées : 0

* **AQUAFOR**, 130, rue Berthelot, ZI Toulon Est – BP 419 – 83077 TOULON cedex 9
tél : 04 94 14 48 80
Réalisations déclarées : 0

* **FORAGES PEROTIN**, chemin des Contes, 83460 LES ARCS
tél : 04 94 85 22 82
En partenariat avec la société PBE (Patrick Bouvry), 656, chemin des Lavandes – 83460 Les Arcs
Réalisations déclarées : 0

* **MULTIFOR**, 8, Impasse de bar – 57500 SAINT-AVOLD
tél : 03 87 92 68 17
Réalisations déclarées : 0

* **ENTREPRISE ANDRE MACCARIO**, 237 Chemin des Bas Campons, 06480 LA COLLE SUR LOUP
tél : 04 93 32 62 97
Réalisations déclarées : 0

* **AU FIL DE L'EAU**, 114, Allée de la Reine Claude, 13300 SALON DE PROVENCE
tél : 04 90 56 41 81
Réalisations déclarées : 0

* **VAN INGEN FORAGES,** Les Grèves – 37290 TOURNON ST PIERRE
tél : 02 54 37 58 91
Réalisations déclarées : 0

Annexe 4

Fiches descriptives des opérations de géothermie du Gers

Opération de géothermie existante

Code BSS: 10071X0012/F

Identification

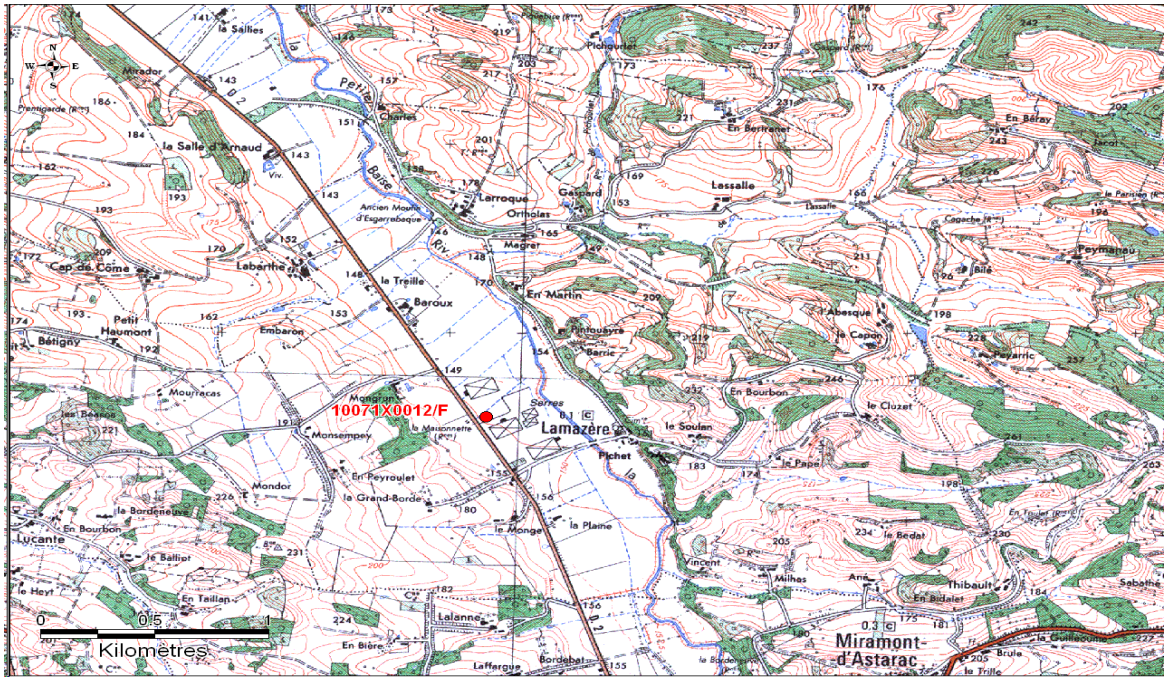
Lieu-dit :
Dénomination : Lamazere 1 - GLA 1
Désignation : F
Commune : LAMAZERE
Département : 32

Localisation

X Lambert 3 Carto (m) : 447160
Y Lambert 3 Carto (m) : 3141550

Altitude (m) : 148,84

Plan de localisation



Généralités

Propriétaire:

Associatio
Les serres géothermiques de Lamazère

Tél. :

Opération de géothermie existante

Code BSS: 10071X0012/F

Caractéristiques techniques

Indice BSS :	10071X0012
Nature de l'ouvrage :	Forage
Année de réalisation :	09/07/1981
Etat de l'ouvrage :	Exploité
Profondeur de l'ouvrage :	1750
Profondeur du haut de la crépine :	1629
Profondeur du bas de la crépine :	1666
Diamètre du tubage :	339,72 mm de 0 à 351 / 244,47 mm de 351 à 1630
Hauteur de la margelle :	0

Remarques - Historique :

Géologie et hydrogéologie

Débit d'exploitation actuel :	150
RM :	Sol
Niveau eau / RM :	Artésien m
	au 09/07/1981

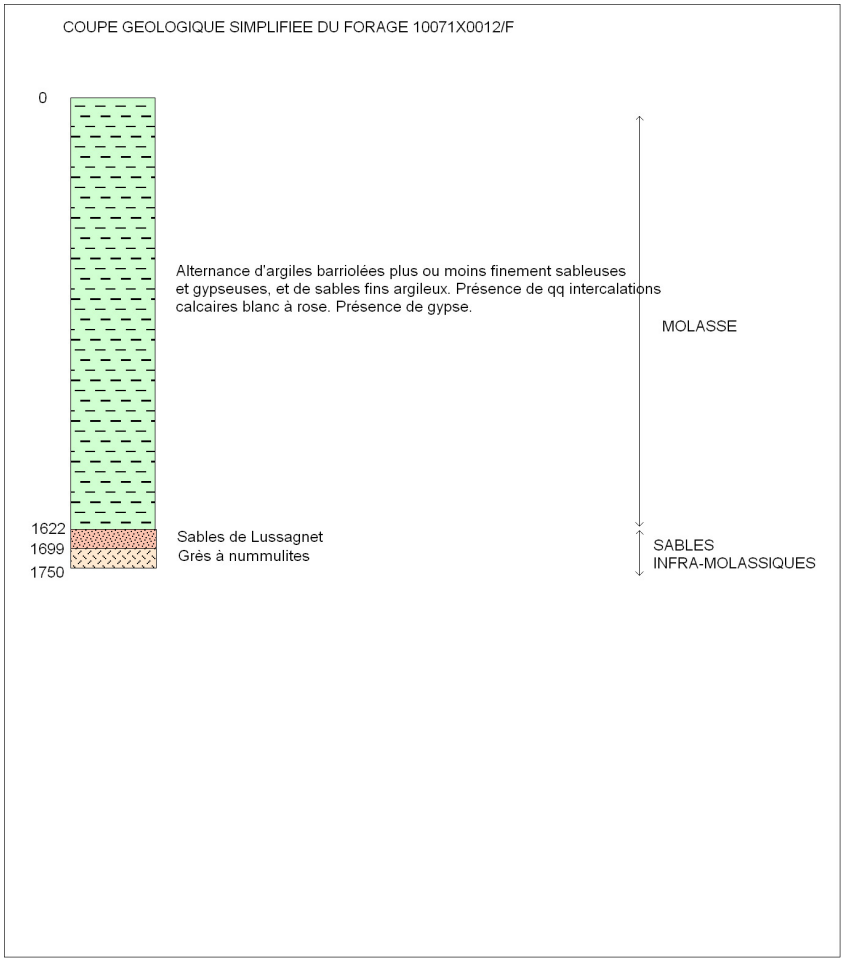
Caractéristiques hydrochimiques

Température actuelle à l'exhaure :	57 °C
Température actuelle au fond de l'ouvrage :	0
Turbidité moyenne NTU :	0
Dureté moyenne :	0
Minéralisation moyenne :	0
Faciès physico-chimique :	
Corrosion observée :	☐
Particularité(s) chimique(s) :	Eau dite "de bonne qualité"

Opération de géothermie existante

Code BSS: 10071X0012/F

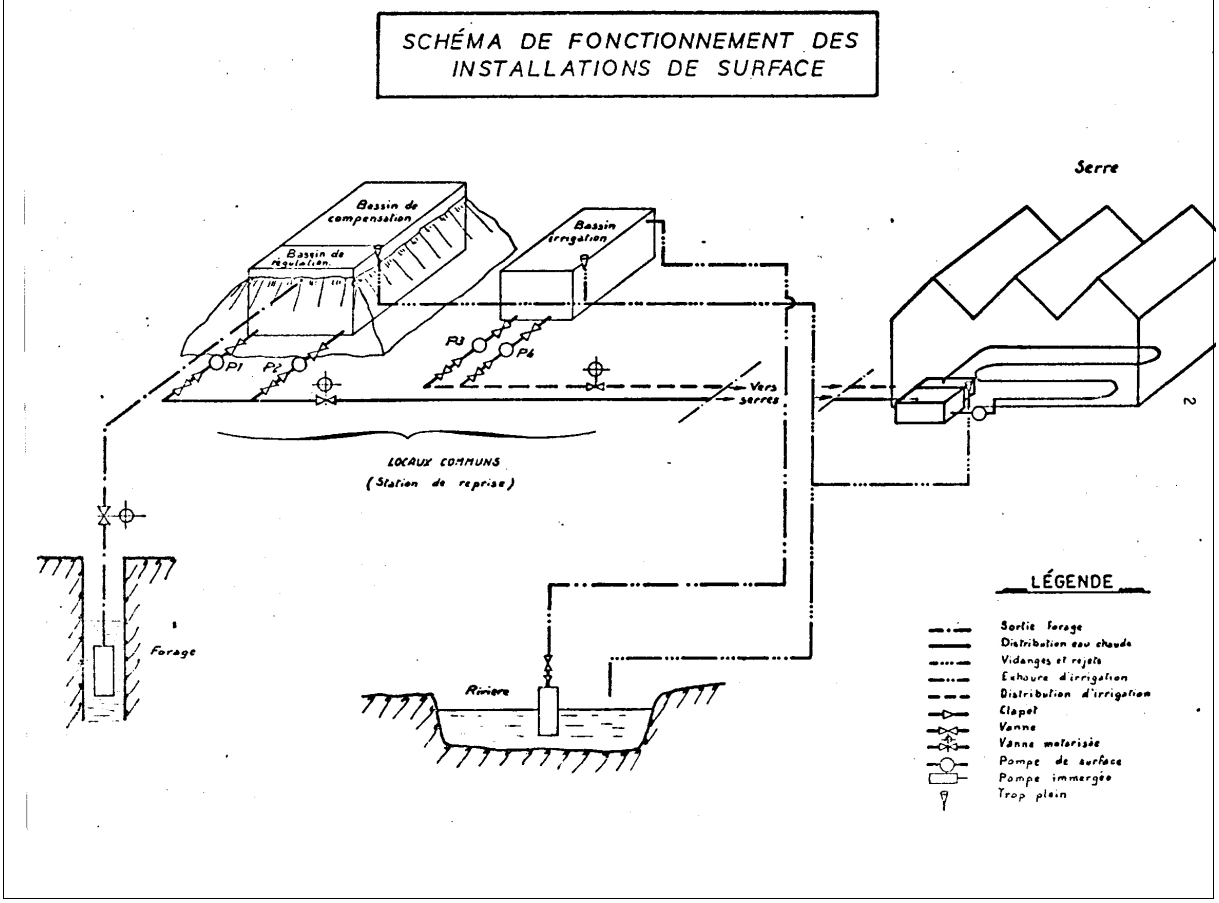
Images (captage, coupe, hydrogéologie, situation)



Opération de géothermie existante

Code BSS: 10071X0012/F

Images (captage, coupe, hydrogéologie, situation)



Annexe 5

Fiches descriptives des SCNE issue de la base de données

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09807X0020/HY

Identification

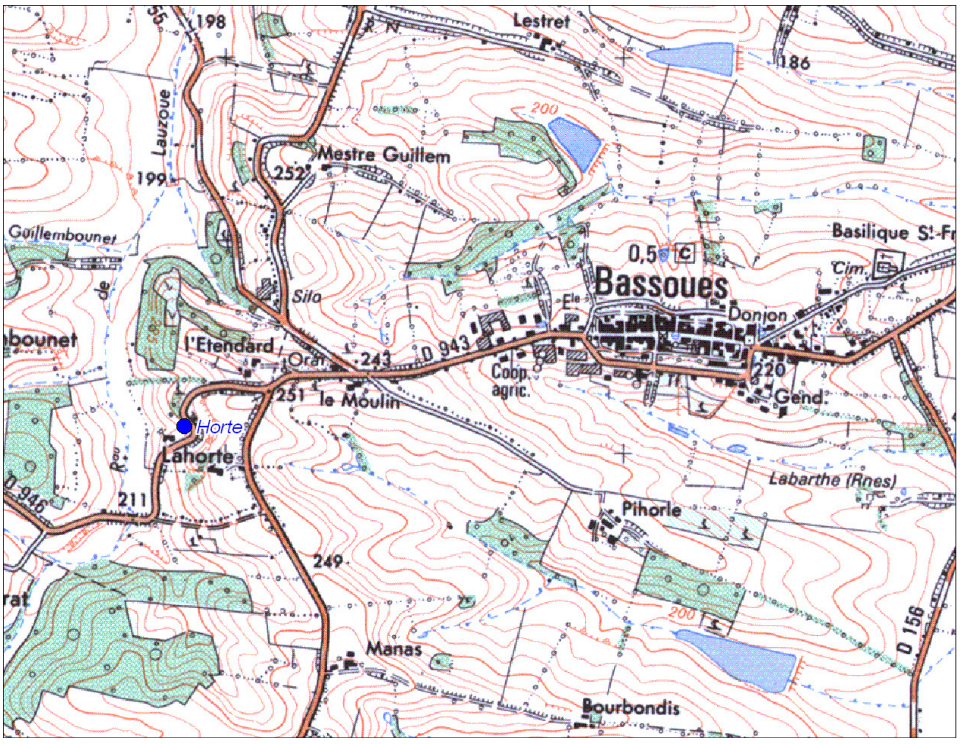
Lieu-dit : Horte
Dénomination :
Désignation :
Commune : Bassoues
Département : 32

PRESENCE DE BATIMENTS COLLECTIFS SUR LA COMMUN

Localisation

X Lambert 3 Carto (m) : 429 894,56
Y Lambert 3 Carto (m) : 3144068,15
Altitude (m) : 225

Plan de localisation



Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09807X0020/HY

Généralités

Propriétaire:

Tél. :

Caractéristiques techniques

ACTES ADMINISTRATIFS :

DATACT	TYPACT	ABRSIG
20/08/1867	AMA	Arrété Ministériel d'Autorisation
06/06/1959	ARQ	Arrété Ministériel Révoquant l'autoris.

Source privée ou publique :

Type de captage :

Cause d'abandon :

Remarques :

Géologie et hydrogéologie

Débit naturel minimal observé : 0

Débit naturel maximal observé : 0

Période d'étiage observée :

Période de crue observée :

Accessibilité à l'émergence :

Géologie à l'émergence :

Geologie du gisement :

Code du système aquifère : 565

Nom du système aquifère : ARMAGNAC

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09807X0020/HY

Caractéristiques hydrochimiques

Température moyenne : 0

C à 20°C : 0

pH moyen : 0

Mineralisation_moy :

Présence de données d'exploitation antérieures : ☐

Propriétaire des données :

Problèmes de qualité rencontrés :

Faciès physico-chimique :

Analyses rencensées (et effectuées) :

Date	Remarque	T°C	pH	C_a_20	Qm3/h	R_sec	Turb_NTU	Oxyd	SiO2	TH	REDOX	TAC	CO2
18/08/1988		13,4		725		0	0	0	0	0	0	0	0

Date	PO4	Ca	Mg	Na	NH4	NO3	K	NO2	Cl	F	SO4	CO3	HCO3	Al	Cu	Fer	Mn	Zn	As	Br	Li	Sr	Si
18/08/1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Données BSS

Date du dossier :

Etat de l'ouvrage :

Exploitant :

Entrepreneur :

Propriétaire de l'ouvrage :

MO :

Utilisation :

Documents :

HISTORIQUE

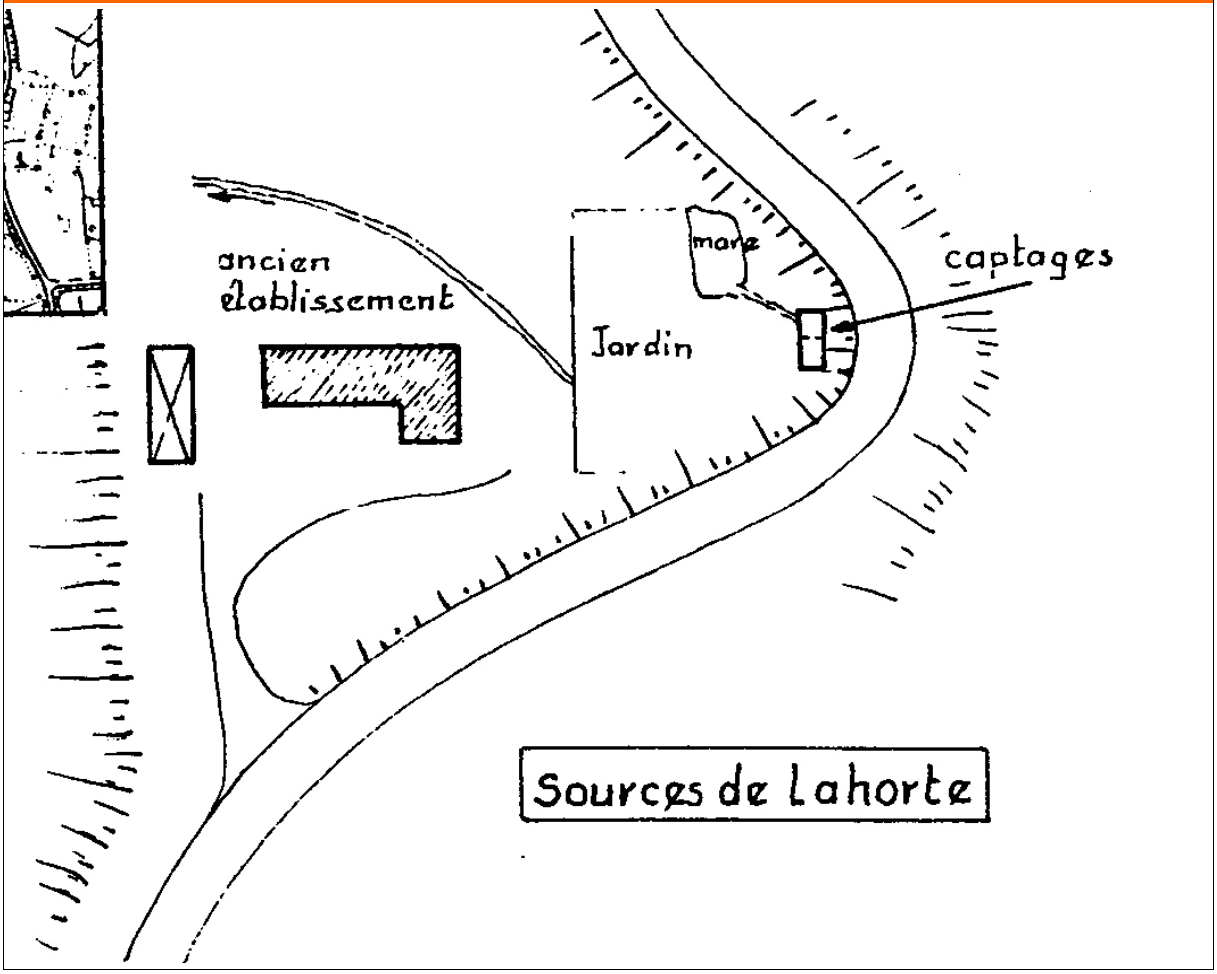
Les deux sources de Lahorte ont alimenté un petit établissement thermal construit en 1886.
Ces sources, autorisées par Arrêté Ministériel du 20/08/1867, ont été révoquées le 6/06/1959.
Lors de travaux effectuées en 1900 sur la route passant en amont, à quelques mètres des captages, une des deux sources aurait tarie.
En 1 988 les captages sont encore visibles; ils sont situés dans un jardin, en
contrebas de la route. Une seule source coule encore.
18/05/1988 T= 13,4°c
Résistivité 1 379 ohm /cm
Il existe une autre source sur la commune de Bassoues: la source St Fris, située près dune chapelle du même nom et en bordure dun petit plan deau artificiel. Cette source, renommée localement pour le traitement de leczéma, est encore utilisée librement de nos jours. Elle n'a jamais fait lobjet dune exploitation officielle.

Source visitée par le BRGM en 2007 :

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09807X0020/HY

Images (captage, coupe, hydrogéologie, situation)



CONCLUSION SUR L'INTERET D'UNE VALORISATION GEOTHERMIQUE

Commentaire repris des synthèses départementales des années 80 (BRGM) :

D'après la visite sur le terrain de 2007 (BRGM)

BIBLIOGRAPHIE

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu34

Identification

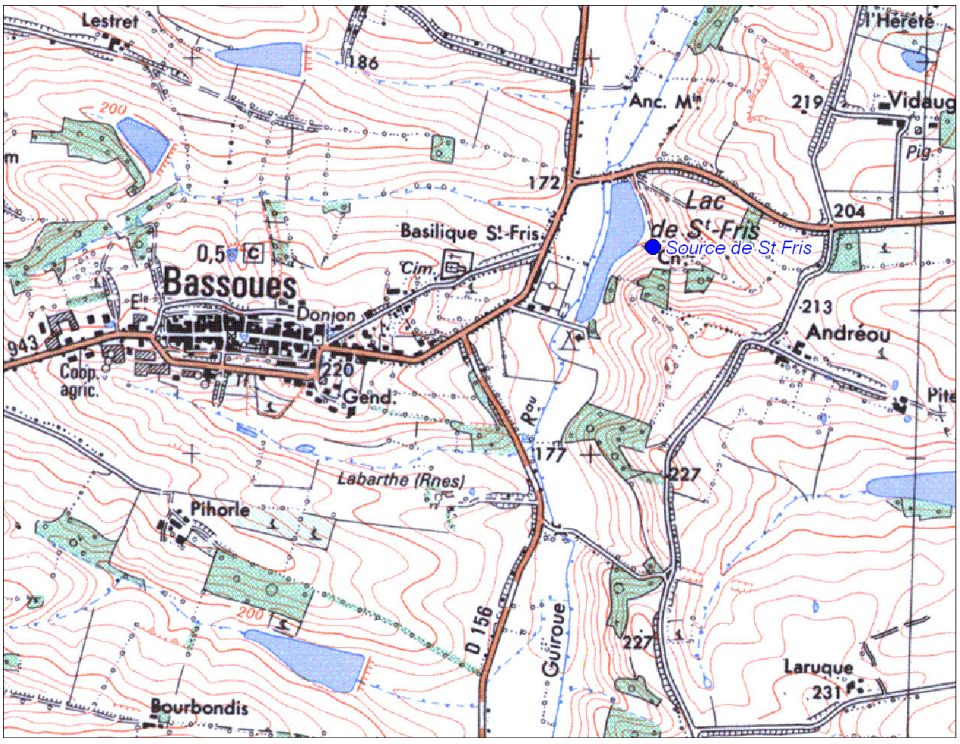
Lieu-dit : Source de St Fris
Dénomination :
Désignation :
Commune : Bassoues
Département : 32

PRESENCE DE BATIMENTS COLLECTIFS SUR LA COMMUN

Localisation

X Lambert 3 Carto (m) : 432 156,38
Y Lambert 3 Carto (m) : 3144525
Altitude (m) : 182

Plan de localisation



Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu34

Généralités

Propriétaire:

Tél. :

Caractéristiques techniques

ACTES ADMINISTRATIFS :

DATACT	TYPACT	ABRSIG
20/08/1867	AMA	Arrété Ministériel d'Autorisation
06/06/1959	ARQ	Arrété Ministériel Révoquant l'autoris.

Source privée ou publique :

Type de captage :

Cause d'abandon :

Remarques :

Géologie et hydrogéologie

Débit naturel minimal observé : 0

Débit naturel maximal observé : 0

Période d'étiage observée :

Période de crue observée :

Accessibilité à l'émergence :

Géologie à l'émergence :

Geologie du gisement :

Code du système aquifère : 565

Nom du système aquifère : ARMAGNAC

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu34

Caractéristiques hydrochimiques

Température moyenne : 0 **C à 20°C :** 0

pH moyen : 0 **Mineralisation_moy :**

Présence de données d'exploitation antérieures : ☐

Propriétaire des données :

Problèmes de qualité rencontrés :

Faciès physico-chimique :

Analyses rencensées (et effectuées) :

Données BSS

Date du dossier :

Etat de l'ouvrage :

Exploitant :

Entrepreneur :

Propriétaire de l'ouvrage :

MO :

Utilisation :

Documents :

HISTORIQUE

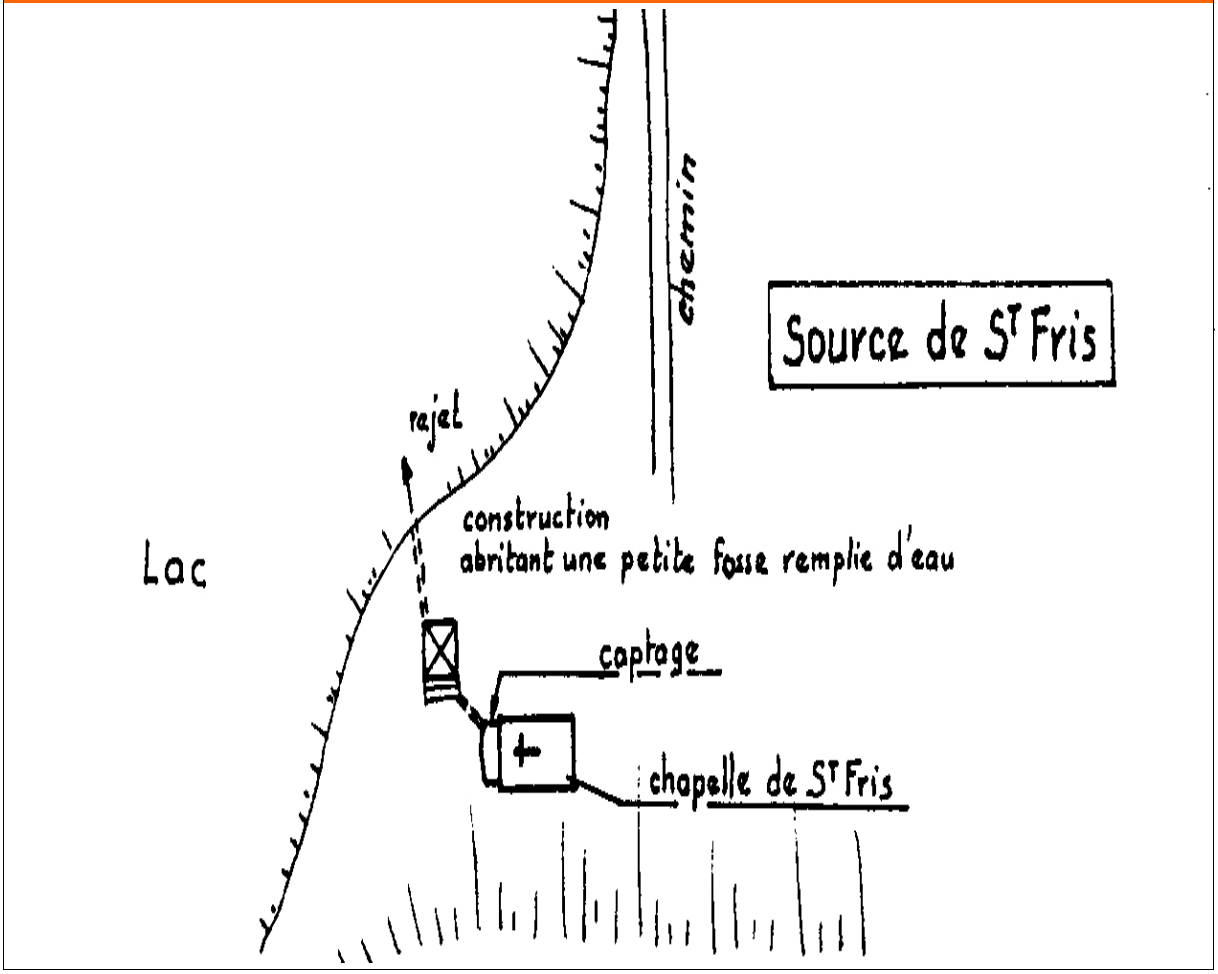
Les deux sources de Lahorte ont alimenté un petit établissement thermal construit en 1886.
Ces sources, autorisées par Arrêté Ministériel du 20/08/1867, ont été révoquées le 6/06/1959.
Lors de travaux effectuées en 1900 sur la route passant en amont, à quelques mètres des captages, une des deux sources aurait tarie.
En 1 988 les captages sont encore visibles; ils sont situés dans un jardin, en contrebas de la route. Une seule source coule encore.
18/05/1988 T= 13,4°c
Résistivité 1 379 ohm /cm
Il existe une autre source sur la commune de Bassoues: la source St Fris, située près dune chapelle du même nom et en bordure dun petit plan deau artificiel. Cette source, renommée localement pour le traitement de leczéma, est encore utilisée librement de nos jours. Elle n'a jamais fait lobjet dune exploitation officielle.

Source visitée par le BRGM en 2007 :

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu34

Images (captage, coupe, hydrogéologie, situation)



CONCLUSION SUR L'INTERET D'UNE VALORISATION GEOTHERMIQUE

Commentaire repris des synthèses départementales des années 80 (BRGM) :

D'après la visite sur le terrain de 2007 (BRGM)

BIBLIOGRAPHIE

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu11

Identification

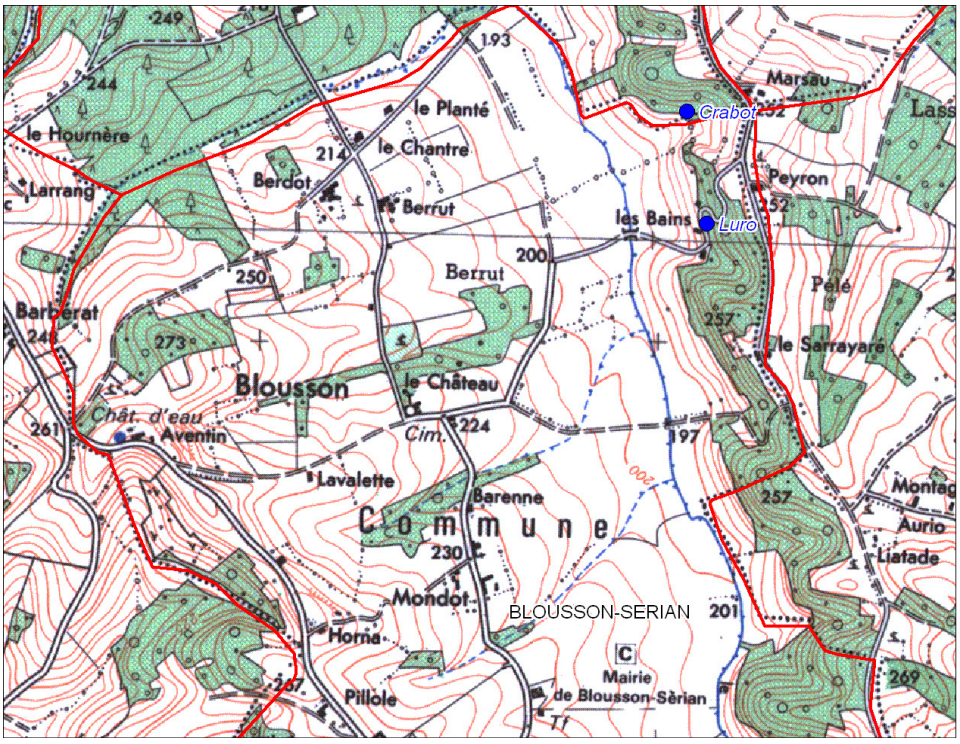
Lieu-dit : Crabot
Dénomination :
Désignation :
Commune : Blousson-Sérian
Département : 32

PRESENCE DE BATIMENTS COLLECTIFS SUR LA COMMUN

Localisation

X Lambert 3 Carto (m) : 427 073,00
Y Lambert 3 Carto (m) : 3132582,46
Altitude (m) : 220

Plan de localisation



Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu11

Généralités

Propriétaire:

Tél. :

Caractéristiques techniques

ACTES ADMINISTRATIFS :

Source privée ou publique :

Type de captage :

Cause d'abandon :

Remarques :

Géologie et hydrogéologie

Débit naturel minimal observé : 0

Débit naturel maximal observé : 0

Période d'étiage observée :

Période de crue observée :

Accessibilité à l'émergence :

Géologie à l'émergence :

Geologie du gisement :

Code du système aquifère : 565

Nom du système aquifère : ARMAGNAC

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu11

Caractéristiques hydrochimiques

Température moyenne : 0

C à 20°C : 0

pH moyen : 0

Mineralisation_moy :

Présence de données d'exploitation antérieures : ☐

Propriétaire des données :

Problèmes de qualité rencontrés :

Faciès physico-chimique :

Analyses rencensées (et effectuées) :

Date	Remarque	T°C	pH	C_a_20	Qm3/h	R_sec	Turb_NTU	Oxyd	SiO2	TH	REDOX	TAC	CO2
18/08/1988		16,1	0	435,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Date	PO4	Ca	Mg	Na	NH4	NO3	K	NO2	Cl	F	SO4	CO3	HCO3	Al	Cu	Fer	Mn	Zn	As	Br	Li	Sr	Si
18/08/1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Données BSS

Date du dossier :

Etat de l'ouvrage :

Exploitant :

Entrepreneur :

Propriétaire de l'ouvrage :

MO :

Utilisation :

Documents :

HISTORIQUE

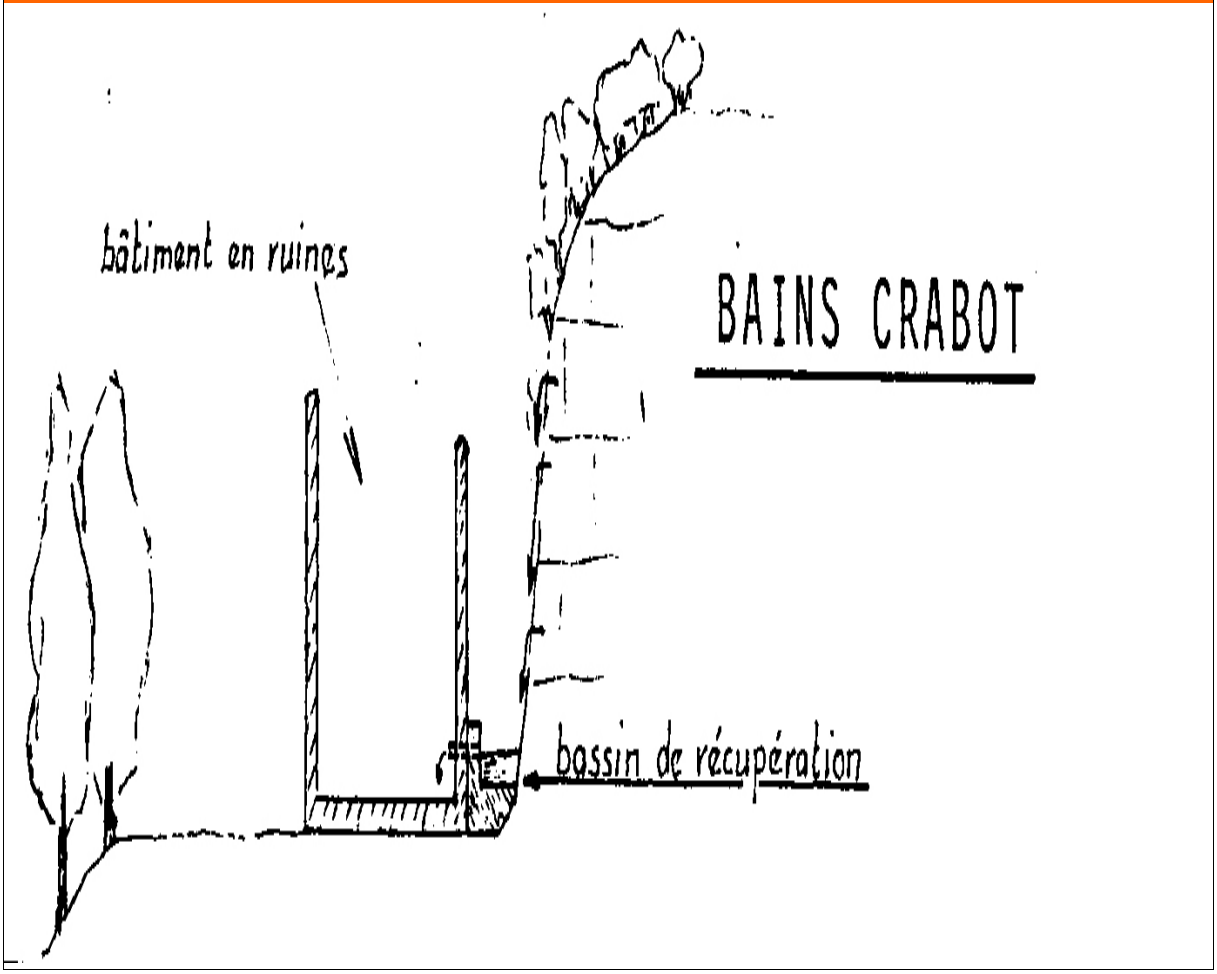
Deux sources ont fait l'objet d'exploitation locale à Blousson-Sérian de 1870 à 1939. Chacune de ses sources alimentait un établissement de bains. Il s'agissait des bains LURO et des bains CRABOT. Chaque établissement était équipé de 6 douches et 6 baignoires et traitait une centaine de personnes par saison (juin à septembre) .L'eau, utilisée en bains et boisson, était réputée pour soigner 1arthrose.
Ces sources n'ont jamais été autorisées.
18/05/1988
En 1988 les sources et établissements sont encore visibles.
L'établissement Luro à été transformé en habitation.
T= 16,1°c
R = 1789 ohm/cm
L établissement Crabot, adossé à une petite falaise calcaire, est en ruines.
L'eau suinte le long de la falaise et est récupérée dans un bassin situé à l'arrière de la maison en pied de falaise.
T = 16,1°c
R = 2296 ohm/cm

Source visitée par le BRGM en 2007 :

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu11

Images (captage, coupe, hydrogéologie, situation)



CONCLUSION SUR L'INTERET D'UNE VALORISATION GEOTHERMIQUE

Commentaire repris des synthèses départementales des années 80 (BRGM) :

D'après la visite sur le terrain de 2007 (BRGM)

BIBLIOGRAPHIE

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu12

Identification

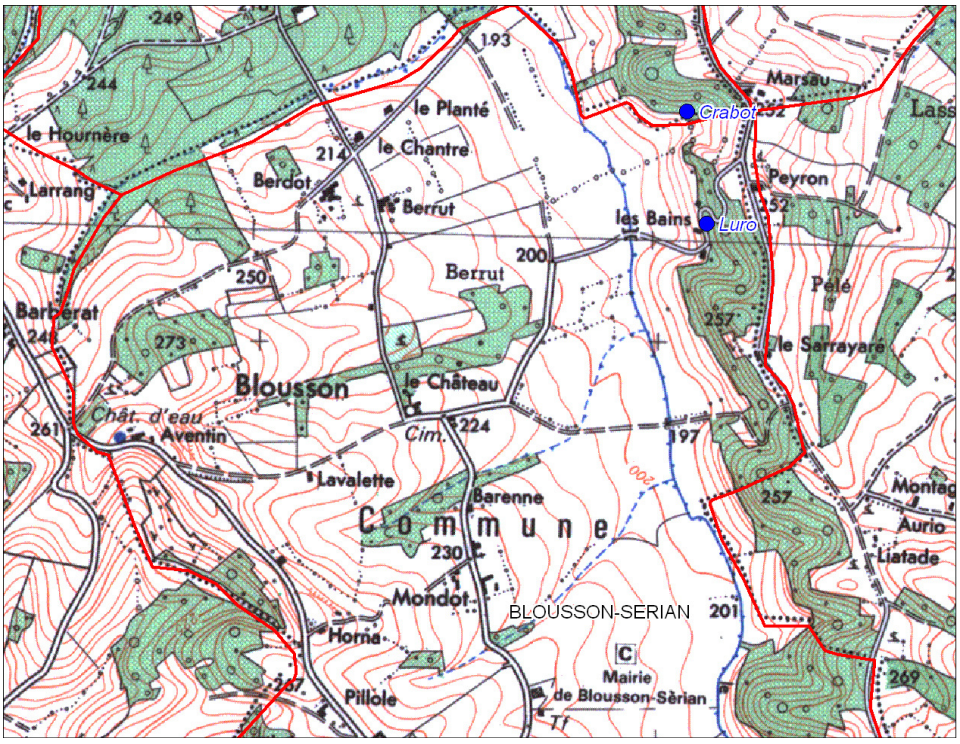
Lieu-dit : Luro
Dénomination :
Désignation :
Commune : Blousson-Sérian
Département : 32

PRESENCE DE BATIMENTS COLLECTIFS SUR LA COMMUN

Localisation

X Lambert 3 Carto (m) : 427 121,56
Y Lambert 3 Carto (m) : 3132298,75
Altitude (m) : 220

Plan de localisation



Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu12

Généralités

Propriétaire:

Tél. :

Caractéristiques techniques

ACTES ADMINISTRATIFS :

Source privée ou publique :

Type de captage :

Cause d'abandon :

Remarques :

Géologie et hydrogéologie

Débit naturel minimal observé : 0

Débit naturel maximal observé : 0

Période d'étiage observée :

Période de crue observée :

Accessibilité à l'émergence :

Géologie à l'émergence :

Geologie du gisement :

Code du système aquifère : 565

Nom du système aquifère : ARMAGNAC

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu12

Caractéristiques hydrochimiques

Température moyenne : 0

C à 20°C : 0

pH moyen : 0

Mineralisation_moy :

Présence de données d'exploitation antérieures : ☐

Propriétaire des données :

Problèmes de qualité rencontrés :

Faciès physico-chimique :

Analyses rencensées (et effectuées) :

Date	Remarque	T°C	pH	C_a_20	Qm3/h	R_sec	Turb_NTU	Oxyd	SiO2	TH	REDOX	TAC	CO2
18/05/1988		16,1	0	559	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Date	PO4	Ca	Mg	Na	NH4	NO3	K	NO2	Cl	F	SO4	CO3	HCO3	Al	Cu	Fer	Mn	Zn	As	Br	Li	Sr	Si
18/05/1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Données BSS

Date du dossier :

Etat de l'ouvrage :

Exploitant :

Entrepreneur :

Propriétaire de l'ouvrage :

MO :

Utilisation :

Documents :

HISTORIQUE

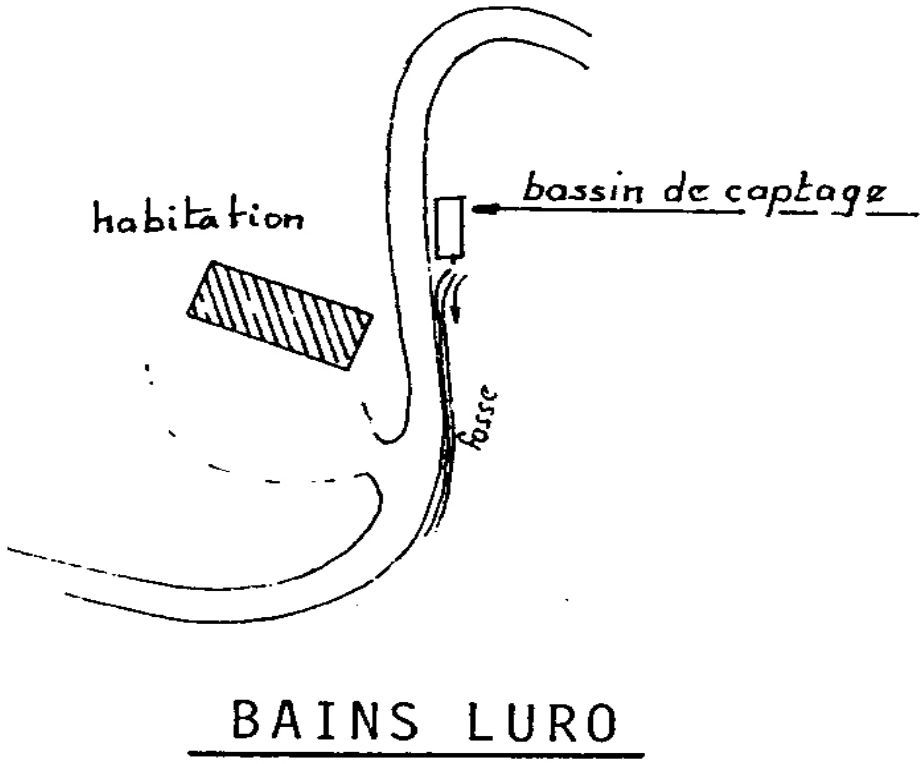
Deux sources ont fait l'objet d'exploitation locale à Blousson-Sérian de 1870 à 1939. Chacune de ses sources alimentait un établissement de bains. Il s'agissait des bains LURO et des bains CRABOT. Chaque établissement était équipé de 6 douches et 6 baignoires et traitait une centaine de personnes par saison (juin à septembre) .L'eau, utilisée en bains et boisson, était réputée pour soigner 1arthrose.
Ces sources n'ont jamais été autorisées.
18/05/1988
En 1988 les sources et établissements sont encore visibles.
L'établissement Luro à été transformé en habitation.
T= 16,1°c
R = 1789 ohm/cm
L établissement Crabot, adossé à une petite falaise calcaire, est en ruines.
L'eau suinte le long de la falaise et est récupérée dans un bassin situé à l'arrière de la maison en pied de falaise.
T = 16,1°c
R = 2296 ohm/cm

Source visitée par le BRGM en 2007 :

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu12

Images (captage, coupe, hydrogéologie, situation)



CONCLUSION SUR L'INTERET D'UNE VALORISATION GEOTHERMIQUE

Commentaire repris des synthèses départementales des années 80 (BRGM) :

D'après la visite sur le terrain de 2007 (BRGM)

BIBLIOGRAPHIE

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09546X0020/HY

Identification

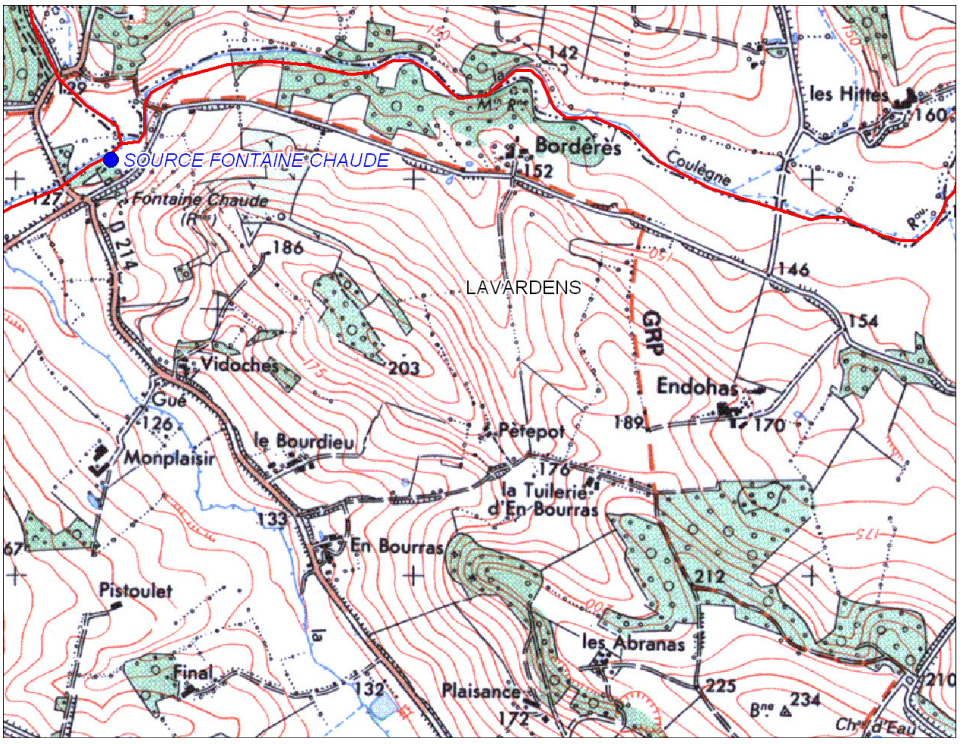
Lieu-dit : SOURCE FONTAINE CHAUDE
Dénomination :
Désignation : HY
Commune : Lavardens
Département : 32

PRESENCE DE BATIMENTS COLLECTIFS SUR LA COMMUN

Localisation

X Lambert 3 Carto (m) : 451 240,00
Y Lambert 3 Carto (m) : 3167050
Altitude (m) : 123

Plan de localisation



Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09546X0020/HY

Généralités

Propriétaire:

Tél. :

Caractéristiques techniques

ACTES ADMINISTRATIFS :

DATACT	TYPACT	ABRSIG
02/07/1846	AMA	Arrété Ministériel d'Autorisation
16/06/1933	ARQ	Arrété Ministériel Révoquant l'autoris.

Source privée ou publique :

Type de captage :

Cause d'abandon :

Remarques :

Géologie et hydrogéologie

Débit naturel minimal observé :

Débit naturel maximal observé :

Période d'étiage observée :

Période de crue observée :

Accessibilité à l'émergence :

Géologie à l'émergence :

Geologie du gisement : Les sources thermo-minérales de Lavardens sont

Code du système aquifère : 565

Nom du système aquifère : ARMAGNAC

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09546X0020/HY

Caractéristiques hydrochimiques

Température moyenne : **C à 20°C :**

pH moyen : **Mineralisation_moy :**

Présence de données d'exploitation antérieures : ☐

Propriétaire des données :

Problèmes de qualité rencontrés :

Faciès physico-chimique :

Analyses rencensées (et effectuées) :

Date	Remarque	T°C	pH	C_a_20	Qm3/h	R_sec	Turb_NTU	Oxyd	SiO2	TH	REDOX	TAC	CO2
08/08/1973		17,5		649		676	0	0	0	0	0	0	0
08/08/1973				654		678		0		0	0	0	0

Date	PO4	Ca	Mg	Na	NH4	NO3	K	NO2	Cl	F	SO4	CO3	HCO3	Al	Cu	Fer	Mn	Zn	As	Br	Li	Sr	Si
08/08/1973	0	137	24	21	0	0	2,3	0	23,6	0	88	0	366	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0
08/08/1973		137	22	15,4	0	0	0	0	23,6	0	73	0	366	0	0	0,12	0	0	0	0	0	0	

Données BSS

Date du dossier : 21/01/1991

Etat de l'ouvrage : ACCES,NON-EXPLOITE,SEC.

Exploitant :

Entrepreneur :

Propriétaire de l'ouvrage : M. JEAN JACQUES CASTEL

MO :

Utilisation :

Documents : PLAN-SITUATION,DOCUMENTATION-GEOLOGIQUE,

HISTORIQUE

L'origine de l'exploitation thermale de Lavardens n'est pas connue.

2/07/1846 : Autorisation Ministérielle d'exploiter la source Fontaine Chaude.
La station a été en activité jusqu'en 1927. L'établissement, de dimensions modestes, aura une fréquentation de l'ordre de 300 personnes environ par an.
1932 : A cette époque, le captage consiste en un puits = 1,50 m, profondeur = 3,50 à 4,00 m. Une canalisation conduit l'eau à l'établissement situé à 15 m à l'Ouest de la source.

16/06/1933 : Arrêté Ministériel révoquant l'autorisation d'exploiter.

28/07/1973 : Achat de la source et de l'établissement par M. J.J. Castel.
Dans le but d'exploiter les eaux pour embouteillage, une étude du gisement est demandée au Service des Mines.

1974 : Exécution de trois sondages de recherche.
F1 = 31,40 m : non tubé, rebouché par la suite
F2 = 40,40m (tubé)-
F3 = 51,90 m (tubé)

1976 : Demande d'autorisation d'exploiter.
24/10/1988 : Visite BRGM.

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09546X0020/HY

La station est inexploitée.
Les aménagements des têtes de forages (F2 et F3) sont conformes aux plans établis lors de leur exécution.
Lors de notre visite, le niveau d'eau dans le puits de la Fontaine Chaude est identique au niveau du ruisseau de Coulègne, soit environ — 2 m par rapport au sol et les 2 forages ne sont pas jaillissants. Cette situation est dûe à la période d'étiage, le jaillissement ne se produit que de
novembre à juillet.

2/07/1846 : Autorisation Ministérielle d'exploiter la source Fontaine Chaude.
La station a été en activité jusqu'en 1927. L'établissement, de dimensions modestes, aura une fréquentation de l'ordre de 300 personnes environ par an.
1932 : A cette époque, le captage consiste en un puits = 1,50 m, profondeur = 3,50 à 4,00 m. Une canalisation conduit l'eau à l'établissement situé à 15 m à l'Ouest de la source.

16/06/1933 : Arrêté Ministériel révoquant l'autorisation d'exploiter.

28/07/1973 : Achat de la source et de l'établissement par M. J.J. Castel.
Dans le but d'exploiter les eaux pour embouteillage, une étude du gisement est demandée au Service des Mines.

1974 : Exécution de trois sondages de recherche.
F1 = 31,40 m : non tubé, rebouché par la suite
F2 = 40,40m (tubé)-
F3 = 51,90 m (tubé)

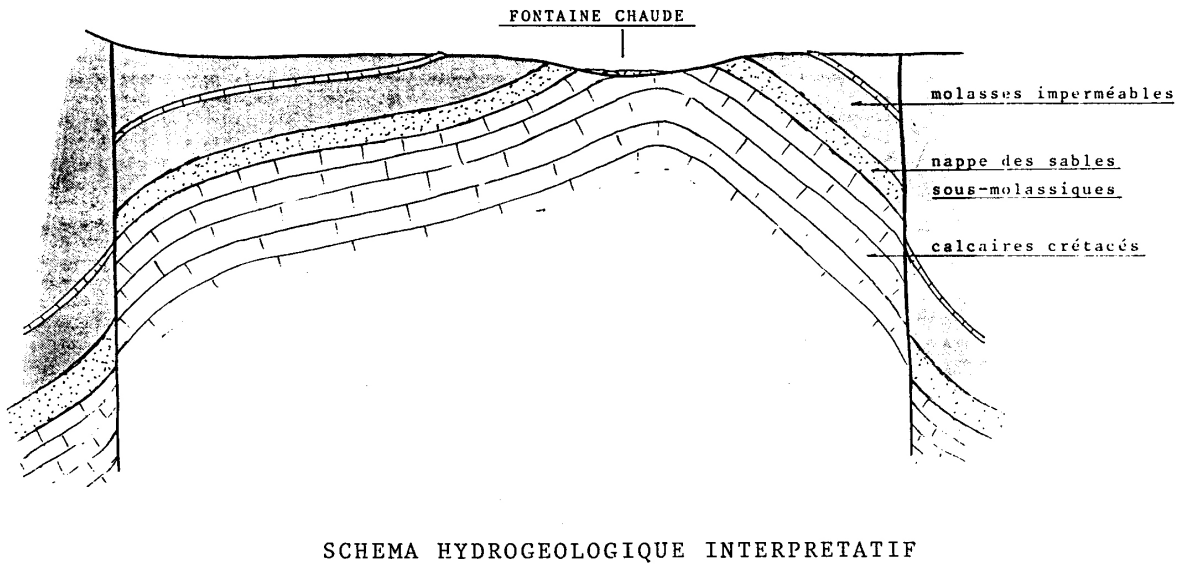
1976 : Demande d'autorisation d'exploiter.
24/10/1988 : Visite BRGM.
La station est inexploitée.
Les aménagements des têtes de forages (F2 et F3) sont conformes aux plans établis lors de leur exécution.
Lors de notre visite, le niveau d'eau dans le puits de la Fontaine Chaude est identique au niveau du ruisseau de Coulègne, soit environ — 2 m par rapport au sol et les 2 forages ne sont pas jaillissants. Cette situation est dûe à la période d'étiage, le jaillissement ne se produit que de
novembre à juillet.

Source visitée par le BRGM en 2007 :

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09546X0020/HY

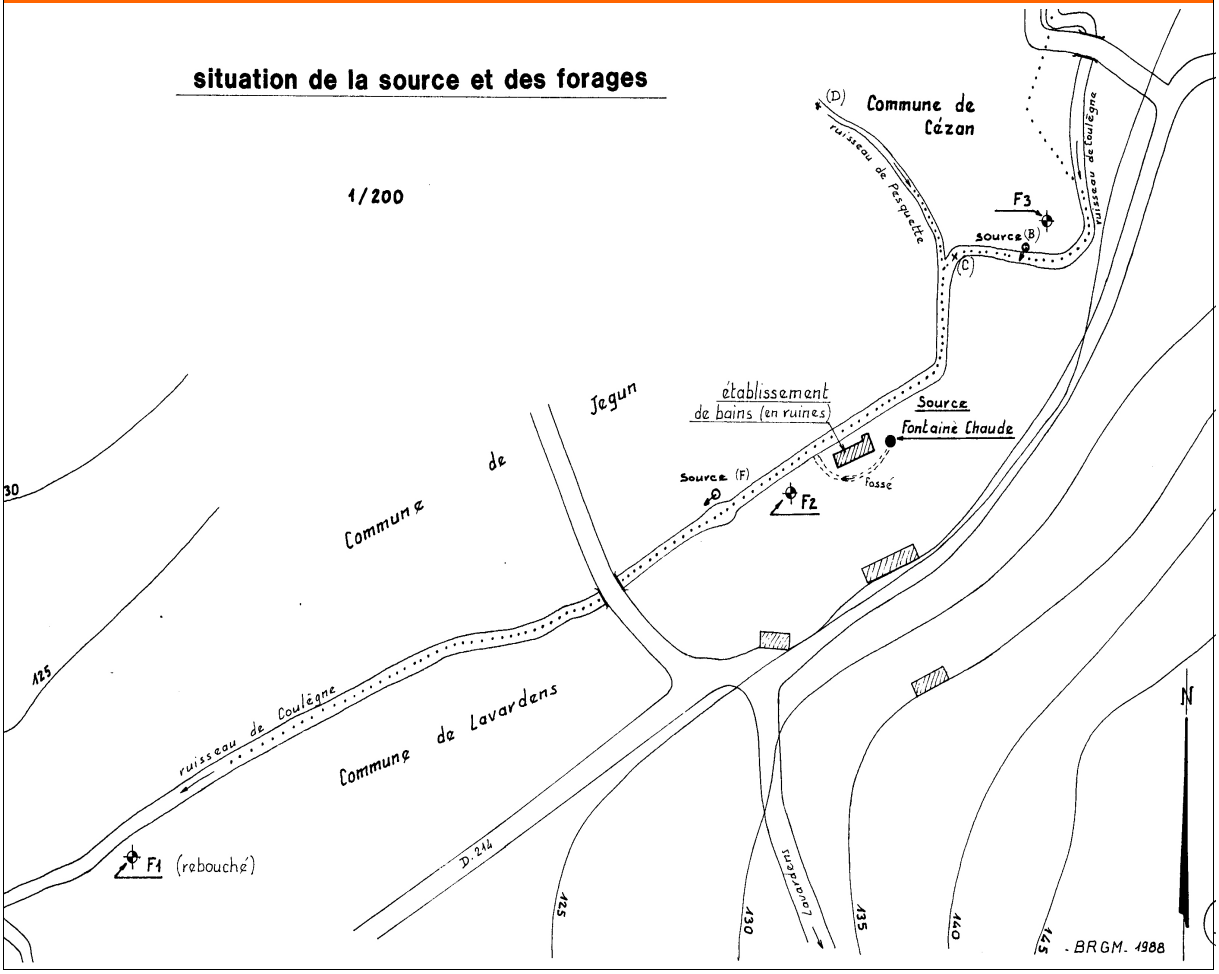
Images (captage, coupe, hydrogéologie, situation)



Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09546X0020/HY

Images (captage, coupe, hydrogéologie, situation)



CONCLUSION SUR L'INTERET D'UNE VALORISATION GEOTHERMIQUE

Commentaire repris des synthèses départementales des années 80 (BRGM) :

Géothermie sans intérêt (faible température).

D'après la visite sur le terrain de 2007 (BRGM)

BIBLIOGRAPHIE

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09282X0002/HY

Identification

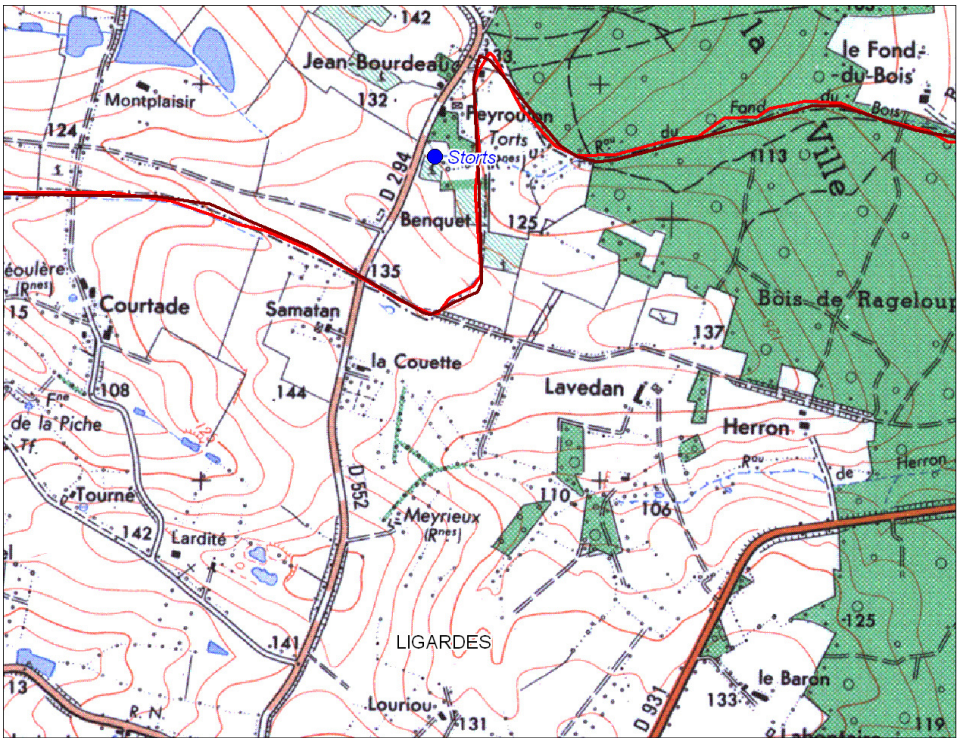
Lieu-dit : Storts
Dénomination :
Désignation :
Commune : Ligardes
Département : 32

PRESENCE DE BATIMENTS COLLECTIFS SUR LA COMMUN

Localisation

X Lambert 3 Carto (m) : 451 589,10
Y Lambert 3 Carto (m) : 3196817,38
Altitude (m) : 130

Plan de localisation



Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09282X0002/HY

Généralités

Propriétaire:

Tél. :

Caractéristiques techniques

ACTES ADMINISTRATIFS :

DATACT	TYPACT	ABRSIG
21/03/1863	AMA	Arrété Ministériel d'Autorisation
09/01/1956	ARQ	Arrété Ministériel Révoquant l'autoris.

Source privée ou publique :

Type de captage :

Cause d'abandon :

Remarques :

Géologie et hydrogéologie

Débit naturel minimal observé : 0

Débit naturel maximal observé : 0

Période d'étiage observée :

Période de crue observée :

Accessibilité à l'émergence :

Géologie à l'émergence :

Geologie du gisement :

Code du système aquifère : 565

Nom du système aquifère : ARMAGNAC

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09282X0002/HY

Caractéristiques hydrochimiques

Température moyenne : 0

C à 20°C : 0

pH moyen : 0

Mineralisation_moy :

Présence de données d'exploitation antérieures : ☐

Propriétaire des données :

Problèmes de qualité rencontrés :

Faciès physico-chimique :

Analyses rencensées (et effectuées) :

Date	Remarque	T°C	pH	C_a_20	Qm3/h	R_sec	Turb_NTU	Oxyd	SiO2	TH	REDOX	TAC	CO2
17/05/1988		15,9		538		0	0	0	0	0	0	0	0

Date	PO4	Ca	Mg	Na	NH4	NO3	K	NO2	Cl	F	SO4	CO3	HCO3	Al	Cu	Fer	Mn	Zn	As	Br	Li	Sr	Si
17/05/1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Données BSS

Date du dossier :

Etat de l'ouvrage :

Exploitant :

Entrepreneur :

Propriétaire de l'ouvrage :

MO :

Utilisation :

Documents :

HISTORIQUE

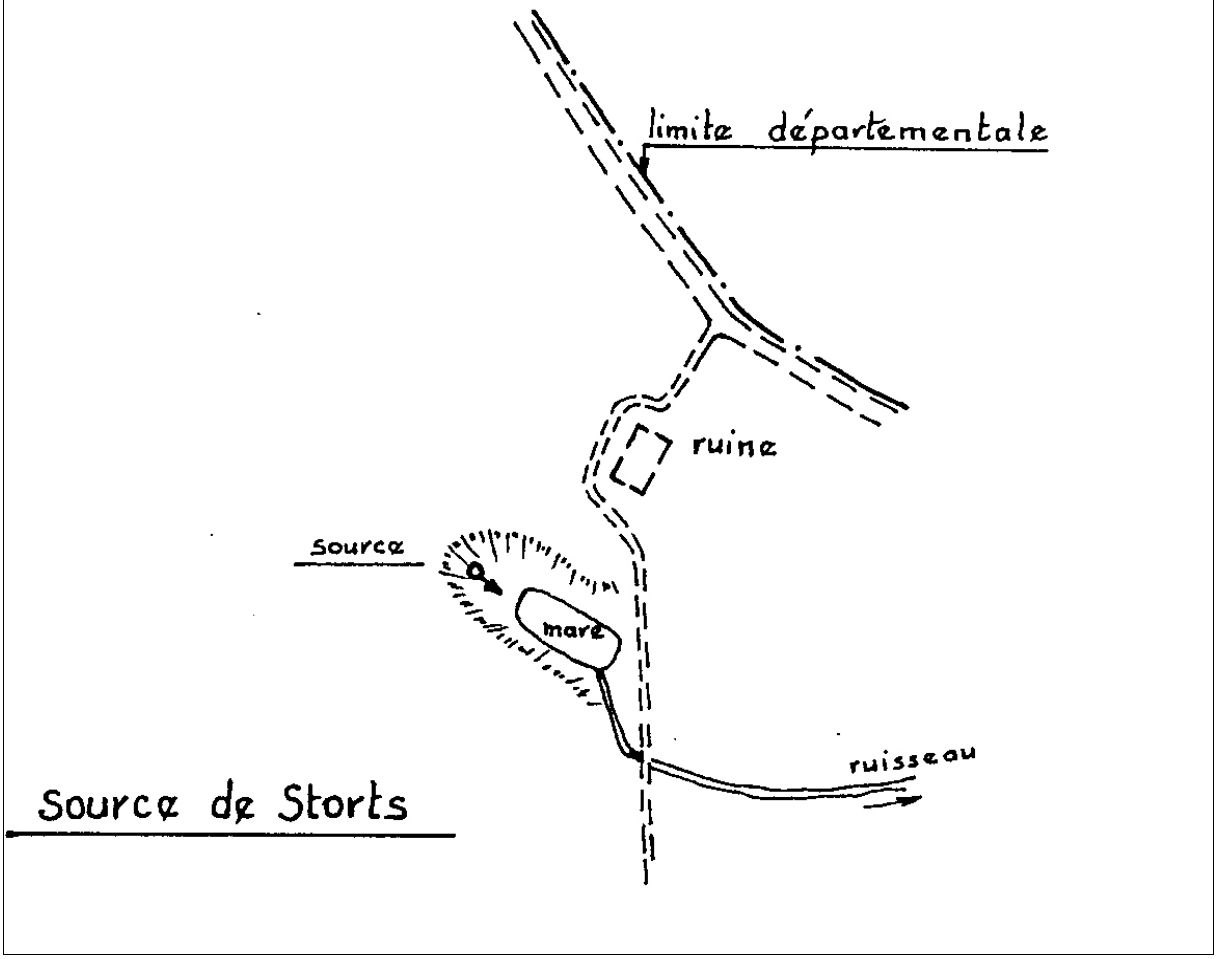
La source Storts a été autorisée par Arrêté Ministériel du 21/03/1863 et révoquée le 9/01/1956.
En 1865 la source alimentait une buvette et une construction légère équipée de quelques baignoires.
La source na jamais été captée; Veau était simplement recueillie par un tuyau au fond dune excavation. En contrebas se trouvait une petite marre doù partait le ruisseau du “Fond du Bois”.
En 1988, l’emplacement de la source, au lieu—dit Peyrouton, est encore visible.
17/05/1988: mesures effectuées dans la mare située en aval de l’émergence
T=15,9°c
Résistivité = 1 858 ohm/cm

Source visitée par le BRGM en 2007 :

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: 09282X0002/HY

Images (captage, coupe, hydrogéologie, situation)



CONCLUSION SUR L'INTERET D'UNE VALORISATION GEOTHERMIQUE

Commentaire repris des synthèses départementales des années 80 (BRGM) :

D'après la visite sur le terrain de 2007 (BRGM)

BIBLIOGRAPHIE

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu14

Identification

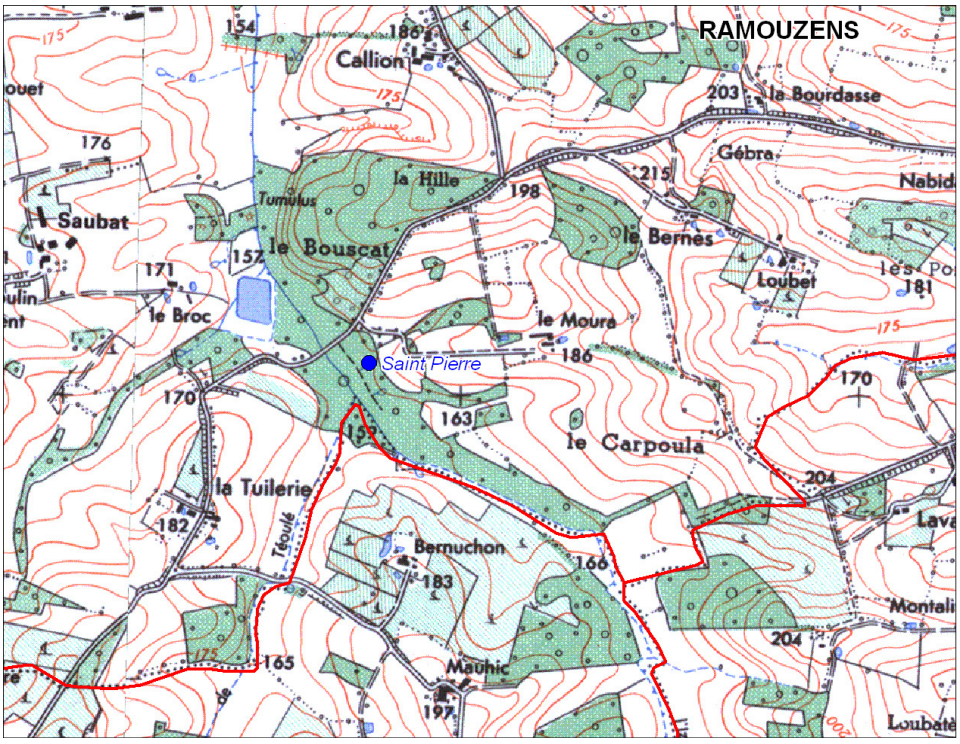
Lieu-dit : Saint Pierre
Dénomination :
Désignation :
Commune : Ramouzens
Département : 32

PRESENCE DE BATIMENTS COLLECTIFS SUR LA COMMUN

Localisation

X Lambert 3 Carto (m) : 426 769,44
Y Lambert 3 Carto (m) : 3168080,25
Altitude (m) : 158

Plan de localisation



Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu14

Généralités

Propriétaire:

Tél. :

Caractéristiques techniques

ACTES ADMINISTRATIFS :

DATACT	TYPACT	ABRSIG
06/07/1859	AMA	Arrété Ministériel d'Autorisation
09/01/1956	ARQ	Arrété Ministériel Révoquant l'autoris.

Source privée ou publique :

Type de captage :

Cause d'abandon :

Remarques :

Géologie et hydrogéologie

Débit naturel minimal observé : 0

Débit naturel maximal observé : 0

Période d'étiage observée :

Période de crue observée :

Accessibilité à l'émergence :

Géologie à l'émergence :

Geologie du gisement : Ces sources se sont minéralisées en sulfates au c

Code du système aquifère : 565

Nom du système aquifère : ARMAGNAC

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu14

Caractéristiques hydrochimiques

Température moyenne : 0 **C à 20°C :** 0

pH moyen : 0 **Mineralisation_moy :**

Présence de données d'exploitation antérieures : ☐

Propriétaire des données :

Problèmes de qualité rencontrés :

Faciès physico-chimique :

Analyses rencensées (et effectuées) :

Date	Remarque	T°C	pH	C_a_20	Qm3/h	R_sec	Turb_NTU	Oxyd	SiO2	TH	REDOX	TAC	CO2
19/05/1988		14,6	0	1370	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Date	PO4	Ca	Mg	Na	NH4	NO3	K	NO2	Cl	F	SO4	CO3	HCO3	Al	Cu	Fer	Mn	Zn	As	Br	Li	Sr	Si
19/05/1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Données BSS

Date du dossier :

Etat de l'ouvrage :

Exploitant :

Entrepreneur :

Propriétaire de l'ouvrage :

MO :

Utilisation :

Documents :

HISTORIQUE

La source St Pierre du Moura a alimenté un établissement de bains dit des “Eaux et Boues noires du Moura” depuis la moitié du siècle dernier jusqu’à 1 900 environ
D’un débit de 025 m3/h, la température étant de 18°, le captage de la source principale consistait en bassin de 1m² creusé dans le bas-fond marécageux.
Cette source a été autorisée par Autorisation Ministérielle du 6/07/1859 et révoquée le 9/01 /1956.
En 1988, deux bassins de captages sont encore visibles et sont situés dans une zone tés humide donnant naissance au ruisseau de Izaute.

19/05/1988: T 14,6°c
Résistivité 730 ohm /cm

Il existerait une autre source de même type, la source St Pierre Les Bains, située sur la commune de Lannepax, à quelques kilomètres du Moura.
Ces sources se sont minéralisées en sulfates au contact des gypses rencontrés dans la molasse.

Source visitée par le BRGM en 2007 :

Source d'eau chaude non exploitée

Code BSS: inconnu14

Images (captage, coupe, hydrogéologie, situation)

AUCUNE IMAGE

DISPONIBLE

CONCLUSION SUR L'INTERET D'UNE VALORISATION GEOTHERMIQUE

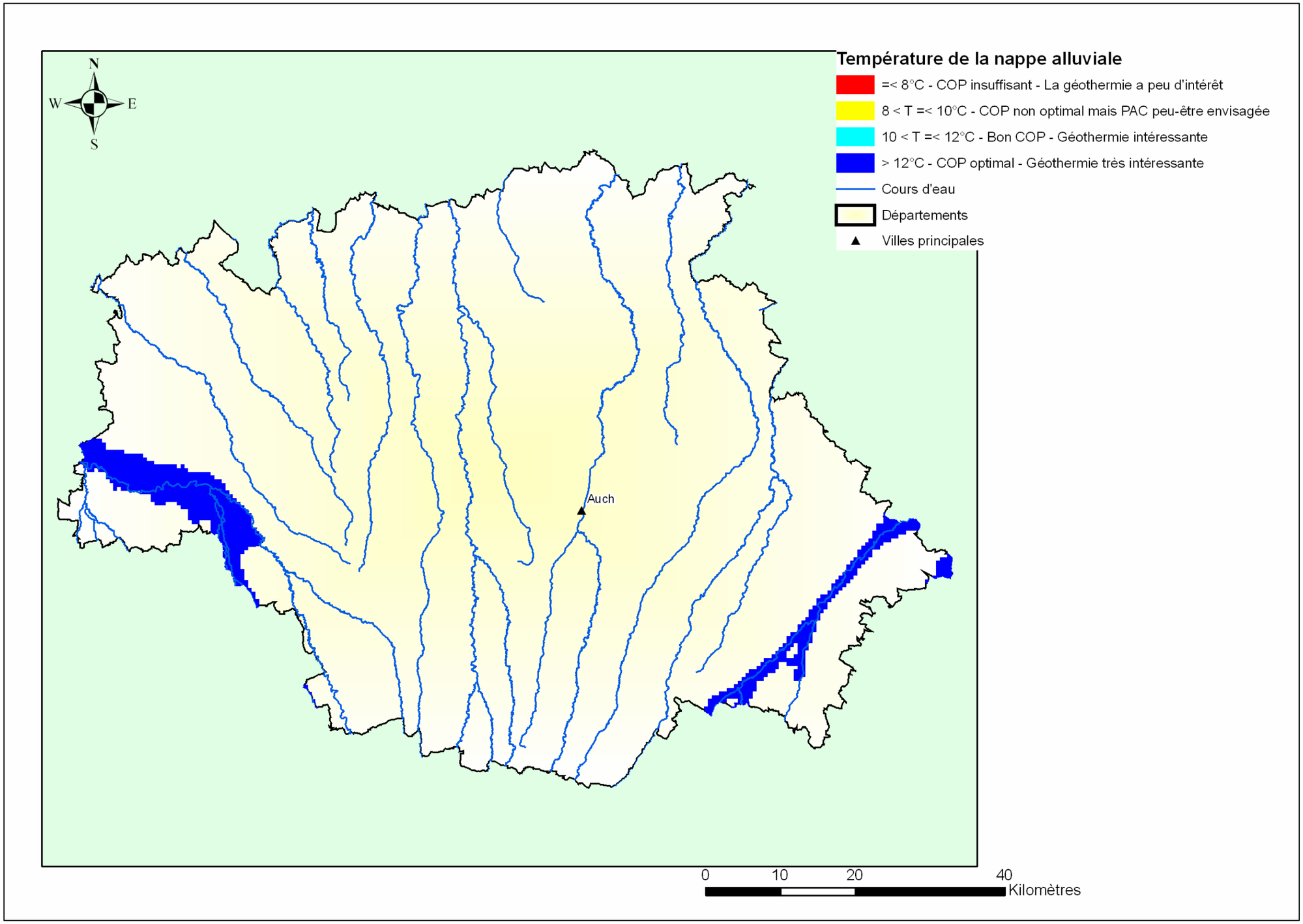
Commentaire repris des synthèses départementales des années 80 (BRGM) :

D'après la visite sur le terrain de 2007 (BRGM)

BIBLIOGRAPHIE

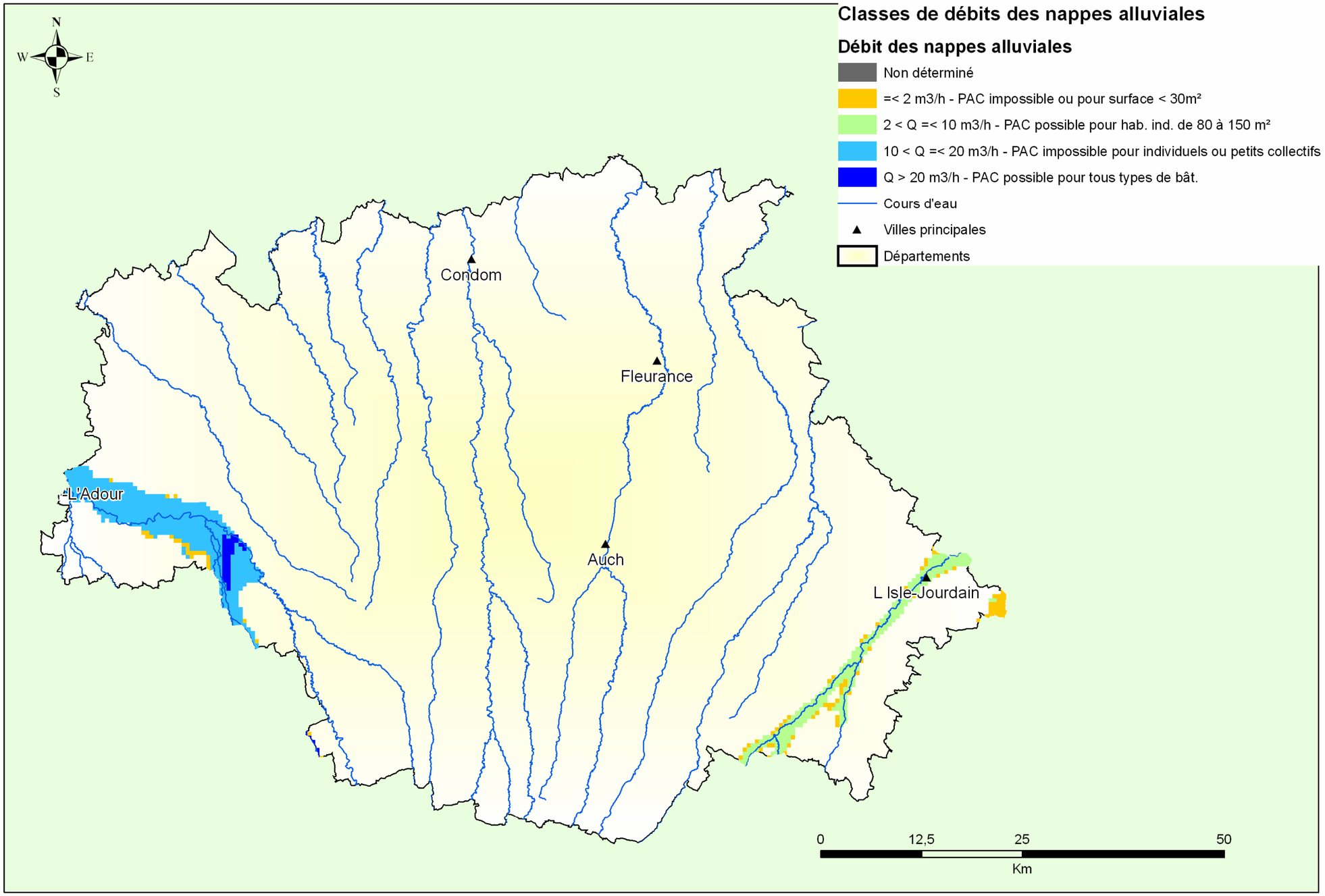
Annexe 6

Classes de température des eaux des nappes alluviales du Gers


N
W
E
S
Température de la nappe alluviale
=< 8°C - COP insuffisant - La géothermie a peu d'intérêt
8 < T =< 10°C - COP non optimal mais PAC peu-être envisagée
10 < T =< 12°C - Bon COP - Géothermie intéressante
> 12°C - COP optimal - Géothermie très intéressante
Cours d'eau
Départements
Villes principales
Auch
0
10
20
40
Kilomètres

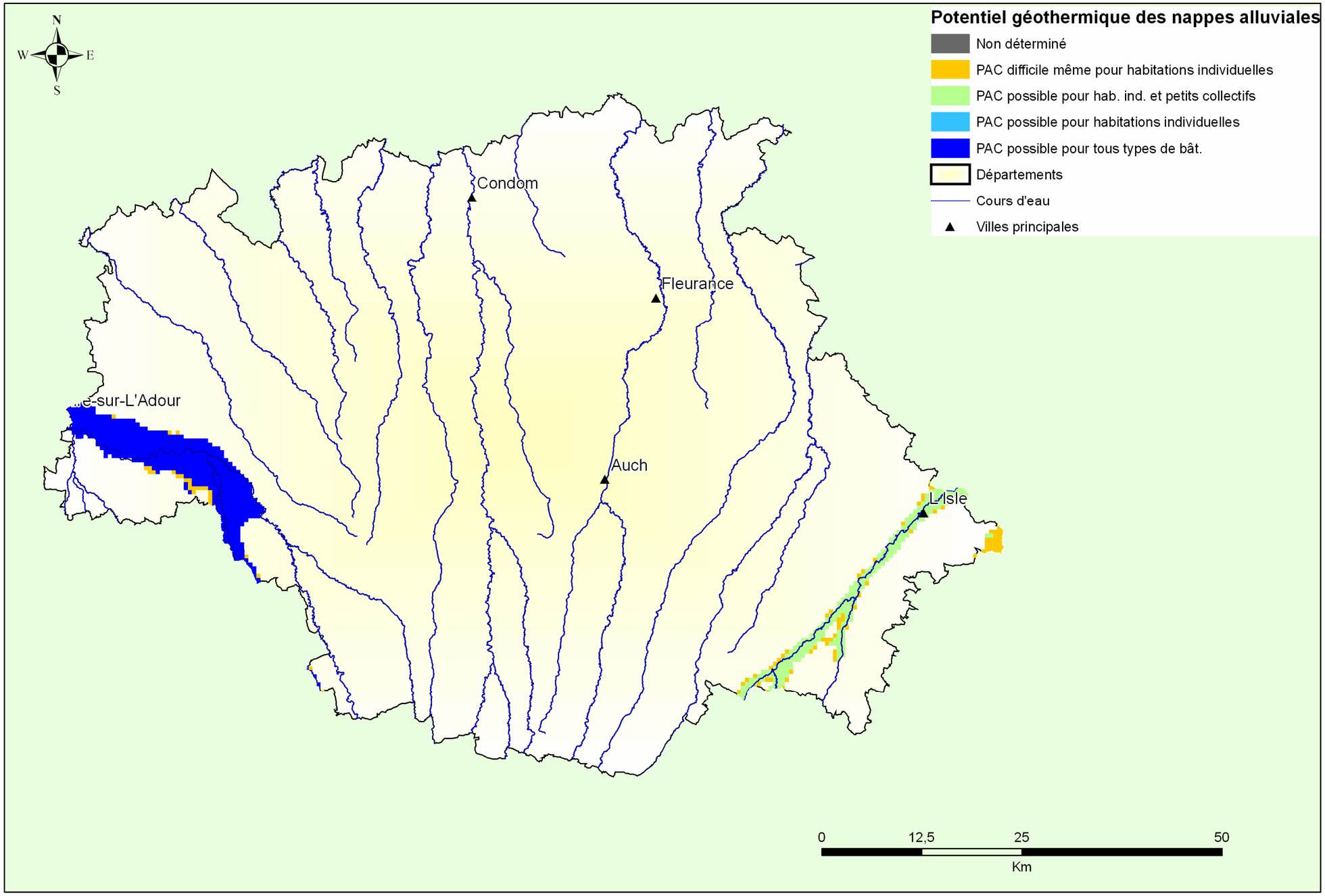
Annexe 7

Classes des débits d'exploitaton potentiel des nappes alluviales du Gers


N
W
E
S
Condom
Fleurance
Auch
L'Adour
L Isle-Jourdain
Classes de débits des nappes alluviales
Débit des nappes alluviales
Non déterminé
=< 2 m3/h - PAC impossible ou pour surface < 30m²
2 < Q =< 10 m3/h - PAC possible pour hab. ind. de 80 à 150 m²
10 < Q =< 20 m3/h - PAC impossible pour individuels ou petits collectifs
Q > 20 m3/h - PAC possible pour tous types de bât.
Cours d'eau
Villes principales
Départements
0
12,5
25
50
Km

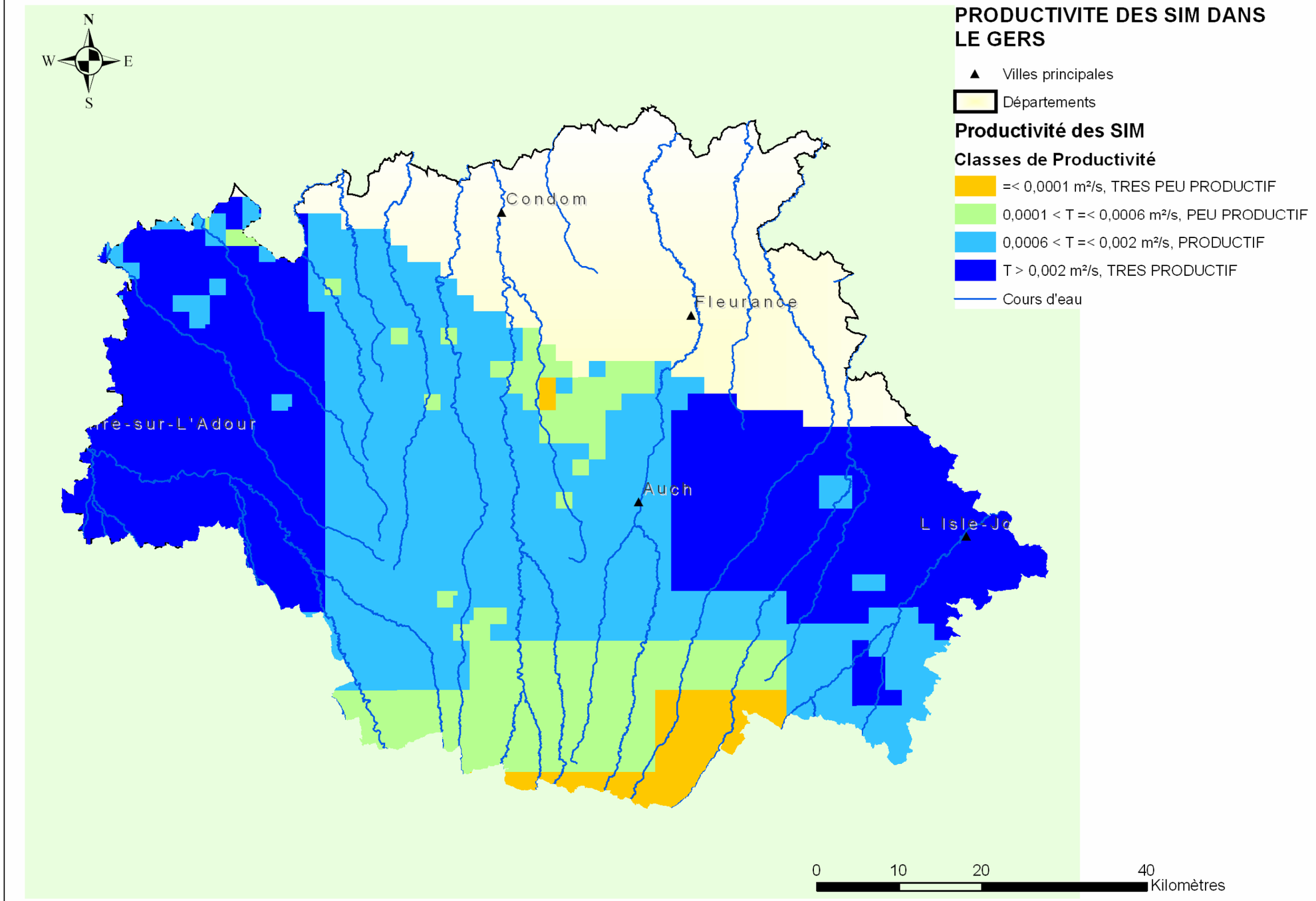
Annexe 8

Potentiel géothermique des nappes alluviales du Gers


N
W
E
S
Potentiel géothermique des nappes alluviales
Non déterminé
PAC difficile même pour habitations individuelles
PAC possible pour hab. ind. et petits collectifs
PAC possible pour habitations individuelles
PAC possible pour tous types de bât.
Départements
Cours d'eau
Villes principales
Condom
Fleurance
Auch
L-Isle
0
12,5
25
50
Km

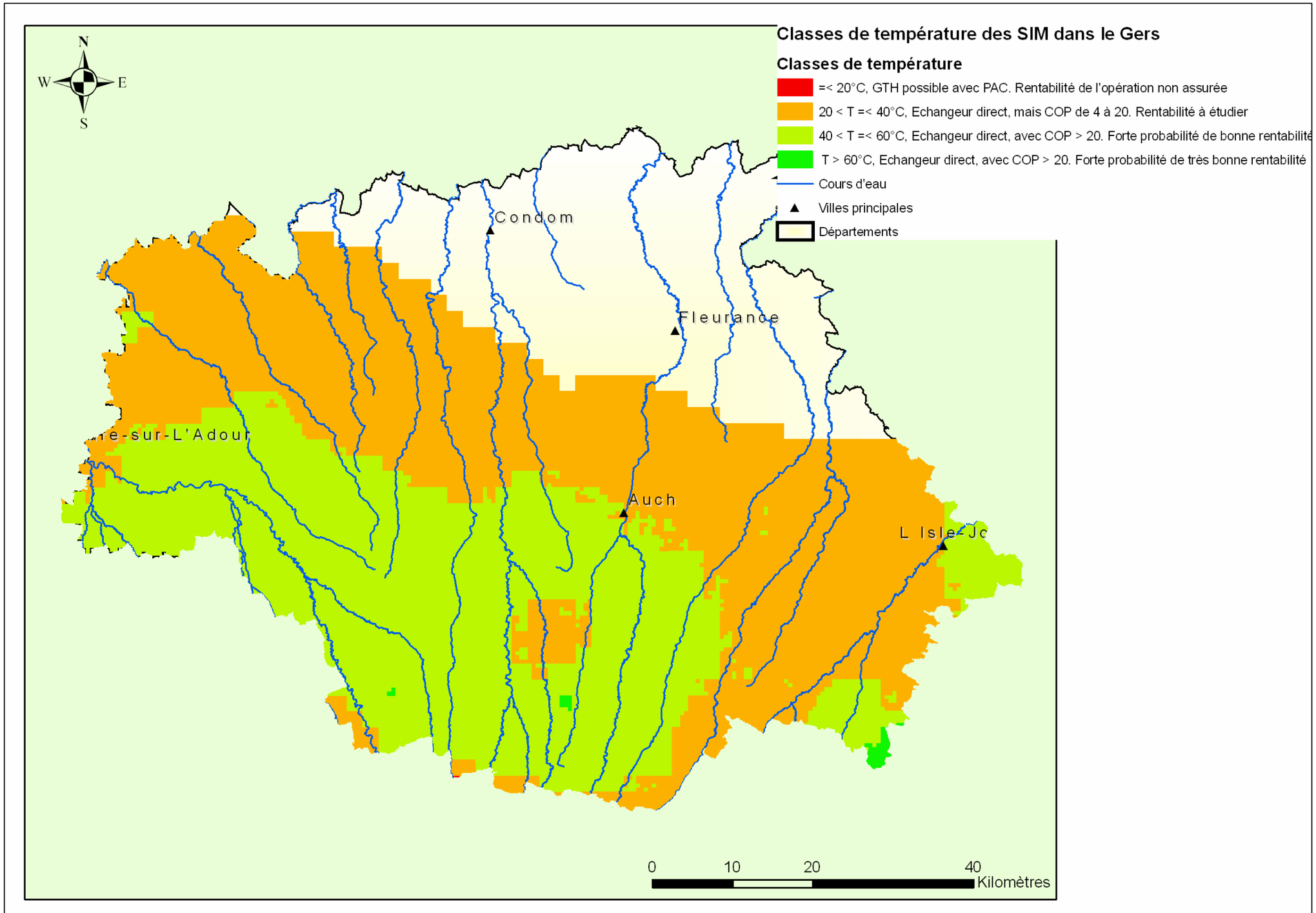
Annexe 9

Carte de productivité de l'aquifère des Sables Inframolassiques du Gers (transmissivités interpolées et débits ponctuels)


N
W
E
S
Condom
Fleurance
Auch
L Isle-Jo
0
10
20
40
Kilomètres
PRODUCTIVITE DES SIM DANS LE GERS
Villes principales
Départements
Productivité des SIM
Classes de Productivité
=< 0,0001 m²/s, TRES PEU PRODUCTIF
0,0001 < T =< 0,0006 m²/s, PEU PRODUCTIF
0,0006 < T =< 0,002 m²/s, PRODUCTIF
T > 0,002 m²/s, TRES PRODUCTIF
Cours d'eau

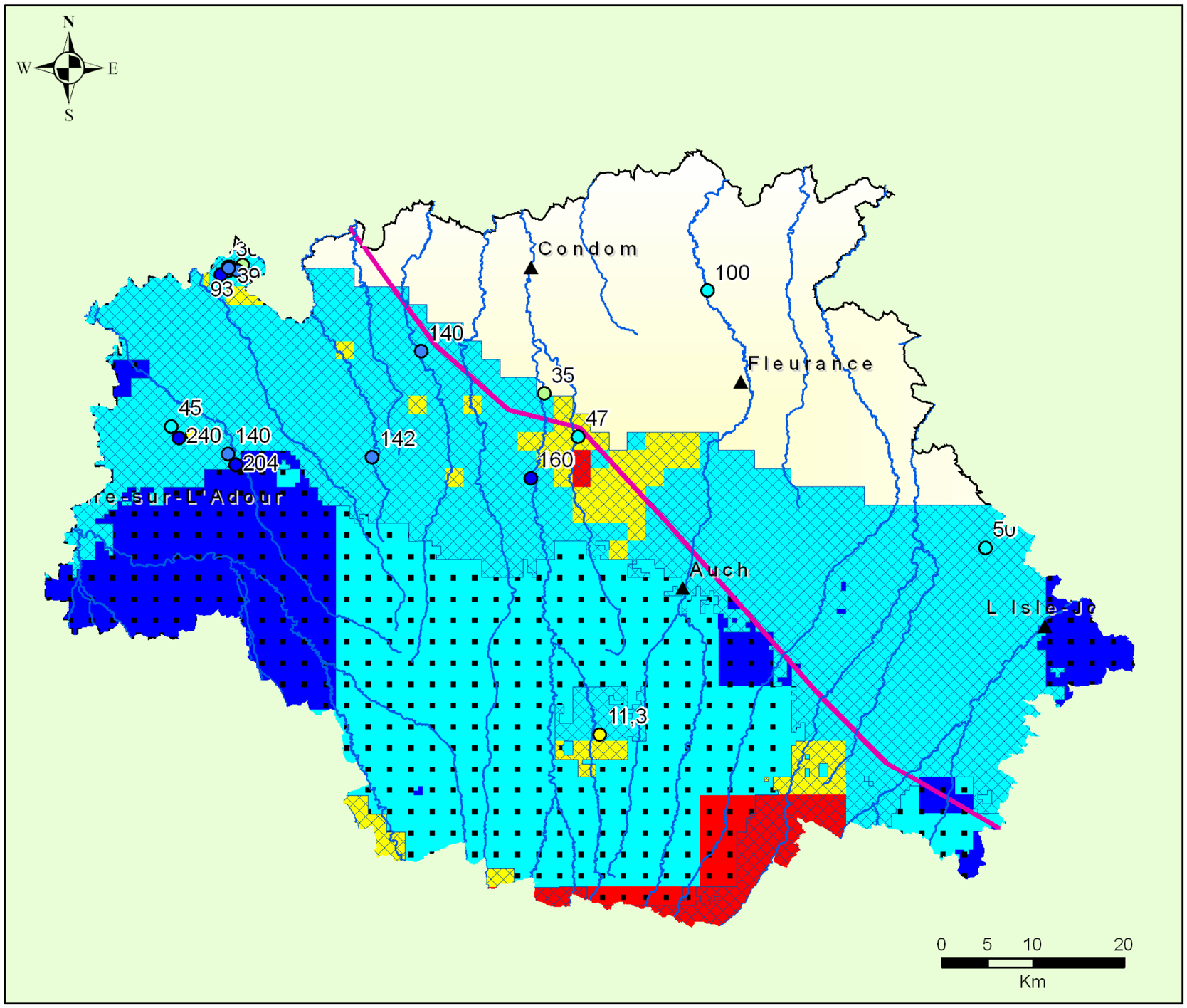
Annexe 10

Classes de température des eaux des Sables Inframolassiques du Gers


N
W
E
S
Condom
Fleurance
Auch
L Isle-Jc
0
10
20
40
Kilomètres
Classes de température des SIM dans le Gers
Classes de température
=< 20°C, GTH possible avec PAC. Rentabilité de l'opération non assurée
20 < T =< 40°C, Echangeur direct, mais COP de 4 à 20. Rentabilité à étudier
40 < T =< 60°C, Echangeur direct, avec COP > 20. Forte probabilité de bonne rentabilité
T > 60°C, Echangeur direct, avec COP > 20. Forte probabilité de très bonne rentabilité
Cours d'eau
Villes principales
Départements

Annexe 11

Potentialités géothermiques de la nappe des Sables Inframolassiques du Gers



Potentialités géothermiques des SIM dans le Gers

- ▲ Villes principales

Debits d'exploitation (en m3/h)

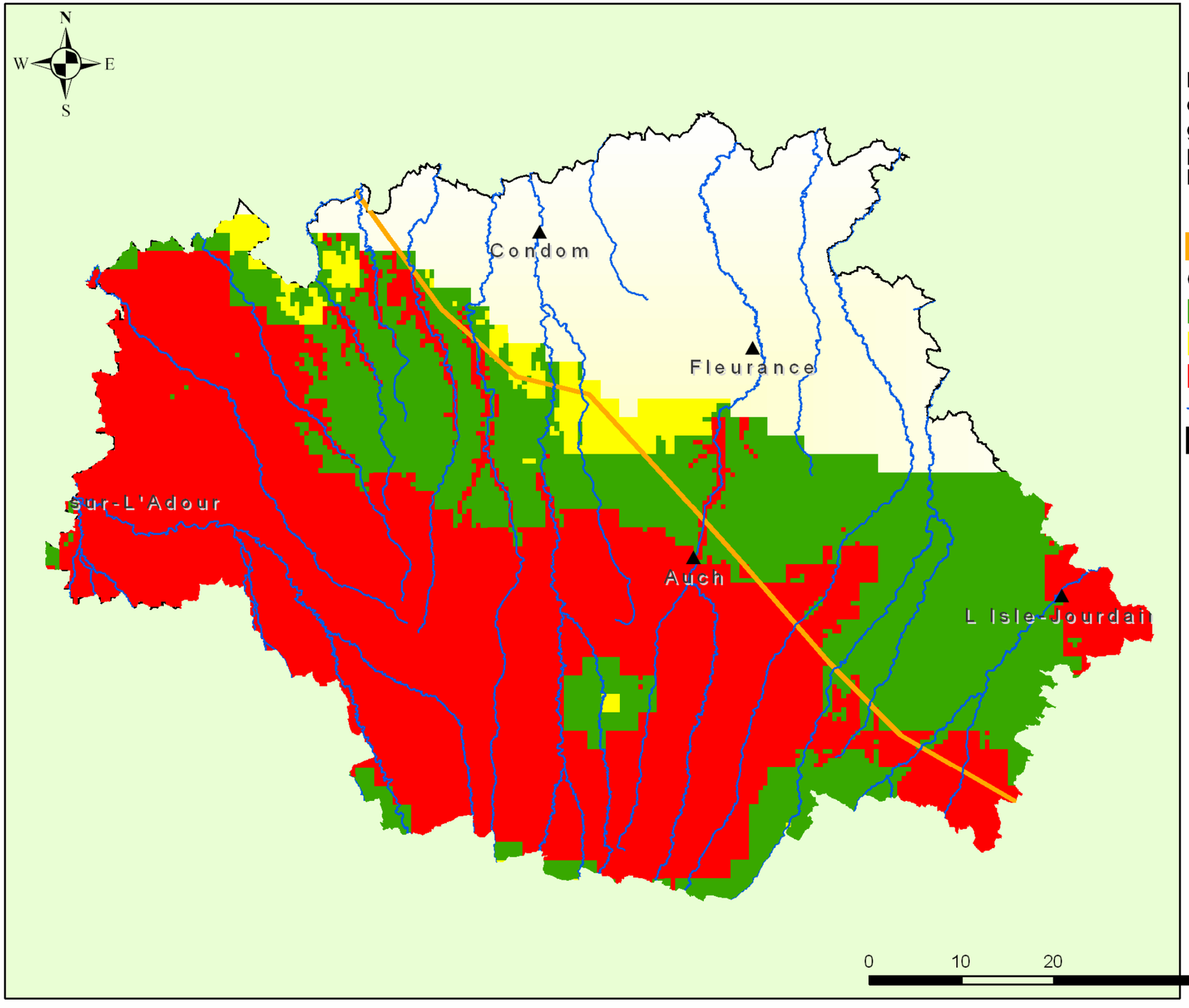
- 0 - 5
- 6 - 10
- 11 - 20
- 21 - 40
- 41 - 100
- 101 - 150
- 151 - 240
- Cl>35mg/l et SO4>70mg/l

Potentiel (RC) SIM

- Faible
- Moyen
- Important
- Très important
- Direct
- PAC
- Cours d'eau
- Départements

Annexe 12

Degré d'importance des coûts d'investissement et de fonctionnement pour les Sables Inframolassiques du Gers



Importance des coûts d'investissement géothermiques pour les SIM situés dans le Gers

- Villes principales
- Cl>35mg/l et SO4>70mg/l

Coûts d'investissement

- Coût IMPORTANT
- Coût MODERE
- Coût TRES IMPORTANT
- Cours d'eau
- Départements

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

Service géologique régional Midi-Pyrénées
3 rue Marie Curie, Bât ARUBA
BP 49
31 527 – Ramonville Saint Agne - France
Tél. : 05 62 24 14 50